

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

БАХ А. Н., БУХАРИН Н. И., ВИЛЬЯМС В. Р., ГЕНДЛЕР Е. С.,
ГУБКИН И. М., ДОЛГОВ А. Н., ИОФФЕ А. Ф., КЕРЖЕНЦЕВ П. М.,
КРЖИЖАНОВСКИЙ Г. М., КРИЦМАН Л. Н., КУЙБЫШЕВ В. В.,
ЛАПИРОВ-СКОБЛО М. Я., ЛЕНГНИК Ф. В., ЛИНДЕ В. В., МАР-
ТЕНС Л. К., МЕЩЕРЯКОВ Н. Л., ФЕДОРОВСКИЙ Н. М., ША-
ТЕЛЕН М. А., ШМИДТ О. Ю., ШПРИНК Б. Э.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Л. К. МАРТЕНС

ТОМ ДВАДЦАТЫЙ
САДЫ-ГОРОДА — СИТА



ГОСУДАРСТВЕННОЕ СЛОВАРНО-ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКОЕ
ИЗДАТЕЛЬСТВО «СОВЕТСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ»

МОСКВА ✧ ОГИЗ РСФСР ✧ 1933

ГОСУДАРСТВЕННОЕ СЛОВАРНО - ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКОЕ
ИЗДАТЕЛЬСТВО «СОВЕТСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ»



XX том сдан в производство 1 октября 1932 г.;
подписан к печати 25 мая 1933 г.

Набор текста и верстка, печать, брошюровочно-переплетные работы выполнялись в 16-й типографии треста «Полиграфнига» под общим наблюдением директора 16-й типографии Смирнова П. Г. и помощников директора Моргунова Н. В. и Кудряшова П. В. Набор и верстка произведены под руководством Колобашкина И. Г. и Самойлова И. К. Верстали Семенов И. С. и Макаров А. Д. Печатью руководил Майоров С. Г. Брошюровочно-переплетные работы выполнялись под общим наблюдением Баранова В. В. и Курчева Н. Н. коллективом брошюровщиков под руководством Овсянникова М. П. и коллективом переплетчиков под руководством Костюшина П. И. и Комарова И. М. Тиснением руководил Александров А. А. Клише на переплете гравировано Законовым Г. А. Клише выполнялись цинкографией 3-й типографии ОГИЗ «Красный пролетарий». Бумага бумажной фабрики Вишхимва. Дерматин Кунцевской фабрики им. В. П. Ногина. Картон Миропольской фабрики и Балахнинского комбината.

В XX томе ТЭ помещено 912 иллюстраций в тексте,
семь вкладок к статьям: «Самолетная радиостанция»—1,
«Самолетостроение»—2, «Сварка»—1, «Светильник»—1,
«Свинцовые бронзы»—1, «Сепаратор»—1.

Адрес Редакции Технической Энциклопедии: Москва, Остоженка, 1.
Адрес Издательства: Москва, Волховка, 14.

16 типография треста «Полиграфнига», Москва, Трехпрудный пер., 9.
Уполномоченный Главлита Б 28881. Гиз 12. Э-00 г. Заказ № 1143.
Бумага 72×108/16. 29 печ. листов × 99 500 зн. Тираж 25 500 экз.

РЕДАКЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭНЦИКЛОПЕДИИ

РЕДАКЦИОННОЕ БЮРО

Главный редактор—проф. Л. К. Мартене.

Зам. Глав. Редактора—инж. Б. Э. Шпринг.
Пом. Глав. Редактора—А. А. Дашкевич.

Председатель Правления—Б. П. Рогачев.
Ученый Секретарь—Н. П. Ракицкий.

НАУЧНЫЕ РЕДАКТОРЫ

Ельцина Н. М.; инж. Знаменский А. А.; Мельников И. И.; инж. Мушенко И. Н.; Ниваноров В. М.; инж. Павлушков Л. С.; Ракицкий Н. П.; Севастьянов И. А.; Татариннов Б. Н.; инж. Фразинковский И. А.; инж. Шпринг Б. Э.

Зав. библиографией: инж. Таубман С. И.; Технический Редактор: Ниваноров В. М.

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ СЕКТОР

Руководитель Произв. Сектора: Кузьминский К. С.; Зам. руковод. Произв. Сектора: Татиев Д. П.; Маркус В. А.; Технический редактор по иллюстрациям: Тавастиерна В. Я.; Зав. Технической Редакцией при типографии: Дмитриев М. М.; Технические Редакторы при типографии: Кондзевровский Г. В.; Сакмаров Н. Г.; Зав. Корректорской: Кулешов Н. З.; Зам. Зав. Корректорской: Ошер А. Н.; Старший корректор: Бокшицкая Л. И.

СОКРАЩЕНИЯ И СИМВОЛИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

I. Метрические меры.

км	километры (1 000 м).
м	метры.
дм	дециметры (0,1 м).
см	сантиметры (0,01 м).
мм	миллиметры (0,001 м).
μ	микроны (0,001 мм).
тμ	миллимикроны (0,001 μ).
мμ	микромикроны (0,000001 μ).
км²	квадратные километры.
га	гектары (квадратные гектометры).
а	ары (квадр. декаметры).
м²	квадратные метры.
м³	кубические метры.
дм³	» дециметры.
см³	» сантиметры.
мм³	» миллиметры.
т	метрич. тонны (1 000 кг).
ц	центнеры (100 кг).
кг	килограммы (1 000 г).
г	граммы.
дг	дециграммы (0,1 г).
сг	сантиграммы (0,01 г).
мг	миллиграммы (0,001 г).
мк	микрограммы (0,001 мг).
ка	караты (200 мг).
кл	килолитры (1 000 л).
гкл	гектолитры (100 л).
дкл	декалитры (10 л).
л	литры.
дл	децилитры (0,1 л).
сл	сантилитры (0,01 л).
мл	миллилитры (0,001 л).
тм	тоннометры.
кгм	килограммометры.
т/м²	тонны на кв. метр.
кг/см²	килограммы на кв. сантиметр.
м/сек	метры в секунду.
п. м	погонные метры.
рег. т	регистражные тонны.

II. Математич. обозначения.

°	градус.
'	минута, фут.
''	секунда, дюйм.
'''	терция, линия.
>	больше (< меньше).
<	не больше (< не меньше).
≈	приблизительно равно.
≅	больше или равно.
≅	меньше или равно.
≅	значительно больше.
≅	значительно меньше.
∠	угол, измеряемый дугой.
∥	параллельно.
⊥	перпендикулярно.
—	от—до.
sin	синус.
tg	тангенс.
sec	секанс.

cos	косинус.
ctg	котангенс.
csc	косеканс.
arc sin	арксинус.
arc tg	арктангенс.
sh	гиперболический синус.
ch	гиперболич. косинус.
th	» тангенс.
φ	диаметр.
e	основание натуральных логарифмов.
lg	логарифм десятичный.
ln	» натуральный.
lim	предел.
Const	постоянная величина.
∑	сумма.
∫	интеграл.
~	приблизительно.
∞	бесконечность.
d	полный дифференциал.
δ	частный »

III. Международные символы.

а) Единицы.

A	ампер.
Ah	ампер-час.
W	ватт.
Wh	ватт-час.
kW	киловатт.
kWh	киловатт-час.
v	вольт.
mV	милливольт.
VA	вольт-ампер.
kVA	киловольт-ампер.
MA	миллиампер.
Ω	ом.
MΩ	мегом.
μΩ	микроом.
C	кулон.
YC	вольт-кулон.
H	генри.
J	джоуль.
F	фарада.
μF	микрофарада.
A	ангстрем.
D	диана.
Cal	калория большая.
cal	калория малая.
Hp	лоша (диная) сила.
lm	люмен.
lx	люкс.
m	морг.

б) Величины.

t°	температура обыкновен.
T°	абсолютная.
t° кип.	» кипения.
t° плав.	» плавления.
t° заст.	» застывания.

t° отв.	температура отвердевания.	
t° крит.	» критическая.	
atm	атмосфера техническая.	
Atm	» барометрич.	
I	сила тока.	
Q	электрич. заряд, количество электричества.	
E	электродвижущая сила.	
V, U	напряжение, потенциал.	
A	работа.	
W	энергия.	
N	мощность.	
T	период колебания.	
f, ν	частота.	
ω	угловая скорость, угловая частота.	
Ω	боковая частота.	
λ	длина волны.	
φ	сдвиг фазы.	
Φ	самоиндукция.	
C	емкость.	
R	сопротивление активное (ваттное).	
ε	диэлектрич. постоянная.	
μ	магнитн. проницаемость.	
σ	удельное сопротивление.	
σ	удельная проводимость.	
δ	декремент затухания.	
φ	магнитный поток.	
HBr	твердость по Бринеллю.	
A _{c1} , A _{c2} , A _{c3}	} критич. точки	
Ar ₁ , Ar ₂ , Ar ₃		} железн. сплавов.
g		
l	длина.	
m	масса.	
D _{t1}	уд. вес при t ₁ по отношению к воде при t ₁ .	
[α] _D	угол вращения плоскости поляризации.	
C _H	[H] концентрация водородных ионов.	
pH; P _H	водородный показатель.	
1/1 N	нормальный раствор.	
n _D	коэф. преломления.	

IV. Основные сокращения.

фт.	—футы.
дм.	—дюймы.
кц.	—килоцикл.
п.	—цикл.
св.	—свеча.
об/м.	—обороты в минуту.
п-ас.	—пудоверсты.
п-фт.	—пудофуты.
фт/сек.	—футы в секунду.
чв-д.	—человекодни.
чв-ч.	—человекочасы.
долл.	—доллары.
мар.	—марки.
фн. ст.	—фунты стерлингов.

Фр.—Франки.
 шилл.—шиллинги.
 млн.—миллионы.
 млрд.—миллиарды
 ч.—часы.
 м., мин.—минуты.
 сек.—секунды.
 °Вё—градусы Вомера.
 °Э.—градусы Энглера.
 Градусы темпер. шкал:
 °К.—Кельвина.
 °С, °Ц.—Цельсия (100°-ной).
 °Р.—Резююра.
 °Ф.—Фаренгейта.
 t°—температура по 100-ной шкале (С).
 t° Р.—температура по Резююрю.
 t° Ф.—температура по Фаренгейту.
 абс. ед.—абсолютная единица.
 ат. в.—атомный вес.
 Aufl.—Auflage.
 В.—Band, Bände.
 v.—volume, volumes.
 вкл.—включительно.
 гг.—годы, города.
 д.—деревня, долгота.
 д. б.—должно быть.
 ж. д., ж.-д.—железная дорога, железнодорожный.
 з.-европ.—западноевропейский.
 з-д—завод.
 изд.—издание.
 ин-т—институт.
 Jg.—Jahrgang.
 кнд.—коэффициент полезного действия.

к-рый—который.
 к-та—кислота.
 Lfg—Lieferung.
 м.—мета (хим.).
 м. б.—может быть.
 м. г.—минувшего года.
 меш (mesh)—число отверстий в ситах на лин. дюйм.
 мн-к—многоугольник.
 мол. в.—молекулярный вес.
 нек-рый—некоторый.
 о—орто (хим.).
 об-во—общество.
 о-в—остров.
 п.—пара (хим.).
 р.—pagina, paginae (лат.—страница, страницы).
 пром-сть—промышленность.
 проф.—профессор.
 СК—загеролевские конуса.
 С., Ю., В., З.—север, юг, восток, запад.
 с.-з., ю.-в.—северо-западный, юго-восточный.
 стр.—страницы.
 т.—том, томы.
 t.—tome, tomes.
 Т.—Teil, Teile.
 тв.—твердость.
 т-во—товарищество.
 темпер.—температура.
 т. н.—так называемый.
 тр-к—треугольник.
 уд.—удельный.
 уд. в.—удельный вес.

ур-ие—уравнение.
 У. П.—Уточное положение.
 u. ff.—und folgende.
 Ф-ия—Функция.
 Ф-ка—Фабрика.
 Ф-ла—Формула.
 Н.—Heft, Hefte.
 хим. сост.—химический состав.
 ц. т.—центр тяжести.
 Ztg.—Zeitung.
 Ztrbl.—Zentralblatt.
 Ztschr.—Zeitschrift.
 ш.—широта.
 элс—электродвижущая сила.
 эфф.—эффективный.
 Ан. П.—английский патент.
 Ам. П.—американский »
 Г. П.—германский »
 Р. П.—русский »
 Сов. П.—советский »
 Ф. П.—французский »
 В.—Berlin.
 Brschw.—Braunschweig.
 L.—London.
 Lpz.—Leipzig.
 Mch.—München.
 N. Y.—New York.
 П.—Paris.
 Stg.—Stuttgart.
 W.—Wien.
 Wsh.—Washington.
 Л.—Ленинград.
 М.—Москва.
 П.—Петроград.
 СПб.—Петербург.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ НАЗВАНИЙ РУССКИХ И ИНОСТРАННЫХ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ИЗДАНИЙ, ОБЩЕСТВ, ФИРМ

«АзНХ»—Азербайджанское нефтяное хозяйство, Баку.
 «ВВФ»—Вестник воздушного флота, Москва.
 «ВИ»—Вестник инженеров, Москва.
 «ВС»—Вестник стандартизации, Москва.
 «ВТ»—Вопросы труда, Москва.
 «ГЖ»—Горный журнал, Москва.
 «ГТ»—Гигиена труда, Москва.
 «ЖР»—Журнал Русского физико-химического общества, Ленинград.
 «ЖРМО»—Журнал Русского металлургического общества, Ленинград.
 «ЖХП»—Журнал химической промышленности, Москва.
 «ИТИ»—Известия Теплотехнического института им. Ф. Дзержинского, Москва.
 «МС»—Минеральное сырье, Москва.
 «МХ»—Мировое хозяйство и мировая политика, Москва.
 «НИ»—Нерудные ископаемые, Ленинград.
 «НХ»—Нефтяное хозяйство, Москва.
 ОСТ—Общесоюзные стандарты, Москва.
 «ПТ»—Промышленность и техника, СПб.
 «ПХ»—Плановое хозяйство, Москва.
 «СГ»—Социальная гигиена, Москва.
 «СП»—Строительная пром-сть, Москва.
 «СТ»—Санитарная техника, Москва.
 «СХ»—Социалистическое хозяйство, Москва.
 «ТитбП»—Телеграфия и телефония без проводов, Н.-Новгород.
 «Труды ГЭИ»—Труды Гос. экспериментального электротехнического института, Москва.
 «Труды НАМИ»—Труды Научного автомобильного института, Москва.
 «Труды НИУ»—Труды Научного института по удобрениям, Москва.
 «Труды ЦАГИ»—Труды Центрального аэрогидродинамического института, Москва.
 «УФН»—Успехи физических наук, Москва.
 «ААЗ»—Allgemeine Automobil-Zeitung, Wien.
 «A. Ch.»—Annales de Chimie et de Physique, Paris.
 AEG—Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin.
 AGFA—Aktien-Gesellschaft für Anilin-Fabrikation, Berlin.
 «Am. Soc.»—Journal of the American Chemical Society, Easton, Pa.
 «Ann. d. Phys.»—Annalen der Physik, Leipzig.

«Ann. Min.»—Annales des Mines, Paris.
 «В»—Berichte der Deutschen chemischen Gesellschaft, Berlin.
 BAMA—Berlin-Anhaltische Maschinenbau-Aktien-gesellschaft, Dessau.
 BASF—Badische Anilin- und Soda-Fabrik, Ludwigshafen a/R.
 BEAMA—The British Electrical and Allied Manufacturers Association, London.
 «B. u. E.»—Beton und Eisen, Berlin.
 Bayer—Farbenfabriken vorm. Fr. Bayer & Co., Köln a/R.
 «Ch.-Ztg.»—Chemiker-Zeitung, Cöthen.
 «Ch.-Ztrbl.»—Chemisches Zentralblatt, Berlin.
 DIN—Deutsche Industrie-Normen.
 «EChZ»—Elektrochemische Zeitschrift, Berlin.
 «EMA»—Zeitschrift für Elektrotechnik und Maschinenbau, Berlin.
 «EuM»—Elektrotechnik und Maschinenbau, Wien.
 «ETZ»—Elektrotechnische Zeitschrift, Berlin.
 «GC»—Génie Civil, Paris.
 «I. Eng. Chem.»—Industrial and Engineering Chemistry, Easton, Pa.
 I. G. Farben—Interessengemeinschaft Farben-Industrie A.-G., Leverkusen b. Köln a/R.
 «JAIEE»—Journal of the American Institute of Electrical Engineers, New York.
 «J. Ch. I.»—Journal of the Society of Chemical Industry, London.
 «Mitt. Forsch.»—Mittellungen über Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, Berlin.
 NDI—Normenausschuss der deutschen Industrie.
 «PeKa»—Fachblatt für Parfümerie und Kosmetik, München.
 «RGÉ»—Revue Générale de l'Electricité, Paris.
 «Soc.»—Journal of the Chemical Society, London.
 «St.-u. E.»—Stahl und Eisen, Düsseldorf.
 Ullm. Enz.—Enzyklopädie der technischen Chemie, herausgegeben von F. Ullmann, Wien—Berlin, 1 Auflage, 1915—23. 2. Auflage erscheint ab 1928.
 «WeTeZ»—Westdeutsche Textil-Zeitung, Elberfeld.
 «Z. ang. Ch.»—Zeitschrift für angewandte Chemie, Berlin.
 «Z. d. VDI»—Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, Berlin.
 «ZFM»—Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschifffahrt, München.

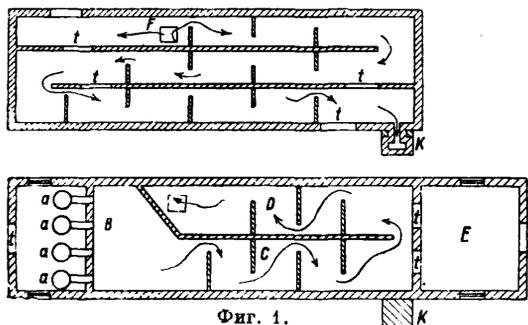
САДЫ-ГОРОДА, см. *Город-сад*.

САЖА, продукт, получаемый при неполном сгорании органических соединений в виде аморфного, сильно раздробленного углерода с примесью некоторого количества посторонних веществ (адсорбированных газов, золы, влаги и т. д.). Для получения С. обычно употребляются вещества, богатые углеродом, например смолы, каменноугольные и бурогоугольные масла, нефть и ее погоны, мазут, углеводородные газы и др. В присутствии избытка воздуха эти вещества сгорают ярким светлым пламенем, образуя лишь газо- и паробразные продукты (CO_2 и H_2O). Если же воздуха для горения недостаточно, то пламя получается мутное, красноватое, и значительная часть углерода выделяется из газообразных продуктов в виде С. Для получения наибольшего выхода сажи теоретически необходимо столько воздуха, чтобы его хватило лишь для сгорания водорода и других составных частей газообразных продуктов, кроме углерода. В действительности расход воздуха превышает теоретический, так как при малом количестве воздуха получается очень слабое горение и низкая темп-ра, вследствие чего часть исходного материала не успевает сгореть и осаждается затем вместе с С., понижая ее качество. Наоборот, при значительном избытке воздуха часть углерода сгорает в CO_2 и CO и понижает таким образом выход С. Поэтому правильное регулирование притока воздуха оказывает, помимо других условий производства (качества сырья, аппаратуры, способа получения и т. д.), большое влияние на качество и выход продукта. С. как продукт разложения газообразных веществ отличается от других черных красок, т. н. черней, получаемых путем прокаливании без доступа воздуха различных органич. материалов (костей, древесины и т. д.), очень малым содержанием золы (до 0,1—0,5%), в то время как черни содержат, в зависимости от их происхождения, до 8%, а в некоторых случаях даже до 80% и более золы (напр. жженая кость). С. является пигментом наиболее стойким к действию химич. реагентов (кислот, щелочей, различных газов и т. д.), света, f° , погоды и других влияний; она незначительно отражает свет; обладает сильной адсорбирующей способностью, которая обуславливает хорошую укрывистость краски, большой маслосемкостью (требуется 180—190% масла по отношению к весу пигмента) и слабой высыхаемостью приготовленной из нее краски. Благодаря высо-

кой дисперсности С. легко образует коллоидные растворы и применяется как краска в полиграфич. промышленности, в малярной технике, живописи, в производстве лаков, пластических масс, для изготовления туши и других целей. Большое количество сажи расходуется также в резиновой, электротехнической и других отраслях промышленности при изготовлении самых разнообразных изделий. В зависимости от применения к С. предъявляют различные требования в отношении качества и физических свойств.

Обычно различают следующие виды сажи: 1) печную, или пламенную, 2) ламповую, 3) газовую и как особую разновидность газовой С.—адетиленовую. Печная, или пламенная, С. является по сравнению с другими видами дешевой и наименее чистой С. Низкий сорт печной С. получается при сжигании осмола (пней хвойных деревьев); эта С. содержит много маслянистых примесей и мало укрупниста. Немного лучше по качеству С., получаемая из обезвоженной смолы, пека, угля и других материалов. Более высокие сорта сажи получают из жидких нефтяных и каменноугольных масел с высокой $\text{f}^\circ_{\text{кип.}}$, например мазута, зеленого и креозотового масел. Кроме исходного материала большое значение имеет также и способ получения С. В прежние времена С. получали сжиганием материала (смола, жир и т. д.) в закрытом помещении с постоянным запасом воздуха. На это требовалось много времени, и С. получалась очень низкого качества, так как вместе с С. осаждались и продукты сухой перегонки. Затем перешли к установкам, позволявшим производить отдельно получение и осаждение С. Простейшим устройством такого рода служила круглая кирпичная камера, вверху которой подвешивался на веревке железный конусообразный колокол, касающийся нижним концом стенок камеры. Сажа, получаемая сжиганием материалов в топке, расположенной около камеры, осаждалась на стенках камеры и считалась на пол при опускании колокола. Недостаток такого устройства заключался в том, что С. не успевала осесть в камере и уносилась в значительном количестве вместе с продуктами горения наружу. Поэтому в настоящее время для осаждения С. применяются длинные каналы или камеры (фиг. 1). Продукты горения из топок *a* поступают в нижний этаж двухэтажной камеры, разделенный перегородками на отдельные помещения *B*, *C* и *D*, затем через отверстие *F*

проходят в верхний этаж и, совершив т. о. длинный зигзагообразный путь, выходят через дымовую трубу К. Благодаря постоянному изменению скорости и направления газов, а также очень длинному пути (до 5 000 м и больше) происходит почти полное осаждение С. в камерах, из к-рых ее через известные промежутки времени переводят через отверстие F и двери t в нижний этаж и затем в помеще-ние E, где С. упаковывают в бочки. Чтобы задержать С., увлекаемую вместе с продуктами горения в трубу (что является крайне нежела-тельным и в санитарно-гигиенич. отношении), перед выходом из камеры устанавливают раз-



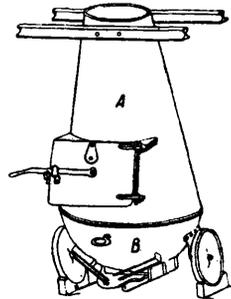
Фиг. 1.

личного рода фильтры: рамы с натянутым полотном, металлич. сетки, жалюзи и специальные улавливатели, напр. спиральные дефлекторы Вернера и Сименса и др. Камеры кладутся из гладкого камня с заделкой шва в чистом цементном растворе, чтобы устранить загрязнение С. песком, пылью и т. д. Ближайшие к топке камеры выкладывают огнеупорным кирпичом. Стены нижнего этажа строят пустотелыми, что уменьшает расход материала и предохраняет камеры от охлаждения. Камеры снабжают железными ставнями, к-рые служат для выпуска газов при взрыве в камере; взрывчатые смеси образуются из воздуха и продуктов горения при неправильном ведении производства или вследствие каких-либо других причин. Устройство топок зависит от сжигаемого материала. Для твердого топлива (дерева, торфа и т. д.) употребляются шахтные печи; выделяющуюся при горении подсмольную воду собирают в приемник, расположенный под топкой. Нафталин, смолу и другие материалы предварительно нагревают до плавления и затем спускают при помощи воронок в топку или на горячие железные листы. Жидкое топливо (нефть, масла и др.) предварительно освобождают от воды и сжигают в пустотелых, охлаждаемых внутри водой чашках.

В настоящее время применяют также чугунные печи (фиг. 2), у которых нижняя часть В установлена на колесах, а верхняя А подвешена на бадках. Материал загружается в нижнюю часть печи, к-рая снабжается заслонкой для регулирования воздуха. Благодаря такому устройству печь легко заменяется новой в случае ее ремонта, чистки и т. д. Установки обычно имеют одну общую камеру для осаждения С. и ряд топок, которые соединяются с камерой посредством каменных каналов. Для конденсации продуктов сухой перегонки над топкой иногда помещают железный колпак или пропускают каналы через холодную камеру. Регулирование воздуха, имеющее очень важное значение для работы, производится при помо-

щи заслонок, одна из которых находится в топке, а другая—при выходе газов в трубу (для регулирования скорости движения газов в камере). Количество воздуха и сила тяги в камере находятся в зависимости от рода и качества топлива, времени года, топографич. расположения з-да, а также от t° отходящих газов, погоды, силы и направления ветра и многих других условий. При работе чаще всего руководствуются окраской пламени и дыма, а также измеряют тягу и производят анализ продуктов горения; теплоту отходящих газов обычно не используют. Самый процесс работы ведется след. обр.: после закрытия всех дверей и окон разжигают в топке огонь и регулируют количество воздуха. Когда в камере накопится достаточно С. (обычно через несколько дней), сжигание прекращают, камеру открывают для охлаждения и удаления из нее продуктов горения, после чего счищают С. мягкими щетками и выгребают из камеры в помещение для упаковки. Количество и качество С. из отдельных помещений камеры получаются различные. Больше всего С. осаждается в нижнем этаже, но по качеству эта С. является наиболее загрязненной продуктами сухой перегонки и другими примесями. В верхних помещениях камеры осаждается меньше С., но зато она более чистая и мелкая. При значительном содержании продуктов сухой перегонки С. становится тяжелой, сырой, плотной, приобретает неприятный запах, плохо затирается со связывающими веществами и плохо сохнет, вследствие чего является непригодной к употреблению и должна подвергаться особой очистке, или к а л ь ц и н р о в а н и ю. Последнее состоит в прокаливании С. без доступа воздуха в узких железных барабанах; продукты сухой перегонки при этом разлагаются и улетучиваются через отверстия сверху барабанов. Выход С. по Вагнеру из смолистых деревьев в среднем составляет 5—6%, из пека 13—15%, из каменноугольной смолы 15—25%, из нафталина 30—40%, из каменноугольных масел 45% и выше. Лучшие сорта С. известны под названием голландской сажы.

Получение печной С. в СССР до последнего времени производилось гл. обр. кустарями из осмола и березовой коры (бересты) очень примитивным способом. Продукты горения вместе с С. поступали из топки по каналу в камеру, в к-рой подвешивался полотняный полог. Лучшая С. осаждалась сверху холста, более грубая—внизу. С. сбивали с холста ударами палки и затем упаковывали в бочки. В настоящее время С. получается сжиганием каменноугольных масел (завод ГЭТ), нефти и других жидких материалов. Для некоторых целей применения (например в электротехнической промышленности) требуется С. тяжелая и в то же время чистая. Последнее достигается по Вегелину действием на пламя сжатого газа. При этом пламя суживается, получается более высокая t° и частицы углерода уплотняются. Печная С.—легкий, рыхлый порошок от темнокоричнево-черного до серовато-черного цвета. Уд. в. 1,6—1,7. Вес 1 л ок. 40 г. Содержание золы в хо-



Фиг. 2.

роших сортах С. не д. б. более 0,1%. При сжигании в руке С. должна снова рассыпаться в порошок. Печная С. находит применение: как черная малярная краска для окраски гл. обр. машин, в смеси с белилами часто применяется для получения серых красок, напр. «дикой» для окраски вагонов и других целей; как дешевая типографская краска для газет, обоев, книг и т. д.; в электротехнич. промышленности для изготовления углей, электродов, футеровки электрич. печей и т. п.; вместо графита в качестве примеси к смазочным маслам для повышения их вязкости; в различных производствах как краска и наполнитель, напр. в производстве клеенки, резины, ваксы.

Л а м п о в а я С., или л а м п о в а я к о п о т ь, в отношении глубины цвета, чистоты состава, тонкости и других свойств принадлежит к более высоким по качеству продуктам. Ее получают сжиганием жидких минеральных масел (солярового масла, дистиллата керосина и т. д.) в лампах с фитилями, по принципу устройства мало отличающихся от применяемых в домашнем обиходе. Раньше для получения С. употребляли также негодные в пищу растительные масла или животные жиры (ворвань и др.). Лампы снабжаются регуляторами для притока воздуха и установок фитилей, благодаря чему легко осуществляется контроль за процессом горения. Всасывающая способность фитилей должна соответствовать сжигаемому материалу. Последний не должен содержать кислотных веществ и других примесей, действующих на горелки или загрязняющих фитили. Питание ламп для равномерности горения производится из общего резервуара А (фиг. 3), в к-ром высота горячего поддерживается также на одном уровне при помощи автоматич. регулятора. Над каждой лампой В помещается железная труба, изогнутая под тупым углом, для отвода С. и продуктов горения в камеру. Камеры для осаждения ламповой С. отличаются от вышеописанных (для печной С.) значительно меньшими размерами; они состоят из 2 или 3 отделений. Передняя часть камеры каменная и служит для охлаждения газов и С., к-рая затем улавливается в следующих отделениях при помощи рам с натянутой тканью, мешков и других приспособлений. В Англии хорошие сорта С. получают по способу Мартина и Грэфтона; С. перед поступлением в уловители проходит через две параллельные железные трубы с расположенными между ними ящиками, где она охлаждается и отчасти осаждается. Другая часть сажи, наиболее высококачественная, осаждается в уловителях, представляющих собою железные трубы, соединенные друг с другом последовательно сверху и внизу, с помещенными внутри их полотняными мешками. Благодаря такому устройству получают различные сорта С. Кроме осаждения С. в камерах применяется также и другой метод—осаждение С. на холодной металлич. поверхности. Для этого служит напр. следующее устройство: над коптящим пламенем ламп помещают вращающийся металлич. полый цилиндр, охлаждаемый внутри водою. С. осаждается на поверхности цилиндра и счищается затем при помощи ножа. Для задержания С. продукты горения перед выпуском в

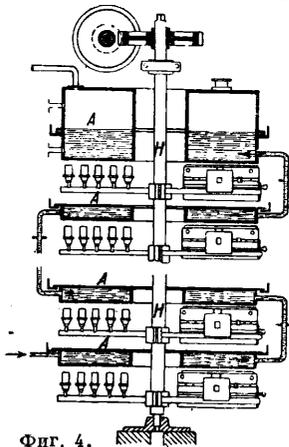


Фиг. 3.

трубу пропускают через небольшую камеру. Выход ламповой С. из масел составляет в среднем ок. 20%. Ламповая С.—очень нежный и тонкий порошок глубокого черного цвета. Уд. в. ее 1,7—1,8. Зола и эмпиреватич. вещества почти отсутствуют. Такая С. обладает очень хорошей кроющей и красящей способностью; с маслом дает матовые окраски, чем отличается от газовой С. Ламповая С. употребляется гл. обр. как краска для полиграфич. промышленности. Обыкновенные сорта ламповой С. служат для получения типографских и литографских красок, приготовления типографской туши, хороших масляных красок, в производстве цветной бумаги и т. д.; более высокие сорта применяются как художественные и иллюстрационные краски, для получения лаков, чертковой туши, для чернения оптич. инструментов и других ценных предметов. К обыкновенной типографской С. в общем предъявляют следующие требования: содержание влаги не более 5%, золы не более 0,1% (песок должен отсутствовать), ацетонового экстракта не более 0,1%; цвет и кроющая способность—по стандарту; количество летучих веществ до 8—10%.

Г а з о в а я с а ж а, получаемая сжиганием естественных и искусственных газов, представляет наиболее ценный вид С. Наибольшее количество ее вырабатывается в США из натуральных газов, содержащих 46÷94% CH_4 , 5÷22% H_2 и 4÷40% этана и этилена (наиболее важных составных частей для получения С.). Сжигание газа производится в горелках с лавовыми наконечниками, которые насаживаются на газовые трубы диаметром около 3 см. Для осаждения С. в США применяют следующие способы: 1) каналный способ, по которому С. осаждается на системе движущихся желобов, 2) дисковый способ—на системе малых и больших дисков, 3) роликовый способ—на вращающихся цилиндрах. Наибольшее распространение имеет каналный способ, по к-рому получается до 90% всей газовой С. З-ды, работающие по этому способу, состоят из ряда длинных зданий, построенных из углового и листового железа, вдоль к-рых проходит одна или две газовые трубы. Внутри зданий располагаются рельсы, по к-рым при помощи особого механизма движется взад и вперед на расстоянии 1÷1,5 м рама с прикрепленными к ней 8 рядами желобов (из корытного железа). Ширина желоба ок. 18 см. Указанное расстояние рама проходит в 5÷7 мин. С., получаемая при сгорании газа в горелках, находящихся под желобами, осаждается на их нижней поверхности, считаясь во время движения рамы при помощи неподвижно укрепленных скребков и поступает затем на проходящий внизу конвейер. После этого С. просеивается через сито или отсеивается посредством электрич. вентилятора и упаковывается в бочки, мешки или пакеты. З-д, имеющих ок. 40 000 горелок, дает в сутки 1,5÷2,5 т С. При дисковом способе употребляются диски, представляющие собою чугунные кольца с внешним диам. 90÷115 см и внутренним 50÷80 см. Вместо больших дисков применяются также сплошные железные круги с отверстиями для выхода продуктов горения. Диски скрепляются между собою стальными тросами по несколько штук в один ряд. Под каждым диском помещаются трубы с отверстиями для горелок. Установки м. б. двух видов: или с вращающимися дисками, делающими один оборот в 8÷12 мин., или с вращающимися го-

релками. Сажу удаляют с поверхности дисков стальными ножами в ящики, из к-рых они поступают на конвейер. Дисковый способ дает С., мало отличающуюся от С., получаемой канальным способом, но дисковый способ имеет некоторые преимущества в отношении простоты оборудования, к-рое легко м. б. разобрано и перенесено в другое место. При роликовом способе для осаждения С. служат полые чугунные цилиндры 1—2,5 м длиной и 22 см диаметром, расположенные вдоль здания рядами по 3 цилиндра на оси. Цилиндры вращаются над газовыми трубами и прикрываются для регулирования тяги железными листами. Выход С. более низкий, но дает С. более высокого качества, в виду чего ее применяют гл. обр. в полиграфич. промышленности. Выход и качество С., кроме состава газов, зависит от погоды, силы нагнетания газа, присутствия в нем воды и масел, расположения горелок и расстояния их от осаждающих поверхностей, скорости движения последних, регулирования воздуха и других условий. Из 1 000 м³ газа получается 19—24 кг С., что составляет в среднем ок. 3% общего количества углерода, содержащегося в газе. Лучшие сорта америк. газовой С. известны под различными названиями: микронекс (Micronex), арроублэк (Arrou-Black) и др. С целью более рационального использования газов в США применяют также и другие способы получения С.—путем разложения газов действием высокой т° и давления (термич. способ), электрич. искры



Фиг. 4.

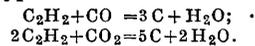
(электротермич. способ) и т. д. Такая С., известная под названием термакс (Thermax), отличается от обычной газовой С. своим сероватым цветом. Способы, основанные на разложении газов, дают очень высокие выходы и применяются также для получения ацетиленовой С. (см. ниже). В странах, где не имеется природных газов, применяют газы, добываемые искусственным путем из каменного или же бурого угля, нефти, смолы и других минеральных остатков, а также генераторный и водяной газы, газы доменных печей и даже воздух, карбюрированный бензином или бензолом. Получение из них С. производится в ограниченных количествах, т. к. она не в состоянии конкурировать по цене с С. из естественных газов. Установки для газификации сходны с установками для получения светильного газа. Жидкие материалы разлагают в нагретых ретортах, куда они поступают в виде непрерывной струи, после чего получаемые газы отделяют от жидких веществ, промывают водой в скрубберах, сушат известью и собирают в газгольдере.

Аппараты для получения С. весьма различны, напр. в Германии применяют аппараты Тальвиттера, Дрейера и др. Аппарат Дрейера (фиг. 4) состоит из нескольких рядов металлич. сосудов А, наполненных водой. Между сосудами при помощи полой вертикальной оси Н, служащей одновременно для подачи газа,

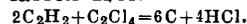
приводятся во вращение трубы с насаженными на них горелками. С. осаждается на стенках сосудов, а тепло, получающееся при горении газа, используется для нагревания воды, которая переходит из одного сосуда в другой (образующих в совокупности паровой котел); половина получаемой т. о. энергии затрачивается на работу самого аппарата, к-рый при 168 горелках сжигает в 24 ч. ок. 400 м³ газа и дает 30—40 кг С.

В СССР имеются значительные месторождения природных газов в Бакинском, Грозненском и других районах. Кроме того источниками для получения С. могут служить газ коксовых печей, газы, получаемые путем газификации угля (подмосковного), торфа и других материалов. В настоящее время начала постройки сажевого з-да в г. Майкопе с производительностью ок. 400 т С. в год. Газовая С.—наиболее чистый и тонкий продукт глубокого черного цвета. Величина частиц ее чрезвычайно мала (0,05—0,1 м). Уд. в. 1,9—2,0. Зола отсутствует или встречается только в виде следов. Количество летучих веществ (СО₂, О₂, Н₂, СО и др.) у хороших сортов С. не превышает 5%. Кроющая способность хорошая; с маслом газовая сажа дает блестящие окраски. Применяется гл. обр. в резиновой промышленности, в особенности для изготовления шин, подошв и других изделий, а также в полиграф. промышленности и для приготовления черных лаков, граммофонных пластинок и т. д.

Ацетиленовая С. получается разложением ацетилена или смеси его с другими газами на углерод и водород: $C_2H_2 = 2C + H_2$. Разложение газа производится б. ч. при помощи высокой т° или электрической искры. До введения последнего метода, предложенного впервые Бертело в 1896 г., ацетиленовая С. получалась путем непосредственного сжигания ацетилена в горелках, специально устроенных с целью устранения образования взрывчатых смесей. По способу Махтольфа, применяемому в Германии, ацетилен нагнетается с необходимым количеством воздуха в специальные цилиндры из литой стали, после чего через смесь пропускают электрич. искру. Газообразные продукты, образующиеся при взрыве, выталкивают сажу в особый приемник, где она охлаждается и где ее собирают. Как побочный продукт при этом получается чистый водород. Для получения ацетиленовой сажи целесообразно употреблять смеси ацетилена с СО₂ или СО, т. к. при этом повышается выход С. Реакция протекает по следующим ур-ям:



Из приведенных ур-ий видно, что помимо углерода, содержащегося в ацетилене, выделяется также углерод из СО₂ или СО, после того как кислород их заграчен на сжигание водорода в воду. В действительности выход углерода получается несколько меньше, напр. по первому ур-ию вместо 3 эквивалентов получается только 2,5, так как часть углерода при высокой т° снова вступает в реакцию с парами воды, образуя СО и Н₂. Для воспламенения смеси ацетилена с СО начальное давление не должно быть менее 6 atm. Кроме этих газов предложены также смеси ацетилена с хлорированными углеводородами: хлористым этиленом и др., причем как побочный продукт после взрыва получается HCl:



Для получения смесей не требуется, чтобы ацетилен и другие газы были совершенно чистыми или свободными от азота, напр. ацетилен получается из карбида, CO и CO_2 сжиганием кокса, а также из известковых печей при производстве карбида. Выход C . очень близок к теоретическому: 1 м^3 ацетилена дает в среднем $1\ 000 \text{ г}$ C ., в то время как теоретич. содержание углерода в 1 м^3 газа при 15° и 760 мм давления равно $1\ 018 \text{ г}$. Ацетиленовая C . по химическому составу представляет почти чистый углерод. Уд. в. до $2,25$. По блеску и глубине цвета превосходит хорошие сорта америк. газовой C ., но встречается также сорта и с более серым оттенком. Ацетиленовая сажа является наиболее дорогой и применяется гл. обр. для изготовления блестящих лаков (для кожи), туши, дорогих печатных красок, твердой медицинской резины, грамофонных пластинок и других изделий.

Кроме натуральной C ., получаемой при неполном сгорании органич. веществ, в продаже находятся сорта C ., получаемые другим путем, напр. финляндская C . получается посредством механич. измельчения прокаленного угля; C . из газовой смолы, содержащая до 32% углерода, обладающего свойствами C ., получается как остаток после промывки смолы тяжелыми и легкими маслами; сажа из торфа получается путем особой обработки и очистки торфа от примесей и т. д. Все получаемые т. о. сорта C . вследствие более низкого качества не могут во многих случаях заменить натуральную C . и применяются гл. обр. в качестве красок при грубых работах.

При исследовании C . определяют: 1) цвет, 2) кроющую способность, 3) красящую способность, 4) объемное число, 5) содержание золы, 6) влагосодержание, 7) количество летучих веществ, 8) количество эмфирематич. веществ, 9) примеси, употребляемые для подцветки (органич. красители, берлинская лазурь), и др.

Лит.: Беленький Е. Ф., Производство минеральных красок и лаков, М.—Л., 1931; Захаров П. С., К производству сажи в СССР из естественных и искусственных газов, «ХИМ», 1930, 5—6; е го же, Производство сажи из натуральных газов в США, там же, 1929, 7—8; Кривошеин К., Сажа, «Резинов. пром.», М., 1931, 8; Химия, и физич. свойства летучих веществ в разных сортах сажи, там же, 1929; Фабров М., Сажа и ее применение в резиновом производстве, там же, 1930, 1—2; Шах-Назаров, «Америк. техника», Нью Йорк, 1930, 1; Михайлов С. Н., Производство минеральных и земляных красок, П., 1915; Gentele J. W., Lehrbuch d. Farbenfabrikation, 3 Aufl., B. 1—3, Brschw., 1906—09; Köhler H., Die Fabrikation des Russes und d. Schwärze, 3 Aufl., Brschw., 1912; Rose Fr., Die Mineralfarben u. die durch Mineralstoffe erzeugten Färbungen, Lpz., 1916; Thieme, Die Russzerzeugung in d. Patentliteratur, «Farben-Zeitg.», B., 1913; Ueber die moderne Gewinnung v. Russ, «Elektrochem. Ztschr.», B., 1913, p. 61; Abscheidung v. Kohlenstoff aus Flammen durch Elektrizität, «Ztschr. f. physikal. Chemie», Lpz., 1912, B. 78, p. 490; «Ztschr. f. Elektrochemie», Halle a/S., 1912, B. 18, p. 131; Ullm. Enz., 2 Aufl., B. 6; Wagner H., Die Körperfarben, Stg., 1928; Zellenner, Die künstlichen Kohlen, B., 1903; Zerr G., Rubensamp R., Handb. d. Farbenfabrikation, 4 Aufl., B., 1930; Handert H., Handb. d. Druckfarben, B., 1931. П. Чернини.

САКАЛОИД (Sakaloid), группа искусственных пластических материалов, получаемых из сахаристых продуктов процессом полимеризации, разработанным Артуром С. Фордом (1922—1931 гг.); согласно опубликованным сведениям о свойствах C . предвидится весьма широкое применение его в самых различных отраслях промышленности. Исходным сырьем в производстве C . могут служить сахароза, декстроза, левулоза, патока и даже сахарный тростник. В связи с огромным экономич. значением, призна-

ваемым за данным открытием, процесс полимеризации исходного сырья держится автором и патентодержателем (Бен. Греем) в секрете. Поэтому пока м. б. указаны лишь основные этапы молекулярного осложнения сахаристых веществ; в общих чертах эти этапы те же, что и в прочих случаях конденсации искусственных смол и других подобных продуктов. C . сперва представляет густую весьма вязкую, упругую массу, растворимую, плавкую и способную прессоваться. После подобной обработки C . становится жестким и упругим, может гнуться и тянуться в нити подобно каучуку; он удобно разрубается, разрезается на листы и обрабатывается на токарном станке. На обсуждаемой стадии C . носит название резинового стекла (Rubber-glass). Стадия эта контролируема, и сакалоид при известном видоизменении процесса может быть на неопределенно долгое время задержан на ней. Резиновое стекло вполне прозрачно и бесцветно, но при окрашивании может получать любой цвет, равномерно распространяемый по всему объему. При полировке материал принимает высокий глянец. На следующей стадии процесса C . обладает твердостью, может тянуться, обрабатываться на токарном станке и сверлиться любым способом. Из C . в этой стадии может выделяться порошок, который далее способен прессоваться подобно обычным пластикам, но от действия нагрева он утрачивает термопластичность, и дальнейший нагрев уже не размягчает его, а лишь сообщает большую твердость. И в этой стадии C . вполне прозрачен и бесцветен, напоминая по виду плавленный кварц, к к-рому близок также и по оптич. свойствам—по показателю преломления и прозрачности в отношении ультрафиолетовых и инфракрасных лучей. Во всех своих видах C . (по сообщению изобретателя) абсолютно не горюч; будучи помещен в пламя, он не выделяет паров, а лишь обугливается. Кроме того C . обладает хорошими диэлектрич. свойствами. C . способен смешиваться с нитро- и ацетатцеллюлозой, причем снижаются не только производственные расходы, но и горючесть продукта.

Применения сакалоида пока не проверены промышленно; предварительно же намечаются весьма многочисленные, а именно: в производстве склеивающих составов, лаков и красок (с акалак), искусственного волокна для пряжи и тканей—подобно искусственному шелку (с акалак), прозрачного упаковочного материала любой толщины (с акалак), обоев, картона, пленок для рентгенографии и других фотографических целей, обладающих преимуществом большей прозрачности, бесцветности и невоспламеняемости, материала для беспроводной или проводной передачи изображений—телеграфов, искусственной кожи (напр. для обуви), прозрачных коробов и ящиков, кровельной черепицы, оптич. линз, призм и пластин, а также других оптич. приспособлений, в особенности, когда требуется прозрачность в отношении ультрафиолетовых и инфракрасных лучей, различных подокон (гребней, гугов и т. п.) и предметов роскоши. Экономич. значение C . связано, кроме технич. свойств C ., с перепроизводством сахара в З. Европе и Америке и с ростом запаса сахара на складах при отсутствии перспектив сбыта. Основанная держателем патентов А. С. Форда Б. Греем «Компания промышленных продуктов из сахара» («The Industrial Sugar Products Corporation») предполагает выпускать C . примерно по $9\frac{1}{2}$ центов за 1 фн. (~17,5 к. за 1 кг.).

Лит.: «Сорена», М., 1932, вып. 1, стр. 174; «Plastics», N. Y., 1931, 7, p. 448; «The International Sugar Journal», L., 1931, v. 33, p. 375, 513, 539; «Herald Tribune», 1931, Mai; «Die deutsche Zuckerindustrie», B., 1931, V. 56, 41, p. 1021, 10 Oktober.

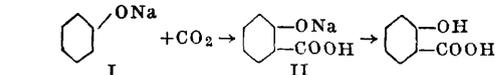
П. Лоренский.

САНСАУЛ, оджар, сазак (Haloxylon ammodendron, сем. Chenopod.), дерево; достигает высоты $3—6 \text{ м}$, стержневой корень C . великоленно развит (до 20 м). C .—растение, характерное для песков и солончаков Ср. Азии. Дре-

весина С. отличается твердостью, но хрупка, а потому как поделочный материал не годится; уд. в. выше 1. Местное население ценит С. как хорошее топливо. Заросли С. хорошо скрепляют почву, задерживая движение сыпучих песков. После вырубki С. возобновляется с трудом, хотя дает поросль от пня; при искусственном древонасаждении С. возможно разводить посадкой 2—3-летних сеянцев.

САЛИЦИЛОВАЯ КИСЛОТА, *o*-оксибензойная кислота, важнейшая из ароматич. оксикислот. Впервые получена в 1838 г.

Р. Пириа окислением салицилового альдегида. Строение ее было доказано в 1853 г. Кольбе, к-рый произвел также синтез С. к. из фенолята натрия и CO_2 ; эта реакция до настоящего времени используется и для технич. получения С. к. нагреванием в автоклавах фенолята натрия с CO_2 при 140° . В свете новых исследований механизм этого синтеза представляется след. обр.: фенолят натрия (I), присоединяя при высоких температурах CO_2 , образует фенолятнатрий-*o*-карбоновую кислоту (II), из к-рой при помощи минеральных кислот выделяют С. к.



С. к. по способу Шмидта получается след. обр. В автоклав с мешалкой вносят 94 ч. чистого кристаллич. фенола, 40 ч. чистого едкого натра и 65 ч. воды. Раствор упаривают при 100° и постоянном перемешивании под уменьшенным давлением до тех пор, пока смесь не превратится в сухой порошок; последний вносят в автоклав и нагревают на масляной бане 120 — 140° , одновременно впуская из баллона CO_2 до тех пор, пока не прекратится поглощение газа; эта реакция занимает обычно 3—4 часа. По охлаждению извлекают порошок из автоклава, растворяют его в возможно меньшем количестве воды и подкисляют крепкой соляной к-той. Выделившуюся С. к. отсасывают, промывают небольшим количеством воды (для удаления примеси фенола) и очищают перегонкой с перегретым паром или перекристаллизовывают из горячей воды, осадки предварительно примеси нагреванием с раствором хлористого олова SnCl_2 по способу П. Гофмана. Из 94 ч. фенола получается 125 ч. чистой С. к. Газообразная CO_2 может быть заменена твердой, а NaOH поташом. Для окончательной очистки С. к. применяют сублимацию, к-рую надо проводить осторожно, т. к. при сильном нагревании С. к. разлагается на фенол и CO_2 .

С. к. представляет игольчатые кристаллы с $t_{\text{пл.}}$ 159° , растворяющиеся в 500 ч. воды при 15° и в 15 ч. кипящей воды, в 2,5 ч. спирта, в 2 ч. эфира, в 80 ч. хлороформа (значительно лучше — в горячем хлороформе). С. к. летуча с водяными парами. С хлорным железом FeCl_3 С. к. дает фиолетовое окрашивание (в отличие от фенола — не только в водном, но и в спиртовом растворе). Салициловая кислота — сильное дезинфекционное средство, имеющее то преимущество перед фенолом, что лишено запаха и вкуса и не ядовито для высших организмов. С. к. является также средством для консервирования пищевых продуктов, хотя, вследствие того, что она расстраивает пищеварение, в некоторых странах применение ее для этих целей запрещено.

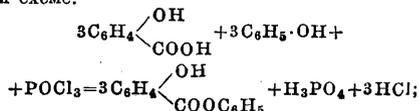
Салициловые препараты. С. к. имеет большое применение в химико-фармацевтич. промышленности как сырье для получения ряда лекарственных препаратов, в красочной промышленности — для получения азокрасок и в парфюмерной — для получения душистых веществ.

Ацетилсалициловая к-та $\text{CH}_3\text{CO}\cdot\text{O}\cdot\text{C}_6\text{H}_4\cdot\text{COOH}$, см. Аспирин.

Салициловокислый натрий $\text{HO}\cdot\text{C}_6\text{H}_4\cdot\text{COONa}$, важный антиревматический препарат, получают следующим путем: 16,5 ч. С. к. растворяют в 60 ч. 97%-ного спирта при 60 — 70° и при этой же t° в раствор вносят небольшими порциями (в течение 3—4 час., при помешивании) 40 ч. чистого двууглекислого натрия; из раствора отгоняют 35 ч. спирта; выделившуюся массу

охлаждают, отсасывают, высушивают при 35 — 40° и прокрутывают через сита. Кристаллич. порошок; 1 ч. растворяется в 1 ч. воды и в 6 ч. спирта.

Салол, фенольный эфир С. к. $\text{HO}\cdot\text{C}_6\text{H}_4\cdot\text{CO}\cdot\text{OC}_6\text{H}_5$, получается из С. к., фенола и хлорокси фосфора по следующей схеме:



69 ч. С. к. и 48 ч. фенола сплавляют в колбе на масляной бане при t° 135° и приливают небольшими порциями 28 ч. хлорокси фосфора. Когда заметно уменьшится выделение HCl , реакционную смесь вливают в большое количество холодной воды. Салол выделяется в виде масла, к-рое несколько раз промывают водой, после чего оно застывает в кристаллич. массу. Продукт отсасывают, высушивают и перекристаллизовывают из метилового спирта: Выход — 99 ч. чистого салола. Белый порошок или ромбические таблочки, $t_{\text{пл.}}$ 42 — 43° , $t_{\text{кип.}}$ 172 — 173° (12 мм), применяются для дезинфекции кишечника.

Салофен, *n*-ацетиаминифенольный эфир С. к. $\text{HO}\cdot\text{C}_6\text{H}_4\cdot\text{CO}\cdot\text{O}\cdot\text{C}_6\text{H}_4\cdot\text{NH}\cdot\text{CO}\cdot\text{C}_6\text{H}_5$, получают смешиванием 13,4 ч. чистого *n*-ацетиаминифенола и 19 ч. салола и отгонкой выделившегося фенола в вакууме при 20 мм и t° 210 — 225° . После отгонки фенола остаток охлаждают и перекристаллизовывается из 96%-ного спирта. Листочки, плохо растворимые в горячей воде, легко — в спирте и эфире; $t_{\text{пл.}}$ 187 — 188° . Применяется как средство против головной боли.

Метилсалицилат $\text{HO}\cdot\text{C}_6\text{H}_4\cdot\text{CO}\cdot\text{OCH}_3$, главная составная часть *заультериевого масла* (см.). Синтетически получается нагреванием смеси 2 ч. С. к., 2 ч. метилового спирта и 1 ч. серной к-ты. Бесцветная или слабо желтоватая пахучая жидкость; $t_{\text{кип.}}$ 224° ; уд. в. $1,185$ — $1,189$. Применяется в медицине, в парфюмерии. Этилсалицилат $\text{HO}\cdot\text{C}_6\text{H}_4\cdot\text{CO}\cdot\text{OC}_2\text{H}_5$ получается атерификацией С. к.; жидкость, уд. в. $1,137$; $t_{\text{пл.}}$ $+1,3^\circ$; $t_{\text{кип.}}$ 234 — 235° [743 мм]. Применяется в парфюмерии. Амилсалицилат $\text{HO}\cdot\text{C}_6\text{H}_4\cdot\text{CO}\cdot\text{OC}_5\text{H}_{11}$, бесцветная жидкость; $t_{\text{кип.}}$ 250° ; уд. в. $D_{15}^{20}=1,065$; почти нерастворим в воде, легко растворим в спирте, эфире и хлороформе; применяется в парфюмерии.

Аминосалициловая кислота $\text{O}\cdot\text{C}_6\text{H}_3(\text{COOH})_2(\text{NH}_2)$ имеет применение в красочной промышленности; $t_{\text{пл.}}$ 346° .

В СССР С. к. и ее препараты производятся по способу Шмидта на салициловом з-де Ухлифармобъединения (б. Госмедторгпром) в размерах, удовлетворяющих потребности СССР. Техническую С. к. вырабатывает также Рубенанский з-д Англообъединения. В 1931 г. в СССР получено 320 т сублимированной С. к. и салициловых препаратов, в 1932 г. — 450 т. Производство С. к. и ее препаратов в дореволюционной России началось лишь в 1915 г. в полулабораторных размерах; значительное же развитие оно получило только после Октябрьской революции в связи с развитием химической промышленности и химизацией СССР. В настоящее время производство советских салициловых препаратов может считаться вполне освоенным, и в этом отношении СССР совершенно не зависит от капиталистических стран.

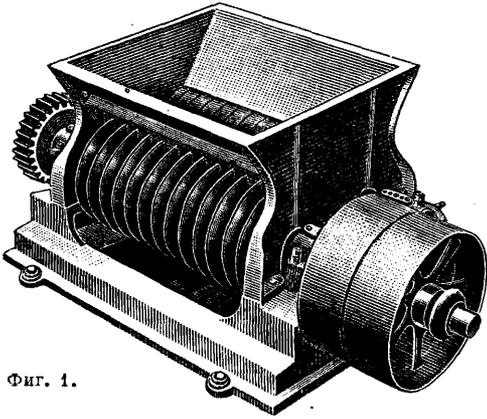
Лит.: Кацнельсон М., Приготовление синтетич. химико-фармацевтич. препаратов, 3 изд., Л., 1932; Schwyzer J., Die Fabrikation pharmazeutischer u. chemisch-technischer Produkte, Berlin, 1931; Lung-e B. I., Chemisch-technische Untersuchungsmethoden, 7 Aufl., В. 3, В., 1923; Сов. П. 2744/27; 14060/29; 12341/29; 15593/30; 17225/30; 18752/31; Г. П. 426 (1877); 29934 (1884); 6511 (1892).

М. Кацнельсон.

САЛОТЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО. Пищевое сало в зависимости от метода получения делится на первый сок (олеосток по америк. терминологии) и пищевое сало (кашное). Первый сок идет на выработку олеомаргарина (олеоиль), а пищевое сало применяется непосредственно для жарения и печения.

Производство первого сока. Сырьем для первого сока служит весь комплект сала-сырца, снимаемого с туши (сальник, сало: околопочечное, мошоночное, отточное, средостенное, кашечное, с сыгута, с летошки, с рубца, с проходника и с сердца). Необходимым условием для получения готового продукта вполне удовлетворительного качества является прежде всего бережное и внимательное отношение к сырцу со стороны бойцов и съемщиков сала: абсолютно недопустимо бросание сырца на пол и загрязнение его в крови, канье и пр.; кроме того сырец должен быть направлен

в салотопенный цех немедленно после убоя животного и пущен в переработку безусловно в свежем виде. Сало-сырец, как содержащее значительное количество белковых веществ и влаги, при лежании быстро портится, и вытопленное из такого сырца сало получается дурного вкуса, темного цвета, неприятного запаха и с большим содержанием свободных жирных к-т. Для возможности быстрой доставки сырца салотопенные 3-ды обычно строят на территории боен, а усовершенствованные крупные мясоперерабатывающие предприятия устраивают



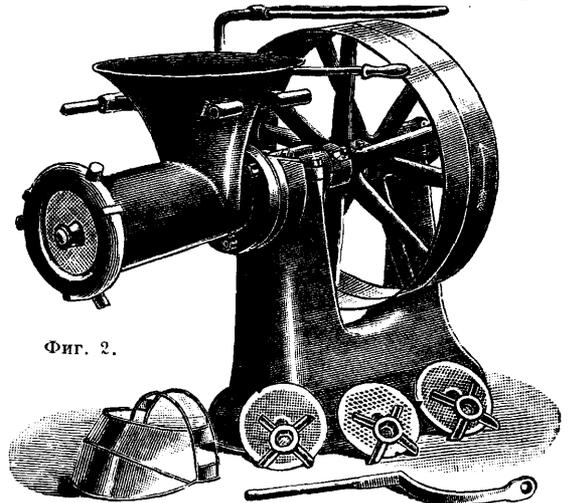
Фиг. 1.

салотопенные цехи в одном корпусе с убойным залом. В тех случаях когда все-таки сырец приходится хранить нек-рое время (максимально 48 часов), его помещают в холодильник, где следует поддерживать t° в $1-2^{\circ}$ при хорошей вентиляции и усиленной циркуляции воздуха (4-кратный обмен в час). Для хранения сырца в течение непродолжительного времени (6—8 ч.) применяют специальные чаны с холодной проточной водой. Чаны делают деревянные и внутри выкладывают оцинкованным железом.

На крупных предприятиях сырец доставляется в приемную салотопенного цеха при помощи подъемников и транспортеров. После доставки сырца производят его сортировку для отбора наиболее загрязненного и испорченного сала, к-рое откладывают в отдельную корзину и направляют в отделение для вытопки технич. сала. Пищевой сырец подвергается затем тщательной оборке, т. е. происходит удаление прирезей мяса, концов кишок, пузырей и всяких других посторонних примесей. Все эти быстро загнивающие примеси способствуют разложению жира и вместе с тем ухудшают вкус, запах, цвет сала и повышают его кислотность. После оборки сырец направляют к куттеру, где происходит предварительное грубое измельчение сала. Это измельчение облегчает последующую промывку сырца. Куттер (фиг. 1) имеет два одинаковой длины вала, вращающиеся со скоростью 225 об/м. На одном из валов насажены круглые ножи, входящие в то же число выемок на другом валу. Сало режется на куски и полосы весом в 250 г. Производительность таких куттеров 1 000—2 000 кг сырца в 1 ч. Измельченное сало поступает затем в промывку для удаления остатков крови, грязи и т. п. Промывка может производиться в деревянных чанах проточной водой. Наиболее эффективная промывка достигается во вращающихся барабанах, т. к. при постоянном движении все частицы сырца приходят в тесное

соприкосновение с водой. Барабан представляет собою наклонный к плоскости пола и медленно вращающийся цилиндр с сетчатой поверхностью. Продырявленная ось цилиндра служит одновременно и трубопроводом для воды. Из куттера, обычно непосредственно присоединенного к промывному барабану, сало попадает в открытый приподнятый конец цилиндра. Сало, проходя внутри вращающегося цилиндра, обильно поливается брызгами воды через ось барабана. Вода вместе с грязью стекает через сетчатую поверхность барабана в корыто, расположенное под барабаном, а сало-сырец медленно движется по наклонной поверхности цилиндра к нижнему его концу, где оно вываливается в ящик из оцинкованного железа, в к-ром с сырца стекают остатки воды. Промывная вода направляется в жируловитель, а оттуда в канализацию. Производительность барабанов в среднем 1 500 кг сырца в 1 ч. Занимаемая площадь составляет $4,1 \times 1,25$ м; длина цилиндра 3 м; \varnothing его 0,75 м; \varnothing отверстий поверхности цилиндра 8 мм; потребная мощность 10 HP; число об/м. барабана 18.

После промывки сырец направляется при помощи транспортеров или в тележках по подведенным путям на охлаждение в холодной воде при t° 3—4°. Как показывает практика, тщательное охлаждение сырца улучшает вкус и запах первого соуса и несколько повышает выход его. Охлаждение производится в деревянных чанах или путем добавления льда или при помощи циркуляции охлаждающего рассола по змеевикам, расположенным в днище чана. Охлаждение продолжается обычно 6—8 ч. По окончании охлаждения сырец выгружают из чанов на стол с перфорированной столешницей, где с сырца стекает вода. После этого сырец направляют к салорезке для окончательного измельчения. Задачей измельчения сырца



Фиг. 2.

является облегчение выделения жира из клеток. Механич. разрушение (разрывание) клеток имеет огромное значение, т. к. прежде всего увеличивает выход жира, а кроме того позволяет вести процесс вытопки при низкой t° , превышающей всего лишь на несколько градусов t° жиру.

Для окончательного измельчения применяют в о л ч к и (фиг. 2). Производительность таких салорезок 600—2 000 кг сырца в час; потребная мощность от 5 до 15 HP.

Измельченное сало поступает в котел для вытопки. Наилучшие результаты в отношении качества сала дает сухой метод вытопки при разогревании горячей водой рубашки котла. Для этой цели применяют открытые котлы, снабженные рубашкой и мешалкой (фиг. 3). Нагревание котла происходит путем циркуляции горячей воды в рубашке. Воду, циркулирующую в рубашке, можно нагреть паром в самой рубашке, но для более правильного проведения процесса и для поддержания необходимой t° рациональнее воду нагреть в какой-нибудь коробке и уже горячую воду впустить в рубашку. Лучше всего устанавливать котлы небольшой

постоянной t° в 50° . При недостаточном отстаивании сало получается со значительным содержанием воды, неомыляемых веществ и посторонних примесей. Остаток от вытопки первого сока вытапливается при более высокой t° ($75-80^\circ$); при этом получается пищевое сало, к-рое сливается в отдельный отстойник. Т. о. на каждый точный котел необходимо иметь 3 отстойника: 2 для первого сока (процесс вытопки 3,5 часа, отстаивание 6 час.) и 1 для пищевого сала. Шквара, полученная после вытопки остатка первого сока, передается в отделение для технического сала.

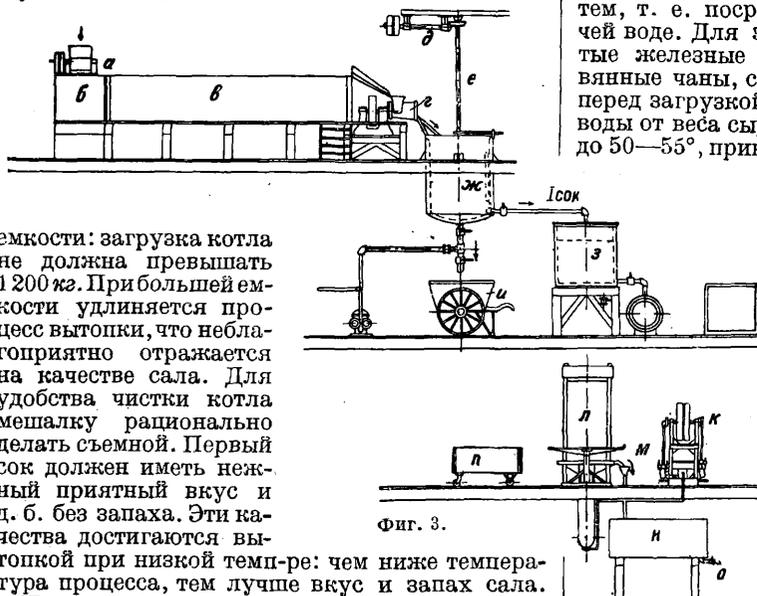
Первый сок можно получить и мокрым путем, т. е. посредством вытопки сала в горячей воде. Для этой цели применяются открытые железные одностенные котлы или деревянные чаны, снабженные мешалкой. В котел перед загрузкой сырца прибавляют около 30% воды от веса сырца, нагревают ее острым паром до $50-55^\circ$, приводят в действие мешалку и грузят постепенно, небольшими порциями, сырца. Во время самого процесса вытопки t° регулируют выпуском острого пара. Этот способ значительно уступает сухому, так как регулирование t° затруднено. При несоблюдении же температурных условий получается либо ухудшение вкуса и запаха сала либо все содержимое котла превращается в довольно стойкое эмульсионное соединение, разделение которого сопряжено с большими трудностями. Кроме того при сухом методе происходит гораздо лучше использование емкости котла.

Полученный тем или иным способом первый сок после отстаивания м. б. слит в тару и в таком виде пущен в продажу. Но на крупных предприятиях этим процессом производства не ограничиваются: первый сок подвергается прессованию на гидравлич. прессах для получения олеомаргарина. Последний, имеющий более низкую $t^\circ_{пл.}$, чем первый сок, является прекрасным сырьем для производства маргарина. Процессу прессования предшествует кристаллизация первого сока. Кристаллизация достигается тем, что тщательно отстоянный от воды и примесей первый сок помещается в специальную камеру, где сало должно находиться в течение определенного времени при постоянной t° ($30-32^\circ$). При этой t° тристеарин и трипальмитин, вернее триглицериды, содержащие предельные жирные к-ты, затвердевают в виде маленьких кристалликов, к-рые равномерно пронизываются маточным раствором (триолеином). Камера для кристаллизации должна содержаться в абсолютной чистоте и д. б. расположена т. о., чтобы не ощущалось резкого влияния внешнего воздуха и t° внутри камеры не зависела бы от состояния погоды. Постоянная t° в камере достигается обогревом ее при помощи ребристых труб. Различают 2 способа кристаллизации: американский и немецкий. На америк. предприятиях для кристаллизации первый сок наливают в тележки-ящики, сделанные из дерева, вместимостью 400 кг. Тележки закатываются в камеру, и процесс кристаллизации происходит при температуре 31° в течение 4 суток.

емкости: загрузка котла не должна превышать 1200 кг. При большей емкости удлиняется процесс вытопки, что неблагоприятно отражается на качестве сала. Для удобства чистки котла мешалку рационально делать съемной. Первый сок должен иметь нежный приятный вкус и д. б. без запаха. Эти качества достигаются вытопкой при низкой темп-ре: чем ниже температура процесса, тем лучше вкус и запах сала.

Процесс вытопки ведется след. обр.: перед загрузкой котла пускают в рубашку горячую воду (при $70-80^\circ$), приводят в действие мешалку и начинают постепенно, маленькими порциями, грузить сырца. После загрузки котла на $\frac{1}{3}$ делают перерыв минут на 10 и разбрасывают на поверхности содержимого мелко измолотую поваренную соль, примерно 5—7 кг. Когда масса примет вид кашицы, вновь начинают постепенную загрузку сырца. После загрузки $\frac{2}{3}$ опять разбрасывают такое же количество соли и снова минут на 10 прекращают загрузку. После дачи всего количества сырца при t° массы в $50-55^\circ$ в течение 25—30 мин. заканчивается вытопка первого сока. По окончании процесса останавливают мешалку, вновь разбрасывают по поверхности содержимого котла соль (5 кг) и оставляют массу в покое минут на 20—30. Добавление соли производится во избежание образования эмульсии. Соль, соединяясь с частицами воды, находящейся в расплавленном жире во взвешенном состоянии, образует раскол и опускается на дно, увлекая за собою нити соединительной ткани. Тем самым происходит осветление и очистка сала. Мощностью, необходимая для работы мешалки, равна 2,5—3 HP; число оборотов мешалки равно 13—15 об/мин. Процесс вытопки продолжается 2—2½ ч., а вместе с загрузкой и выгрузкой 3—3½ ч.

Выделившийся первый сок сливают при помощи шарнирной трубы в отстойник (двустенный цилиндр, котел, снабженный конусом); в рубашке циркулирует горячая вода. Отстаивание продолжается 5—6 час. и происходит при



Фиг. 3.

Значительно более выгодной является кристаллизация по способу, практикуемому из на герм. з-дах, а именно в ванночках из оцинкованного железа вместимостью 25 кг. При таком способе процесс кристаллизации продолжается всего 24—30 ч.; при этом кроме значительного сокращения времени процесса почти вдвое уменьшается и потребная площадь камеры. Ванны устанавливаются на стеллажах одна над другой т. о., чтобы край нижестоящей несколько выступал над краем вышестоящей ванны. Каждая ванна имеет горизонтальный вырез в боковой стенке. Расплавленный жир, попадая в верхнюю ванну, наполняет ее до края выреза и, переливаясь через вырез, льется в следующую нижестоящую ванну, наполняет эту последнюю и переливается через вырез в нижестоящую, и т. д. Подача первого сока производится при помощи насоса, к-рый направляет расплавленный жир в деревянный или оцинкованный желоб, расположенный поверх стеллажей над верхним рядом ванн, а отсюда при помощи отводов с кранами первый сок разливается по ваннам.

При процессе кристаллизации необходимо точно соблюдать требуемую t° . Если t° высока, то много твердых частей сала остается в растворе и отпрессованный олеомаргарин получается слишком твердым и салыстым. Если t° низка, то олеомаргарин отжимается с трудом и выход его получается небольшой. По окончании кристаллизации ванны снимаются со стеллажей, устанавливаются на тележку и по подведенным путям подаются в помещение для прессования. Скристаллизовавшийся первый сок закладывается в салфетки и таким путем получают пакеты. В среднем можно принять ширину пакетов в 25—35 см, а длину в 30—40 см.

Загрузка. Приготовление пакетов и загрузка пластин гидравлич. прессы производятся при помощи специального стола с вращающейся столешницей; в этом столе имеются 4 углубления в форме пакета. Между каждыми 2—3 пакетами прокладывается пластина из оцинкованного железа, служащая для выравнивания давления. Пластины перед помещением их в пресс нагреваются в теплой воде до 30—31°. Это нагревание предотвращает охлаждение сала, а кроме того позволяет вести процесс отжатия при t° , почти равной t° процесса кристаллизации. Если обогреть пластины не производить, то первый сок во время загрузки прессы сильно охлаждается, а в холодное время года может случиться, что жир настолько затвердеет, что всякое прессование становится невозможным. Отжатие олеомаргарина должно производиться постепенно и медленно. Максимальное давление 150 atm. Полный период работы прессы составляет 2—2,5 ч. (вместе с загрузкой и выгрузкой). Наилучшим выходом олеомаргарина считается 65% (от первого сока) и олеостеарина (или прессового сала) 35%. В среднем получается 60% олеомаргарина и 40% стеарина. Отжатый олеомаргарин направляется в прямоугольные приемные резервуары, где нагревается до 40—45°, а затем переливается в бочки и отправляется в камеры хранения. При 10—12° олеомаргарин может храниться продолжительное время. После 3—4-суточного хранения олеомаргарин приобретает зернистую структуру. Снимаемые после окончания прессования с салфеток прессы четырехугольные пластинки стеарина 4—5-мм толщины получа-

ются несколько влажными. Для просушивания пластинок их помещают в специальную камеру, где их просушивают и охлаждают при t° 7—10° при хорошей вентиляции и циркуляции воздуха. После просушивания стеарин пакуется в бочки при помощи вращающихся конусообразных валиков, плотно уминающих стеарин и не допускающих проникновения между его слоями воздуха. Воздух и влага являются причинами появления на стеарине темных и серых пятен, сильно обесценивающих продукт. Хранить стеарин следует при 4—5°. Применяется стеарин для приготовления компаундов (смешанных жиров—имитация свиного сала), для кондитерских целей, мыловарения и т. п. Этим процессом производятся олеомаргарина заканчивается. На фиг. 3 дана схема производства: а—куттер, б—промывной барабан, в—барабан для охлаждения, г—салорезка (волчок), д—трансмиссия, е—мешалка, жс—открытый сосуд для вытопки сала, з—отстойник, где происходит осветление сала, и—тележка, к—гидравлический насос, л—гидравлич. пресс, м—выход маргарина, н—приемник маргарина, о—выпускной кран, п—приемник олеостеарина.

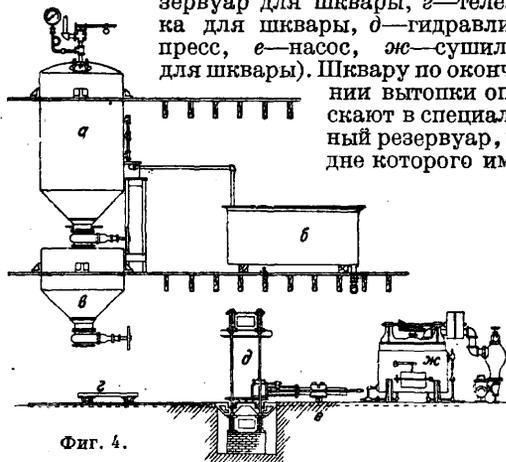
Пищевое сало. Сырьем для получения пищевого сала служат те части сырца, к-рые не идут на вытопку первого сока, напр. всякие мелкие обрезки: обрезки со щековины, с диафрагмы, обрезки при зачистке языков, сало от рубки туш. Кроме того пищевое сало получается из остатка от вытопки первого сока (как описано выше). На предприятиях, не вырабатывающих первый сок, для производства пищевого сала идут все те части сырца, какие на крупных з-дах направляются для получения первого сока. До настоящего времени в СССР довольно распространенным способом выработки пищевого сала является мокрый метод в огневых котлах. Последние представляют собою открытые железные котлы с приделанными деревянными «наделками», служащими продолжением котла. Вытопка происходит путем кипячения сырца с водой. Процесс вытопки продолжается в зависимости от размеров котла 16—24 ч. Чрезмерная длительность процесса, далеко не безупречное качество продукции, низкие выходы топленого сала, выделение дурно пахнущих газов—в достаточной степени характеризуют этот метод вытопки. Несколько более совершенной является вытопка паровым способом в открытых одностенных котлах: более высокий выход продукции и сокращение продолжительности процесса до 7—8 ч.

Современная техника предусматривает вытопку пищевого сала двумя способами: сухим паровым методом в открытых котлах и мокрым—путем непосредственного действия острого пара под давлением 2,5 atm в закрытых котлах. Вытопка по первому способу происходит в таких же котлах, как и выработка первого сока, т. е. двустенных котлах, снабженных мешалкой, с той только разницей, что в рубашку котла впускается не горячая вода, а пар под давлением 3 atm. Сырец перед вытопкой промывается и измельчается; загрузка котла сырцом происходит постепенно. Во время самого процесса вытопки содержащаяся в сырце вода начинает испаряться и выделяемые пары придадут содержимому котла вид кипящей массы. Перемешивание массы и действие пара продолжают до тех пор, пока из котла не перестанут выделяться пары воды. Процесс перетопки продолжается 3—4 ч. По окончании процесса сало

сливают в отстойник. По второму методу вытопку производят в автоклаве. Последний представляет собой вертикальный цилиндрический котел. Высота его д. б. немного больше двойного диаметра. Для загрузки имеется лаз в верхней части автоклава. Дно у котла коническое, высота конуса вдвое меньше диаметра котла. В днище имеется для выпуска шквары спускная труба с краном \varnothing 250—300 мм. Для спуска воды служит кран на высоте 150 мм от дна; для спуска сала имеются 2 крана: один помещен на расстоянии $\frac{1}{3}$ высоты от дна, а другой на 200 мм выше. Для выпуска пара служит труба диаметром 37 мм. Автоклав соединен с конденсатором, в котором сгущаются выделяющиеся во время вытопки газы и пар. Сырец перед началом процесса тщательно промывается; измельчение его необязательно. Перед загрузкой автоклава сырцом на дно его кладут слой костей для предупреждения закупорки парового и спускного кранов, расположенных у дна. Затем в котел дают воду с тем, чтобы она заполнила конус, и грузят сырец. Закрывают люк котла, открыв в то же время вентили трубы для выхода воздуха, и выпускают в автоклав острый пар. Когда из этой трубы покажется пар, вентиль закрывают и поднимают давление в котле до 2,5 атм. Процесс вытопки продолжается 4—5 ч. В результате процесса получается эмульгированная смесь жира, воды и шквары. После окончания вытопки спускают постепенно давление и дают смеси отстояться в течение часа. После этого спускают сало в жироотделитель, имеющий два отделения: в одно из верхнего крана сливают более чистое сало, в другое из нижнего—сало с большим содержанием воды. Если загрузка автоклава была произведена правильно, то линия раздела между салом и водой, количество которой увеличивается во время процесса вытопки за счет конденсации пара, располагается между двумя боковыми кранами. Если линия раздела пришла ниже крана, то в котел добавляют воды, чтобы поднять уровень сала до спускного крана. Если же воды получилось слишком много, то часть ее спускают. Из жироотделителя сало переводят в отстойник для окончательного осветления. Шквару спускают через нижний кран, на дне, и передают ее в отделение для технич. сала или подвергают высушиванию. В последнее время америк. предприятия начинают применять сухой метод вытопки в закрытых котлах, работающих под вакуумом (подробнее—ниже, при описании вытопки технич. сала). Качество сала, получаемого при этом методе, выше, чем при мокром способе: меньше содержание влаги и более низкая кислотность сала. Вытопка происходит путем выпуска пара под давлением 3 атм в рубашку котла и продолжается 3—4 ч.

Техническое сало. Хотя все сало-сырец д. б. направлено на вытопку пищевого сала, все же неминуемо получение и технич. жира. Сырьем для получения технич. сала служат: случайным загрязненный сырец, лежалый сырец с специфич. запахом разложения, саленная оборка, получаемая при сортировке пищевого сырца (концы кишок, прирезы мяса и т. д.), обрезь и жилка, поступающие с консервных и колбасных э-дов, жир, снимаемый с жироловителей, мелкие крошки и кусочки сала, собираемые при уборке помещений, разорванные части кишок, дыхательное горло, обрезки шкуры и языка, мясига с кож (сало и мясо, получаемые при «обрядке» кож), брыжжейка, плен-

ки, получаемые при окончательной зачистке желудков, и наконец концы скаты—целые туши или части туш, или паренхиматозные органы, забракованные при осмотре ветеринарным надзором. Не считая кустарной вытопки технич. сала в огневых котлах или полукустарной—в одностенных паровых котлах, наиболее распространенным методом является получение технич. сала в автоклавах (мокрый способ). Процесс перетопки протекает аналогично описанному выше производству пищевого сала с той только разницей, что вытопка происходит при более повышенном давлении, а именно 3—3,5 атм, и продолжается 8—9 ч. (фиг. 4: а—автоклав, б—чан для сала, в—резервуар для шквары, г—тележка для шквары, д—гидравлич. пресс, е—насос, жс—сушилка для шквары). Шквару по окончании вытопки опускают в специальный резервуар, на дне которого име-



Фиг. 4.

ется змеевик. Здесь она подогревается, причем происходит некоторое выделение сала. После удаления жира шквара подвергается прессованию на гидравлическом прессе, а затем сушится в специальных сушилках. Отжатия на прессе можно и не производить, т. к. прессование в отношении выделения жира, получаемого мокрым способом, никакого эффекта не дает. Прессование может применяться для удаления воды из шквары, что ускоряет ее высушивание. Высушенная шквара представляет собою кормовой продукт для птиц и свиней.

Сушилки бывают двух видов: горизонтальные (барабанные) и вертикальные. Барабанная сушилка состоит из двустенного барабана, внутри которого вращается мешалка. Сушилка соединена с вакуум-насосом. Сушка производится путем выпуска пара в рубашку при непрерывном перемешивании и под разрежением. Барабанный тип сушилок применяется на крупных предприятиях. Длина барабана составляет 5 м, диаметр 1,4 м; производительность—ок. 400 кг шквары в час; потребная мощность 30 л.с. Вертикальная сушилка представляет собою двустенный аппарат с мешалкой. Сушку также производят и под вакуумом. Потребная мощность в зависимости от загрузки колеблется в пределах от 6 до 15 л.с. Содержание воды в шкваре, отстоянной в приемном резервуаре, составляет 60—65%, в сухой шкваре 7—9%. Содержание жира в сухой шкваре при мокром способе 10—12%.

Мокрый способ значительно уступает сухому методу. При сухом салотоплении продолжительность процесса несколько меньшая (5 ч.). Благодаря тому что процесс вытопки идет па-

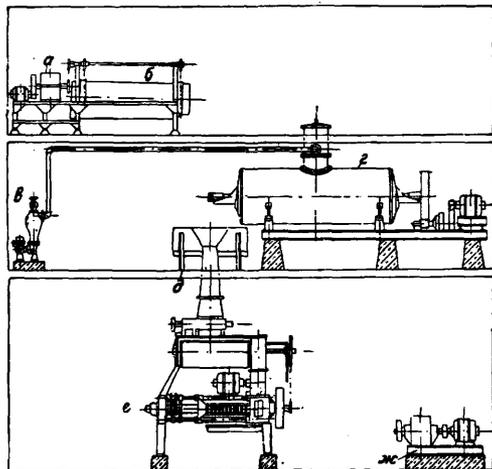
параллельно с высушиванием влаги, получаемый жир не содержит воды, тогда как в автоклавном сале содержание влаги составляет 0,8—0,9%, что в дальнейшем может служить причиной порчи сала. Шквара, получаемая при мокром способе, очень влажна и требует специальной сушилки для переработки ее в кормовое средство (влажная шквара чрезвычайно быстро портится); шквара же, получаемая при сухом методе, не содержит влаги. Ценность шквары при автоклавном методе несколько понижается, т. к. при действии острого пара протеины, растворимые в воде, разрушаются, а шквара после сухого способа содержит большее количество протеинов. Расход пара при сухом методе примерно на 30% меньше, чем при получении жира с помощью острого пара. При сухом салотоплении в жире содержится меньше свободных жирных к-т. Шквара от сухого салотопления содержит меньшее количество жира (7—8%). Наконец одним из наиболее существенных преимуществ является возможность переработки при сухом способе конфискатов, что устраняет необходимость для переработки сложной и дорогой специальной утилизационной установки.

Аппарат для вытопки по сухому методу представляет собою закрытый горизонтальный цилиндрический котел, снабженный паровой рубашкой и мешалкой. Переработка технич. сала производится след. обр.: сырье измельчается на куттере, после чего оно поступает на промывку в промывной барабан. Измельчение сырья не является особой необходимостью, но для сокращения времени процесса оно желательно. Измельченный материал поступает на конвейер, который подает его к аппарату для вытопки. Сырье загружается через отверстие люка котла. Когда котел заполнен, в рубашку его впускается пар под давлением 5 *atm*, приводится в движение мешалка и начинается процесс вытопки. Выделение жира из соединительной ткани и клеток происходит за счет пара, получаемого из влаги, содержащейся в сырье. Через 2 часа после начала процесса пускают в действие вакуум-насос, дающий разрежение внутри аппарата и подсушивающий материал. Весь процесс продолжается 5 час. По окончании процесса переработки содержимое котла выгружается в специальный приемный резервуар с паровой рубашкой, где жир отделяется от твердого остатка. Тепло в этом резервуаре необходимо для лучшего отделения жира и для облегчения отжатия сала во время последующего прессования. Жир из резервуара стекает в отстойник, в котором сало отстаивается в течение нескольких часов. Твердый остаток попадает в загрузочную воронку, а оттуда при помощи элеватора подается к магнитному сепаратору для удаления случайно попавших железных частей. Отсюда масса самотеком поступает в коробку при прессе, в которой происходит нагревание шквары; из коробки материал попадает в непрерывнодействующий пресс. После прессовки шквара направляется для измельчения на дезинтегратор. Измельченная шквара окончательно подсушивается простым раскладыванием на полу, а затем упаковывается в мешки (фиг. 5, где *a*—куттер, *b*—промывной барабан, *e*—вакуум-насос, *г*—котел для вытопки, *д*—приемник, *e*—пресс, *жс*—дезинтегратор).

Выходы топленого сала. Из 100 ч. пищевого сырья от скота средней упитанности получается: первого сока 60% (в среднем), пи-

щевого сала 15% (из шквары), технич. сала 5%, сухой шквары 10% (при мокром способе 5—7%). Из технич. сырья получается технич. сала: из сырья 40—50%, из обрезки 15—18%, из мясиги 15—20%, из конфискатов 6—8%, шквары сухой 20—25%.

Техно-экономические показатели. Расход пара: 1) на первый сок с выработкой олеомargarина 0,65 кг на 1 кг сырья;



Фиг. 5.

2) на пищевое сало: а) сухой паровой метод 0,75 кг (в открытых котлах), б) мокрый, в автоклаве 1,1 кг, в) сухой способ под разрежением 0,8 кг; 3) на технич. сало: а) в автоклаве 1,8 кг, из них на вытопку 1,4 кг и на сушку шквары 0,4 кг, б) сухое салотопление 1,1 кг; 4) огневая вытопка: а) расход топлива на 1 т сырья—угля 110 кг или дров березовых 240 кг, б) расход воды: на промывку 2 м³ и на охлаждение 0,6 м³ на 1 т сырья; на мытье котлов и отстойников 0,3—0,4 м³.

Лит.: Ланговой С. П., Технология жиров, Лекции, читанные в Московском технич. училище, ч. 1, Москва, 1911; Фрич Ж., Животные жиры, перевод с франц., Москва, 1929; Корнелов Н., Кашино сало, Москва, 1903; Readings in Packing House Practice, v. 1 а. 2, Chicago, 1924; Clemens R., Byproducts in the Packing Industry, Chicago, 1927; Hamel G. T., Sous-produits primaires des abattoirs americains, Meulan (Seine-et-Oise), 1912; Löffel K., Technologie d. Fette u. Öle, Brschw., 1926; Ubbelohde's Handbuch d. Chemie und Technologie d. Öle u. Fette, 2 Aufl., B. 1—2, Lpz., 1929—30; Heftler G., Technologie d. Fette u. Öle, B. 1—3, B., 1921.

САЛФЕТОЧНАЯ ТКАНЬ, технич. ткань, применяемая в маслобойном деле для завертывания мезги (размолотых семян) в пакет перед помещением между стальными плитами пресса. Салфетка служит также для предварительного фильтрования выходящего масла и для удобства вынимания жмыха после прессования. В виду того что салфетка подвергается очень сильному давлению пресса до 400 *atm*, она должна обладать высокими механич. свойствами: крепостью и удлинением при разрыве. Лучшим материалом для производства С. т. является пряжа из хорошо вымытой верблюжьей шерсти, тл. обр. гривы, сработанная по английскому камвольному способу. Наиболее часто применяется пряжа № 4 и 6 по английской системе нумерации. Крепость одиночной нити пряжи № 4 при зажимной длине в 20 см д. б. не менее 1 650 г, удлинение 20%. Неравномерность пряжи допускается 10%. Пряжа работает на рогульных ватерах, хотя и менее производительных

чем кольцевые, но дающих более гладкую и более крепкую пряжу. Пряжа крутится в 4—5 концов на крутильных ватерах. Крученая пряжа № 4/4 должна иметь при зажимной длине 200 м крепость—8 000 г, удлинение—35%; для крученой пряжи № 4/5 крепость—10 000 г и удлинение—40%. С. т. изготавливается двух типов:

Заправка сукна стандарт и дюрабль.

№	Пряжа	Число зубьев	Число ниток основы	Вес основы на 100 м ткани	Усадка основы, %	Число прокладок на 1'	Вес утка на 100 м ткани	Вес 100 м ткани в кг
«Стандарт»—ординарные ткани								
10	Основа 4/5	64	384	41,5	18	7	40	81,5
12		74	442	50,5	18	7	47,5	98
13	Уток 4/28	79	474	54	18	7	52	106
14		85	510	58	18	7	56	114
15		91	546	62,2	18	7	59,8	122
16		97	582	66,3	18	7	63,7	130
«Стандарт»—двойные ткани								
10	Основа 4/5	64	768	66,6	20	6,5	31,4	98
12		74	884	79,3	20	6,5	37,2	117
13	Уток 4/20	79	948	86,5	20	6,5	40,5	127
14		85	1 020	93,2	20	6,5	43,8	137
15		91	1 082	99,7	20	6,5	46,8	146,5
16		97	1 164	106	20	6,5	50	156
«Дюрабль»—двуслойная ткань								
10	Основа 4/4	—	—	—	—	—	—	—
12		62	496	59,8	25	15	45,2	105
13	Уток 4/8	67	536	65,0	25	15	49,0	114
14		72	578	70,2	25	15	52,8	123
15		78	621	75,0	25	15	56,5	131,5
16		82	656	80,0	25	15	60,0	140

стандарт—однослойная и дюрабль—двуслойная. С. т. «стандарт» по плотности основы бывает: ординарная—6 ниток в зуб берда и двойная—12 ниток в зуб берда.

В. Линде.

САМОВОЗГОРАЕМОСТЬ углей, торфа, полукокса и др. подобных материалов, свойство их под влиянием кислорода воздуха нагреваться и в дальнейшем процессе окисления загораться. На практике эта склонность к самовозгоранию проявляется довольно часто при хранении в штабелях, перевозке, особенно в трюмах пароходов, по соседству с котельными и машинным отделениями. В Чикаго в 1927 г. было ок. 100 случаев самовозгорания углей на складах. По данным «Fuel Research Board» при перевозке 160 млн. т угля в последние годы из 336 пожаров на 272 пароходах 14% пришлось на долю случаев самовозгорания угля. Особенно часты случаи самовозгорания бурых углей и полукокса из них, длиннопламенных, газовых и фрезерного торфа; угли других марок устойчивее, особенно антрацит, но и для последнего наблюдалось самовозгорание на ряде складов. Так, в октябре 1931 г. на складе Все-союзного теплотехнич. ин-та наблюдалось самовозгорание антрацита марки АРШ после десятидневного хранения в куче высотой около 3 м. Из числа очень неустойчивых в этом смысле углей можно привести (по данным хранения НКПС) угли: челябинский, усвевский, ткивбульский и т. д. Самовозгорание вызывается совместным действием ряда физич. и химич. факторов при наличии определенной поверхности, при известной группировке комплексов атомов и изоляции развивающегося тепла. Уже при обыкновенной t° начинается процесс выветривания угля, торфа и т. п. С внешней

стороны этот процесс характеризуется распадом кусков на более мелкие, иногда поверхность их покрывается белесоватым налетом солей. Процесс начинается с поглощения кислорода, причем скорость окисления весьма различна. Иногда окисление протекает настолько медленно, что даже за год лежания невозможно обнаружить определенных изменений в составе и свойствах этих материалов, в других случаях наблюдается быстрое самонагревание, приводящее к пожару. Уголь может самовозгораться и при медленному окислению при наличии ряда благоприятных для этого условий: 1) достаточной поверхности окисления (при угольной мелочи и пыли), 2) малой потери тепла, 3) при каком-нибудь внешнем воздействии (например подогрете извне), трении при перевозке.

После первой стадии окисления, адсорбции, с увеличением веса начинается вторая стадия окисления (для некоторых свежедобытых углей уже при t° ок. 30° ; эта t° тем выше, чем геологически старше уголь). При этом кислород окисляет органич. массу, отщепляя продукты окисления в виде воды, уголекислоты и окиси углерода, что вызывает уменьшение веса угля. Часто оба процесса идут почти одновременно, параллельно, причем самонагревание зависит от сорта угля, продолжительности воздействия и t° , при которой количество выделенного тепла начинает превышать потери его в окружающую среду. Либих считал причиной самовозгорания углей наличие серного колчедана в присутствии воды и воздуха, но уже Рихтерс в 1868 г. доказал ошибочность такого взгляда. С одной стороны, известен ряд углей с малым содержанием сернистых соединений, склонных к самовозгоранию; древесный уголь не содержит их, между тем наблюдались случаи самовозгорания его мелочи. С другой стороны, многие сорта с большим процентом серы оказываются стойкими при хранении, напр. богхеды подмосковного бассейна. По Гладштейну кизеловские угли, имеющие из всех углей Союза максимальное содержание притной серы (до 8%), стойки при хранении, по данным НКПС по крайней мере в условиях климата Урала (в то же время кизеловский уголь самовозгорался на складе в Керчи в 1931 г.). Можно считать установленным, что серный колчедан оказывает известное влияние и способствует окислению углей, но этот фактор является второстепенным (Парр, Стадников).

Ряд англ. работ был посвящен изучению окисляемости витрена, дюрена, кларена и фюзена. По Г. Л. Стадникову можно принять за правило, что скорость окисления углей обратно пропорциональна проценту углерода. Вообще же элементарный состав, как и общий, т. е. процент выхода летучих и кокса на горючую массу, не всегда дает правильную характеристику склонности к самовозгоранию, к-рая в значительной степени связана с количеством ненасыщенных органич. соединений. Ряд авторов поэтому рекомендует определять последнее количество галоидов, адсорбируемых углем (Фер, Фишер, Деннштедт, Бюнц и др.). Влияние жизнедеятельности бактерий подчеркивается рядом исследователей особенно для торфа, но повидимому этот фактор не играет решающей роли. По вопросу о влиянии влаги на скорость окисления мнения разноречивы. На практике же имеются наблюдения относительно ускорения самовозгорания углей, сложенных в штабели в дождливую погоду. По

вопросам изменчивости и С. углей имеется обширная литература, исчисляемая за границей многими сотнями названий, однако полной ясности, как видно из кратких приведенных данных, до сих пор не имеется. Поэтому для каждого сорта, марки и пласта угля необходимо опытное изучение склонности к самовозгоранию, чтобы заранее знать, как они будут вести себя при хранении и перевозке и какие методы хранения для них наиболее целесообразны. Последнее особенно необходимо для углей

СССР, очень мало изученных в этом отношении, в связи с развертыванием промышленности строительства, созданием сети гигантов-комбинатов и теплоэлектроцентралей, при необходимости переброски громадных количеств угля на большие расстояния, измеряемые многими сотнями км. Такое изучение м. б. проведено очень разнообразными методами, причем от правильного выбора их и проведения в строго определенных условиях зависит получение ценных и сравнимых результатов.

Секцией по хранению углей при НТС каменноугольной промышленности принят комбинированный метод: проведение параллельного изучения углей в опытных штабелях и лабораторными приемами, причем способы исследования стандартизованы.

Объем определений лабораторными методами. А) По антрацитам и тощим углям: 1) t° самовозгорания, 2) поглотительная способность по отношению к кислороду, 3) иодное число, 4) теплотворная способность. Б) По спекаемым углям: 1) t° самовозгорания, 2) теплотворная способность, 3) спекаемость, 4) иодное число, 5) поглотительная способность по отношению к кислороду, 6) элементарный состав (углей, идущих на коксование). В) По углям длиннопламенным и газовым: 1) теплотворная способность, 2) t° самовозгорания, 3) спекаемость, 4) поглотительная способность по отношению к кислороду, 5) иодное число, 6) полукоксование. Г) Бурые угли: 1) t° самовозгорания, 2) теплотворная способность, 3) поглотительная способность по отношению к кислороду, 4) гуминовые кислоты до и после окисления, 5) битумы, 6) элементарный состав, 7) иодное число, 8) полукоксование. Д) Для торфов то же, что и для бурых углей. Необязательные определения: а) обработка проб кислотами (H_2SO_4 и HNO_3) с измерением выделяющейся при этом теплоты, б) учет изменения веса и продуктов его разложения при хранении, в) изучение адсорбционной способности углей, г) для торфов—проба по Гаврилову. Эти определения имеют в виду дать комплекс характеристик не только в отношении С. и уменьшения теплотворной способности, но и стойкости в смысле коксуемости. В пробах, отобранных из штабелей, надлежит определять: содержание негорючей части, влажность, содержание летучих веществ, серы и теплотворную способность и для нек-рых—элементарный состав. На основе полученных данных возможно будет применять рациональные методы хранения и при-

нятие защитных мер. В качестве таковых надлежит для различных углей установить: возможные сроки хранения в зависимости от климатич. условий и времени года, размеры штабелей, способ укладки их, способы контроля за состоянием углей при хранении и т. д. Всес. теплотехнич. ин-т на основе экспериментальных работ, пользуясь t° -ными кривыми, получающимися при пропуске через уголь кислорода, в приборах Бюнца-Деннштедта или Эрмана, предложил разбивку углей на 5 классов.

Классификация углей (по данным Всесоюзного теплотехнического института, 1932 г.).

Классы	Прибор Бюнца-Деннштедта			Прибор Эрмана			Степень опасности С.
	100°	135°	150°	100°	135°	150°	
I	—	—	Не показывают подъема t°	—	—	Не показывают подъема t°	Безопасны
II	—	—	Подъем t°	—	—	—	Почти безопасны
III	—	Подъем t°	Быстрый подъем t°	—	Подъем t°	Подъем t°	Сравнительно опасны
IV	Подъем t°	Быстрый подъем t°	—	Подъем t°	Подъем t°	—	Опасны
V	Быстрый подъем t°	—	—	Подъем t°	Быстрый подъем t°	—	Очень опасны

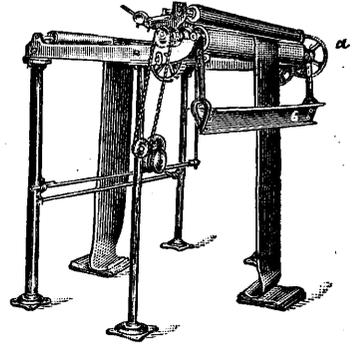
При хранении на складах каменных углей, склонных к самовозгоранию, надлежит придерживаться общих указаний по рациональному хранению, к-рые скато можно формулировать так (по Хеслему): 1) Складывать равномерно куски и мелочь, не давая большим кускам образовывать воздушные каналы, через которые воздух получает возможность проникать внутрь кучи. 2) При отсутствии циркуляции воздуха в штабеле или при вентиляции, настолько сильной, что ею парализуется разогревание, можно делать штабели любой высоты, обычно берут ее не больше 3,5—4,5 м. 3) Не рекомендуется выкладывать штабель в жаркую погоду вблизи возможных источников подогрева. 4) Надлежит вести наблюдение за штабелями и измерять t° (t° в 60—65° сигнализирует опасность). 5) Особо опасные угли хранить не более 10—15 дн. Измерение t° производят термометрами или терморпарами, помещенными на разных глубинах и в разных местах штабелей; удобны особые приборы сигнализаторы: в крайнем случае судят о повышении t° по саморазогреву кома, вставленного в штабель. Иногда прибегают к прокладке внутри штабеля плотных вентиляционных каналов для охлаждения воздухом или водой или хранят уголь в сухих ямах. Для тушения возникающих пожаров рекомендуются баллоны с жидкой CO_2 или аммиаком, запаянные легкоплавающим сплавом. К защитным методам относится также хранение угля под водой или в атмосфере инертных (например дымовых) газов. Худлер в 1915 г. предложил покрывать штабель слоем смолы для предохранения от соприкосновения с воздухом; рекомендуют также нанесение изолирующей корки, напр. из извести, золы, сырой торфяной крошки для фрезерного торфа и т. д. В последнее время начали применять уплотнение наружных слоев штабелей угля путем укатки их. Такие способы для каменных углей СССР только начинают применяться в отдельных случаях. Эти методы дадут в слу-

чае успеха возможность вместо обычных у нас штабелей в 1—2 м довести их до 6—8 м и выше в зависимости от степени хрупкости угля. Стандартная высота штабелей в Англии 2,31 м, Германии—2,5 м, в США—3,5 м, но иногда наблюдаются случаи укладки штабелей до 25 м.

Лит.: Parr S. W., Effects of Storage upon the Properties of Coal, «Bull. Univ. Illinois», Illinois, 1917, v. 14; Hock H. H., Safe Storage of Coal, «Techn. Pap. Bureau of Mines», Washington, 1920; Hock H. H., The Storage of Bituminous Coal, «Engineering Station Univ. of Illinois», Illinois, 1918, Circul. 6; Davies J. D. a. Reynolds D. A., Spontaneous Heating of Coal, «Techn. Pap. Bureau of Mines», Washington, 1928, 409; Horkin A. J., A Study of Spontaneous Combustion in Storage of Coal, «Experiment Station Indiana», 1928, Bull. 30; Стадников Г. Л., Химия угля, т. 2, М.—Л., 1932; Fuchs V., Chemie der Kohle, В., 1931; Wheeler R. V. a. Woolhouse T. C., Effect of Oxidation on Coal, «Fuel», № 9, 1932, 2; Francis W. a. Morris K. M., «Bull. Bur. of Mines», Wsh., 1931, 44, p. 340; Denstedt M. und Schaefer L., Die Gefahren der Kohle-Selbstentzündung, «Ztschr. angew. Chemie», 1913, p. 2635; Richters E., Die Änderungen der Kohle beim Lagern, «Dinglers Polytechn. Journ.», 1870, В., 1925, p. 315, 449, В. 196, p. 317; Цейтлин Д. П., Значение рационального хранения углей СССР, «Материалы к первой всесоюзной конференции по изменности углей при хранении», под ред. Д. П. Цейтлина и др., М.—Л., 1932; Шахно А., Опыт изучения изменности русских каменных углей при хранении их в штабелях, «Изв. Тепл. ин-та», М., 1925, 11—13; Вильямс В. и Любцова М., Сравнительная оценка способности к самовозгоранию углей Подмосковного бассейна, «Топливное дело», 1922, 10; Гладштейн А., Изменение консующей способности углей в связи с процессами окисления и выветривания, «Уголь и железо», 1928, 38; Караваев и Чудновский Я., Об изменении подмосковн. угля при нагревании при невысокой тем-ре в атмосфере нейтрального газа, «Изв. Тепл. ин-та», М., 1927, 9/32; Кузнецов М., Лабораторные испытания консующихся углей Донбасса на их способность к самовозгоранию, «Изв. Тепл. ин-та», М., 1927, 7/30; Караваев и Рапорт И., Ископаемые угли Кузнецкого бассейна, там же, 1930, 8/51; Гладштейн А., Характеристика устойчивости ряда донецких углей, «Уголь», 1930, 58; Крым В., Об окисляемости ископаемых углей, «Химия твердого топлива», 1930, 4; Пентегов В. и Нянковская Р., Способности углей к самовозгоранию, там же, 1931, 11—12; Шахно А. и др., Опыт изучения изменности углей СССР лабораторными методами, «Материалы к первой всесоюзной конференции по изменности углей при хранении», под редакцией Д. П. Цейтлина и др., М.—Л., 1932; Пентегов В. и Нянковская Р., К характеристике изменности ископаемых углей, там же, 1932; Фридрих В. и Урбанович Р., Адсорбция, как одна из характеристик устойчивости угля при хранении, там же, 1932; Гладштейн А. и Берман А., Роль пирита в процессах окисления и самовозгорания углей, там же, 1932; Гладштейн А., Метод для определения степени устойчивости, спенания и сплюсности, там же, 1932; Михайловский И., Челябинские угли и причины их самовозгорания, там же, 1932; Федоров В., Изменность донецких консующихся углей при хранении, там же, 1932; Федоров В. и Войтова Е., Изменность донецких углей при штабельном хранении в районе Москвы, там же, 1932; Попов Д., Результаты опытов 1930 по хранению углей, там же, 1932; Габинский Я., Исследование процесса выветривания углей и практика хранения углей в Америке и вывод для промышленности СССР, там же, 1932; Долгов В. и Комаров Н., Методные классификации каменных углей по их способности к самовозгоранию, «На угольном фронте», 1930, 8; «Материалы о работе всесоюзной конференции по изменности углей при хранении», М.—Л., 1932; Пентегов В., К общей физико-химико-технич. характеристике углей Дальнего Востока, «Химия твердого топлива», 1931, 8; Шахно А., О проблеме изменности углей СССР, там же, 1932, 2—3; Крым В., О лабораторных методах определения склонности углей к самовозгоранию, там же, 1932, 2—3; Рогаткин К., К вопросу об изменности кузнецких углей при хранении, «Ижур. хим. пром.», М., 1928, 9—10; Пентегов В., Адсорбция, как общая характеристика ископаемых углей и торфа, «Труды Дальневост. ун-та», Владивосток, 1929. А. Шахно.

САМОКЛАД, самогаск, качалка, машина для раскладывания сухой или мокрой ткани равномерными петлями в стопки по одному или несколько кусков. С. устанавливаются при выходе многих машин, напр. сушильных барабанов, водяных каландров, ворсальных и браково-

чных машин и т. п., причем скорость прохождения ткани через С. одинакова со скоростью движения ткани в означенных машинах. Иногда самоклады устанавливаются отдельно и могут служить для перепускания ткани из этажа в этаж. Самоклад состоит из одного или двух валов (см. фигуру), служащих для протаскивания ткани, и качающейся

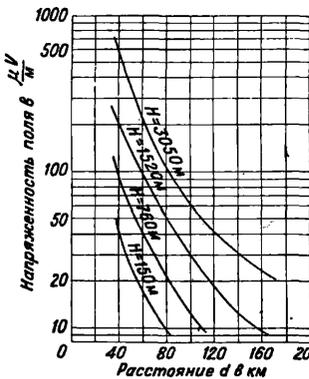


от эксцентрика рамы, снабженной на конце принудительно вращающимися направляющими тканью роликами или же планками б для раскладывания ткани.

Лит.: Зворыкин А. и Фролов С., Ситец, Ивановск, 1925; Шапошников В. Г., Общая технология волоконистых и красящих веществ, 2 изд., Москва—Киев, 1926. Э. Фукс.

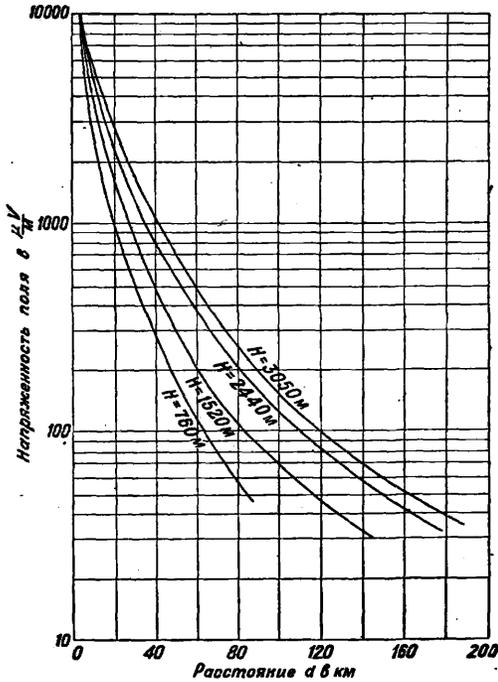
САМОЛЕТНАЯ РАДИОСТАНЦИЯ, радиоустановка, монтируемая на самолете, главн. образом для целей *беспроволочной связи* (см.) самолета с землей и между самолетами; при этом радиосвязь м. б. двусторонней, если самолет снабжен приемно-передающей радиостанцией, и односторонней, в случае установки на самолете только приемного или только передающего устройства. К С. р. иногда относят также и радионавигационные приборы, как то: *радиокомпасы* (см.), *пеленгаторы* (см.), специальные устройства для приема сигналов *радиомаяков* (см.) и *самоориентирующих радиостанций* (см.) (*Направленное радио*) и др.—в случае монтажа этих приборов на самолетах; об этих приборах—см. *Техника высокой частоты*, радионавигация. С. р., основные части которой соответствуют таковым же всякой *радиостанции* (см.), в то же время характеризуется целым рядом специфич. особенностей. Эти свойства, отличительные для С. р. и вообще для радиосвязи с самолетами (и дирижаблями), м. б. классифицированы в нижеследующих категориях.

Распространение электромагнитных волн и дальность действия С. р. Излучаемые или принимаемые С. р. волны подчиняются общим законам распространения электромагнитной энергии (см. *Ультраторотные волны*): а) длины волны: в то время как при распространении по морю коэф. α , учитывающий поглощение волн в ф-ле Остина-Когена, остается приблизительно постоянным для суши на основании измерений на самолетах [1], он меняется от 0,0118 (для $\lambda=450$ м) до 0,0027 (для $\lambda=2000$ м). Напряженность поля E при приеме как на земле, так и в воздухе сигналов от С. р. характеризуется в ф-ии от H —высоты полета и d —расстояния кри-



Фиг. 1.

выми [2]: на фиг. 1—для приема на земле, $\lambda=119$ м ($f=2\,525$ кц.) и на фиг. 2—для приема на самолете, $\lambda=199$ м ($f=1\,510$ кц.); мощность С. р.,



Фиг. 2.

имевшей свисающую антенну, —ок. 50 W. Те же авторы [2] определили (фиг. 3) зависимость E от d в случае полета в гористой местности при приеме $\lambda=923$ м ($f=325$ кц.). На фиг. 3 кривая A —наблюдавшаяся напряженность поля, пункт B —вычисленная напряженность поля для плоской местности, кривая C —профиль местности, пункт D —высота полета. По измерениям D. V. L. (Герм. эксперим. ин-т авиации) для уверенного телеграфного приема в случае установки приемной С. р. в изолированной от самолетных помех кабине достаточно иметь $E=5$ $\mu\text{V}/\text{м}$. В зависимости от выбираемой предельной величины E получаются различные дальности действия С. р.; для примера в табл. 1

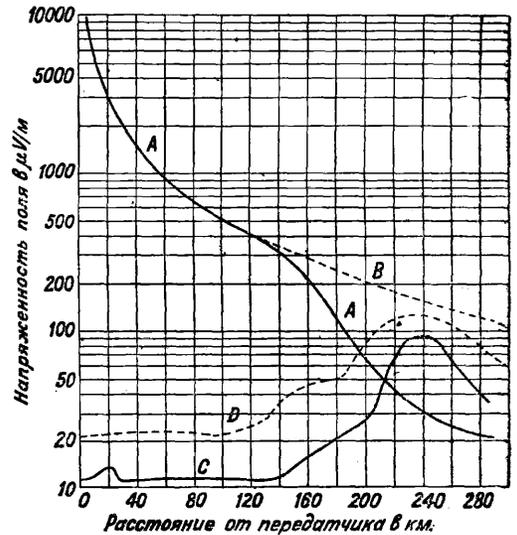
Табл. 1.—Дальности действия

f в кц.	λ в м	$I_{\text{ант.}}$ в А	Момент тона антенны М, метр-амп.	Дальность по суше в км			Дальность по морю в км		
				$E=1 \frac{\mu\text{V}}{\text{м}}$	$E=3 \frac{\mu\text{V}}{\text{м}}$	$E=5 \frac{\mu\text{V}}{\text{м}}$	$E=1 \frac{\mu\text{V}}{\text{м}}$	$E=3 \frac{\mu\text{V}}{\text{м}}$	$E=5 \frac{\mu\text{V}}{\text{м}}$
500	600	1,5	13,5	265	205	175	1 055	685	510
333	900	1,2	8,45	305	210	175	870	505	370

приводятся цифры дальности (телеграфной) для одной С. р. ($\lambda=600$ м и 900 м), работающей с 70-м свисающей антенной. Что касается расстояния, на котором можно пеленгировать С. р., то последнее, как обычно (см. *Техника высокой частоты*), зависит от момента тока С. р., ее расстояния от пеленгаторов и допустимой ширины угла минимума. В случае установки радиоконпаса на самолете встречаются такие же, как и на морских судах, местные ошибки; девиация нередко доходит до $12-15^\circ$.

б) Короткие волны. Опыты приема коротких волн (см.) на С. р. на $d=500-1\,000$ км показали, что результаты, получаемые в воз-

духе, вполне аналогичны тем же при приеме на земле, поскольку идет речь о приеме сигналов на каком-то определенном расстоянии. Однако радиоприем во время полета имеет несколько характерных особенностей. 1) Зоны молчания (см.) в полном смысле не существуют, имеют место лишь зоны ослабления приема; то же явление наблюдается [4, 5, 6] и при радиоприеме в обратном направлении—на земле от самолета. 2) Пока немногочисленные измерения приводят к следующим результатам (для мало мощных С. р.) приема на расстояниях до 1 000 км: а) волны с $\lambda < 38$ м ($f > 7\,900$ кц.) дают ясно выраженные зоны ослабления, причем они лучше проходят на больших расстояниях; б) при $\lambda=40-46$ м ($f=7\,500-6\,500$ кц.) зоны ослабления встречаются редко, уверенность связи большая на малых расстояниях; в) при $\lambda > 50$ м ($f < 6\,000$ кц.) зон ослабления не наблюдалось. 3) Напряжение на выходе приемника падает резко в пределах первого км полета, а затем



Фиг. 3.

остается при полете приблизительно постоянным, если не считаться с кратковременными явлениями *замирания* (см.), до некоего критич.

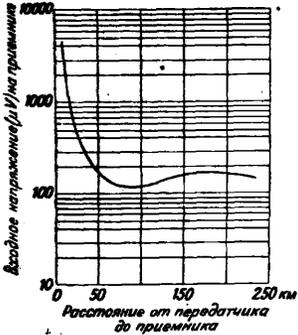
расстояния $d_{\text{кр.}}$ после чего сильный прием резко переходит в более слабый (см. табл. 2);

Табл. 2.—Величина $d_{\text{кр.}}$ в функции от λ для самолетной радиостанции.

f в кц.	λ в м	$d_{\text{кр.}}$ в км
8 100—7 500	37—40	800
6 000	60	600
5 700—5 500	53—55	400

при этом радиосвязь практически не зависит от высоты полета. 4) В согласии с предыдущими

выводами герм. исследователей находятся результаты, полученные америк. учеными [1] по изучению распространения волны $\lambda=50$ м, излучавшейся С. р. ($P=3$ W, тональные колебания); существуют три зоны: а) прием в первой определяется прямой волной, замираний нет, но существует сильная зависимость приема от высоты полета и резкое падение E с удалением (фиг. 4); б) прием в третьей зоне зависит полностью от отраженной волны, сила его не зависит от расстояния, но зато имеет место сильные замирания; в) между первой и третьей зонами вторая зона, не имеющая резко характерных отличий; как в третьей, так и во второй зонах на больших d величина E не зависит от высоты полета. Методы борьбы с замираниями на С. р. не отличаются от обычных; однако в виду крайней



Фиг. 4.

ограниченности веса и габаритов С. р. лучше все возможные по этому вопросу мероприятия предпринимать на земных радиостанциях, если это возможно (связь С. р. с землей).

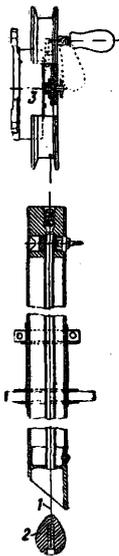
Источники энергии. Следующие требования предъявляются обычно к источникам энергии для С. р.: 1) доставлять энергию как радиоприборам, так и другим потребителям (электрооборудование) на самолете; 2) служить источником энергии для радиопередатчика даже при вынужденном прекращении работы главного двигателя самолета; 3) иметь максимальную степень надежности и простоту обслуживания в работе при минимуме веса и габаритов. Мощность, потребляемая радиопередатчиком, — обычно около 50% полной мощности, требуемой на электрорадиооборудование самолета. Приемник почти всегда имеет автономное питание: анодное — от гальванических элементов и накала — от аккумуляторов. В США, а теперь и в Зап. Европе для анодного питания приемников применяют часто небольшие умформеры (динамоторы), питаемые от общей сети самолета (постоянного или переменного тока). В общем для среднего самолета мощность источника электроэнергии определяется цифрами 700—1 000 W. Эта энергия м. б. получена на само-

Табл. 3.—Сравнение методов питания самолетной радиостанции для общей мощности $P=700$ W.

Показатели	Ветрянка				Привод от главного двигателя				Вспомогательный мотор с генератором			
	С генератором		Комбинация генератора и динамотора *1		Динамотор (умформер) *2 с высоким напряжением		Генератор двойного тока (постоянного)				Альтернатор *3 (150 пер/сек.)	
	*4	*5	*4	*5	*4	*5			*4	*5		
Вес всех приборов в кг . . .	35	33	60	65	71	76	43	42	73	68		
Эквивалентный вес в кг	26,5	26,5	32	32	20	22,5	15	15	0	0		
Эффективн. вес . . .	61,5	59,5	92	97	91	93,5	53	57	73	68		
Кпд, %	~60	~60	~50	~50	~60	~53	~55	~55	—	—		
Преимущества	1) М. б. использованы генераторы и постоянного и переменного тока; 2) не требуется регулятора напряжения; 3) легкая приспособляемость к самолету любого типа; 4) автоматическая вентиляция генератора; 5) не занимает места в кабине		Все преимущества, имеющиеся в предыдущем методе, а также: 1) работа при вынужденной посадке; 2) не требуется зарядного генератора		Возможность работать некоторое количество времени и при вынужденной посадке самолета		1) Малый эффективн. вес, т. е. требуется только одно преобразование энергии; 2) не занимает места в кабине		1) Отсутствие регулятора напряжения; 2) не занимает места в кабине		1) Полная готовность к работе при всех условиях; 2) автономность радиостанции; 3) не требуется регулятора напряжения	
Недостатки . . .	Может работать только при полете		1) Очень велик вес; 2) сложная электропроводка		1) Большие вес и габариты; 2) трудность обслуживания — надзора		1) Помехи радиоприему от регулятора напряжения; 2) прекращается подача энергии вместе с остановкой главного двигателя		Невозможна радиопередача при вынужденной остановке главного двигателя		1) Опасность пожара в случае нештатной установки и обслуживания; 2) трудность установки в большинстве существующих самолетов; 3) потеря двигателем мощности на больших высотах	

*1 Генератор с двумя обмотками низкого напряжения и одной — высокого, с целью дать возможность работать от батареи в случае вынужденной посадки. *2 Главный двигатель вращает зарядный генератор, работающий на батарее ок. 65 Ah; от тока последней приводится в движение одноякорный умформер, дающий энергию высокого напряжения. *3 Альтернатор работает на выпрямитель, заряжающий батарею. *4 Постоянного тока. *5 Переменного тока (800 пер/сек.).

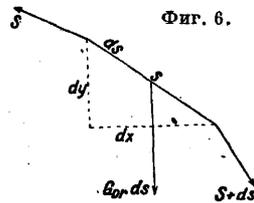
лете от следующих первичных источников: 1) ветрянки (небольшой воздушный винт), на продолженной оси к-рой помещается динамомашинка; в Германии и Англии более распространенны двухлопастные, во Франции и США—однолопастные ветрянки (вкл. лист, 1); теперь применяются почти исключительно саморегулирующиеся ветрянки, отдающие почти постоянную мощность, независимо от скорости самолета; 2) привод от главного двигателя самолета; 3) вспомогательный мотор (автономное питание). Доставляемая этими источниками энергия м. б. преобразована в постоянный или переменный (потом выпрямляемый) ток (табл. 3). В этой таблице подсчеты [8] сделаны для электрич. мощности в 700 W [приблизительно считая 300 W на низком напряжении в 12—18 V для накала и электрооборудования самолета и 400 W—для анодного питания (ок. 1 000—1 200 V)]; в цепь низкого напряжения включена буферная батарея (40—60 Ah); цифры «эквивалентного веса» учитывают уменьшение величины полезной нагрузки (оплачиваемого веса) самолета вследствие уменьшения мощности главного двигателя. Общая тенденция в последнее время—использование для целей электрорадиооборудования мощности главного двигателя. При применении генераторов постоянного тока следует принимать меры к устранению обертонов (гармоник) [9].



Фиг. 5.

Антенны С. р. от обычных антенн (см.) являются отсутствием заземления (см.) и возможность пренебречь влиянием земли при больших высотах полета.

а) Длинные волны. Применяются для связи почти исключительно свисающие (выпускные) антенны, состоящие из тонкого гибкого металлич. канатика с грузиком (фиг. 5) на конце, свободно свисающим с самолета; антенна выпускается и вбирается через выводную трубу с помощью лебедки (1—антенна, 2—груз, 3—изолированный шнур). Форма, какую принимает такая антенна при полете, играет важнейшую роль для внешнего действия С. р. При выборе осей координат и обозначениях согласно фиг. 6 [10] получаем ур-ия равновесия для линейного элемента ds антенны.



Фиг. 6.

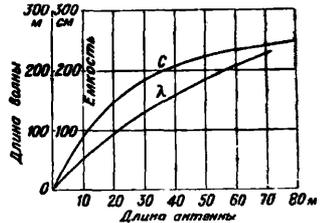
боре осей координат и обозначениях согласно фиг. 6 [10] получаем ур-ия равновесия для линейного элемента ds антенны.

$$\frac{d}{ds} (S \frac{dx}{ds}) ds + f_1(c_a, q, D, ds) = 0,$$

$$\frac{d}{ds} (S \frac{dy}{ds}) ds + G_{Dr} ds - f_2(c_a, q, D, ds) = 0,$$

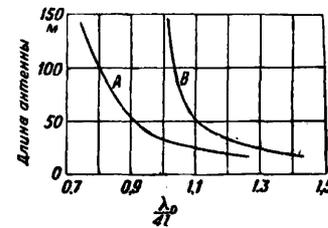
где c_a —коэф., учитывающий подъемную силу и c_w —коэф., учитывающий сопротивление элемента ds , q —статическое давление, D —диам. антенного канатика, G_{Dr} —вес 1 м последнего, S —

механич. напряжение антенны в точке s . f_1 и f_2 учитывают зависимость сопротивления и подъемной силы от скорости и параметров антенны. Решение этих уравнений для свисающих антенн обычных размеров дает при весе троса около 1 кг величину общего сопротивления их $W_A=2,4$ кг и вертикальн. натяжения $G_A=0,17$ кг при скорости самолета около 130 км/ч. Канатик обычно из фосфористой бронзы, диам. 1,4—2,5 мм, длиной 50—100 м с сопротивлением на разрыв σ_B —ок. 60 кг/мм²; вес грузика (часто яйцевидной формы)—0,3—1 кг (нормально 0,4 кг). Для внешнего действия С. р. необходимо, чтобы вертикальная составляющая момента тока антенны была наибольшей; для этого (предложено в 1931 г.) [11] по-



Фиг. 8.

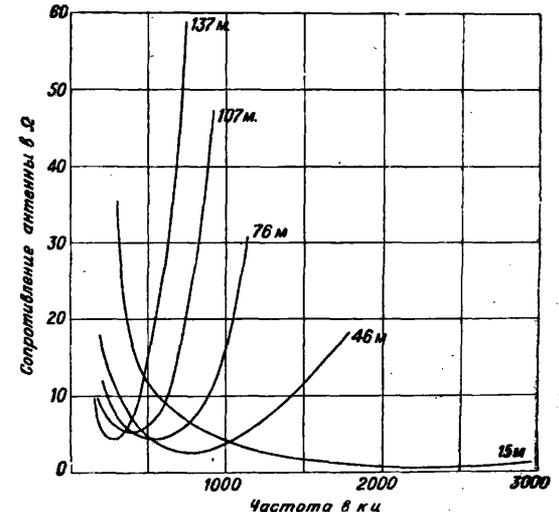
мощью добавочного груза A (фиг. 7) 1) часть антенны, примыкающую к выводной трубе, где сила тока—наибольшая, делают более вертикальной (повышение h_0) и 2) остальную часть антенны получают более горизонтальной, что увеличивает емкость. На фиг. 7 представлена форма, принимаемая антенной (с длиной каждой половины в 40 м) во время полета; канатик ϕ 1 мм; I антенна: вес—1,8 кг, скорость полета 140 км/ч; II антенна: вес—2 кг, скорость полета—250 км/ч.



Фиг. 9.

Параметры антенн [12]. Действующая высота h_0 для антенны в 70 м с одним грузиком на конце (антенна III) ~ 8 м, при конструкции антенн I и II—ок. 23 м. Характеристика изменения статической емкости C_A и собственной длины волны λ_0 в зависимости от длины антенны показана на фиг. 8. Волновой

ристка изменения статической емкости C_A и собственной длины волны λ_0 в зависимости от длины антенны показана на фиг. 8. Волновой



Фиг. 10.

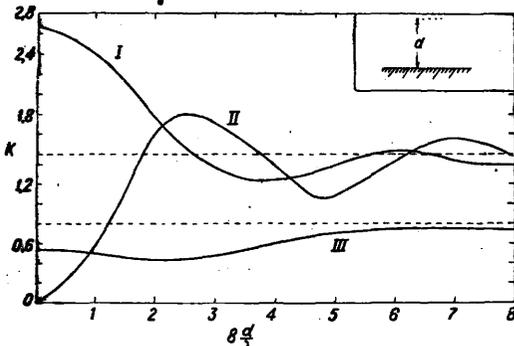
ристка изменения статической емкости C_A и собственной длины волны λ_0 в зависимости от длины антенны показана на фиг. 8. Волновой

коэффициент $a = \left(\frac{\lambda_0}{\lambda}\right)^2$ в ф-ии от длины антенны дан на фиг. 9: кривая *A*—для трехмоторного самолета Форда, *B*—для дирижабля Лос Анжелес. Сопротивление антенны радиостанции для трехмоторного самолета дано в зависимости от частоты на фиг. 10.

Излучение антенн. Сопротивление излучения (см. *Излучение и прием*) антенны *C. p.* как находящейся в свободном пространстве определяется ф-лой [13]

$$R_s = 60\pi^2 \left(\frac{l}{\lambda}\right)^2 K,$$

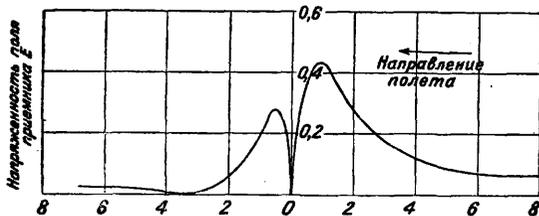
причем для диполя в свободном пространстве $K = \frac{4}{3}$. На фиг. 11 даны зависимости, частично опытно проверенные [14], K от величины $\frac{8a}{\lambda}$ для вертикального диполя (кривая *I*), горизонтального (кривая *II*); обе зависимости рассчитаны



Фиг. 11.

при предположении бесконечной проводимости земли; кроме того кривая *III* дает величину K для случая плохо проводящей почвы. Т. к. свисающую антенну можно считать составленной (фиг. 7) из вертикального и горизонтального диполей (угол наклона эквивалентного диполя при скорости 130 км/ч измеряется напр. цифрой 17,5°), то R_s для нее следует подсчитывать по значениям K , лежащим между кривыми *I* и *II*; опыты в согласии с этими вычислениями дают почти удвоение действующей высоты при полете самолета над водой (условия кривой *I*).

Направленное действие. Т. к. диполь в направлении своей оси не излучает, то при приеме на открытую антенну сигналов пролетающей *C. p.* имеет место зависимость по кривой фиг. 12а, прием в тех же условиях на



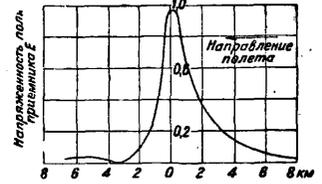
Фиг. 12а.

замкнутую антенну характеризуется кривой фиг. 12б. Напряженность поля от *C. p.* со свисающей антенной в ф-ии углов, определяющих положение самолета *F* (фиг. 13) с его антенной *SS* и пункта приема *B*, дается ф-лой

$$E = \frac{k}{b} \cos^m \beta (\sin \alpha - \cos \alpha \operatorname{tg} \beta \cdot \cos \varphi),$$

где k (коэф. пропорциональности)—ф-ия мо-

мента тока M и длины волны λ ; $m = 2$ для приема на земле на открытую антенну (вертикальную); $m = 1$ для случая приема на замкнутую (вертикальную же) антенну. Практически только на



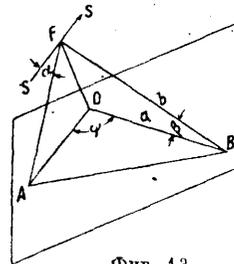
Фиг. 12б.

близких расстояниях ($\beta > 5^\circ$) наблюдается направленность вида таковой же Г-образной антенны (см. *Антенны*, фиг. 10), на дальних же расстояниях направляющее действие отсутствует [15].

При приеме на *C. p.* направленность может получиться вследствие того, что существует угол наклона фронта волны γ , фронт волны более не вертикален, а наклонен вперед на величину, зависящую от проводимости σ и диэлектрич. коэф-та ϵ почвы и λ . В этом случае истинная напряженность поля, принимаемого на *C. p.*, определится ф-лой:

$$E_{ист.} = E_{верт.} \cos \gamma (\sin \alpha + \cos \alpha \operatorname{tg} \gamma \cdot \cos \varphi).$$

Значительно реже используются в *C. p.* еще 2 типа длинноволновых антенн: 1) замкнутые, применяемые пока исключительно для радионавигационных целей, и 2) жесткие антенны. Последние можно классифицировать на 3 группы: а) монтируемые на крыльях или внутри крыльев самолета, б) устанавливаемые в виде системы проводов, натянутых между отдельными выступающими точками самолета, в) стержневые, являющиеся основным типом для приема сигналов радиомаяков. Оба первых вида выполняются или в виде симметричных вибраторов (б. ч. для коротких волн) или в форме антенна-



Фиг. 13.

противовес, причем последним является металлич. масса самолета. Емкость таких антенн колеблется от 5 до 20 см на 1 м длины их; действующая высота большинства жестких антенн—порядка 1 м. В длинноволновой связи жесткие антенны находят применение благодаря их высокому конструктивному и эксплуатационному свойствам сравнительно со свисающей антенной, затрудняющей выполнение самолетом сложных фигур, требующей вибрания при посадке и т. д.

β) Короткие волны. Наиболее употребительными типами антенн являются: жесткая, формы симметрич. вибраторов (диполей, см.), стержневая (вертикальный диполь) и (реже) свисающая, возбужденная на гармониках. У большинства этих антенн имеет место резко выраженное направленное действие. 1) Диаграмма направленности горизонтального диполя в горизонтальной плоскости определяется уравнением [16]

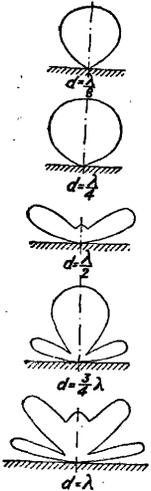
$$E = \text{Const} \cdot \frac{\cos \left(\frac{\pi}{2} \sin \varphi\right)}{\cos \varphi},$$

где φ —угол, составляемый радиусом-вектором с нормалью к дипольной антенне; форма ее, опытно подтвержденная, близка к фигуре восьмерки (две соприкасающиеся окружности) и остается неизменной вне зависимости от высоты полета. Все же диаграмма в вертикальной пло-

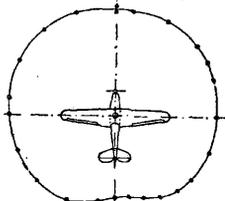
скости сильно меняет свои очертания по мере приближения самолета к земле. На больших высотах (или в случае полета над неотражающей волны почвой) диаграмма направленности—окружность, через центр которой проходит ось диполя. Если считать землю полностью отражающей (что ближе к действительности), то уравнение направленности

$$E = \text{Const} \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda} d \sin \delta\right),$$

где δ —угол возвышения (между радиусом-вектором и осью симметрии), а d —высота полета. На фиг. 14 даны измеренные диаграммы направленности в вертикальной плоскости для различных $\frac{d}{\lambda}$, хорошо подтверждающие [17, 18] предыдущую ф-лу. 2) Диаграмма направленности в горизонтальной плоскости вертикального диполя (реализуемого на С. р. в виде вертикального стержня высотой до 4 м) была бы окружностью, если бы металлические части самолета располагались симметрично вокруг такого диполя; т. к. эта симметрия всегда отсутствует, то форма окружности искажается (фиг. 15), причем в направлении хвоста самолета получается ослабление напряженности поля (излучаемого или принимаемого) на 25%. Та же диаграмма в вертикальной плоскости резко меняет [13] свои формы в зависимости от свойств



Фиг. 14.

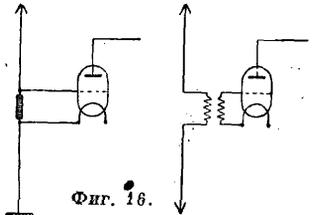


Фиг. 15.

земли: 1) не отражающая, 2) отражающая с той же фазой (совершенный проводник), 3) отражающая с противоположной фазой (совершенный диэлектрик). 3) При возбуждаемой гармониками с висящей антенне возможно при большей высоте полета с влиянием земли не считаться; тогда диаграмма направленности имеет формы кривых со многими максимумами и минимумами [18], что проверено на опыте [19]. О сопротивлении излучения дипольных антенн—см. *Излучение и прием* [ф-лы (15) и (17)]. Расположение антенн С. р. вне габаритов самолета вызывает увеличение вредного воздушного сопротивления последнего при полете. Однако и жесткие (18 м) и свисающие (70 м) антенны при скорости 130 км/ч дают [10] увеличение сопротивления лишь на 5—7 кг, что соответствует в среднем уменьшению скорости ок. 1%. На вкладном листе, 2 показано расположение дипольной (горизонтальной) и стержневой (2 м) антенны на самолете Юнкерса.

Конструкции С. р. Выбор диапазона волн для связи помощью С. р. окончательно практикой еще не установлен; как общую тенденцию можно отметить использование длинных волн для связи на расстоянии лишь на несколько сотен км; на большие—почти исключительно короткие волны. Иногда (Австрия, США с 1931 г.) применяется смешанная связь: пере-

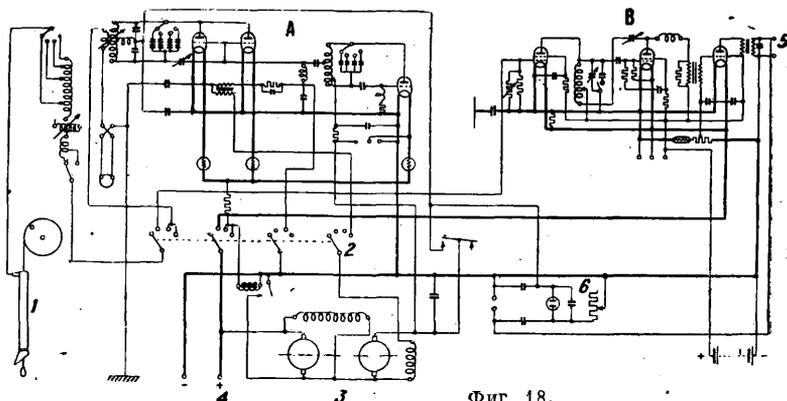
дача с земли на самолет—длинными волнами, обратно—короткими волнами. О применении на С. р. ультракоротких волн и о соответствующих конструкциях—см. *Ультракороткие волны*. Выбор рода сигналов (телеграф и телефон) для самолетной радиосвязи также еще не решен [20], однако пока телеграфная связь, требующая для почти 100%-ной понимаемости на самолете всего лишь $E = \text{около } 5 \mu\text{V/м}$, доминирует в большинстве государств над телефонной, при к-рой для приема с 40%-ной понимаемостью слогов необходимо поле ок. $200 \mu\text{V/м}$. Наибольшие трудности в радиосвязи С. р. возникают при приеме на самолете особенно коротких волн. Здесь к общим условиям приема на подвижных радиостанциях [21] добавляются сильные радио- и акустич. помехи, особенно от системы зажигания мотора и вообще от электрооборудования самолета; о средствах для подавления этих помех—см. *Экранирование*. Кроме общих требований ко всякому радиоприемнику для самолетного одним из важнейших является добавочное—нечувствительность к сотрясениям [22]; т. к. действие последних наиболее резко сказывается в микрофонном эффекте, то необходимо в схеме приемника уменьшать усиление на звуковой частоте за счет увеличения усиления радио- или промежуточной частоты. Главная особенность конструкций приемных (для телеграфа) С. р., особенно коротковолновых,—необходимость добиться при приеме возможно высшего постоянства частоты биений, для чего обычно 1) или применяют особо жесткую механич. конструкцию всего прибора, в частности кожану и вращающегося конденсатора, 2) или используют схему кварцевого гетеродина. По тем же причинам предпочтительны вообще в С. р. экранированные лампы, т. к. при них отпадает необходимость в *нейтродинамизации* (см.) и коррекциях при сотрясениях. Примером технич. требований к самолетным радиоприемникам (длинноволновым) являются следующие нормы США [23]: 1) приемник должен давать такую силу звука, чтобы была возможна уверенная связь на расстоянии 160 км; считается для этого в диапазоне 600—1 300 м (230—500 кц.) необходимым, чтобы приемник при $E_{\text{вход}} = 10 \mu\text{V}$ для сигналов с 30%-ной модуляцией давал $P_{\text{вых}} \geq 6 \text{ мВт}$; 2) избирательность д. б. такова, чтобы при расстройке на 10 кц. усиление падало до 0,1 первоначального; 3) настройка одной ручкой; 4) выходная мощность д. б. неискаженной до 125 мВт; 5) выходное полное сопротивление 2 000—4 000 Ω , телефон д. б. приключен через трансформатор, предохраняющий радиста; 6) равномерное усиление звуковых частот от 40 до 3 000 ц.; 7) полное подавление звуковых частот свыше 3 000 ц. В коротковолновых приемниках С. р. требования менее установившиеся: 1) связь с антенной (обыкновенно аперодическая); при стержневой антенне применяют несимметричную связь (фиг. 16, слева); при дипольной—симметричную (фиг. 16, справа); 2) схемы: а) простой регенератор (автодин) м. б. использован лишь при приеме сильных сигналов на близких расстояниях; б) для приема телеграфных знаков возможна схема лампового приемника, без обратной связи, с гетеродином;



Фиг. 16.

в) регенератор с усилением радиочастоты находит широкое применение; если требуется прием только телефона, то часто возможно отказаться при хорошем усилении вовсе от *обратной связи* (см.), чем облегчается конструкция приемника; г) супергетеродин также широко распространен; промежуточная частота не д. б. более 1 000 кц.; гетеродин д. б. особо жестко механически сконструирован; при тесноте в рабочем диапазоне частот полезно включение селектора; д) супергетеродин с гетеродином, контролируемым кварцем [24]; е) суперрегенератор применяют редко; ж) приемник с тональным модулированием [25] для телеграфного приема

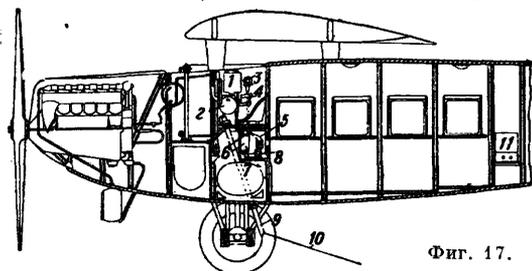
системы гибкого вала для одного из америк. приемников. Общее расположение на Юнкере W 33 германской С. р. Телефункен (длинно-



Фиг. 18.

незатухающих колебаний; колебания звуковой частоты, получаемые от отдельного тонального генератора, подаются ритмично с принимаемыми сигналами в слуховые телефоны радисту. В качестве передатчиков для С. р. могут быть использованы любые схемы ламповых генераторов и ламповых радиопередатчиков (искровые передатчики, широко во время войны 1914—18 гг. распространенные, теперь со-

волновой) показано на вкл. л., 4, а и б, станция размещена в двух местах: 1) в кабине пи-



Фиг. 17.

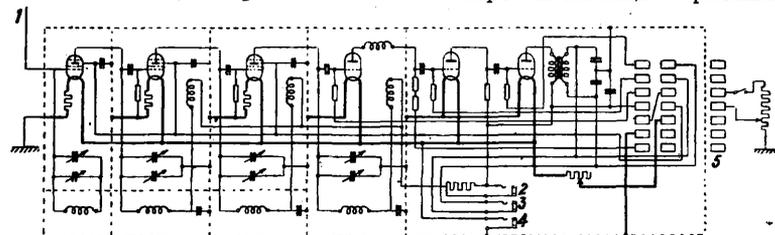
вершенно вытеснены ламповыми). Так же как и в приемниках, условия работы С. р. в го- лете налагают целый ряд добавочных требова- ний, гл. обр. к конструкции таких передатчиков. Как характерный пример приводится часть технич. правил США, предъявляемых к длинно- волновым передатчикам С. р.: 1) после 2-часо- вой непрерывной работы под полной нагрузкой повышение t° для отдельных частей не долж- но превосходить определенных пределов; 2) пе- редатчик должен выдерживать, как испытатель- ное, двойное рабочее напряжение + 1 000 V; 3) д. б. произведена проверка на отсутствие искрения и эффекта короны в темном помеще- нии при получасовой работе передатчика; 4) пе- редатчик должен выдерживать 12-часовую работу в обычном эксплуатационном режиме; 5) пе- редатчик не должен требовать никаких изменений настройки для регулировки после пяти- десятичасового испытания на сотрясение.

При монтаже С. р. широко используются механич. (реже электрические) приспособле- ния (гибкий вал, трос Боуде- на и др.), позволяющие не только радисту, но и пилоту вести управление приборами радиостанции и на расстоянии (из кабины пи- лота). На вкл. л., 3, а и б дан фотоснимок такой

Наименование прибора	Вес кг	Размеры
Одноякорный унформер	3,00	
Передатчик	4,70	
Амперметр	0,35	
Приемник	2,97	
Телефон со шлемом	0,57	
Ящик с батарей	3,90	
Ключ	0,88	
Лебедка	2,60	
Выдвижная труба	1,30	
Устройство для управления на расстоянии	0,60	

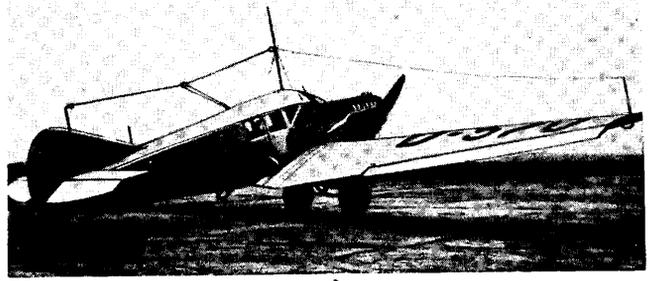
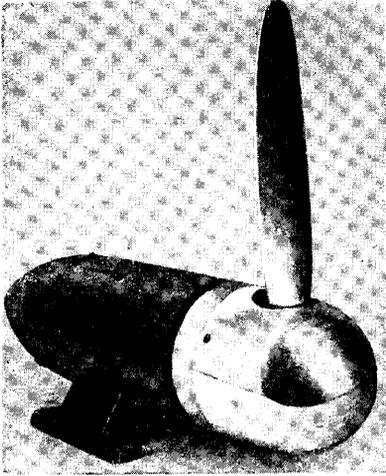
Фиг. 19.

лота (на фиг. 4б): 2—ключ для телеграфиро- вания и главный переключатель, 4—приемник,



Фиг. 20.

6—антенная лебедка, 7—выводная труба ан- тенны, 8—рукоятки для управления на рассто-



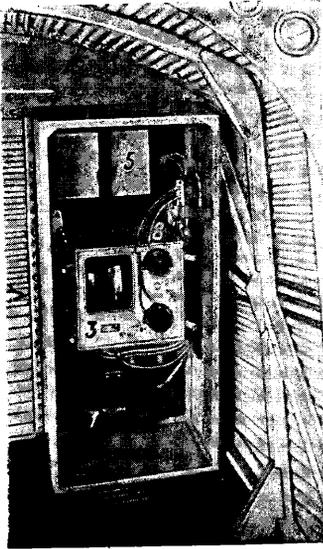
2



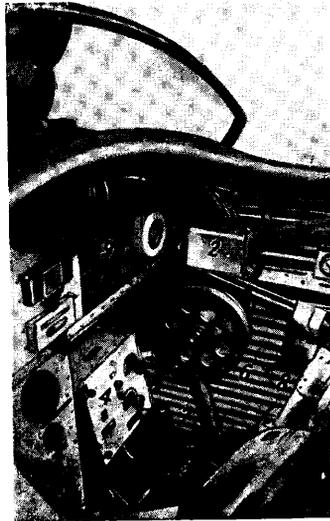
3a



3б



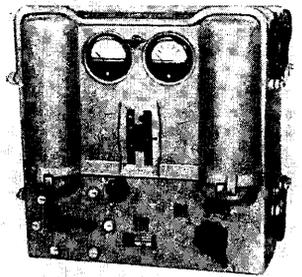
4a



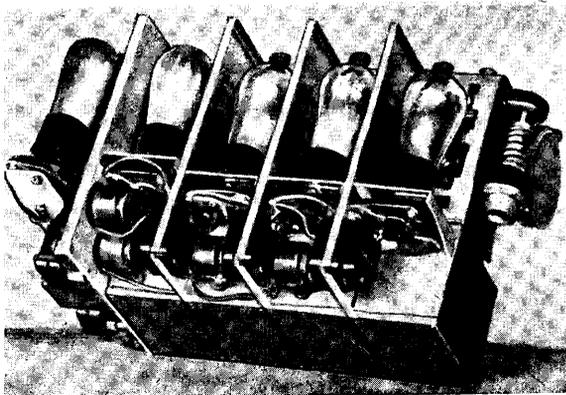
4б



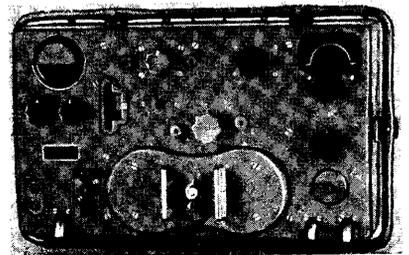
6



8



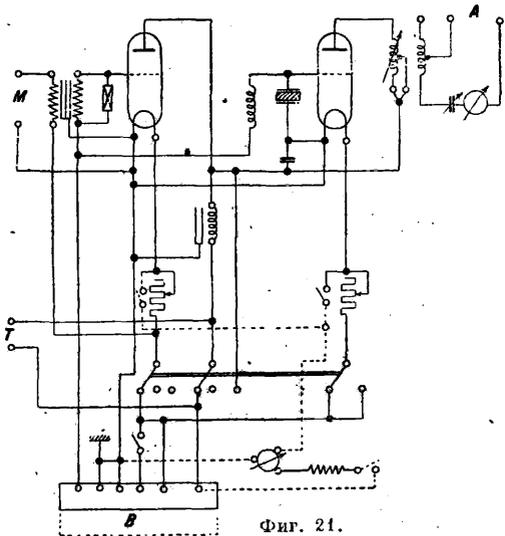
5



7

нии, 9—антенный амперметр; 2) в багажном отделении (на фиг. 4а): 1—умформер, 3—передатчик, 5—анодная батарея для приемника, 8—тросы для управления на расстоянии. Дальность действия этой радиостанции указана была в табл. 1. Расположение С. р. фирмы Лоренц, устанавливаемой на самолете Дорнье-Меркур, дано на фиг. 17, где 1—приемник, 2—лебедка антенны, 3—бууденовский трос, 4—ключ, 5—передатчик, 6—ящик с реле, 7—ящик с батарей, 8—умформер, 9—выводная труба антенны, 10—антенна, 11—самолетная батарея; схема ее представлена на фиг. 18, где А—передатчик, В—приемник, 1—антенна, 2—ключ, 3—умформер, 4—самолетная батарея, 5—телефон, 6—приспособление для подслушивания. Представление о весах и габаритах отдельных частей С. р. дает фиг. 19.

Баланс энергии для передатчиков С. р. следует рассматривать как ф-ию двух величин: одной обычной—длины волны λ и второй—



Фиг. 21.

характерной для случая питания от батареи умформера (от напряжения E_6 этой батареи). В табл. 4 приведен для примера баланс энергии одного из длинноволновых передатчиков (типа S 284 F) в ф-ии от λ , в табл. 5 приведен такой же баланс (другого передатчика) в зависимости от E_6 ; обе таблицы относятся к телеграфному режиму работы.

Америк. авиационные об-ва ставят на почтовых самолетах длинноволновые телефонные приемники, служащие кроме целей обычной связи и для приема сигналов радиомаяков; антенна к ним стержневая, высотой 2 м; внешний вид приемника с диапазоном 600—1100 м (500—270 кц.) дан на вкл. л., 5 (справа видно приспособление для управления приемником на расстоянии помощью гибкого вала), а схема его (3—V—2)—на фиг. 20, где 1—стержневая антенна, 2—миллиамперметр, 3—телефон, 4—вольтметр, 5—прибор управления. Коротковолновые С. р. в силу указанных выше причин строятся преимущественно на малые мощности ($P_A = 1,5 - 30$ W). Для примера на фиг. 21 приведена схема телефонно-телеграфной герм. передающей С. р. с кварцевой стабилизацией для $\lambda = 40 - 105$ м ($f = 7500 - 2900$ кц.) мощностью ок. 2 W; напряжение накала 4,8 V, анодное—200 V; ток анодов—40—60 mA; раз-

Табл. 4.—Баланс энергии передатчика самолетной радиостанции, питаемого от ветрянки, в зависимости от длины волны.

f, кц.	λ , м	Γ_k , V	I_k , A	P_k , W	E_a , V	I_a , A	P_a , W	$P_a + P_k$, W	I_{a+ka} , A	I_{a+ka} , A	P_{a+pk} , W	R_{ak} , Ω	R_{ak} , Ω	R_{ak} , Ω	P_{ak} , W	$\eta = \frac{P_{ak}}{P_a}$, %	P_{ak} , W	$\eta = \frac{P_{ak}}{P_a}$, %	P_{ak} , W	$\eta = \frac{P_{ak}}{P_a}$, %									
687	450	13,8	9,3	128	1510	0,128	193	321	1,100	1,92	14,5	12,1	5,3	33	64	28	28	28	28	28									
462	690											15	5,0	18	73	81	42	42	42	42	15,1	4,2	42	81	22,5	21,4	21,4	21,4	
316	950											16,1	4,2	16,1	81	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	4,2	42	81	22,5	22,5	22,5	22,5
225,2	1350											14,5	3,9	14,5	90	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	3,9	47	90	14,4	14,4	14,4	14,4

E_k —напряжение накала, I_k —сила тока накала, P_k —мощность накала; E_a , I_a и P_a —те же величины в анодной цепи постоянного тока; P_{a+pk} —мощность, получаемая от ветрянки; I_{a+ka} и P_{a+ka} —максимальные силы тока и мощности в антенне; R_{ak} —сопротивление антенны; R_{ak} —то же для антенной цепи; P_{ak} —мощность в ней же.

Табл. 5.—Баланс энергии передатчика самолетной радиостанции, питаемого от батареи умформера, в зависимости от напряжения батареи ($R_A = \text{Const} = 4,4 \Omega$).

E_6 , V	$I_{умф.}$, A	I_k , A	I_c , mA	E_c , V	I_A , A	P_c , W	P_A , W	$\eta = \frac{P_A}{P_a}$, %	λ , м
10	6,93	1,47	120	295	0,65	23,2	1,85	6,55	897,8
11	7,43	1,58	140	268	1,10	36,1	5,31	11,7	900,5
12	7,90	1,66	146	283	1,20	41,1	6,95	15,4	901,7
13	8,00	1,81	146	305	1,25	44,5	6,88	15,4	902,5
15	8,45	2,02	161	310	1,36	51,9	8,18	11,9	903

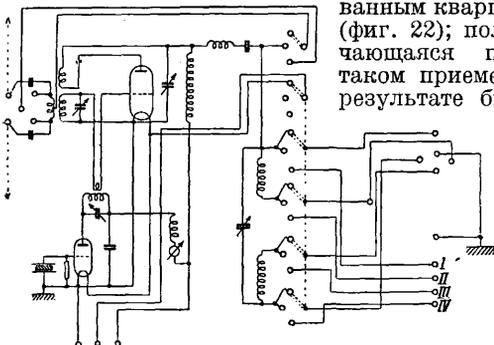
I_k —сила тока накала; E_a , I_a и P_a —те же величины в анодной цепи постоянного тока; I_d и P_d —сила тока и мощность в антенне; E_6 —напряжение батареи; $I_{умф.}$ —сила тока в умформере.

меры передатчика $45 \times 36 \times 18 \text{ см}^3$, вес — 18 кг (на фиг. 21 М—микрофон, Т—ключ, В—батареиный ящик, А—антенна). В последнее время намечается переход к более мощным С. р. порядка 20 W; на вкл. л., 6 приведен вид С. р. в 30 W мощностью; вес его 14,5 кг, а габариты $40 \times 38 \times 26,5 \text{ см}^3$. В табл. 6 даны дальности действия для телеграфного режима одной англ. коротковолновой С. р. мощностью ок. 30 W, весом ок. 31 кг, с посторонним возбуждением, работающей как телефоном, так и телеграфом; прием производился на земле на трехламповый приемник (1—V—1); вес его 31 кг, а с питанием около 45 кг.

Табл. 6.—Дальность действия телеграфом 30 W коротковолновой самолетной радиостанции.

Длина волны в м	Дальность в км	
	Днем	Ночью
60	0—240	0—400
55	0—320	0—480
50	0—480	0—640
45	0—64 и 320—480	начиная с 320 км
40	начиная с 400 км	начиная с 480 км

О конструкциях приемных С. р. для коротких волн дает представление фиг. 7 вкладного листа; в этом приемнике 1 градус шкалы конденсатора соответствует только 4 кц., благодаря чему облегчается настройка даже при сильных сотрясениях самолета; он не имеет непрерывного диапазона частот, а сконструирован лишь на отведенные международными соглашениями для самолетной связи полосы передачи (25—28 м; 32,7—36,5 м; 43,6—49 м; 51,5—60 м; 63—75 м); вес его — 11,5 кг при размерах $35 \times 33 \times 23 \text{ см}^3$; схема 2—V—2, причем усиление радиочастоты — на экранированных лампах. Стремление получить на С. р. при минимальном весе прием коротких и длинных волн привело к конструкции конвертеров: коротковолновая часть (весом ок. 2 кг, объемом ок. 5 дм³) таких приборов обыкновенно состоит из регенератора с гетеродином, стабилизированным кварцем (фиг. 22); получающаяся при таком приеме в результате би-



Фиг. 22.

ней промежуточная частота выбирается т. о., чтобы она соответствовала той длинной волне, на которую настроена вторая половина конвертера, являющаяся длинноволновым обычным приемником; при приеме длинных волн коротковолновая часть просто отключается.

Радиостанция для д и р и ж а б л е й малого радиуса действия не отличается по своей конструкции от С. р.; однако малая и в широких пределах меняющаяся скорость полета таких воздушных судов б. ч. исключает применение пропеллерного привода (ветрянок) для снаб-

жения энергией радиостанции; электрогенератор поэтому соединяется непосредственно с одним из главных моторов. О радиостанциях для больших дирижаблей дает представление описание радиооборудования «Графа Цеппелина» (см. *Дирижабль*).

Примером наиболее полного использования всех возможностей, предоставляемых радиотехникой для самолетов, может служить радиооборудование, устанавливаемое на строящемся исключительно на средства, собранные советской общественностью, агитационном самолете (с полезным грузом до 7 т) «Максим Горький». Все радиостановки, предположенные к размещению на самолете «Максим Горький», распределяются по следующим категориям: 1) для радиосвязи, 2) радионавигационные, 3) телевизионные и 4) радио и широкоэмитательные. Территориально это радиооборудование располагается в четырех кабинах (отсеках): 1) передающий центр, 2) приемный центр, 3) микрофонная камера и 4) штурманская рубка. В передающем центре будут размещены следующие установки: 1) коротковолновый передатчик с дальностью действия до 2000 км; 2) радиотелефонный передатчик на средних волнах (для возможности радиовещания на наиболее доступном для радиослушателей диапазоне частот) с дальностью 100—300 км в зависимости от типа приемника на земле; 3) передатчик ультракоротковолновый телевизионный (около 10000 точек) с предполагаемой дальностью действия до 200 км. Запроектировано устройство на самолете съемочной кинокамеры. Там же устанавливается и проявительное устройство с тем, чтобы заснятые кадры местности, над которой пролетает самолет «Максим Горький», через 10—30 сек. уже можно было передавать по радио телевизионным передатчиком. Так как энергопитание на таком гиганте-самолете будет от автономной центральной электрической станции, снабженной бензиновым двигателем типа Форда, причем электросеть в основном будет переменного тока, то в том же отсеке будет установлено и соответствующее выпрямительное устройство для питания передатчиков и усилителей. Предоставляемая площадь позволяет расположить в этом же отсеке и электрич. часть громкоговорящей установки. Площадь покрытия звуком через громкоговорители, устанавливаемые на самолете, определяется примерно в 10 км².

В приемном центре располагаются 4—5 радиоприемников: приемники для связи, коротковолновые на два диапазона с двумя комплектами сменных катушек, приемник метеосводок, приемник телевизионный, приемник для радиотрансляций, приемник для общей прессы и приспособление к приемникам для приема штриховых изображений. Энергопитание предположено через ряд специальных двигателей-генераторов (комплект батарей предположен только для дежурного приемника). Микрофонная камера представляет собой небольшую, особо звукопроницаемую камеру, из которой будут производиться передача речей для широковещания с самолета, радиовещание и т. д. В штурманской рубке вместе с целым рядом навигационных специальных устройств будут размещены следующие радионавигационные приборы: пеленгатор (возможно автоматический), маячный приемник (для приема сигналов от радиомаяков, направляющих курс самолета) и специальное оборудование для слепой посадки самолета на аэродром в условиях невидимости

места посадки. Из деталей радиооборудования, выходящих за пределы габаритов названных четырех кабин, можно отметить: акустическую часть громкоговорителей специальной формы и 8 антенн: 3 свисающие, 3 жесткие и 2 диполя (один для коротких, другой для ультракоротких волн). При оборудовании предусмотрены меры, дающие возможность самолету и при вынужденной посадке дать о себе знать по радио, хотя и с несколько уменьшенной дальностью передачи и приема.

В большинстве случаев С. р. держат связь со специально устраиваемыми для работы с самолетами на земле аэродромными радиостанциями. По схемам и конструкции они ничем не отличаются от обычных радиостанций. В то время как передающие станции (в среднем мощностью $P_A = 0,5-1,5$ kW) располагаются на расстоянии 1—2 км от аэродрома во избежание помех как полетам (высокие матчи), так и аэродромным приемникам (сильное поле передатчика), приемные станции устанавливаются почти всегда непосредственно на аэродроме. Диапазон волн длинноволновых передатчиков обычно 500—2400 м (600—125 кц.); антенны Т-образные или Г-образные; передача сигналов производится из помещения приемной радиостанции. Приемные радиостанции предназначены обычно для многократного приема (см.); связь между аэродромными станциями — б. ч. бездействующими буквопечатающими аппаратами (Моркрума и др.). Примером радиооборудования аэродрома могут служить установки Кройдонского (близ Лондона) аэропорта: 1) в 4 км от последнего находится передающий центр из 4 передатчиков на волны 800—2000 м (375—150 кц.) мощностью по 4 kW; 2) обслуживают С. р., 1—связь с аэродромами, 1—резервный; 2) на аэродроме расположен только приемный центр, по схеме *гомометра* (см.). На вкл. л. 8 изображен 400-ваттный аэродромный америк. передатчик для связи с С. р.; при 100%-ной модуляции он состоит из кварцевого генератора с темп-рным контролем, усилителя звуковой частоты, удвоителя частоты, модулятора и мощного усилителя. Приемники С. р. не только осуществляют связь с аэродромными и другими С. р., они принимают во время полета также сведения о погоде и т. д., распространяемые метеорадиостанциями, располагаемыми вдоль пути воздушных линий. В США такие станции отстоят одна от другой на 350 км; мощность их—2 kW в антенне, волны 546—3000 м (550—100 кц.); передача м. б. всеми тремя видами.

Лит.: 1) F a s s b e n d e r H., E i s n e r F. u. K u r l b a u m G., Untersuchung über die Ausbreitungsdämpfung elektromagnetischer Wellen u. die Reichweiten drahtloser Stationen in Wellenbereich 200 bis 2000 m. «Elektrische Nachrichtentechnik», В., 1930, В. 7; 2) J o n e s R. a. R y a n F., Air Transport Communication, «JAIEE», v. 49, N. Y., 1930; 3) F r a n c k, Mesures radiogoniométriques en avion, «L'onde Electrique», P., 1924, t. 3; 4) P l e n d l H., Die Anwendung von kurzen Wellen im Verkehr mit Flugzeugen, «Ztschr. für techn. Phys.», В., 1927, В. 11; 5) F a s s b e n d e r H., Die Vorzüge des Kurzwellenverkehrs mit Flugzeugen, Luftfahrtforschung, В. 1, В., 1928; 6) K r ü g e r H. u. P l e n d l H., Zur Anwendung der kurzen Wellen im Verkehr mit Flugzeugen: Versuche zwischen Berlin u. Madrid, «Ztschr. für Hochfrequenztechnik», В., 1928, В. 31; 7) D r a k e F. a. W i l m o t t e R., On the Daylight Transmission Characteristics of Horizontally a. Vertically Polarized Waves from Airplanes, «Proceedings of the Institute of Radio Engineers», N. Y., 1929, v. 17; 8) M i n e r J., Power Equipment for Aircraft Radio Transmitters, ibid., 1931, v. 19, 7; 9) U l e r K., Beiträge zur oberwellenfreien Gleichstrommaschine, «Arch. f. Elektrotechnik», В., 1930, В. 24; 10) L i e b e r s F., Ueber den Widerstand von Flugzeugantennen u. die dadurch verursachte Vergingerung der Flugleistungen, В. 1, Luftfahrtforschung, В.,

1928; 11) E i s n e r F., S u d e c k G., S c h r ö d e r R. u. Z i n k e O., Vergrößerung der effektiven Höhe von Flugzeugschleppantennen, «Ztschr. f. Hochfrequenztechnik», В., 1931, В. 37; 12) H y l a n d L., The Constants of Aircraft Trailing Antennas, «Proceedings of the Institute of Radio Engineers», N. Y., 1929, v. 17; 13) S t r u t t M. J. O., Strahlung von Antennen unter dem Einfluss der Erdbodeneigenschaften, «Annalen der Physik», В., 1929, В. 1; 14) S u d e c k G., Ueber die Sendecharakteristik von Flugzeugschleppantennen, «Ztschr. für Hochfrequenztechnik», В., 1930, В. 35; 15) E i s n e r F., F a s s b e n d e r H. u. K u r l b a u m G., Leistungen- und Strahlungsmessung an Flugzeug- und Bodenstationen, ibid., В., 1928; 16) A b r a h a m M., Die elektrischen Schwingungen um einen stabförmigen Leiter, behandelt nach der Maxwell'schen Theorie, «Annalen der Physik», В., 1928, В. 66; 17) Y a g i H., Beam Transmission of Ultra Short Waves, «Proceedings of the Institute of Radio Engineers», N. Y., 1928, v. 16; 18) L a n g e E., Note on Earth Reflection of Ultra Short Radio Waves, ibid., N. Y., 1929, v. 17; 19) B e r g m a n n L., Messungen im Strahlungsfeld einer in Grund- und Oberschwingungen erregten stabförmigen Antenne, «Annalen der Physik», В., 1927, В. 82; 20) E i g n e r F., Über die Zweckmäßigkeit der Telegraphie und Telefonie im Flugfunkverkehr mit Berücksichtigung neuer experimenteller Untersuchungen, Cinquième Congrès International de la Navigation Aérienne, 1931; 21) K r ü g e r K., Ueber Kurzwellenempfang in beweglichen Stationen, «Ztschr. f. techn. Phys.», В., 1929, В. 10; 22) B r i n t z i g e r W., H a n d e l H. u. V i c h m a n n H., Erschütterungstörungen bei ortsbeweglichen Empfängern, «Ztschr. f. Hochfrequenztechnik», В., 1931, В. 38; 23) Proposed Regulations Requiring Approval by Department of Commerce of Radio Carried in Licensed Aircraft, «Air Commerce Bulletin», Wash., 1930, v. 2; 24) H a n d e l P., K r ü g e r K. u. P l e n d l H., Quarzsteuerung von Kurzwellenempfängern, «Ztschr. f. Hochfrequenztechnik», В., 1929, В. 34; 25) R u n g e W., Ein Kurzwellenempfänger für transozeanischen Schreibetrieb, «Telefunken-Ztg», Berlin, 1929, В. 10, H. 52.— F a s s b e n d e r H., Hochfrequenztechnik in der Luftfahrt, В., 1932; N i e m a n n E., Funkentelegraphie für Flugzeuge, Handbuch der Flugzeugkunde, В. 9, В., 1921; F u r n i v a l E. H., Typical Wireless Apparatus Used on British and European Airways, «Proceedings of the Institute of Radio Engineers», N. Y., 1929, v. 17; Poste d'avions, hydravions et aéronefs, type A. V. L. 10, «Bull. Soc. Franc. Radio-Electriques», Paris, 1921, t. 3; F a s s b e n d e r H. u. E i g n e r F., Der gegenwärtige Stand der Technik und der Betriebsorganisation des deutschen Flugfunkwesens, «ETZ», В., 1930, В. 51; N e l s o n E., R y a n F., The Provision of Radio Facilities for Aircraft Communication, «Journal of the Automotive Engineers», N. Y., 1930, v. 26; W a l l i s H., The Civil Airways and Their Radio Facilities, «Proc. Inst. Radio Eng.», N. Y., 1929, v. 17; D r a k e F., An Aircraft Radio Receiver for Use with Rigid Antenna, ibidem, New York, 1929, v. 17; Betriebsordnung für den internationalen Flugfunkdienst nebst Ausführungsbestimmungen für den deutschen Flugfernmeldendienst, «Nachrichten für Luftfahrt», Berlin, 1929, Band 10.

В. Баженов.

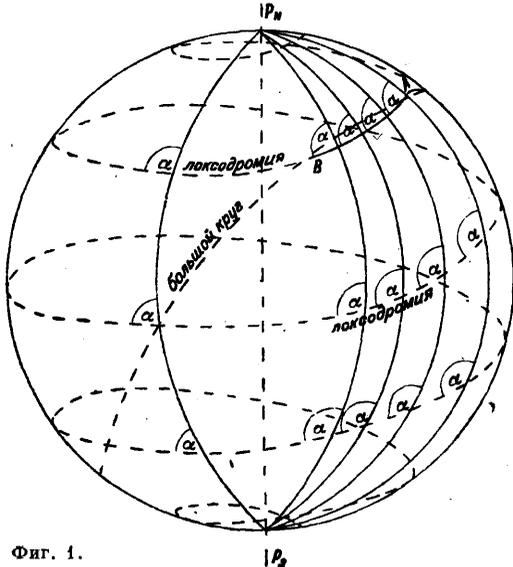
САМОЛЕТОВОЖДЕНИЕ, проведение самолета по заданной траектории пути, раздел практич. применения методов аэронавигации (см. *Аэронавигация и Навигация*). В зависимости от цели полета заданной траекторией пути являются: прямая линия между пунктом отправления и назначения (при перелетах), ломаная линия—полет через ряд отдельных пунктов (воздушные линии), ряд параллельных маршрутов на строгом расстоянии друг от друга (аэросъемка), прямая от произвольной исходной точки через заданную цель (при бомбометании). Прямой между двумя пунктами на земной поверхности является дуга большого круга, проведенного через эти пункты; она называется о р т о д р о м и е й. Ортодромия является кратчайшим путем между любыми пунктами земной поверхности, но имеет для С. то большое неудобство, что пересекает меридианы под разными углами, в силу чего затруднено пользование компасом. В виду указанного обычно вместо прямолинейной траектории задаются полетом по кривой, обладающей тем свойством, что она пересекает меридианы под постоянным углом (фиг. 1). Эта кривая называется л о к с о д р о м и е й. Угол пересечения меридианов локсодромией, придерживаясь к-рого самолет придет к пункту назначения, называется п у т е в ы м у г л о м. Этот угол отсчитывается

так же, как и азимуты, от N (севера) вправо до 360° и обозначается обычно через α . Путевой угол между какими-либо отдаленными пунктами можно определять прямой, нанесенной на карте, лишь в том случае, когда она составлена в определенной картографической проекции (см.); для этой цели специально выработана меркаторская проекция. В этой проекции издаются специальные аэрокарты для целей С. В СССР в настоящее время приходится пользоваться для перелетов на большие расстояния: в европ. части—военнодорожной картой

помощи специальных таблиц или счетных линеек. Для средних широт для целей практики можно принять, что локсодромия и ортодромия совпадают, если расстояние между двумя пунктами не более 800 км.

Общая задача С. разбивается на ряд частных задач. 1) **Предварительная подготовка к полету** (см. *Навигация*): а) точная формулировка задания; б) подготовка лётной карты, нанесение и отметка на ней всех необходимых навигационных данных (склонение, координаты исходных, промежуточных, контрольных и конечных пунктов, траектория пути); в) предварительный расчет: путевого угла, расстояний, времени и сроков вылета, пересчет времени (декретного, местного, местного на истинное, необходимое для астрономич. методов навигации), расчет продолжительности полета, максимальной дальности и длительности по запасу горючего и предположенного диапазона скоростей ветра, расчет восхода и захода солнца в пути, расчет фазы луны, восход и заход луны и элементы ориентировки по луне для случаев ночных полетов; г) детальное изучение всех путевых ориентировок, отметка ожидаемого радиуса видимости, выделение на карте всех *аэродромов* (см.), запасных площадок и т. д.; д) выбор метода и технических средств. 2) **Выборка данных о погоде**: а) выписка климатич. характеристик; б) ожидаемая t° ; в) преобладающие в период полета направление и скорости ветров; г) сравнительная оценка синоптич. карт; д) составление прогноза погоды. 3) **Подготовка вылета**. Для измерения и расчета различных элементов С. необходимы соответствующие приборы, инструменты и приспособления. В зависимости от типа и назначения самолетов аэронавигационное оборудование их (пилотажное и навигационное) дано в табл. 1.

Для контроля работы мотора и учета расхода горючего применяются следующие приборы: *аэротермометр* (см.), манометр, *тахометр* (см.), бензиномер и часы. К специальному оборудованию навигационными приборами относятся приборы, устанавливаемые для совершения специального полета: *высотограф* (см. *Барограф*), *статоскоп* (см.) и пр. Перед полетом д. б. произведены: а) проверка всего оборудования и всех аэронавигационных приборов; б) выборка из аттестатов испытания приборов инструментальных поправок, необходимых для расчетов в полете; в) проверка авиакompаса (см. *Компас*) и его девиации; г) проверка радиооборудования; д) проверка часов; е) получение последних сводок погоды; ж) пуск шар-пилота; з) выбор высоты полета; и) расчет курса следования как для периода набора высоты полета, так и предварительного для дальнейшего пути; к) записи в боржурнал. 4) **Взлет и набор высоты**: а) запись давления и температуры у земли; б) запись времени вылета; в) включение и проверка работы высотографа; г) запись изменения t° с высотой; д) расчет поправок к указателю высоты и определение истинной высоты. При аэросъемочных полетах в этой работе должна соблюдаться особая тщательность и точность. Кроме того в целях сохранения одномасштабности при аэросъемке чрезвычайно важно кроме правильного определения высоты полета сохранение ее в течение всего полета, т. е. строго горизонтальный полет. Для этих целей



Фиг. 1.

25 верст в дм. или специальной картой 10 в. в дм.; в Сибири—картой 20 в. в дм. Какая-либо прямая между двумя пунктами на этих картах не является ни ортодромией ни локсодромией. На этих картах путевой угол м. б. графически отсчитан по карте лишь на незначительных расстояниях (≤ 50 км). Путевой угол α м. б. вычислен по следующей формуле

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{7915,7 \left[\lg \operatorname{tg} \left(45^\circ + \frac{\varphi_1}{2} \right) - \lg \operatorname{tg} \left(45^\circ + \frac{\varphi_2}{2} \right) \right]}, \quad (1)$$

где λ_1 и φ_1 —долгота и широта пункта отправления; λ_2 и φ_2 —долгота и широта пункта назначения. Расстояние D между двумя пунктами по ортодромии определяется по формуле

$$\cos D = \sin \varphi_1 \sin \varphi_2 + \cos \varphi_1 \cos \varphi_2 \cos (\lambda_1 - \lambda_2), \quad (2)$$

где D —расстояние в дуговой мере—переводится в минуты, а $1'$ дуги большого круга равна одной морской миле, или 1,853 км. Расстояние S по локсодромии вычисляется по формуле:

$$S = 1,853 \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{\cos \alpha}. \quad (3)$$

Координаты промежуточных точек для ортодромии вычисляются по формуле

$$\operatorname{tg} \varphi = A \sin (\lambda_2 - \lambda_1) + B \sin (\lambda_2 - \lambda_1), \quad (4)$$

где φ —широта искомой точки с долготой λ , а A и B —коэф-ты, вычисляемые заранее по известным координатам пунктов отправления и прибытия по формулам:

$$A = \frac{\operatorname{tg} \varphi_1}{\sin (\lambda_2 - \lambda_1)}, \quad (5)$$

$$B = \frac{\operatorname{tg} \varphi_2}{\sin (\lambda_2 - \lambda_1)}. \quad (6)$$

Все эти вычисления производятся обычно при

применяются при С. особые дифференциальные альтиметры, показывающие отклонение от высоты во время полета. Обычно высоту в 300—500 м набирают в районе места вылета, а ос-

Табл. 1.—Аэронавигационное оборудование самолетов.

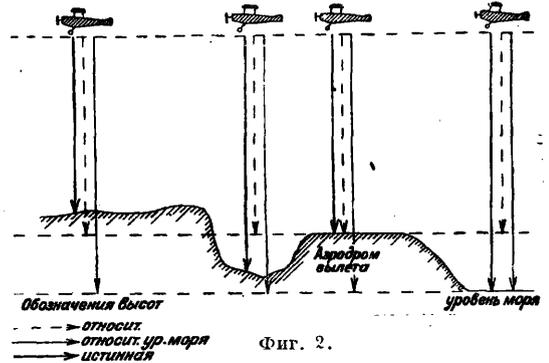
Наименование	Назначение
П и л о т а ж н о е	
Путевой компас	Для сохранения взятого курса
Указатель скорости	Для сохранения заданной воздушной скорости
Высотомер	Для указания заданной высоты и для обозначения безопасности при облачности, тумане, ночном полете
Указатель кренов и поворотов	Для сохранения устойчивости при полетах в тумане, облаках и темной ночью
Н а в и г а ц и о н н о е	
Главный компас	Для производства навигационных измерений и контроля за выполнением заданного курса
Главный указатель скорости	Для измерения воздушной скорости и контроля сохранения заданной воздушной скорости
Главный высотомер	Для определения высоты полета, атмосферного давления, контроля сохранения заданной высоты полета
Навигационный визир	Для измерения углов сноса, путевой скорости, курсовых углов при пеленгации и вертикальных углов при определении дистанций
Ветрочет	Для решения навигационного тр-ка скоростей
Часы с секундомером	Для измерения путевого времени, отсчетов времени при астрономич. ориентировке и при визирных промерах
Термометр для наружного воздуха	Для измерения t° при расчете истинной высоты и воздушной скорости
Секстант	Для измерения высот светила

тальную попутно в направлении пути. 5) Определение аэронавигационных элементов и контроль пути следования: а) определение воздушной скорости v самолета, т. е. скорости его движения относительно воздушной среды, б) определение путевой скорости u , слагающейся из воздушной скорости v и скорости w ветра (см. *Ветрочеты*, фиг. 1). Угол β , составленный меридианом и направлением путевой скорости, называется фактическим путевым углом. Угол ϵ между направлением путевой скорости и направлением ветра называется углом ветра. Разность между фактическим путевым углом и курсом самолета дает угол, называемый углом сноса самолета. При С. следует различать следующие режимы скоростей: малая, средняя, к-рой самолет может пройти определенное расстояние в кратчайший срок при полной мощности двигателя и минимальном угле атаки; крейсерская, или наиболее выгодная, при к-рой самолет пролетит наибольшее расстояние при данном запасе горючего, летя с наиболее выгодным углом атаки и соответствующим ему числом оборотов двигателя; экономическая, при к-рой самолет может продержаться наибольшее время при данном запасе горючего; эта скорость получается при минимальной затрате мощности мотора и определенном для этой мощности экономич. угле

атаки. Воздушная скорость самолета рассчитывается по ф-ле

$$v = \sqrt{\frac{\delta g}{C_y \gamma}},$$

где δ —нагрузка на 1 м^2 несущей поверхности самолета, g —ускорение силы тяжести, C_y —коэф. подъемной силы данного самолета, γ —плотность воздушной среды (весовая). Отсюда видно, что воздушная скорость зависит от конструкции данного самолета, угла атаки, плотности воздуха, а следовательно и от высоты полета. Различают истинную, относительную и стандартную высоты полета; и с т и н н о й в ы с о т о й полета называется длина ответной линии от самолета до земной поверхности; относительной высотой полета может служить место земной поверхности, высота к-рой принята за нуль, напр. высота аэродрома отправления, и наконец высота от уровня моря называется с т а н д а р т н о й в ы с о т о й. На фиг. 2 показаны все три вида



Фиг. 2.

высоты полета самолета. Вместо определения ветра по величине и направлению обычно ограничиваются измерением угла сноса. Вместо определения путевой скорости и одного угла сноса пользуются также методом графич. нахождения точки ветра по двум углам сноса. Воздушная скорость определяется по проверенному указателю скорости полета, причем в его показания также вносятся поправки по следующей ф-ле

$$v' = v \sqrt{\frac{p' T'}{p T}}, \quad (7)$$

где v' —истинная воздушная скорость, v —отсчет по указателю скорости, p —факт. давление атмосферы в мм рт. ст., p' —расчетное давление шкалы указателя скорости, T —факт. абсолютная температура (см.), T' —расчетная абсолютная темп-ра. Измерение и наблюдение угла ϕ сноса, а также путевой скорости производится при помощи специальных визиров. В отдельных случаях при наличии крупной масштабной карты в местности, богатой опознаваемыми по карте ориентирами, эти данные могут быть приближенно определены по карте и по времени прохождения ориентиров, встречающихся на траектории полета. На основании указанных аэронавигационных элементов определяют угол, к-рый должна составлять ось самолета с заданным направлением пути, для того чтобы фактический путевой угол равнялся заданному. Этот угол называется углом у п р е ж д е н и я ω . Необходимые расчеты и определение угла ω производят при помощи специальных приборов или приспособлений (см. *Ветрочеты* и *Навиграф*). Зависимость

между углом упреждения ω и углом сноса φ , путевой скоростью $w\varphi$ и воздушной скоростью v выражается ф-лой:

$$\sin \omega = \frac{w\varphi}{v} \sin \varphi. \quad (8)$$

Эта ф-ла находится аналитически или графически при помощи номограмм или при помощи ветрочета. Угол между направлением оси самолета и меридианом называется курсом самолета, причем при отсчете от истинного географич. меридиана курс называется истинным и обозначается через γ , при отсчете от магнитного меридиана—магнитным γ_m , при отсчете по компасу—компасным γ_k . Угол между истинным (географическим) меридианом и магнитным называется с к л о н е н и е м Δ_m , угол между магнитным меридианом и стрелкой компаса называется д е в и а ц и е й и обозначается через Δ_k (фиг. 3).

Основной целью расчетов является определение того компасного курса следования, под к-рым следует вести самолет для полета с заданным путевым углом α . Построив эти углы, легко убедиться, что этот компасный курс (курс следования) равняется

$$\gamma_k = \alpha \pm \omega \pm \Delta_m \pm \Delta_k.$$

Угол α дан по заданию, Δ_m находим по отметкам на подготовленной к полету карте, Δ_k отсчитывают по к р и в о й д е в и а ц и и к о м п а с а (см.). Расчет курса следования ведется летчиком-наблюдателем, аэрофото-съемщиком или же

аэронавигатором и передается тем или иным способом летчику, после чего последний выводит самолет на заранее намеченный ориентир (опознанный на карте объект местности, лежащий на траектории пути).

Летчик и наблюдатель должны с этого момента вести контроль пути следования, состоящий в наблюдении за неизменностью показания компаса, в отсутствии сноса относительно курсовой линии в визире, служившей раньше для измерения сноса, а при полете по курсу следования повернутой на угол упреждения, в прохождении ориентиров местности (по времени и положению), в соблюдении «створов» ориентиров, т. е. положения их: на одной линии, параллельной траектории полета (основные створы); на линии, перпендикулярной к траектории пути (траверсные створы), а также створов, заранее отмеченных на карте (вспомогательные створы). При отсутствии указанных выше данных контроль ведется путем прокладки на карте траектории пути на основании скорости и времени полета и изменений курса. б) Определение местоположения самолета. Местоположение самолета, отмеченное на карте на основании указанных расчетных данных, м. б. найдено путем определения п о з и ц и о н н ы х л и н и й. Позиционными линиями м. б.: а) путь самолета, б) линия пеленга, в) линия створа, г) окружность дистанций, д) линейный ориентир на местности, е) сомнерова линия (линия на

земной поверхности, с к-рой одно и то же небесное светило в один и тот же момент наблюдается на определенной высоте), ж) параллель, з) меридиан. Нахождение самолета вблизи характерного объекта на местности называется ф а к т и ч. м е с т о м. Место определения путем пересечения двух видов позиционных линий в любых комбинациях, кроме 1—1, 7—7, 8—8, называется с ч и с л и м ы м м е с т о м. Это место неточно, и действительное местоположение самолета следует при первой возможности восстановить путем наблюдения (о б с е р в а н н о е м е с т о). Наиболее точное определение местоположения самолета—это прохождение его над ориентиром, когда ориентир находится на отвесной линии под самолетом (точка надира). В остальных случаях местоположение самолета определяют путем измерения расстояния до ориентира (дистанция) или наблюдением направлений на ориентиры (пеленги) и определением своего места засечками на основании ряда пеленгов или изменений пеленгов в зависимости от скорости полета (см. *Пеленгатор*). При дальних перелетах, при отсутствии карт, при полете над морем, при ночных полетах применяют специальные методы астрономич. ориентировки: широта и долгота определяются по измерению высоты солнца или звезд и расчету времени. Ошибкой в определении места самолета считается расстояние от его фактич. места до исчисленного, к-рое называется радиусом ошибки. Точность считаемого места зависит от точности измерения, вычисления и нанесения на карту тех позиционных линий, к-рые послужили для определения места, будучи взяты в вышеперечисленных комбинациях. По имеющимся опытным данным окончательная средняя точность в нанесении позиционных линий м. б. представлена в следующем виде (табл. 2).

Табл. 2.—Окончательная средняя точность в нанесении позиционных линий.

Определение места	Ошибка
Путь полета	$\pm 2^\circ$ (ошибки в путевом угле)
Дальность (по путевой скорости)	$\pm 0,03$ общей длины пути
Дистанция (по высоте полета)	$\pm 0,1$ высоты полета (если известен рельеф места)
Пеленг	$\pm 2^\circ$
Сомнерова линия	± 10 км от фактич. места самолета
Меридиан (долгота)	± 8 мин. (± 10 км в наших широтах)
Параллель (широта)	± 8 мин. (± 10 км в наших широтах)

С. во время ночных полетов имеет свои особенности, т. к. базироваться на видимости земных ориентиров (кроме световых точек)—дорог, лесов и даже рек—приходится не всегда. В ясную лунную ночь земная поверхность видна достаточно хорошо как летом, так и зимой. В безлунную же ночь земля не видна летом и очень плохо видна зимой. Характеристика видимости представлена в табл. 3.

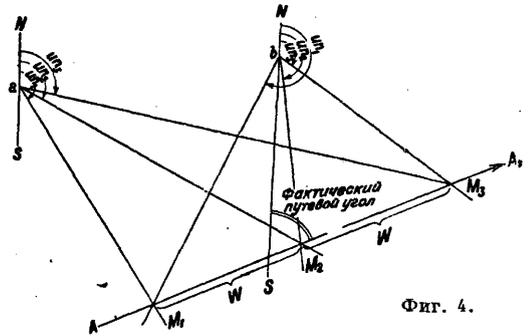
В местности, бедной или вовсе не имеющей световых ориентиров (во время войны неприятельская территория), для создания светящихся точек на земной поверхности применяются светящиеся навигационные бомбы, к-рые, упав на землю, дают в течение некоторого времени свет, что позволяет произвести необходимое

Табл. 3.—Характеристика видимости.

Фазы луны и состояние облачности	Видимость в баллах	Видимость земной поверхности с 1 000 м
Ясно (полная луна)	6	Хорошо видны реки, большие проселочные дороги, хорошо отличается лес от пахоты и луга. Удовлетворительно видны ж. д.
Разорванная редкая облачность (при полной луне)	5	Хорошо заметны реки и большие дороги. Удовлетворительно отличима местность. Плохо видны ж. д.
Ясно (три четверти луны)	4	Вполне удовлетворительно заметны реки. Удовлетворительно видны большие дороги. Местность отличима с трудом. Очень плохо видны ж. д.
Разорванная редкая облачность (при трех четвертях луны)	3	Удовлетворительно видны реки, плохо—большие дороги. Ж. д. не видно. Местность отличима с трудом.
Сплошная густая облачность (при полной луне)	2	Плохо видны реки, больших дорог не видно, местность не отличима.
Безлуние	1	С большим трудом можно отличить водное пространство.

измерение. 7) При С. за облаками, при невидимости земли, навигационная служба почти невозможна. Только лишь ряд способов счисления пути и метод астрономич. ориентирования отчасти разрешают задачу С. Полет может происходить над разорванными облаками и над сплошными днем и ночью. При наличии разорванных облаков ведение самолета облегчается наличием окон, через к-рые, видя земную поверхность, можно производить навигационные измерения. Основным методом контролирования пути при полетах над разорванными облаками следует считать способ проверки путевого угла путем измерения угла сноса. Кроме того весьма удобно производить проверку пеленга или измерять дистанцию до ориентира наблюдаемого в окне облака и находящегося в стороне от самолета. При полете в условиях сплошной облачности, если полет происходит днем, счисление возможно по элементам, измеренным до полета над облаками, контролирование же производится при помощи астрономич. наблюдений. Таким способом м. б. метод при помощи линии Сомнера в направлении, перпендикулярном к направлению на светило. Поэтому при полетах с курсом, близким к Е и W, наблюдая солнце на востоке или западе, можно получить долготу места и т. о. получить путевую скорость самолета. Подобный способ можно использовать при полетах в любом направлении, учитывая поворот позиционной линии, вследствие движения солнца. Наблюдая солнце в направлении, перпендикулярном к направлению полета, можно получить позиционную линию, дающую возможность определить с некоторой точностью правильность выполнения пути по направлению. При ночных полетах за облаками ведение самолета значительно облегчается применением способов расчета широты и долготы места по звездам. В больших перелетах очень важно применять способ расчета астрономич. элементов до начала полета.

Этот способ значительно ускоряет процесс работы по определению места самолета относительно земной поверхности. Наличие при ночных полетах *азромаяков* (см.) позволяет проверять местоположение самолета с большой точностью. В последнее время большие успехи достигнуты для целей определения положения места самолета радиопеленгацией (см. *Пеленгатор*). Удачные результаты дали опыты С. при помощи электрич. кабеля, протянутого по земле и создающего электромагнитное поле переменного напряжения, воспринимаемое особым радиоприемником на самолете. Последний метод особенно ценен для С. в условиях посадки на аэродром, закрытый туманом, когда при помощи электрич. кабеля отмечены границы аэродрома. 8) Навигация при полетах над морем может иметь место при С. а) при видимости берегов и б) над открытым морем. Особенностью С. над морем является отсутствие на поверхности моря визированных точек, поэтому вывод самолета на курс и особенно контроль пути над морем значительно усложняются. Во всех полетах при невидимости берегов прокладка пути на карте производится исключительно по прямой, что значительно упрощает навигационные расчеты. При полетах вблизи берегов прокладка пути производится в большинстве случаев визированием береговых объектов, которые м. б. использованы для контроля пути. Контроль пути производится пеленгованием и измерением дистанций и поверхку путевого угла путем измерения угла сноса. Наиболее удобным способом пеленгования являются по возможности близкие



Фиг. 4.

друг к другу объекты пеленгования. Вывод самолета на курс следования во всех полетах производится на основании измерений ветра, произведенных над сушей в точке отправления. При этом необходимо иметь в виду отличие береговых ветров от ветров в открытом море. Примером определения местоположения самолета путем пеленгования на два ориентира *a* и *b* может служить следующая схема (фиг. 4), где точка M_1 —местоположение самолета в момент пеленгования, M_2 —повторное пеленгование, M_3 —пеленгование через тот же промежуток времени, что и M_2 . Соединив эти точки прямой, имеем фактич. направление путевого угла полета и т. о. имеем возможность проверить правильность выполнения заданного путевого угла. Кроме того, зная время между моментом пеленгования и измерив расстояние по карте между двумя полученными точками, можно рассчитать путевую скорость самолета. Измерение угла сноса над морем производится или с помощью навигационной бомбы, дающей на водяной поверхности визирную точ-

ку в виде зеленого пятна, или приближенно, по гребням волн, при наличии их на поверхности моря. При пользовании навигационной бомбой необходимо учитывать то, что отставание сброшенной бомбы приведет к падению бомбы не на линии пути. Измеренные углы сноса всегда отличаются от действительных углов сноса на тех же курсах. Ошибка уменьшается с увеличением вертикального угла бомбы, т. е.



Фиг. 5.

по мере удаления от бомбы (фиг. 5).

Известный успех достигнут по определению высоты полета по наблюдениям отражения радиоволн с передатчика на самолете радиомальтимерами. Особое значение имеет устойчивость пути самолета и точность пилотажа. В этом направлении широкие опыты поставлены с применением различных жироскопич. приборов (см. Вал-

чок) как для целей стабилизации положения самолета, так и его пилотирования (жиро-пилоты).

С. при аэросъемочных работах занимает свое особое место как по применяемым методам и технике, так в особенности по предъявляемым к нему чрезвычайно высоким требованиям. В то время как для обыкновенных перелетов отклонения в несколько км не имеют большого значения, при аэросъемке необходимо сохранять расстояние между съёмочными маршрутами с точностью нескольких сот м. Не менее строги при аэросъемке требования к сохранению заданной высоты полета (3 500—4 500 м) с точностью ± 25 м. Кроме того при аэросъемке от С. требуется сохранение вертикальности оптич. оси установленного на самолете аэрофотоаппарата. Особые трудности представляет прокладка параллельных маршрутов в районе, где отсутствуют карты, годные для этой цели. Расстояние между маршрутами выдерживается $\frac{1}{2}$ —3 км при крупных и средних масштабах съемки (1 : 2 000—1 : 25 000) и 3—12 км при мелкомасштабных съемках.

Лит.: Стерлигов В., Руководство по воздушной навигации, М.—Л., 1930; Спирин И. Т., Воздушная навигация, Москва, 1931; Hilding B. y K., Astronomical Methods in Aerial Navigation, «Reports of the National Advisory Committee for Aeronautics», Wash., 1928; Dumbleton J. E., Principles a. Practice of Aerial Navigation, L., 1920. В. Цвет-Ноядинский.

САМОЛЕТОСТРОЕНИЕ, совокупность процессов, связанных с производством и эксплуатацией летательных аппаратов—*аэропланов* (см.), *гидроаэропланов* (см.). Самолеты различаются как по роду аэродромов (см.) для взлета и посадки (на морские, сухопутные и амфибии), так и по назначению (на гражданские и военные) и тоннажу (на малые—до 4—5 т, средние—до 12—15 т и большие—свыше 15 т полетного веса). В процессе развития С. за последние годы выявились следующие тенденции. а) Специализация типов самолетов и узкая специализация заданий для отдельных типов как гражданских, так и военных самолетов. б) Увеличение тоннажа современных самолетов, доходящего у гидросамолетов до 52 т (ДоХ) и у сухопутных до 30 т (Са 90 РВ). в) Повышение мощности и числа моторов: до 7 200 HP при 12 моторах (ДоХ) у гидросамолетов и до 6 000 HP при 6 моторах у сухопутных (Са 90 РВ) самолетов.

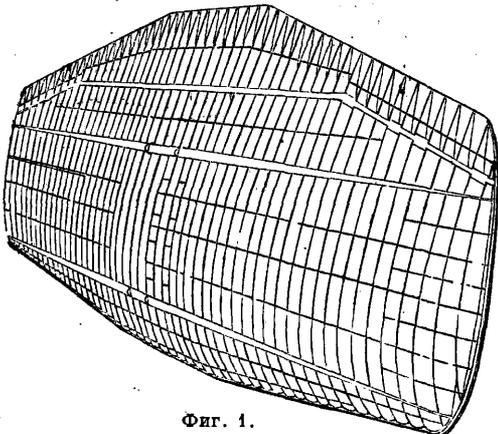
г) Улучшение аэродинамич. свойств самолетов, а также устойчивости и управляемости как общим улучшением форм самолета, так и принятием мероприятий, уменьшающих лобовое сопротивление частей установки: обтекатель на колеса, бесшосное и одноподкосное шасси, капоты НАСА и кольца Тауненда, убирающиеся шасси, металл. винты и пр. д) Улучшение удобств для пассажиров и экипажа путем устройства закрытых кабин, применение закрытых башенных установок для стрелков на военных самолетах. е) Преобладание монопланых схем и конструкций из дуралюминия и высококачественных сталей для средних и больших самолетов, а для малых—конструкций смешанного типа из дерева и стали, причем у военных самолетов, особенно у истребителей, наиболее часто применяется бипланная и полугоратая схемы, сочетающие хорошие аэродинамич. качества и малый вес конструкции с большей маневренностью. ж) Широкое применение, тормозных колес, упрощающее руление и сокращающее длины разбега и пробега, и замена костью лхвостовым колесом. з) Применение шасси с масляной амортизацией, дающей мягкую посадку и снижающей перегрузки при посадке, а следовательно вес конструкции самолета. и) Возрастающее применение разного типа разрезов крыльев, увеличивающих безопасность полета. к) Улучшенное оборудование самолетов приборами, радио, прожекторами для ночных посадок, автопилотами для ночных полетов и полетов в облаках.

По специализации своих заданий гражданские самолеты м. б. подразделены на следующие 6 типов. 1) Малые пассажирские самолеты для перевозки небольшого количества пассажиров на ограниченные расстояния местных воздушных линий. Их тоннаж до 1,5 т; мощность 100—200 HP; нагрузка 0,4—0,5 т. 2) Пассажирские самолеты среднего размера применяются на всех воздушных линиях, не требующих больших нагрузок и особой дальности полета. Экипажа и пассажиров обычно берется 7—9 ч.; тоннаж 3—5 т; мощность 300—600 HP; нагрузка 0,90—1,2 т. 3) Многомоторные пассажирские самолеты благодаря наличию нескольких моторов обладают большей надежностью и регулярностью полетов и вытесняют постепенно одномоторные самолеты. Они имеют 2—4 мотора мощностью 500—2 200 HP, берут 11—32 чел. и имеют тоннаж 6—15 т. Кабины пилота и пассажиров отличаются всеми удобствами. 4) Пассажирские самолеты для междунароных воздушных линий в настоящее время только вырабатываются как тип. Они покрывают большие расстояния (1 000—2 000 км) с очень большой платной нагрузкой, например самолет Ю38 на линии Берлин—Лондон (около 1 000 км) берет 6 т нагрузки при 22 т полетного веса; гидросамолет ДоХ покрывает расстояние 2 000 км при платной нагрузке ок. 5 т и полетном весе в 50 т. 5) Транспортные самолеты появились сравнительно недавно и приспособлены к перевозке емкого большого груза. Они отличаются большой кубатурой своей кабины и устройствами для облегчения погрузки и разгрузки. 6) Почтовые самолеты применяются для быстрой переброски на большие расстояния сравнительно небольших грузов. Остальные гражданские самолеты: для аэрофотосъемки, для борьбы с

вредителями и пр. обычно переделываются из вышеуказанных типов.

Переходя к военным самолетам, нужно отметить, что дифференциация их типов еще большая, чем у гражданских, т. к. военное командование ставит перед ними в настоящее время еще более определенные и узкие задачи. Различаются: истребители одноместные, двухместные, многоместные, дневные и ночные; штурмовики (самолеты для атаки), разведчики, двухместные, трехместные; бомбардировщики легкие и тяжелые; торпедоносцы; гидро разведчики различного тоннажа; школьные и тренировочные самолеты. Из всех указанных типов военных самолетов наибольшее значение, по мнению некоторых военных авторитетов (инж. Дуэ и др.), получили в последние годы самолеты большого тоннажа, к-рые ими квалифицируются как «наступательная» авиация, в то время как более мелкие самолеты отнесены ими к «оборонительной» авиации. Для повышения летных данных военных самолетов на «боевых» высотах в настоящее время широко применяются высотные моторы с наддувом (см.), сохраняющие номинальную мощность до боевых высот, обычно до 3 000—5 000 м. При разборе схем военных самолетов можно видеть, что у малых самолетов, особенно истребителей, до сих пор в большом применении бипланная или полуторопланная схема, сочетающая хорошие аэродинамические качества, малый вес конструкции крыльев с высокой маневренностью самолета. Самолеты же большого и среднего тоннажа очень часто делают монопланными с подкосами или без них.

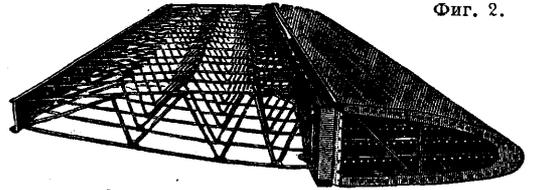
Крылья самолета. Монопланные крылья обычно строятся металлическими, гл. обр. из дуралюминия; из дерева встречаются монопланные крылья для малых самолетов и только Фоккер применял их также и к большим самолетам (фиг. 1). Крыло Фоккера двухлонжеронное и обшивается тонкой фанерой. Металлич. монопланные крылья в последнее время строят иногда однолонжеронными, причем профиль крыла в этом случае



Фиг. 1.

берется с малым перемещением центра давления, а лонжерон располагают на 28—30% средней хорды крыла (фиг. 2). Изгиб крыла воспринимается лонжероном, а на кручение работает также и металлич. зашивка носка крыла, благодаря чему достигается экономия веса. Весьма распрстраненной является конструкция крыла с тремя лонжеронами и жесткой

обшивкой крыла (фиг. 3). Монопланные крылья больших самолетов обыкновенно строят многолонжеронными с жесткой обшивкой; так, крыло самолета ЮЗ8 имеет 6 лонжеронов. Бипланные и полуторопланные конструкции крыльев делаются б. ч. из дерева, име-



Фиг. 2.

ют два лонжерона и обтягиваются полотном целиком или частично, когда напр. носок крыла и нижняя его часть подшиваются тонкой фанерой. Но у ряда военных самолетов, особенно английских, бипланые крылья — металлические, преимущественно из высококачественной стали, при этом обтяжка крыла полотняная. Дуралюминий в настоящее время реже ставят на бипланые крылья вследствие того, что он не дает преимуществ в весе сравнительно с деревом и сталью. Лонжероны монопланых крыльев благодаря наличию обычно толстого профиля делают ферменного типа, клепаются из профилей и листового материала или из труб. Лонжероны бипланых и полуторопланых крыльев, имеющих почти всегда сравнительно тонкий профиль, строят из замкнутых сечений профилированного металла. Деревянные лонжероны делают обычно коробчатого сечения с полками из сосны или spruce и с боковыми стенками из березовой или spruce фанеры. Нервюры крыльев толстого

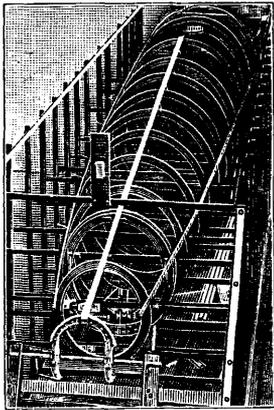


Фиг. 3.

профиля делают ферменной конструкции, как дающие наименьший вес, причем в металлич. самолетах их клепают из тонкостенных труб или же из профилей. Нервюры среднего или тонкого профиля в металлич. конструкциях изготовляют штампованными из листового металла с отбортованными вырезами для облегчения. Деревянные нервюры делают или ферменными из брусков с кницами из фанеры или же с ребром из листовой фанеры и полками из сосны, spruce или липы. Внутренняя расчалка крыльев с жесткой (металлической или фанерной) обшивкой, напр. крыло самолета Стоуфорд или самолета Фоккер Д16, осуществляется самой обшивкой, в то время как при плотняном покрытии она обыкновенно состоит из распорных усиленных нервюры и прутковых растяжек. Наружную расчалку бипланых корабков крыльев в настоящее время делают исключительно из профилированных лент-расчалок обтекаемого сечения. В тех случаях, когда ставятся жесткие подкосы, они бывают из труб обтекаемого сечения.

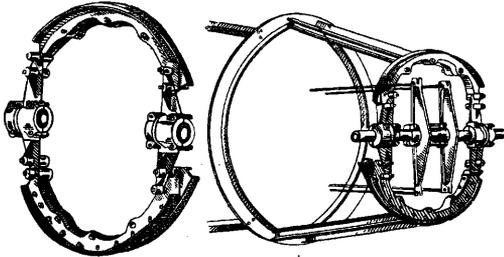
Фюзеляжи. Наиболее выгодным в аэродинамич. смысле является фюзеляж-м-о-н-о-к-о-к, деревянный или металлический, в к-ром жесткая обшивка (из фанеры или листового дуралюминия) целиком работает, в то время как стрингеры и шпангоуты только подкрепляют ее, давая ей местную устойчивость и

жесткость (фиг. 4 и 5). Помимо выгодной аэродинамической формы фюзеляж-монокок дает еще большую сравнительно с обычным фюзеляжем внутреннюю кубатуру благодаря полному отсутствию поперечных и продольных ферм и расчалок. Близко по указанным выше качествам к монококу подходит тип рамчатого фюзеляжа, набор к-рого состоит из поперечных жестких рам и боковых лонжеронов со



Фиг. 4.

стойками и подкосами, зашитыми жесткой, гофрированной и гладкой обшивкой, устойчивость к-рой поддерживается еще дополнительными стрингерами и профилями. Деревянные рамчатые фюзеляжи в настоящее время встречаются очень редко и состоят из поперечных клеенных из фанеры или набранных из брусков с фанерными кницами рам и лонжеронов с раскосами, зашитыми фанерой. Самым употребительным типом фюзеляжа надо считать ферменный тип, где остов набирают в виде пространственной фермы из стержней, соединенных или на заклепках и болтах или же, в случае стержней из труб, сваренных в узлах. Стержни фермы фюзеляжа делают в большинстве случаев из труб высококачественной стали или дуралюминия или же (реже) берут из профилированной стали или дуралюминия, причем в этом случае соединение стержней в узлах делают на болтах или заклепках. В том случае, когда для фермы фюзеляжа берут хромомолибденовые или углеродистые стальные



Фиг. 5.

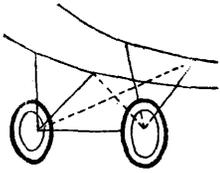
трубы, то соединение в узлах производят сваркой. Обтяжка ферменных фюзеляжей—из полотна, и только в тех местах, к-рые д. б. доступны осмотру, ставят специальные люки из дуралюминия.

Управление самолетом среднего и большого тоннажа чаще встречается штурвальное. В целях нек-рой экономии веса колонку штурвала делают ординарной, а штурвал—перекидным (фиг. 2, вкл. л.) от первого пилота ко второму, причем передача от штурвала к проводке осуществляется с помощью цепи, а часть штурвала иногда вырезается для лучшего обзора (фиг. 1, вкл. л.). Управление ручкой сохраняется только на самолетах малого тоннажа и на малых военных самолетах (истребителях и разведчиках). Но ж н о е у п р а в л е н и е делается двойное на больших самолетах и ординарное только на одноместных.

Обычно применяют педали, сваренные из труб или клепанные из дуралюминия (напр. у самолета Ю38). Только малые самолеты, и очень редко средние, имеют ножное управление рычажного типа. У современных самолетов ножное управление регулируется под длину ног пилота путем передвигания по длине самолета или поворачивания вокруг поперечной оси. Л о д к и и п о л а в к и гидросамолетов в настоящее время в подавляющем числе случаев делают из дуралюминия в виду выгодности в весовом отношении; только для малых самолетов применяют иногда дерево и фанеру. В последнее время Англия и США начинают для постройки лодок применять также и нержавеющей высококачественную сталь, не подвергающуюся коррозии. Набор лодки состоит из шпангоутов и водонепроницаемых переборок, килевой балки и ряда продольных стрингеров. Все это зашивается листовым (обычно гладким) дуралюминием. Водонепроницаемыми переборками лодки делятся на несколько отделений для защиты от потопления при пробитии или повреждении обшивки. Особое внимание поэтому также обращается на прочность конструкции и на заделку редана как наиболее нагруженной части днища лодки, подвергающейся ударной нагрузке при посадках на волну (см. *Гидроаэроплан*). Управление большими гидросамолетами сосредоточено в специальных кабинках пилота, напр. в ДоХ помимо кабины с двойным управлением имеется рубка, где установлены стол с картами, радио и управление моторной группой. Поплавки имеют также набор, состоящий из шпангоутов, водонепроницаемых переборок, килы и стрингеров. Зашивка у металл. поплавков ведется листовым дуралюминием, в деревянных же—водоупорной фанерой. Шпангоуты дуралюминиевых поплавков делают из профилей или из труб, склепанных в узлах с помощью книц, причем водонепроницаемая переборка зашивается сплошным дуралюминиевым листом. Для удобства эксплуатации крепление поплавков к шасси обычно делают легко и быстро съемным путем устройства особых узлов. Обшивку поплавков в верхней части снабжают люком, по одному в каждом отсеке, для выливания попавшей воды и для осмотра поплавка.

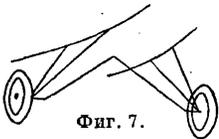
М о т о р н ы е у с т а н о в к и современных самолетов крайне разнообразны, начиная от самых обычных для одномоторных самолетов и кончая целыми центральными силовыми установками на больших самолетах. По типу конструкции моторные установки бывают стержневые из труб, соединенных в узлах на болтах, на заклепках, или же сварные и рамчатые, клепанные из листового дуралюминия и профилей. Наибольшим распространением пользуются моторные установки первого типа из стальных труб, обычно хромомолибденовых или углеродистых, соединенных в узлах на сварке и косынках (фиг. 6, вкл. л.). Соединение стержней в моторных установках на болтах и клепке встречается теперь реже. Рамчатые моторные установки применяются только в дуралюминиевых конструкциях самолетов и клепаются из профилей с обшивкой или даже без нее из плоского или гофрированного дуралюминия. Р а д и а т о р ы (см.) моторов с водяным охлаждением делают сотовыми, из тонкостенных медных или электронных трубок. На малых самолетах их ставят выдвигными, а на средних и больших—стационарными с жалюзи. При постановке таких радиаторов на малых самолетах для

усиления эффективности их часто заключают в особые туннели из листового дуралюминия. На гоночных самолетах применяют плоскостные радиаторы, очень выгодные в аэродинамич. отношении. Моторы воздушного охлаждения для улучшения обтекания и во избежание переохлаждения заключают

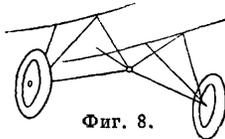


Фиг. 6.

в особые капоты с индивидуальными обтекателями на головки цилиндров (фиг. 3, вкл. л.) или же в капоты с особым кольцевым капотиком—«кольцом Гауленда», дающим более значительное (до 25—30%) уменьшение лобового сопротивления сравнительно с предыдущим типом (фиг. 4, вкл. л.). Наименьшее лобовое сопротивление дает капот типа НАСА (фиг. 5, вкл. л.), который применяется у гражданских самолетов, для военных же этот тип менее применим вследствие ухудшения обзора пилота. Моторные установки больших самолетов вписывают в крыло, как у самолета Ю38, или же выносят из самолета и крепят под крыло, как у самолетов Рорбах «Роланд» и Фоккер (фиг. 7, вкл. л.). В больших гидросамолетах моторы располагают обычно над крылом, на установках из труб или клепа-ных профилей и зашитых листовым дуралю-



Фиг. 7.



Фиг. 8.

минием. Такая моторная установка, давая аэродинамические выгоды, кроме того повышает еще мореходность удалением концов лопастей винта от воды.

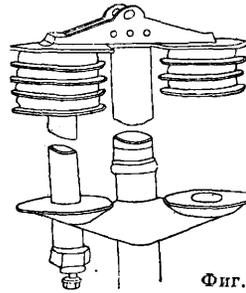
Шасси современных самолетов в связи с увеличением тоннажа и повышением посадочной скорости конструктивно совершенствуется и развивается, переходя от простейшего типа шасси со сплошной осью, встречающейся у малых, преимущественно военных, самолетов (фиг. 6), к шасси с разрезной осью или полусосями, поднятыми вверх и дающими большую безопасность при посадках на неровные аэродромы. Шасси больших самолетов в подавляющем большинстве случаев представляет собою полусосную схему, раздельно крепящуюся к крыльям непосредственно или к подкосам крыльев, причем последняя схема применяется иногда и у малых самолетов (фиг. 7 и 8). Полусоси и оси шасси обычно делают в настоящее время из труб высококачественной стали, термически обработанными, амортизационные подкосы—из стальных (чаще высококачественных) труб, а задние подкосы—иногда из дуралюминиевых труб.

Амортизация современных самолетов является весьма важным фактором в уменьшении веса самолета, т. к. она дает возможность понизить перегрузки при посадке и тем снизить вес фюзеляжа, шасси и костыля. Применение для этой цели амортизационного шнура теперь



Фиг. 9.

встречается очень редко (фиг. 9). Довольно распространенной является амортизация из пластинчатой резины, которая работает на сжатие (фиг. 10 и 11). Последние конструкции шасси имеют масляную резиновую или масляную пневматическую амортизацию, получающую все большее распространение в силу надежности и мягкости работы (фиг. 12). Иногда амортизация шасси



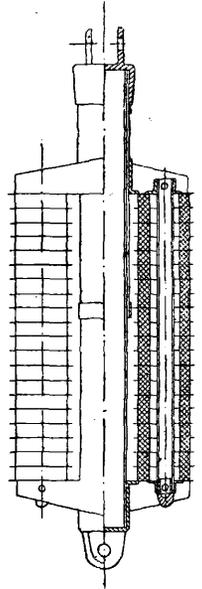
Фиг. 10.

помещается внутри колеса, имеющего в этом случае особую конструкцию. Одним из надежных типов таких колес является колесо самолета Брегэ 19, литое из электрона, с амортизацией из резиновых шнуров (фиг. 13). На самолетах большого тоннажа устанавливают колеса большого диаметра (фиг. 8, вкл. л.) или же двойные колеса по типу самолета Ю38 на особой траверсе, литой из электрона (фиг. 10, вкл. л.), или по типу самолета Са 90 РВ, расположенные рядом (фиг. 9, вкл. л.). Колеса часто снабжаются тормозами с механич., гидравлич. или пневматич. приводом. Нек-рое распространение получили колеса с пневматиками низкого давления особенно для установок взамен костыля; они хорошо амортизируют и поглощают почти всю энергию удара при посадке без до-бавочного амортизатора (фиг. 14). Ко-леса для уменьшения лобового сопротивления снабжают специальными обтекателями хорошей аэродинамич. формы. У а м ф и б и шасси делают подъемным для возможности посадки на воду. Подъемное (или, вернее, убирающееся) шасси в настоящее время делают для уменьшения лобового сопротивления.

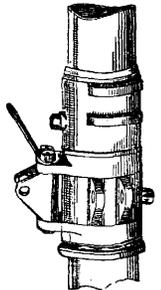


Фиг. 11.

Амортизация костыля, такая же как на шасси, делается обычно из пластинчатой резины, т. к. амортизационный шнур для этой цели в настоящее время редко применяется. Для более мягкой амортизации костыля иногда применяют и масляно-пневматическую амортизацию. Довольно большое распространение, как выше указывалось, получило применение вместо костыля хвостовых колес нормального типа с тормозом, с баллонами низкого давления или со сплошным резиновым ободом (фиг. 14). Хвостовое оперение современных самолетов, особенно большого тоннажа, иногда делают бипланной схемы, причем конструкция его в этом случае аналогична кон-



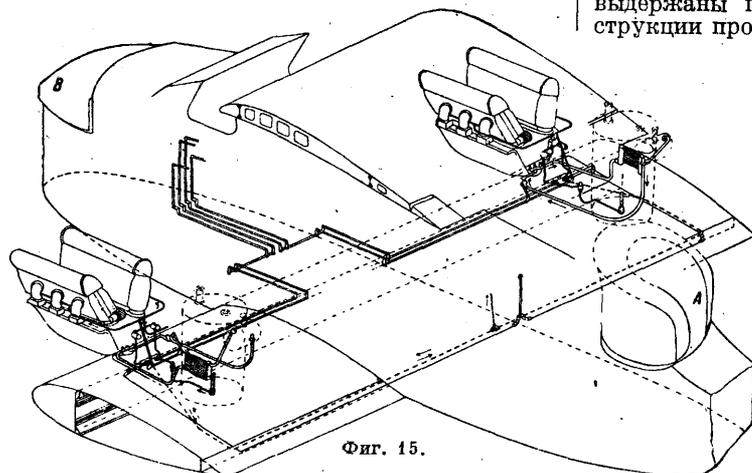
Фиг. 12.



струкции крыла, однако чаще встречается хвостовое оперение монопланного типа, обычно из дуралюминия с обтяжкой или из гофрированного дуралюминия или из полотна.

Вооружению военных самолетов отдается весьма большое внимание со стороны конструкторов и строителей. Вооружение стремятся сделать для боя с дальних дистанций и насколько возможно массировать огонь для достижения большей вероятности попадания во время воздушного боя. На одноместных самолетах

(типа истребитель) обыкновенно ставятся 2, реже 4 и как исключение 6 пулеметов, стреляющих синхронно через винт. В США принято из двух установленных пулеметов один иметь крупного калибра—12,7 мм, другой же обыкновенно; это позволяет открывать бой с большого расстояния без ущерба для аэродинамики самолета (фиг. 12, вкл. л.). Для наводки на цель самолет обычно снабжается двумя прицелами, кольцевыми оптическим (см. Прицельные приспособления). На двухместных самолетах, а также на многоместных, помимо пулеметов, стреляющих через винт, ставятся еще 2 или более пулеметов на кольцевых установках—турелях у наблюдателя, позволяющих обеспечить максимально возможную сферу обстрела, удобное перемещение и наводку (фиг. 11, вкл. лист). Для защиты хвоста самолета, обычно наиболее слабого места в обстреле самолета,



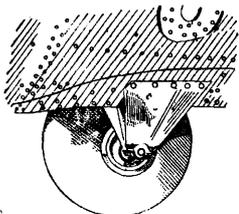
применяются или опускающиеся из фюзеляжа во время полета вращающиеся башни с сиденьем в них стрелком с одним или двумя пулеметами, или же в хвосте делается специальная установка в виде гнезда, но уже не вращающаяся. На средних и тяжелых самолетах почти все-

гда предусматривается установка артиллерийских орудий малого калибра. В связи с тем, что при скоростях современных самолетов работа на турелях весьма затруднительна из-за задувания и трудности поворота пулеметов, турель с пулеметами и стрелок заключаются в особую башню А, позволяющую стрельку свободное маневрирование и наводку пулеметов (фиг. 15). Бомбардировочные самолеты помимо пулеметного вооружения снабжены также бомбами (см. Авиабомба), к-рые подвешиваются на наружных держателях самых разнообразных типов (см. Бомбодержатель). Для уменьшения лобового сопротивления головки бомб иногда закрываются специальными обтекателями и бомбы размещаются внутри фюзеляжа. Кроме бомб на торпедоносцы подвешиваются торпеды, которые крепятся на специальных держателях на низу фюзеляжа. Для воздушной съемки позиции противника военные самолеты снабжены установкой фотоаппаратов различных типов.

Разработка опытного образцового самолета. Работа по опытному самолету начинается с получения задания, в к-ром излагаются назначение самолета, его нагрузка, требуемые от него летные данные. Первоначально для выявления размерности и характера самолета прорабатывают эскизы и проект, в к-ром производится изыскание рациональной размерности и типа самолета, делается общая компоновка самолета. Отдельные конструкции его делают в $\frac{1}{5}$ н. в. для малых и в $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{20}$ н. в. для самолетов большого тоннажа. Далее производят ориентировочный аэродинамич. расчет (см. Аэродинамика), подбор органов управления, а также площади хвостового оперения и балансировку самолета (см. Устойчивость самолета). Все это сопровождается общим видом самолета в $\frac{1}{20}$ н. в. для малых и в $\frac{1}{50}$ — $\frac{1}{100}$ н. в. для больших самолетов, кратким описанием конструкции самолета и пояснительной запиской по всему эскизному проекту. Для более наглядного представления о конструкции общего вида самолета производят постройку макета самолета, где д. б. выдержаны габаритные размеры и тип конструкции проектируемого самолета. После ма-

кета производится проработка предварительного проекта самолета и изготовление конструктивных чертежей для постройки самолета. В это же время (а если возможно, то и ранее) строят и продвывают в аэродинамической лаборатории модель самолета и профили крыльев для получения данных как для аэродинамич. расчета и устойчивости, так и для расчета прочности. Модели делают наибольшей допускаемой размерами трубы величины, к-рая обычно для малых самолетов составляет $\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{10}$ н. в., а для больших $\frac{1}{20}$ — $\frac{1}{25}$ н. в.

Расчет прочности самолета производится после того, как проект самолета настолько уже проработан, что не только размерность самолета, но и конструкция его в основных чертах выявилась и определена. Британское Авиационное министерство для расчета прочности самолета требует представления сле-



Фиг. 14.

дующих данных: а) площадь, размах, хорда, расстояние между крыльями, пролет лонжеронов крыльев и хвостового оперения; б) положение и размеры крыльев, хвостового оперения, кила, элеронов, рулей высоты и направления; в) поперечный угол крыльев и вынос верхнего крыла, угол заклинивания крыла, угол установки хвостового оперения и угол наклона линии тяги к горизонту; г) линия земли или ватерлиния на стоянке и линия земли с хвостовым оперением, поднятым до летного положения; д) число лопастей и диаметр винта; е) данные о компенсации органов управления. Кроме того требуются еще весовая характеристика, центровка самолета и основные чертежи конструкции (крыльев, фюзеляжа, хвостового оперения, шасси, моторной установки и управления), достаточно освещающие конструкцию. Согласно советским нормам прочности самолетов различают два класса самолетов: I—гражданских и II—военных. Каждый класс подразделяется на группы, причем гражданские самолеты имеют 4 группы в зависимости от полетного веса. Подобное подразделение в той или иной модификации принято в различных европейских странах и США. Т. к. весь расчет прочности самолета ведется по разрушающим напряжениям, то и коэф-ты перегрузок различных частей самолетов берутся в нормах прочности для разрушающих нагрузок или для статич. испытаний. Предполагается, что коэф. совершенства расчета равен 1,0, и поэтому эти же коэффициенты перегрузок принимаются за расчетные. Каждый класс и каждая группа самолетов имеют свои коэффициенты перегрузок. Нормы перегрузки, установленные во Франции, Италии и США, примерно соответствуют нормам, изложенным в табл. 1 для различных типов самолетов.

Крылья. Согласно нормам прочности крылья рассчитываются на 4 случая нагрузки. Случай A_k —выход из пикирования на угол первой максимальной подъемной силы. Крыло моноплана или коробка крыльев биплана рассматривается в положении первого $C_{y \max}$. Центр давления, угол атаки и наклон равнодействующей определяются из продувки или же из соответствующего аэродинамич. расчета, предпочтительно по методу Треффа. В нижеследующей табл. 2 приведены положения центра давления случая A_k для распространенных профилей крыла по английским данным 1931 г.

Табл. 2.— Положение центра давления крыла для случая A_k .

Профиль крыла	Моноплан	Биплан	$C_{y \max}^*$
RAF 15	0,280	0,263	0,580
RAF 30	0,240	0,220	0,600
RAF 32	0,330	0,302	0,660
RAF 34	0,250	0,223	0,620
Clark Y	0,280	0,250	—
Clark YH	0,261	0,231	—
Геттинген 387	0,320	—	—
Геттинген 436	0,305	0,275	—
M 12	0,250	0,220	—
M 6	0,220	0,191	—

* Для биплана при полном Рейнольдсовом числе.

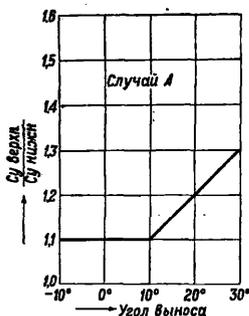
Для всех крыльев должны строиться кривые распределения нагрузки по размаху, по продувке или же по теории индуктивного сопротивления (см.). При отсутствии продувок для

Табл. 1.— Статические перегрузки, принимаемые в различных случаях нагружения при статических испытаниях.

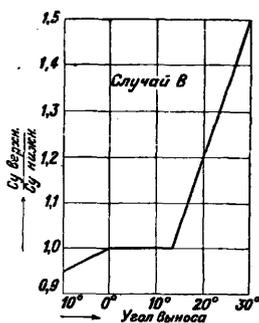
Группа	Крылья					Нервыры					Подъемное хвостовое оперение			Вертик. хвост.			Колесное шасси				Поплавокые шасси				Фюзеляж и моторная установка			
	A_k	B_k	C_k	D_k	E_k	A_k	B_k	C_k	D_k	E_k	K_1	C_2	K_2	$E_{ш}$	$F_{ш}$	$G_{ш}$	$E_{ж}$	$I_{ж}$	$F_{ж}$	$G_{ж}$	$E_{фмж}$	$H^3 фмж$	$A_{фмж}$	$C_{фмж}$	$H_{фмж}$			
12	7	3	5	—	—	12	7	2	4	—	2,25	2,25	0,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
11	6,5	1,9	4,5	—	—	11	6,5	1,9	3,5	—	2,15	2,15	0,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
10	6	1,8	4,0	—	—	10	6	1,8	3,0	—	2,10	2,10	0,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
9	5,5	1,75	3,5	—	—	9	5,5	1,75	2,5	—	2,00	2,00	0,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
8	5,0	1,7	3,0	—	—	8	5,0	1,7	2,0	—	1,9	1,9	0,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
7	4,5	1,6	2,5	—	—	7	4,5	1,6	1,5	—	1,7	1,7	0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
6	4	1,5	2,0	—	—	6	4	1,5	1,4	—	1,5	1,5	0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
5	3,25	1,25	1,5	—	—	5	3,25	1,25	1,2	—	1,3	1,3	0,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
4	3	1,25	1,5	—	—	4	3	1,25	1,2	—	1,25	1,25	0,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
3	2,5	1,25	1,25	—	—	3	2,5	1,25	1,25	—	1,25	1,25	0,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
2	1,5	1,25	1,25	—	—	2	1,5	1,25	1,25	—	1,25	1,25	0,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
1	1,25	1,25	1,25	—	—	1	1,25	1,25	1,25	—	1,25	1,25	0,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

A_k —Выход из пикирования на угол наибольшей подъемной силы.
 B_k —Выход из пикирования на другое планирование.
 C_k —Пикирование.
 D_k —Криволинейный полет на спине.
 E_k —Резкая посадка.
 $A_{ж}$ —Выход из пикирования на неровном соответствующем напряжении крыльев.
 $E_{ш}$ —Посадка на твердую почву.
 $F_{ш}$ —Посадка на овраг.
 $G_{ш}$ —Посадка на воду.
 $E_{ж}$ —Посадка на твердую почву.
 $F_{ж}$ —Посадка на овраг.
 $G_{ж}$ —Посадка на воду.
 $E_{фмж}$ —Полет с вертикальным ускорением, соответствующим случаю пикирования.
 $H^3 фмж$ —Полет с вертикальным ускорением, соответствующим случаю пикирования.
 $A_{фмж}$ —Полет с вертикальным ускорением, соответствующим случаю пикирования.
 $C_{фмж}$ —Полет с вертикальным ускорением, соответствующим случаю пикирования.
 $H_{фмж}$ —Полет с вертикальным ускорением, соответствующим случаю пикирования.
 A_k —Выход из пикирования на угол наибольшей подъемной силы.
 B_k —Выход из пикирования на другое планирование.
 C_k —Пикирование.
 D_k —Криволинейный полет на спине.
 E_k —Резкая посадка.
 $A_{ж}$ —Выход из пикирования на неровном соответствующем напряжении крыльев.
 $E_{ш}$ —Посадка на твердую почву.
 $F_{ш}$ —Посадка на овраг.
 $G_{ш}$ —Посадка на воду.
 $E_{ж}$ —Посадка на твердую почву.
 $F_{ж}$ —Посадка на овраг.
 $G_{ж}$ —Посадка на воду.
 $E_{фмж}$ —Полет с вертикальным ускорением, соответствующим случаю пикирования.
 $H^3 фмж$ —Полет с вертикальным ускорением, соответствующим случаю пикирования.
 $A_{фмж}$ —Полет с вертикальным ускорением, соответствующим случаю пикирования.
 $C_{фмж}$ —Полет с вертикальным ускорением, соответствующим случаю пикирования.
 $H_{фмж}$ —Полет с вертикальным ускорением, соответствующим случаю пикирования.
 A_k —Выход из пикирования на угол наибольшей подъемной силы.
 B_k —Выход из пикирования на другое планирование.
 C_k —Пикирование.
 D_k —Криволинейный полет на спине.
 E_k —Резкая посадка.
 $A_{ж}$ —Выход из пикирования на неровном соответствующем напряжении крыльев.
 $E_{ш}$ —Посадка на твердую почву.
 $F_{ш}$ —Посадка на овраг.
 $G_{ш}$ —Посадка на воду.
 $E_{ж}$ —Посадка на твердую почву.
 $F_{ж}$ —Посадка на овраг.
 $G_{ж}$ —Посадка на воду.
 $E_{фмж}$ —Полет с вертикальным ускорением, соответствующим случаю пикирования.
 $H^3 фмж$ —Полет с вертикальным ускорением, соответствующим случаю пикирования.
 $A_{фмж}$ —Полет с вертикальным ускорением, соответствующим случаю пикирования.
 $C_{фмж}$ —Полет с вертикальным ускорением, соответствующим случаю пикирования.
 $H_{фмж}$ —Полет с вертикальным ускорением, соответствующим случаю пикирования.

крыльев одинакового профиля и угла установ- ки по размаху нормы допускают упрощения и дают конкретные графики распределения на- грузки (фиг. 16). Распределение нагрузок между верхним и нижним крыльями в случае би- планной коробки согласно нормам производится



Фиг. 16.



Фиг. 17.

по данным специальной продувки модели кор- бочки крыльев или же по указанному выше аэродинамич. расчету. В русских нормах дается для нормальной бипланной коробки график распределения нагрузок.

С л у ч а й В_к—выход из пикирования на кру- тое планирование. Положение центра давления и наклон равнодействующей получаются из продувки или из аэродинамич. расчета для угла атаки, при к-ром коэф. подъемной силы C_y составит 0,2 от C_{y max}, соответствующего случаю А_к. При этом, если центр давления находится в первой половине хорды, равнодействующая прикладывается на середину хорды. Распреде- ление нагрузки по размаху берется по продув- ке или же по аэродинамич. расчету. Как и в случае А_к, нормы допускают упрощения и дают конкретные графики их. Распределение между верхним и нижним крыльями нагрузок прини- мается по продувке или аэродинамич. расчету. Только для чистого биплана нормы дают гра- фик этого распределения (фиг. 17).

С л у ч а й С_к—пикирование. В этом случае принимается, что подъемная сила равна нулю. Крылья испытывают нагрузку, дающую скру- чивающий их момент, и лобовую нагрузку. Скручивающий момент вычисляется по ф-ле

$$M = f \frac{C_m}{C_{xc} + C_{xв}} \cdot G \cdot t$$

и лобовое сопротивление по ф-ле

$$X = f \frac{C_{xкр.}}{C_{xc} + C_{xв}} \cdot G,$$

где *f*—коэф. безопасности по нормам, C_m— коэф. момента крыльев, C_{xкр.}—коэффициент лобового сопротивления крыльев, C_{xc}—коэффи- цент лобового сопротивления самолета, C_{xв}— ко- эфициент лобового сопротивления винта, G— полетный вес самолета, *t*—средняя хорда про- дувки. Коэффициенты C_m и C_{xкр.} обыкновенно берут из продувки или из аэродинамического рас- чета для угла атаки, при к-ром C_y=0. Коэф- фициент C_{xc} включает в себя коэффициенты со- противления всех частей самолета кроме винта. Коэф. сопротивления винта C_{xв}, отнесенный к площади крыльев, определяется по ф-ле

$$C_{xв} = C_p \frac{F}{S} \cdot a;$$

$$F = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \text{ — ометаемая винтом площадь;}$$

D—диаметр винта; *d*—диам. втулки или кока;

S—площадь крыльев; *a* = $z \frac{b_{cp.}}{D}$ — средняя от-

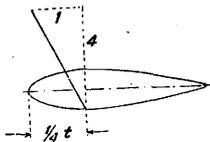
носительная ширина лопасти и винта; *z*—чис- ло лопастей; *b_{cp.}*—отношение развернутой по- верхности лопасти к радиусу; C_p—коэф. отри- цательной тяги винта, вычисляемый по ф-ле

$$C_p = 0,26 + 0,2(0,9 - h),$$

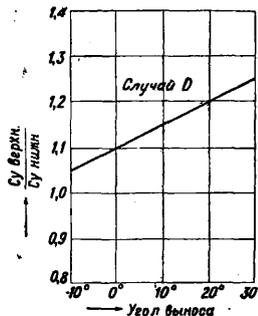
где $h = \frac{H}{D}$ — относительный шаг винта. Если винт переменного шага, то он берется на ра- диусе R=0,35 D. По размаху нагрузка распе- деляется пропорционально хорде. Распреде- ление нагрузки между крыльями берется про- порционально площадям крыльев.

С л у ч а й D_к—криволинейный полет на спи- не. Положение и направление равнодействую- щей определяются из продувки при первом наименьшем значении коэф-та подъемной силы C_y. Если этот коэф. меньше (-0,3 C_{y max}) случая А_к, то данные берутся для коэффициента C_y=0,3 C_{y max} случая А_к. При невозможности иметь продувку для случая D_к, равнодействующую берут на 1/4 хорды от передней кромки крыла (фиг. 18). Распределение

нагрузки по размаху одинаково со случаем В_к. Распределение на- грузки между крыльями бипланной коробки бер- ется по продувкам или по аэродинамич. рас-



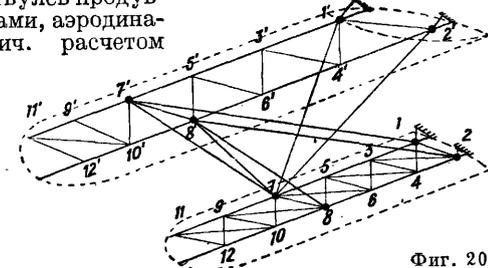
Фиг. 18.



Фиг. 19.

чету. В случае чистого биплана пользуются графиком, взятым из норм прочности (фиг. 19).

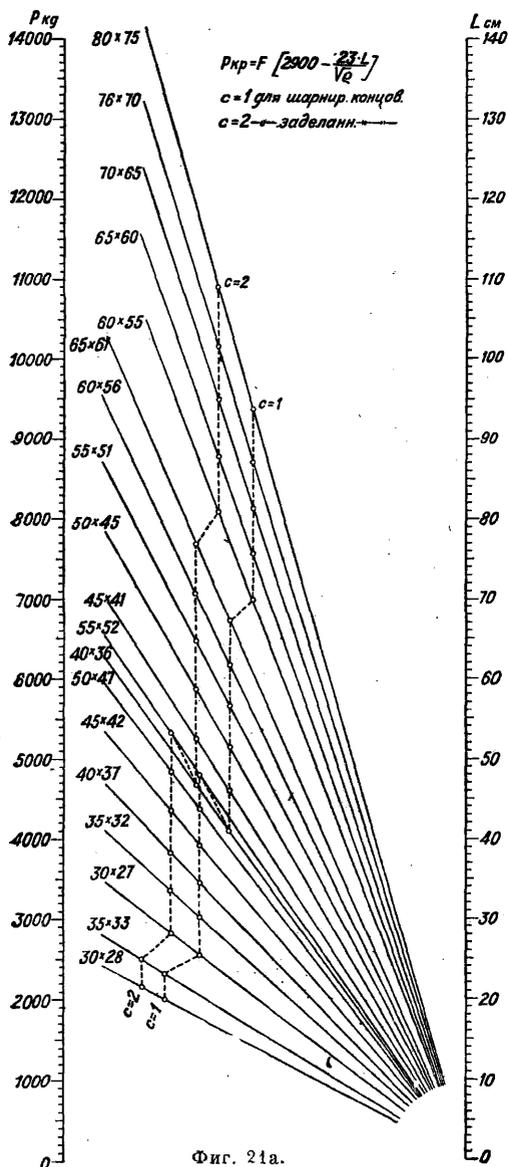
С л у ч а й E_к—резкая посадка. В этом слу- чае крылья испытывают нагрузку, кратную собственному весу и агрегатам в крыльях. Рас- пределение по размаху соответствует действи- тельному распределению весов крыла и агрега- тов. Начиная расчет крыла, прежде всего опре- деляют расчетную нагрузку на него для дан- ного случая; для этого берут полетный вес са- молета, уменьшают его на вес крыльев, т. к. собственный вес крыльев в летных случаях раз- грузкает крылья, и умножают на перегрузку данного случая, взятую по нормам. Руковод- ствуйтесь продув- ками, аэродина- мич. расчетом



Фиг. 20.

или же—в случае чистого биплана—графиками, приведенными в нормах, распределяют найден- ную расчетную нагрузку сначала между крыль- ями, а затем и по размаху крыла, учитывая при этом соответствующие указания норм, приве- денные выше. Т. к. полученная нагрузка ко- сая, то ее разлагают на нормальную к хорде крыла и на тангентную по хорде, строят рас-

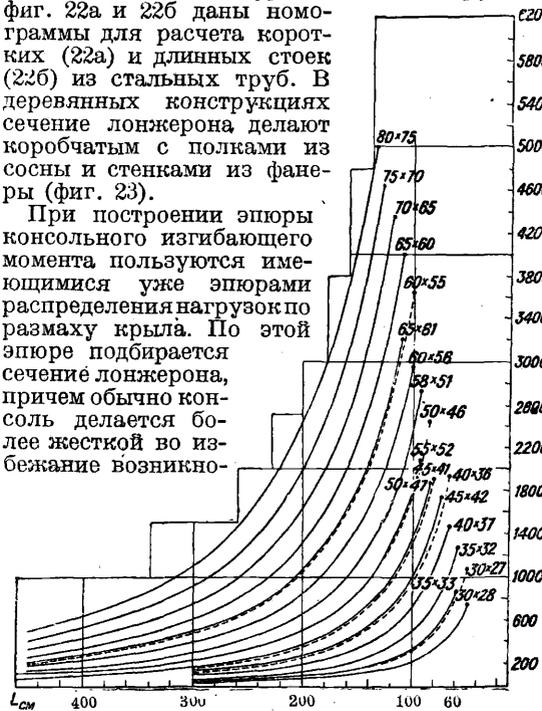
пределения нагрузок по размаху крыльев и находят узловые нагрузки, к-рые сводят в особую таблицу. Обычно бипланные коробки крыль-



ев статически неопределимы, за исключением случая, когда несущая и обратная расчалки находятся в одной плоскости. Поэтому при решении обычно методом Максвелла и Мора приходится выбрасывать лишний стержень. За лишний стержень проще всего принимать диагональную стойку 7—8' (фиг. 20). Выбросив его, рассчитывают пространственную ферму коробки крыльев целиком или же разбивают ее на две вертикальные фермы и две горизонтальные и находят усилия в стержнях фермы без лишнего стержня. Подставив далее вместо лишнего стержня единичную силу (обычно ± 1000 кг) и рассчитав, как указано выше, снова ферму коробки крыльев, получают усилия в стержнях фермы для второго состояния. После этого составляют таблицу для решения статич. неопределенности, причем во внимание берут только стержни на-

ружной и внутренней расчалок, т. к. жесткость остальных стержней фермы значительно более. Решив у-рия, находят усилия в лишнем стержне 7—8', а затем и действительные усилия в стержнях фермы коробки крыльев. Расчетное усилие в стержнях фермы обычно определяют с учетом не полной разгрузки от лишнего стержня, а с коэф-том 1,25, когда эта разгрузка догружает стержень, и 0,75, когда она разгружает. Делается это для страховки от возможных неточностей расчета. Составив таблицу расчетных усилий в стержнях фермы, подбирают сечение их, пользуясь для этой цели приведенными выше нормированными коэф-тами прочности. В тех случаях, когда ставятся параллельно два стержня (двойная расчалка), расчетное усилие каждого стержня берут равным $\frac{1}{2}$ полного расчетного усилия, учитывая этим неравномерность загрузки стержня в работе. При подборе сечений проволочных расчалок внутри крыла необходимо кроме того учесть коэф. заделки C концов их, к-рый в среднем принимают (найденный опытным путем) равным 0,70. Стойки коробки крыльев, обычно трубчатые, обтекаемого сечения, подбирают по специальным номограммам на продольный изгиб (фиг. 21 и 22), причем коэф. заделки для них берется $C = 1,0$, т. к. концы их закреплены шарнирно в узлах. Распорки внутри крыльев в тех случаях, когда они делаются из труб, подбираются по специальным номограммам на продольный изгиб круглых труб. Подобрать внутреннюю и внешнюю расчалки, стойки и распорки, переходят к подбору сечения лонжерона, при этом подбор сечения начинают с консоли лонжерона. На фиг. 21а и 21б изображены номограммы для расчета коротких (21а) и длинных (21б) стоек из дуралюминиевых труб. На фиг. 22а и 22б даны номограммы для расчета коротких (22а) и длинных стоек (22б) из стальных труб. В деревянных конструкциях сечение лонжерона делают коробчатым с полками из сосны и стенками из фанеры (фиг. 23).

При построении эпюры консольного изгибающего момента пользуются имеющимися уже эпюрами распределения нагрузок по размаху крыла. По этой эпюре подбирается сечение лонжерона, причем обычно консоль делается более жесткой во избежание возникно-



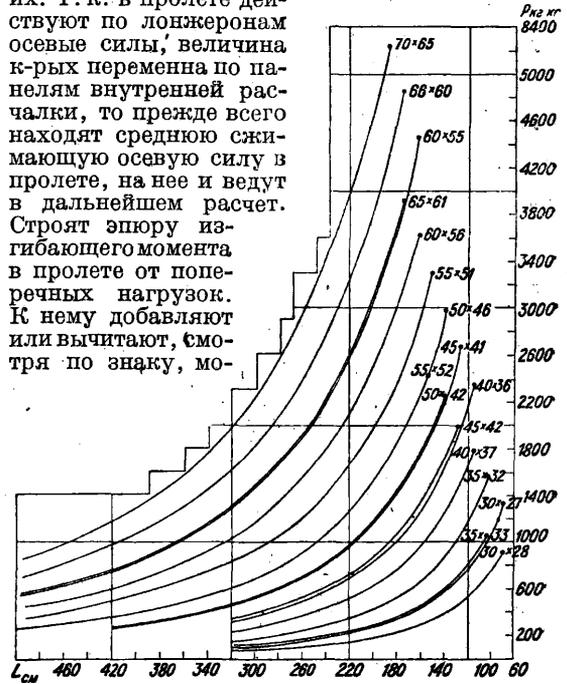
вения вибраций концов крыльев. Это достигается тем, что допускаемое напряжение на изгиб для сосны берется не 600, а 550—530 кг/см².

Кроме того при подсчете момента сопротивления сечения фанерные стенки не принимаются во внимание. Нижняя полка лонжерона, работающая в определяющих случаях на растяжение, только в случаях C_k , D_k и E_k работает на сжатие. Вследствие этого ее можно делать более тонкой, чем верхнюю полку, обычно 60—70% толщины верхней полки. Найдя обычным путем нормальное напряжение в полках, делят на него допустимое напряжение и находят коэф. запаса в полках. Допускаемое напряжение для сосны вычислено по ф-ле, приведенной у Niles'a:

$$\sigma_g = 400 + (600 \Phi - 400) \frac{\sigma_{н.н.}}{\sigma_{сумм.}}$$

где Φ —коэф. формы, взятый по прилагаемому ниже графику; $\sigma_{сумм.}$ —напряжения в полке от

рона, имеющих направление слоев фанеры под углом в 45° к направлению усилий, берут не свыше $130-150 \text{ кг/см}^2$. Эту проверку желательно провести в сечениях по болтам внутренней расчалки. Подобрав сечение консоли лонжеронов, переходят к подбору сечений пролетной части их. Т. к. в пролете действуют по лонжеронам осевые силы, величина к-рых переменна по панелям внутренней расчалки, то прежде всего находят среднюю сжимающую осевую силу в пролете, на нее и ведут в дальнейшем расчет. Строят эпюру изгибающего момента в пролете от поперечных нагрузок. К нему добавляют или вычитают, смотря по знаку, мо-

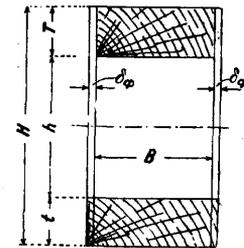


Фиг. 226.

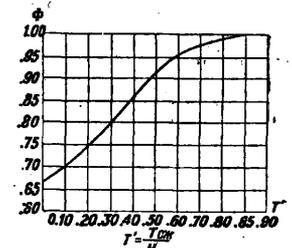
мент, изгибающий от эксцентриситета крепления лонжерона в узлах:

$$M_g = P_\phi \cdot \Delta,$$

где P_ϕ —осевая сила, а Δ —величина эксцентриситета. Строят суммарную эпюру этих двух изгибающих моментов. Обычно масштаб длин при этом берется $\lambda = 1/20$ или $1/10$ н. в., а масштаб момента 200 кг/см в 1 мм. Практика работы в США показывает целесообразность расчета с уменьшенным консольным моментом до 20% для большей жесткости пролета, особенно при несимметричных нагрузках коробки крыльев. Имеющийся суммарный момент изгибающий д. б. исправлен на сжатие лонжеронов осевой силой. Это делают или аналитич. путем по формулам, приведенным в руководстве Niles'a «Aeroplane Design» или же графически — методом

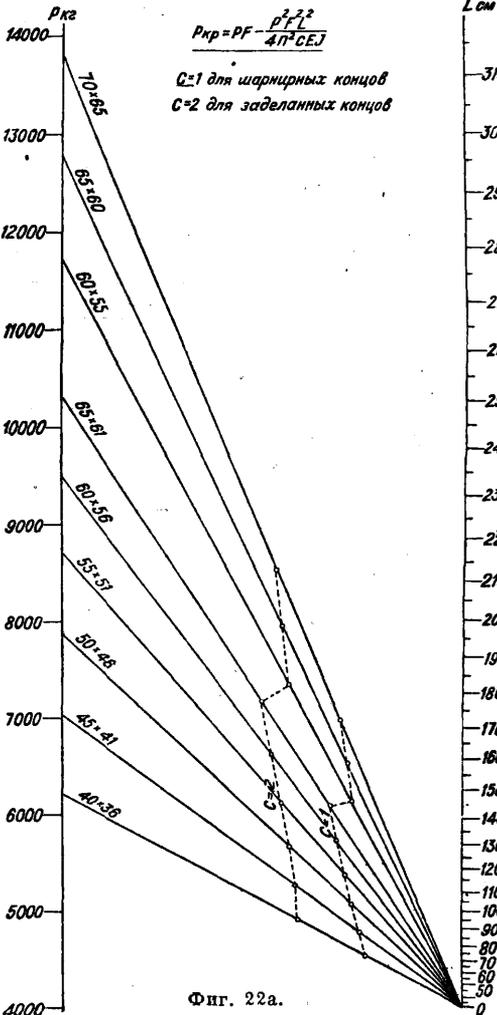


Фиг. 23.



Фиг. 24.

Miss Hough или же методом «кругов Ченцова». Пользуясь этими методами, находят дополнительный момент изгибающий от действия осевой силы, а отсюда и суммарный в пролете, по



Фиг. 22а.

изгиба поперечными силами и сжатие от продольной силы (фиг. 24). Для консоли $\sigma_{доп.}$ по предыдущему будет равно

$$\sigma_{доп.} = 400 + (550 \Phi - 400) = 550 \Phi.$$

Фанера боковых стенок лонжерона проверяется на скалывание от перерезывающих сил по обычной ф-ле

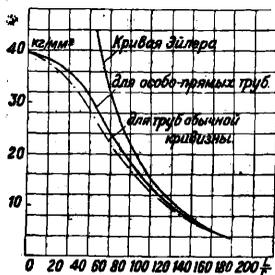
$$T = \frac{Q \cdot S}{J \cdot 2\delta},$$

где S и J берутся с учетом фанеры. Напряжения на скалывание фанерных стенок лонже-

к-рому проверяют принятое для расчета сечение лонжерона. Для этой цели находят нормальные напряжения в полках лонжерона от изгиба $\sigma_{изг.}$, затем нормальные напряжения от осевой силы $\sigma_{сж.}$ и, суммируя их, получают $\sigma_{сумм.}$. Взяв по графику коэф. формы сечения лонжерона, находят допускаемое напряжение по ф-ле:

$$\sigma_{доп.} = 400 + (600 \Phi - 400) \frac{\sigma_{изг.}}{\sigma_{сумм.}}$$

Деля допускаемое напряжение на $\sigma_{сумм.}$, получают запас прочности в данном сечении. Проверка сечения фанеры на срез производится, как ранее было указано. В том случае, когда лонжероны крыльев не деревянные, а дюралюминиевые или же стальные, в указанном выше методе берутся напряжения, допускаемые для данного металла и для данной формы сечения. Форма сечения определяет допускаемое напряжение на продольное сжатие. Дать общие указания в этом случае очень трудно, поэтому обычно их находят из статических испытаний образца лонжерона данного пролета. Однако можно указать, что закрытое сечение дюралюминиевого лонжерона с толщиной стенки, не меньшей, чем $\delta \geq \frac{B}{30}$, где B — свободная ширина полки, имеет допускаемое напряжение 2 000—2 500 кг/см². Трубчатые сечения лонжеронов с отношением $\frac{D}{\delta} \geq 30 \div 35$ имеют до-



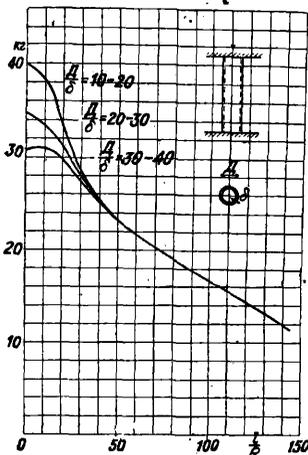
Фиг. 25.

пускаемое напряжение 2 700—3 000 кг/см² (фиг. 25 и 26). На фиг. 25 изображен график для расчета лонжерона из дюралюминиевых труб, на фиг. 26 — из стальных труб. Во всем остальном подбор сечения металлич. лонжерона остается одинаковым с таковым же для деревянного.

Элероны. Нормы дают для расчета элеронов ф-лу, определяющую среднюю разрушающую нагрузку:

$$P_{ср.} = 0,0525 v_{max}^2;$$

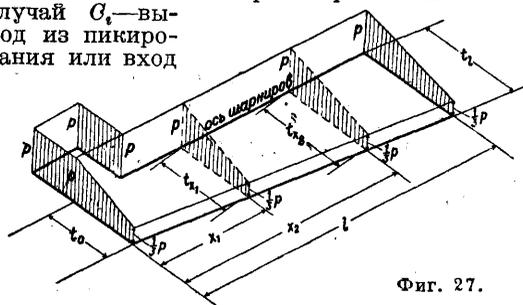
здесь v_{max} — максимальная горизонтальная скорость у земли для высотного мотора конечного на номинальной мощности. Максимальное значение $P_{ср.} \geq 125$ кг/м². Распределение нагрузки по размаху и по хорде элерона, а также по балансирующей части его берут по графику норм (фиг. 27). Среднюю расчетную нагрузку на элерон сравнивают с таковой же крыла в данном месте и, если она менее, то нагрузку на элерон берут по крылу. По эпюре нагрузки определяют нагрузку по нервюрам элерона, реакцию в опорах и моменты, изгибающий и крутя-



Фиг. 26.

щий, элерона, по к-рым и подбирают сечения лонжерона, нервюр и стрингеров элерона.

Хвостовое оперение. Горизонтальное хвостовое оперение рассчитывают на случай C_1 — выход из пикирования или вход

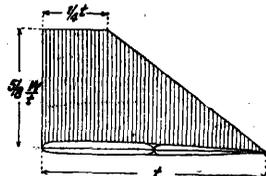


Фиг. 27.

в него. Статическая нагрузка в этом случае определяется по следующей формуле

$$P = k \cdot \frac{C_m'}{C_{xc} + C_{xв}} \cdot G \cdot \frac{t_{ср.}}{l},$$

где k — коэф. безопасности по нормам; l — расстояние от ц. т. до центра давления оперения; C_m' — коэф. момента всего самолета без хвостового оперения, определяемый из продувки модели или, в случае отсутствия ее, из случая C_k — крыльев. Распределение нагрузки по хорде берется по графику норм (фиг. 28). Нагрузка по размаху распределяется пропорционально хорде. На компенсаторах величина нагрузки одинакова с нагрузкой на шарнире. Нагрузка, определенная по приведенной выше ф-ле случая C_1 , проверяется еще на случай C_2 по следующей ф-ле



Фиг. 28.

$P = 2\epsilon \cdot C_h \cdot S_{ix} (1,4 \cdot v_{нос.})^2$,

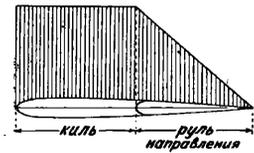
где ϵ — плотность воздуха берется равной $\frac{1}{8}$, S_{ix} — площадь горизонтального оперения, $v_{нос.}$ — посадочная скорость в м/сек, C_h — коэф. подъемной силы берется по нормам. Эту нагрузку оперение должно выдержать как сверху, так и снизу. Для расчета берется наибольшая из двух указанных случаев нагрузка. Как и при расчете элерона, строят эпюры нагрузки по нервюрам оперения, по ним определяют узловые нагрузки на лонжероны стабилизатора и руля высоты. По узловым нагрузкам находят изгибающие моменты для лонжеронов стабилизатора, а по ним подбирают сечения лонжеронов. Конструктивно получают обыкновенно сечения лонжеронов больше, чем по расчету, а напряжения в них — меньшие допускаемых. Это полезно делать потому, что стабилизатор получается более жесткий и стойкий против вибраций. Нервюры стабилизатора б. ч. берутся из конструктивных соображений и потому заведомо прочными. Если стабилизатор имеет расчалку или подкосы, то сечение их подбирается обычным порядком. Лонжерон руля высоты кроме момента изгибающего испытывает еще момент кручения из-за несовпадения центра нагрузки с осью его. Момент крутящий находит из эпюры нагрузок на нервюры. Сечение лонжерона руля высоты подбирают, исходя из этих двух моментов. В расчетах руля высоты самолетов большого тоннажа учитывают также влияние прогиба лон-

жеронов стабилизатора на изгиб лонжерона руля высоты. Для этой цели за лишнее неизвестное берут величину прогиба, составляют уравнение статич. неопределимости и находят уточненное значение момента, изгибающего лонжерон руля высоты, с учетом прогиба лонжеронов стабилизатора.

Вертикальное хвостовое оперение: случай K_{ex} . Статич. нагрузка вычисляется по ф-ле

$$P = 2 \rho \cdot C_h \cdot S_{ex} (1,4 v_{noc.})^2;$$

обозначения те же, что и у горизонтального оперения; S_{ex} —площадь вертикального оперения. Нагрузка распределяется по хорде согласно графику, приведенному на фиг. 29. Нагрузка по размаху распределяется пропорционально хорде. На компенсаторах нагрузка в каждой точке равна нагрузке по оси шарниров. Расчет ведется так же, как и в случае горизонтального оперения. Размеры сечения лонжеронов киля и руля направления в большинстве случаев задаются из конструктивных соображений и только поверяются на изгиб и кручение. Необходимо определять как для рулей высоты, так и для руля направления угол закручивания. По германским нормам прочности угол закручивания рулей и элеронов при половинной статической нагрузке не должен превышать амплитуду отклонения более, чем на 7,5%.



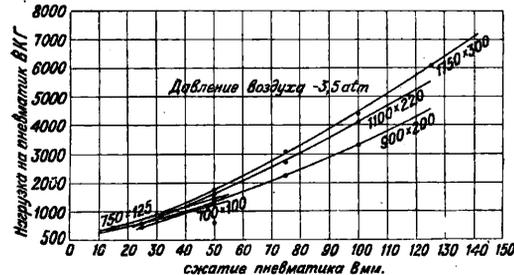
Фиг. 29.

Ша с с и. При расчете перегрузок шасси исходят из мощности амортизации его, вследствие чего сначала подбирают амортизацию. Согласно нормам амортизация шасси (включая и пневматики) должна при полном ходе оси уплотить работу A :

$$A = 0,0075 M v_{noc.}^2,$$

где M —масса самолета; $v_{noc.}$ —посадочная скорость в м/сек. При нормально предварительной затяжке амортизация должна начать работать при действии на нее усилий, больших, чем при стоянке. При замене пневматиков на лыжи амортизация остается одна и та же. Из центровки самолета берут вес самолета, приходящийся на колесо, а по нем определяют массу самолета, действующую на колесо при посадке. Вычисляют по массе самолета работу A , к-рая д. б. поглощена амортизацией шасси. Работа, поглощаемая пневматиком, берется или по статич. испытаниям пневматика или же по соответствующим сводным графикам, примером к-рых мо-

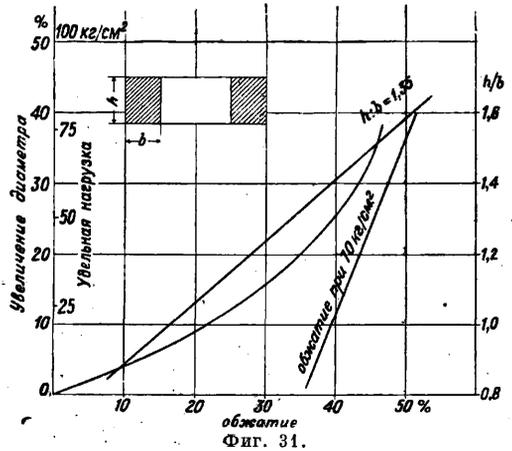
жет служить график колес Пальмера (фиг. 30). Эта работа вычитается из найденной ранее полной работы A , а остаток A_0 д. б. поглощен полностью амортизацией шасси. Предварительную



Фиг. 30.

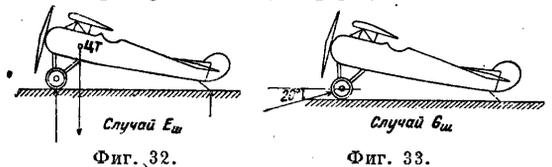
затяжку берут обычно равной 1,10 усилия по амортизации на стоянке. По предварительной затяжке определяют потребную площадь пластины резины, для чего берут удельное давление на резину $16-18 \text{ кг/см}^2$, учитывая износ таковой при эксплуатации. По графику отдельных нагрузок (фиг. 31) подбирают количество пластин

резины, необходимых для поглощения работы A_0 , причем принимают коэф. перегрузки при посадке обычно равным $n=5,0$. Необходимо учитывать коэф. формы резины, для чего надо каждый раз перестраивать график удельных нагрузок резины, если отношение $\frac{h}{\sigma} \neq 1,35$. Для этого пользуются наклонной кривой сжатия при 70 кг/см^2 при переменном $\frac{h}{\sigma}$. Расчет масляной амортизации более сложен и поэтому здесь не приводится. Когда амортизация шасси подобрана, ход оси колес определен, строят эшпору кинематики шасси при посадке и полном сжатии амортизации. Т. к. шасси представляет пространственную ферму, то ее можно



Фиг. 31.

решать графически и аналитически обычными методами на следующие случаи. Случай $E_{ш}$ —посадка на три точки. Перегрузка берется согласно подобранной амортизации, но не менее 5,0. Шасси проверяется на посадку и две точки (колесо и костыль), перегрузка при этом берется равной $\frac{n}{2}$ случая посадки на три точки. Ферма шасси решается со сжатой амортизацией (фиг. 32). Случай $G_{ш}$ —передний удар на оба колеса. Самолет находится в положении стоянки на земле. Сила удара проходит через ось колес шасси и направлена спереди и снизу под углом 20° к горизонту. Шасси также проверяется на передний удар на одно колесо в том же положении, перегрузка при этом берется равной половине случая $G_{ш}$ (фиг. 33). Случай $F_{ш}$ —боковой удар на оба колеса. Сила прикладывается к ободам колес. Перегрузка берется по ф-ле



Фиг. 32.

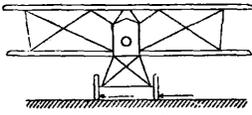
Фиг. 33.

решать графически и аналитически обычными методами на следующие случаи. Случай $E_{ш}$ —посадка на три точки. Перегрузка берется согласно подобранной амортизации, но не менее 5,0. Шасси проверяется на посадку и две точки (колесо и костыль), перегрузка при этом берется равной $\frac{n}{2}$ случая посадки на три точки. Ферма шасси решается со сжатой амортизацией (фиг. 32). Случай $G_{ш}$ —передний удар на оба колеса. Самолет находится в положении стоянки на земле. Сила удара проходит через ось колес шасси и направлена спереди и снизу под углом 20° к горизонту. Шасси также проверяется на передний удар на одно колесо в том же положении, перегрузка при этом берется равной половине случая $G_{ш}$ (фиг. 33). Случай $F_{ш}$ —боковой удар на оба колеса. Сила прикладывается к ободам колес. Перегрузка берется по ф-ле

$$n = \frac{v_{noc.}}{100},$$

причем v_{noc} в км/ч. Перегрузка менее 0,8 не бе-

рется. Шасси проверяется на случаи бокового удара на одно колесо, перегрузка берется равной $\frac{n}{2}$ (фиг. 34). Решив ферму шасси на все 6 случаев, находят усилия в стержнях шасси и моменты, изгибающие ось или полуоси шасси, и все это сводят в таблицу. В этой таблице определяют расчетные усилия, на которые подбирают сечение стержней шасси по графикам и по ф-лам Эйлера и Джонсона для продольного изгиба. В случае тормозного шасси при решении фермы шасси к оси прикладывают тормозной момент, вызывающий обычно изгибающие и скручивающие моменты в стержнях шасси. Т. к. методика расчета в этом случае сильно меняется с конструкцией и схемой шасси, то она здесь не приводится.

Случай $F_{ц}$.

Фиг. 34.

Фюзеляж рассчитывают на следующие случаи. Случай $E_{ф.м.у}$ — посадка на три точки. Нагрузка приложена к колесам шасси и к стойке и равна $P = n \cdot G$, где перегрузка n берется из случая $E_{ш.ш.}$ шасси. Случай $C_{ф.м.у}$ — случай пикирования. Нагрузку прикладывают к горизонтальному оперению и берут по нормам для горизонтального оперения. Рассчитывают только хвостовую часть фюзеляжа, принимаемого защемленным в месте крепления крыльев. Случай $H^3_{ф.м.у}$ — боковая нагрузка на хвостовую часть фюзеляжа. Берут нагрузку на вертикальное оперение на случай K_3 . Случай $A_{ф.м.у}$ — полет с вертикальным ускорением, соответствующим случаю A_k . Нагружают только переднюю часть фюзеляжа и моторную установку нагрузкой по ф-ле

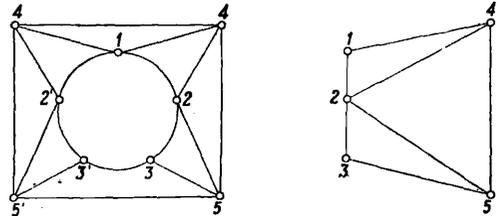
$$P = n_0 \cdot G_{нф},$$

где $G_{нф}$ — вес передней части самолета и мотора с моторной установкой и оборудованием, n_0 — коэффициент перегрузки по нормам. Случай $H_{ф.м.у}$ — боковая нагрузка на переднюю часть фюзеляжа и моторную установку. Нагрузка берется по ф-ле

$$P = n \cdot G_{нф},$$

где n — коэф. перегрузки по нормам для этого случая. Типы и конструкции моторных установок весьма разнообразны, поэтому здесь можно только указать общие приемы решения ферм, наиболее часто встречающихся. Прежде всего вычисляется нагрузка на моторную установку, для чего все грузы, опирающиеся пеликом или частью на моторную установку (мотор, винт, капот, моторная рама, патрубки выхлопа, стартер, трубопроводы и пр.), приводятся к равнодействующей силе с координированием этой силы по отношению к точкам опоры. Решение пространственной фермы моторной установки производят или графически или, что проще, аналитически. Обычно моторная установка имеет лишние стержни, вследствие чего необходимо решать ферму как статически неопределимую систему (фиг. 35). В указанном примере моторной установки для мотора воздушного охлаждения за лишний стержень обычно берется стержень 3—5, как мало нагруженный и отсутствие к-рого не влечет нарушения геометрии. устойчивости моторной установки. Приложив нагрузку, как выше было указано, и найдя реакции опор, решают узел 4, затем узел 5 без лишнего стержня 3—5. Затем задаются силой $e \pm 1000$ кг и, подставив ее вмес-

то лишнего стержня, решают способом статич. неопределимости. Расчетные усилия необходимо определять с учетом разгрузки от лишнего стержня с коэф-том 0,75 и при догрузке с коэффициентом 1,25. По полученным расчетным усилиям подбор сечения стержней производят по нормалам и графикам, как обычно. При этом коэф. заделки стержней сваркой моторной установки берут для большей жесткости против вибрации равным $C = 1,0$. Решения других моторных установок м. б. сложнее или проще в зависимости от количества стержней и комбинации их, но ход расчета остается тот же. Хвостовая часть фюзеляжа в случае сварной и клепаной стержневой конструкции рассчитывается обычно при симметричных нагрузках весьма просто графич. или аналитич. методом. Из центровки самолета находят распределение весов по узлам фермы, учитываемое так же, как разгружающие грузы при определении усилия в



Фиг. 35.

стержнях фермы. В случае $H^3_{ф.м.у}$ обычно приходится решать статич. неопределимость, связанную с распределением крутящего момента между горизонтальными и вертикальными панелями фермы фюзеляжа. Крутящий момент распределяется при помощи ряда поперечных рам или расчленившихся поперечных панелей фюзеляжа. Т. к. благодаря этому получается многократная статич. неопределимость, усложняющая расчет, то ограничиваются обычно одной поперечной рамой, ближайшей к хвосту самолета. Решения статич. неопределимости производят общепринятым методом; расчетные усилия определяют по предыдущему с коэф-тами 0,75 и 1,25. Подбор сечений стержней, расчалок и лент производят по соответствующим нормалам и графикам. Обычно для сварных фюзеляжей коэф. заделки стержней лонжеронов принимают равным $C = 2,0$, в то время как для стоек, поперечин и раскосов $C = 1,0$. В случае фюзеляжа типа монокок или рамчатого фюзеляжа, обшитого фанерой или листовым металлом, фюзеляж рассматривают как полую балку, причем сечение ее проверяют по моментным кривым, эпюры к-рых строят на все случаи. Обычно в деревянных конструкциях полагают, что обшивка не несет, но сохраняет геометрию неизменяемой, вследствие чего набор, т. е. лонжероны и стрингеры, принимают во внимание только при подсчете модуля сопротивления сечения. Если же вводят обшивку, то берут только $\frac{1}{3} - \frac{1}{2}$ толщины ее; в случае металл. покрытия сечение считается полностью. Благодаря большим размерам сечения и невозможности по конструктивным соображениям взять очень тонкую обшивку, фюзеляж-монокок получают с повышенной прочностью — до 100% и более. Обшивку проверяют на скалывание при кручении и на устойчивость панели, ограниченной рамками и стрингерами; последние производят чаще подбором в статич. испытаниях. Среднюю часть фюзеляжа проверяют

на те силы, к-рые подходят к ней от прилегающих частей самолета (крылья, шасси, передняя часть фюзеляжа и моторная установка и хвостовая часть фюзеляжа). Из деталей самолета необходимо упомянуть об управлении самолета, креплении баков, сидениях, креплении радиаторов и пулеметов и местных нагрузках от людей. По всем этим вопросам в нормах содержится исчерпывающие указания, а самый расчет их обычно не встречает затруднений и производится общепринятыми методами строительной механики и сопротвления материалов.

Параллельно с разработкой предварительного проекта разрабатываются конструктивные чертежи, особенно тех частей самолета, к-рые д. б. подвергнуты статич. испытаниям. Статич. испытания преследуют две цели: 1) дать конструктору поверку его расчетных и иных предположений о прочности данной детали или части и 2) дать формальный и по существу материал для суждения о прочности данной детали, части и всего самолета и их соответствия с нормами. С этой точки зрения статич. испытания являются большим формальным моментом, поэтому во всех странах они проводятся по программе и под контролем соответствующих государственных организаций. По мере изготовления конструктивных чертежей начинается постройка самолета. Необходимо отметить, что ее ведут везде полукустарным способом, т. к. изготовление б. или м. серьезных приспособлений, штампов, кондукторов нерентабельно и кроме того связано с потерей времени. Поэтому вся работа ведется по разметке, по временным шаблонам, во временных же приспособлениях. Это связано с излишними расходами и с необходимостью повышенной квалификации рабочей силы. В силу этого в Англии напр. опытный самолет малого тоннажа строят обычно деревянным и затем в случае приемки на снабжение его уже делают металлич. конструкции (Fairgyle истребитель «Fairgyle» 1929 г.). Постройка опытного самолета в среднем обходится в 2,5—3 раза дороже, чем постройка серийного самолета, и продолжается для самолета малого тоннажа в среднем 3—4 мес., более же крупные самолеты строятся соответственно дольше. По окончании постройки опытный самолет подвергают летным и статич. испытаниям. Последние состоят прежде всего во взвешивании самолета пустого и с нагрузками и определении положения ц. т., осмотре и пробе мотора на земле. После этого начинают сначала контрольные полеты, имеющие целью ознакомление с самолетом, выявление и устранение его опасных недочетов или эксплуатационных дефектов, а также нащупывание режима наилучшей скороподъемности и скорости. Когда пилот овладел самолетом, начинаются и змерительные полеты с обычной нагрузкой и перегрузками. Измеряют не только обычные летные качества самолета, но по возможности также маневренность, для чего за границей пользуются кинематографией. съемкой с другого самолета. Испытания оканчивают устройством фигурных полетов для самолетов соответствующего класса, после чего, если самолет удачен, он идет на официальные летные испытания в соответствующие государственные организации. Иногда для сокращения времени заводские летные испытания совмещают с государственными. По окончании последний опытный самолет переходит в серийное производство.

Рациональный подбор авиаматериалов и их данные. Вопрос веса играет существенную роль в С., т. к. он непосредственно связан с увеличением полезной отдачи самолетов, в виде увеличения платной нагрузки на пассажирских и транспортных самолетах или в виде увеличения боевой нагрузки (бомб, вооружения, патронов и т. д.) у боевых самолетов. Поэтому рациональный выбор материала для данного самолета имеет огромное значение. Так, по данным А. Гасснера понижение веса конструкции самолета на 10% повышает платную нагрузку на 13,5%, не повышая полетного веса самолета. Указанный выбор материала производят для деталей, не находящихся в потоке воздуха, по удельной прочности, к-рая в случае растяжения, сжатия и сдвига выражается отношением соответствующего коэф-та прочности к уд. в. материала: $\varphi = \frac{k}{\gamma}$; для изгиба $\varphi = \frac{k^2/s}{\gamma}$, а для продольного изгиба $\varphi = \sqrt{\frac{E}{\gamma}}$, где E —модуль упругости материала. Для деталей самолета, обтекаемых потоком воздуха (стойки, коробки крыльев, подкосы, шасси, ленты-расчалки и пр.), необходимо учитывать их аэродинамические качества, причем критерием является авиационный вес детали

$$q = q_0 + e \cdot \frac{C_x \cdot S \cdot v^2}{75 \eta \cdot N}$$

где q_0 —вес данной детали; e —плотность воздуха у земли при стандартных условиях ($e = 1/8$); C_x —коэф. лобового сопротивления детали; S —площадь детали в m^2 ; v —скорость самолета в $m/сек$; η —кпд винта при принятой скорости полета v ; N —мощность моторов самолета в HP и G —полетный вес самолета. Для деталей, обтекаемых потоком и имеющих кроме того подъемную силу (обтекатель, ось шасси и пр.), в авиационный вес вводится еще один член:

$$q = q_0 + e \cdot \frac{C_y \cdot S \cdot v^2 \cdot G}{75 \eta \cdot N} - e \cdot C_y \cdot S_0 \cdot v^2$$

где C_y —коэф. подъемной силы и S_0 —несущая площадь данной детали. Удельная прочность авиаматериалов, применяемых в СССР, приведена в табл. 3.

Наряду с приведенными ниже факторами при выборе авиаматериала необходимо учитывать еще легкость обработки, доступность и надежность источников снабжения и надежную работу авиаматериала в эксплуатации. В С. в настоящее время применяются самые разнообразные материалы с целью наиболее рациональным подбором сорта и размера авиаматериала добиться наименьшего веса конструкции. Приводим главные из них.

Дерево. В первые годы авиации дерево употреблялось на все главные конструктивные части за исключением узлов и расчалок. В настоящее время дерево из-за неоднородности строения его, способности поглощать и испарять влагу, возможности загнивания при эксплуатации, ограниченности источников получения и истощения их, а также вследствие появления новых более выгодных, чем дерево, материалов, постепенно уступает свое место металлу. В СССР в С. применяются в данный момент сосну, ель, дуб и ясень, из к-рых первые две породы идут на детали самолетов, а вторые—на изготовление винтов и лыж (см. Авиационный лес, Воздушный винт, Лыжи). Нормальным для авиационной древесины в брусках коэф-том влажности считается 8—13%.

Табл. 3.—Удельная прочность авиаматериалов, применяемых в СССР.

Материал	Название	Растяжение	Изгиб	Сжатие	Сдвиг	Продольный изгиб	Кручение
Сталь	Сталь М (отожженная)	510	32,1	510	3,83	183	26,5
	Сталь С (нормализованная)	637	37,2	637	5,22	183	32,6
	Сталь ГС (нормализованная)	700	39,8	700	5,22	183	32,6
	Сталь ГПТ (закал. и отпущ.)	829	44,4	829	6,25	183	36,8
	Сталь ХН (закал. и отпущ.)	1 020	51,0	1 020	—	181	—
	Сталь Х4Н (закал. и отпущ.)	1 400	62,9	1 400	—	181	—
	Сталь хромомолибденовая (закал. и отпущ.)	1 783	74,0	1 783	—	—	—
	Дуралюминий листовой	1 333	85,2	1 333	7,72	292	—
Цветные металлы	Дуралюминиевые трубы	1 333	85,2	1 333	7,72	292	—
	Авиаль (закаленный)	629	52,7	629	—	299	—
	Электрон (германск. штамп. и термич. обработанный)	1 890	126	—	8,9	368	—
Дерево	Сосна	1 400	141	900	240	633	—
	Ясень	1 000	112	645	100	453	—
	Авиафанера	875	—	—	150	—	—
		438	—	—	—	—	—

Коэф. крепости на сжатие приводится при приемке к стандартной влажности в 15%, принятой в СССР по ф-ле (в кг/см^2):

$$D_{15} = \frac{P_{max}}{a \cdot b} [1 + 0,05(k - 15)];$$

P_{max} — максимальная нагрузка в кг , a и b — поперечные размеры образца, k — влажность в %. Характеристика авиационной древесины приведена в табл. 4.

Табл. 4.—Характеристика авиационной древесины.

Название породы	Уд. вес	Растяжение, кг/см^2	Изгиб, кг/см^2	Сжатие, кг/см^2	Сдвиг*, кг/см^2	Смятие*, кг/см^2	Модуль упругости при растяжении, кг/см^2
Сосна	0,53	700	600	400	120	400	10 ⁶
Ясень	0,7	700	700	450	50	30	10 ⁶
					170	450	
Спрус	0,39	700	650	350	70	80	10 ⁶
					—	350	
Орех	0,56	800	800	490	50	50	1,05 · 10 ⁶
Красное дерево	0,52	700	700	450	—	490	1,06 · 10 ⁶

* Числитель дроби обозначает временное сопротивление вдоль волокон, знаменатель — поперек волокон.

Авиафанеру в СССР клеят из березового первосортного шпона, за границей же — из красного дерева, тика и спруса, но в последнем случае только двуслойной. В зависимости от качества древесины и наличия дефектов производственного характера различают авиафанеру двух сортов: «прима» и сорт «А». Авиафанеру клеят равнослойной и неравнослойной с отношением толщин слоев 1:1,5:1. Склепку производят водоупорным клеем. Размеры нормальных листов авиафанеры от 1500 × 1500 мм до 1200 × 1000 мм и маломерных ли-

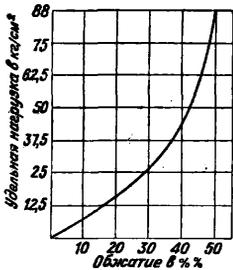
стов от 900 × 800 мм до 900 × 1200 мм. Толщина равнослойной фанеры берется 1—10 мм, неравнослойной 3—6 мм. Для толщин до 6 мм фанеру клеят из трех слоев, а выше — из пяти. Влажность авиафанеры д. б. не менее 8% и не более 15%. При приемке фанеру отбраковывают по наружному виду, причем в Германии для просмотра внутреннего слоя применяется метод «просвечивания» фанеры при помощи 2000-свечной лампы. Фанера до 3 мм просвечивается достаточно удовлетворительно с выявлением всех имеющихся дефектов внутрен. слоя. Отобранные образцы фанеры обычно от 3% листов, испытываются на влажность, на разрыв, на скальвание по клею и на водоупорность клея. Шпон авиафанеры не должен иметь стыков,

трещин, неравномерностей по толщине, свилеватости слоя, синевы, выпадающих сучков, следов гнили. Сама авиафанера не должна иметь забойн, замытин снаружи, отдулин, трещин и морщин. Характеристика березовой авиафанеры, применяемой в СССР, следующая. Уд. вес 0,8; прочность на растяжение (в кг/см^2): вдоль волокон — 700, поперек волокон — 350, под углом 45° — 175; модуль упругости при растяжении (в кг/см^2): вдоль волокон — $1,10 \cdot 10^6$, поперек волокон — $0,50 \cdot 10^6$, под углом 45° — $0,18 \cdot 10^6$. В С. в настоящее время почти исключительно применяется казеиновый клей. Его приготавливают из казеина (см.), негашеной извести, силиката, соды и машинного минерального масла по соответствующим рецептам; выпускают с з-да в виде порошка и замешивают с соответствующим количеством воды. Казеиновый клей обычно годен в работу в течение 4—6 ч. после изготовления, после чего замешивается новая порция его. Столярный желатиновый клей употребляется при изготовлении джек и иногда при склейке винтов. Он д. б. изготовлен из хорошего качества кожаных остатков и костей. Помимо химич. анализа ингредиентов казеинового и желатинового клея при приемке производят еще и механич. испытание склейки клеями как в сухом состоянии, так и после вымачивания в воде, т. е. в проверке клея на водоупорность. Коэф. скальвания в сухом состоянии одинаков для казеинового и желатинового клея и д. б. не ниже 100 кг/см^2 , коэф. же скальвания для казеинового клея после 48-часового вымачивания в воде не д. б. ниже 58 кг/см^2 . Резина применяется для амортизации шпуров в виде пластин круглого, овального или обтекаемого сечения. Амортизационный шнур применяется четырех размеров диам. 10, 13, 16 и 18 мм. Приемка шнура состоит в наружном осмотре и обмере, отборе образцов и испытании таковых на прочность отдельной резиновой нити и

на прочность готового шнура. За границей в целях установления года изготовления шнура внеурочная оплетка делается цветная в зависимости от года, например 1930 г.—красная, 1931 г.—голубая, 1932 г.—белая, 1933 г.—зеленая и т. д. Данные амортизационного шнура приведены ниже.

Диаметр шнура в мм.	10	13	16	18
Миним. разрывная нагрузка при 100%-ном удлинении в кг	25	55	85	140
Максим. разрывная нагрузка при 100%-ном удлинении в кг	40	80	120	180

Пластинчатую резину стали применять для амортизации шасси в последнее десятилетие. Ее амортизирующая способность зависит от состава и от степени вулканизации. Кроме этого многочисленными опытами за границей и в СССР установлено, что форма и геометрические соотношения пластины резины играют также роль при амортизации. Пластинчатая резина должна выдерживать весьма длительные нагрузки в 16—17,5 кг/см², которые обычно бывают на стоянке у самолета, и эпизодич. нагрузки до 120—



Фиг. 36.

130 кг/см², бывающие при посадках, без растрескивания, растрекания и других вредных признаков. Кроме того эта резина не должна слишком сильно реагировать на попадающие на нее брызги масла и бензина во время эксплуатации. Сортамент резины крайне разнообразен, начиная от круглых колец и кончая овальными пластинами или обтекаемого сечения. Английские сорта резины имеют удельную нагрузку, изображенную на диаграмме фиг. 36.

Алюминий и особенно его сплавы—дуралюминий, авиаль и электрон—приобретают все большее значение между основными авиаматериалами. Они употребляются в листах, трубах и профилях. Коэф-ты крепости алюминия и его сплавов в С. берутся согласно табл. 5.

Табл. 5.—Данные механических испытаний сплавов алюминия*1.

Характеристики	Дуралюминий		Авиаль	Электрон *2
	листы	трубы		
Растяжение	3 800	3 800	1 200	3 400
Сжатие	3 800	3 800	1 200	1 500
Изгиб	3 800	3 800	1 200	3 400
Среза	2 200	2 200	—	1 600
Смятие	5 200	5 200	—	—
Модуль упругости E	0,69·10 ⁶	0,69·10 ⁶	0,63·10 ⁶	0,44·10 ⁶
Модуль упругости G	0,27·10 ⁶	0,27·10 ⁶	—	—
Уд. вес	2,85	2,85	2,70	1,80
Предел пропорциональности				
1) растяжение	1 700	—	500	2 000
2) сжатие	2 700	—	—	—

*1 Коэф-ты прочности даны в кг/см². *2 Прессованный и термически обработанный.

Алюминиевые сплавы обладают свойством корродировать. Для предохранения от коррозии (см.) в авиации применяют следующие меры: а) п л а т и р о в к а дуралюминия, или накатка на поверхность дуралюминия тончай-

шей пленки чистого алюминия; б) к а д м и р о в а н и е дуралюминия, т. е. электролитич. присадка тонкого слоя кадмия; в) а н о д и р о в а н и е, или покрытие поверхности дуралюминия электролитическими окислами алюминия; г) покрытие поверхности дуралюминия специальными лаками и красками, из к-рых для гидросамолетов наиболее употребительно так называемое «битмо».

Для покрытия крыльев, для обтяжки фюзеляжа, оперения применяется, особенно в самолетах среднего и малого тоннажа, как чистое льняное полотно, так и бумажное—перкаль. Данные авиационного полотна и перкаля приводятся в табл. 6.

Табл. 6.—Характеристика авиационного полотна и перкаля.

С о р т	Вес 1 м ² в г	*1	*2	*3
Полотно льняное	165—190	1 500	1 500	≤10%
Перкаль	130—140	1 200	1 200	—

*1 Разрывающие усилия в кг/т. м по утку. *2 То же по основе. *3 Удлинение при разрыве.

Полотняное покрытие пропитывается и покрывается для защиты от атмосферных влияний специальными аэролаками (см.), из к-рых аэролак первого покрытия только пропитывает полотно, а аэролак второго покрытия дают полотну натяжку и защитную глянцевику поверхность. Прочность полотна после покрытия его аэролаками обычно возрастает, доходя до 40—50%.

Главнейшими полуфабрикатами в С. являются трубы стальные и цветных металлов. Трубы стальные употребляются как углеродистые, так и хромомолибденовые и хромоникелевые (табл. 7).

Табл. 7.—Характеристика стальных труб.

Коэф. прочности, кг/см ²	Углеродистые		Специальные	Хромомолибденовые
	мягкие	твердые		
На растяжение	4 000	6 000	12 000	7 000*
» сжатие	4 000	6 000	12 000	7 000
» изгиб	4 000	6 000	12 000	7 000
Модуль упру- G	2·10 ⁶	2,1·10 ⁶	2,2·10 ⁶	2,2·10 ⁶
гости	0,77·10 ⁶	0,60·10 ⁶	0,85·10 ⁶	0,85·10 ⁶
Предел пропорциональности				
1) растяжение	2 600	3 900	7 800	—
2) сжатие	2 600	3 900	7 800	—

* Незаклещенные.

Ленты-расчалки изготовляют из стали СПТ или ГПТ; их различают по номерам или диаметрам наружной части. Разрывающее усилие их (в кг) в зависимости от № таково:

№	кг	№	кг	№	кг
3	260	7	1 820	11	4 600
4	480	8	2 300	12	5 300
5	800	9	3 100	14	7 300
6	1 230	10	3 650	16	10 100

Тросы в С. употребляются для проводки к органам управления. Они изготовляются из холодногнатутой термически обработанной проволоки. Применяются тросы простого плетения и двойного. Разрывающие усилия в трос-

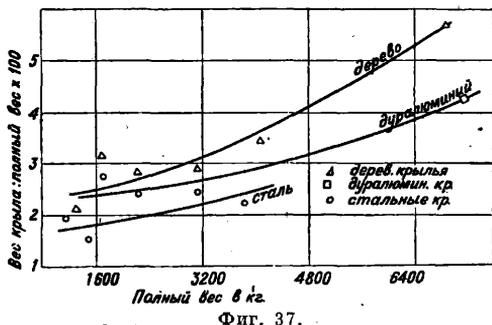
Табл. 8. — Разрывающие усилия в тросах (в кг).

Диаметр, мм	Трос простого плетения	Трос двойного плетения	Диаметр, мм	Трос простого плетения	Трос двойного плетения
1,50	190	—	4,00	1 275	1 050
2,00	350	265	5,00	2 000	1 550
2,50	515	415	6,00	2 800	2 300
3,00	730	615	7,00	4 000	3 300
3,60	1 000	775			

сах должны быть не ниже значений, приведенных в табл. 8.

Н. Поликарпов.

Стальное С. Сталь применяется в С. с самого его возникновения, однако первоначально распространение ее было невелико, т. к. стальные конструкции не могли конкурировать с деревянными по легкости вследствие сравнительно низких механич. качеств стали. Впоследствии



практич. опыт новейшего стального С. на основе последних достижений металлургии показал, что при прочих равных условиях стальные конструкции основных деталей самолета при применении высококачественных сталей м. б. получены более легкими по весу, чем деревянные или дуралюминиевые конструкции. Это обстоятельство наряду с основными свойствами стали — противокоррозийной стойкостью и устойчивостью в смысле утомляемости, — обеспечило в настоящее время повсеместное распространение стального С. Составленная по англ. данным диаграмма (фиг. 37) иллюстрирует зависимость веса крыла от материала его

конструкций для самолетов с полетным весом 900—9000 кг. Если преимущества дуралюминиевой конструкции крыла перед деревянной становятся очевидными только для сравнительно крупных самолетов, то относительная легкость стального крыла сохраняется почти одинаково как для легких, так и для тяжелых машин. Необходимо отметить в области стального С. существование двух принципиально различных течений. Одно течение, представителями которого являются америк. конструкции, допускает широкое применение сварных конструкций из хромомолибденовых труб с последующей термич. обработкой сваренных деталей. Другое течение (Англия) указывает на ненадежность автогенной сварки и трудности избежания коробления сваренных деталей при последующей термич. обработке. Это течение ре-

комендует конструкции из листовой (ленточной) стали, клепанные пустотелыми заклепками или соединенные по способу закатанных швов. В случае применения труб последние не свариваются, но в заранее термически обработанном виде соединяются механическими способами. Трудностей, связанных с обработкой закаленной ленточной стали, в последнее время пытаются избежать путем замены склепывания пустотелыми заклепками применением точечной электрич. сварки по методу сопротивления (см. *Сварка*). Последний способ в случае конструкции из открытых профилей дает ряд производственных преимуществ, не уступая в надежности перед другими способами соединений. Кроме того конструкция м. б. получена более легкой, т. к. исключается вес заклепок. Вследствие относительной новизны точечная электросварка деталей самолета не успела еще получить сколько-нибудь значительного распространения. К началу 1932 г. известны всего два образца стальных самолетов, в конструкции которых широко применена точечная электросварка: самолет-амфибия Савойя-Маркетти S-31, построенный Американской авиационной корпорацией в начале 1932 г. и советский самолет Сталь-2 конструкции Научного ин-та гражданского воздушного флота.

Типы применяемых сталей и их свойства. Материалом для конструкций из ленточной (листовой) стали служат хромоникелевые стали, характеризующиеся значительным содержанием хрома и относительно меньшим — никеля. Ряд этих сталей относится к типу нержавеющей сталей. Ленточная сталь получается путем горячей прокатки до толщины 2 мм и дальнейшей холодной прокатки до толщины порядка 0,5—0,1 мм; ширина стальной ленты 200—150 мм. Наиболее типичными являются стали, состав и свойства которых приведены в табл. 9.

Табл. 9. — Состав (в %) и механические свойства нержавеющей сталей (холоднокатаных).

Марка стали	C	Si	Cr	Ni	Mn	*1	*2
Крупн V 2A—13 . .	0,11	0,66	18,35	8,96	0,35	140—150	3—5
Крупн V 2A—11 . .	0,13	0,65	18,2	10,06	0,40	140—150	3—5
Англ. сталь	0,16—0,22	0,5	2,5—14,0	1,0	—	140—150	3—7
» »	0,19	0,41	12,9	0,22	0,27	150	—
» »	0,14	0,36	16,2	10,0	—	нормализир.	—
Советск. «Энерж 6»	0,29—0,33	0,35	18,0	7,34	0,70	92 150—170	28,5 3,10

*1 Временное сопротивление на разрыв в кг/мм².

*2 Удлинение в %.

Высокие механич. свойства этих сталей зависят от холодной прокатки, причем играет большую роль степень обжатия — с какой исходной толщины начата холодная прокатка и до какой конечной толщины она ведется. Большое обжатие обуславливает получение стали с большим временным сопротивлением на разрыв, но с соответственно меньшим удлинением. Так, крупшовская сталь V 2A при обжатии в 25—40% получает временное сопротивление 100—120 кг/мм² и удлинение 18—20%. Та же сталь при обжатии в 60—75% имеет соответственно 140—150 кг/мм² и удлинение 3—5%. Горячекатаная сталь V 2A имеет временное сопротивление на разрыв 58—62 кг/мм² при удлинении 57—70%. Советская сталь «Энерж 6» при среднем обжатии порядка 20—40% получает временное сопротивление в пределах 108—

166 кг/мм² и удлинение в пределах 9—30%. Приведенные в табл. 9 механич. свойства стали «Энерж 6» получены при обжатии порядка 50—60%. Состав и свойства хромомолибденовых сталей, обычно применяемых в виде цельнотянутых труб и режме в качестве листового материала, приведены в табл. 10. Последняя

Табл. 10.—Состав и свойства хромомолибденовых сталей.

Марка стали	C	Si	Mn	Cr	Mo	P		S		Врем. сопротив. в кг/мм ²	Удлинение в %
						Максимум					
Англ. сталь	0,25—0,40	0,40	0,40—0,70	0,90—1,20	0,15—0,30	0,035	0,035	80—96	10—14		
»	0,40—0,55	0,40	0,40—0,60	0,90—1,20	0,15—0,30	0,035	0,035	130—145	7—10		
4130X	0,25—0,35	—	0,45—0,60	0,80—1,10	0,15—0,25	0,040	0,045	105—140	7—10		
1010X	0,05—0,15	—	0,30—0,60	—	—	0,045	0,050	—	—		

сталь марки 1010X, не содержащая хрома и молибдена, часто применяется в америк. конструкциях гражданских самолетов для сварных фюзеляжей. Сталь марки 4130X является стандартом американского воздушного флота для тонкостенных цельнотянутых труб. После нормализации эта сталь приобретает временное сопротивление на разрыв 66 кг/мм² при удлинении 12%. После сварки части трубы, находящиеся у места сварки, имеют прочность 56 кг/мм². Закалка в масле с последующим отпуском придает той же стали прочность до 140 кг/мм² при удлинении 7—8%. Хромомолибденовые стали в виде листового материала применяются для различных накладок, косяков и пр.

Расчет стальных авиационных конструкций. Трудность расчета авиационных стальных конструкций заключается в том, что вследствие незначительной толщины стенок профиля разрушение при продольном сжатии происходит б. ч. в результате местного выпучивания материала. Для расчета устойчивости тонкостенного цилиндра при продольном сжатии теоретич. ф-ла имеет вид:

$$P = \frac{E}{\sqrt{3}} \cdot \frac{t}{R} \cdot \sqrt{\frac{m^2}{m^2 - 1}}, \quad (1)$$

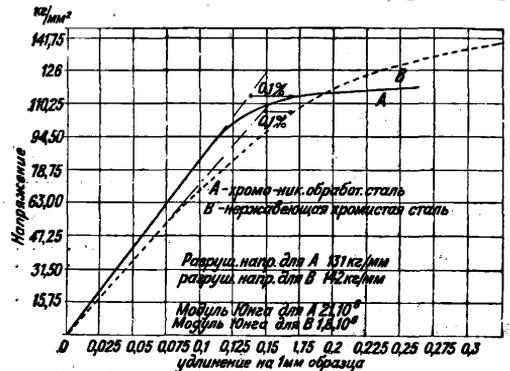
где P—напряжение сжатия (критическое), E—модуль упругости, R—радиус средней линии, t—толщина стенки, $\frac{1}{m}$ —коэф. Пуассона (<1). Эта ф-ла выведена аналитически в предположении идеально правильного цилиндра, и при практич. проверке оказалось, что действительное напряжение составляет 40—60% от теоретического, причем разрушение происходит сейчас же после наступления критич. напряжения и появления первых волн. Тонкостенная пластинка, нагруженная сжимающими силами, может выдерживать напряжение

$$P = \frac{E\pi^2}{3} \left(\frac{t}{b}\right)^2 \cdot \frac{m^2}{m^2 - 1}, \quad (2)$$

где t и b—соответственно толщина и длина пластинки. Продольная гофрировка тонкостенной пластинки значительно увеличивает длину волн, по к-рым пластинка выпучивается при критич. нагрузке, вследствие чего полное разрушение происходит уже после появления первых волн, когда нагрузка превышает теоретическую критич. нагрузку. При этом легкие местные выпуклости и другие отклонения от теоретич. идеальной формы, неизбежные в производстве, не имеют здесь такого решающего влияния на прочность. Опыты, произведенные с гофрированными цилиндрами, показывают, что при значении $\frac{t}{R}$ в ф-ле (1), при к-ром кри-

тич. напряжение сжатия P меньше или немного больше предела пропорциональности, в случае гладких цилиндров получаются меньшие напряжения; действительные результаты с большим постоянством показывают, что практич. напряжение в случае гофрированных цилиндров равно 70% теоретич. величины. При

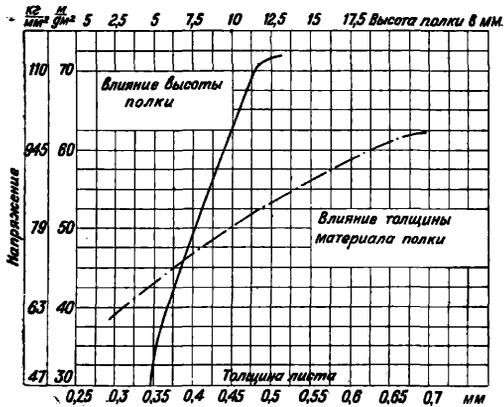
больших значениях $\frac{t}{R}$, которые дают критич. напряжение больше, чем предел пропорциональности, действительное критич. напряжение будет гораздо менее теоретического. В виду того что максимальная прочность стали—мало показательная величина и что, с другой стороны, предел пропорциональности трудно определить в заводских условиях, англ. конструкторы для расчетов и для характеристики материала ввели новое понятие—«безопасное напряжение», понимая под этим термином такое напряжение, при к-ром относительное остаточное удлинение образца равно определенной зависящей от рода материала величине (для стали чаще всего 0,1%). При проектировании это напряжение принимается в качестве расчетного, т. к. было установлено, что в виду незначительности деформации работа заклепочных соединений не нарушается, и сталь легко выдерживает повторные нагрузки. На фиг. 38 гра-



Фиг. 38.

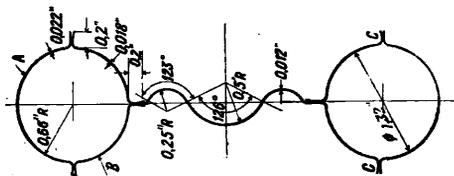
фически приведены результаты испытаний листовой нержавеющей стали (кривая B) и обычной хромоникелевой стали, идущей на лонжероны (кривая A). Из диаграммы можно видеть, что несмотря на разницу в форме кривых и на большое различие временного сопротивления обеих сталей тем не менее обе стали имеют практически одинаковое безопасное напряжение. Это еще раз подтверждает, что временное сопротивление не характеризует материал достаточно полно. На отношении разрушающего напряжения к безопасному напряжению в сильной степени влияет устойчивость профиля лонжерона, характеризующаяся коэф. и ц и е н т о м у с т о й ч и в о с т и, представляющим разрушающее напряжение при условии постоянства E и полной упругости материала. Этот коэф., определяемый специальными методами,

для конструкций Армстронга обычно превышает 160 кг/мм² и в этом случае действительная прочность лонжерона будет больше безо-



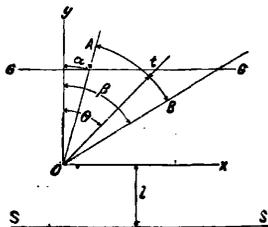
Фиг. 39.

пасного напряжения, принятого равным 100 кг/мм². Трудность математич. трактовки проблемы устойчивости заключается в большом разнообразии применяемых форм поперечных сечений. Поэтому при практич. расчетах приходится базироваться на систематически про-

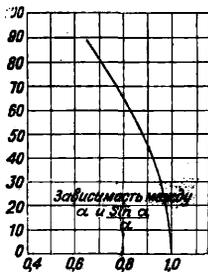


Фиг. 40.

водимых статич. испытаниях, на основе к-рых можно вывести эмпирич. формулу, охватывающую определенное семейство профилей. В таких ф-лах доминирующее влияние должно принадлежать моменту инерции сечения. Кривые, из к-рых составлен контур профиля, должны иметь отношение радиуса кривизны к толщине материала, соответствующее тем напряжениям, к-рые в данном месте профиля возникают. Нужно по возможности избегать плоских частей, а если они необходимы по условиям конструкций, то отношение ширины площадки к толщине материала не должно превы-



Фиг. 41.



Фиг. 42.

шать 20. В расчетную ф-лу д. б. введен член, учитывающий число и положение искривлений. На диаграмме, изображенной на фиг. 39, даны результаты испытаний на влияние толщины материала и высоты полки лонжерона. Как видно, влияние высоты полки на разрушающее напряжение сказывается очень резко. Изображенный на фиг. 40 лонжерон имеет следующие размерности: $J = 50 \text{ см}^4$; $W = 7,9 \text{ см}^3$;

$F = 2,19 \text{ см}^2$. Максимальный изгибающий момент при этом равен 80 000 кг см. В этом случае секция А д. б. рассчитана на напряжение 102 кг/мм², а секция В—63 кг/мм², следовательно толщина последней м. б. значительно уменьшена. Вычисление моментов инерции тонкостенных сечений представляет ряд трудностей. Поллардом предложен следующий метод определения J для дуги окружности АВ (фиг. 41) относительно оси SS. Если t —толщина дуги, то искомый момент инерции по Полларду определяется

$$\frac{J_{SS}}{t} = r \left[\left(l^2 + \frac{r^2}{2} (\beta - \alpha) + 2lr \cdot \sin(\beta - \alpha) + \frac{r^2}{4} (\sin 2\beta - \sin 2\alpha) \right) \right]. \quad (3)$$

В частном случае при $\alpha = 0$ и $l = 0$ имеем

$$\frac{J_x}{t} = r^2 \left(\beta + \frac{\sin 2\beta}{2} \right). \quad (4)$$

Высота ц. т. над осью SS равна

$$y = \frac{l(\beta - \alpha) + r(\sin \beta - \sin \alpha)}{\beta - \alpha} \quad (5)$$

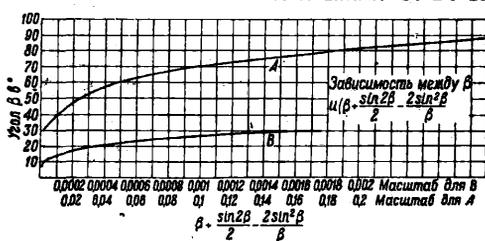
и в частном случае при $\alpha = 0$ и $l = 0$

$$y_0 = \frac{r \cdot \sin \beta}{\beta}. \quad (6)$$

Это ур-ие графически представлено на диаграмме фиг. 42. По ф-лам (6) и (4) можно вычислить момент инерции относительно оси GG, проходящей через ц. т. дуги АВ (фиг. 41).

$$J_{GG} = \frac{r^2}{2} \left(\beta + \frac{\sin 2\beta}{2} - \frac{2 \sin^2 \beta}{\beta} \right). \quad (7)$$

На фиг. 43 дан график изменения выражения в скобках в зависимости от β . Для значений $\beta > 30^\circ$ служит кривая А и нижний масштаб абсцисс; при $\beta < 30^\circ$ следует пользоваться кривой В с верхним масштаб абсцисс, в сто раз меньшим нижнего масштаба. Инж. С. Г. Коз-



Фиг. 43.

ловым разработан иной метод определения моментов инерции тонкостенных сечений, основанный на интегрировании по длине дуги, т. е. за независимую переменную принимается длина дуги замкнутой кривой сечения. Момент инерции сечения при толщине стенок δ относительно оси x-ов будет

$$J_x = \delta \int_L y^2 \cdot dl,$$

относительно оси y-ов

$$J_y = \delta \int_L x^2 \cdot dl.$$

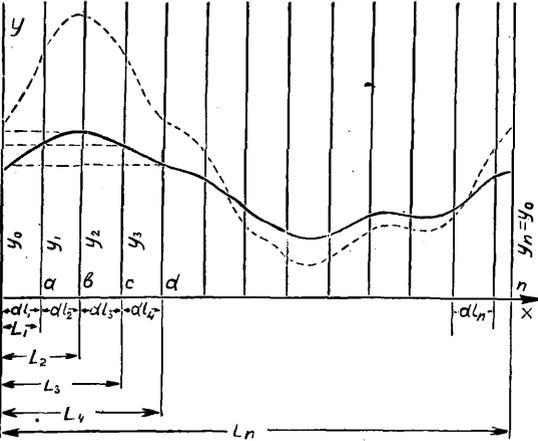
Интегрирование производится графически построением подинтегрального выражения в функции длины дуги и сводится к определению площади, ограниченной осью абсцисс, крайними ординатами и кривой подинтегральной ф-ии. Аналогично определяется статич. момент сечения

$$M_x = \delta \int_L y \cdot dl,$$

ордината центра тяжести по след. формуле:

$$y = \frac{\int y \cdot dl}{L}$$

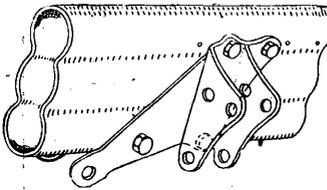
где L —длина всего контура. Пример определения M_x и J_x произвольного сечения дан на фиг. 43а, причем сплошной линией вычерчена



Фиг. 43а.

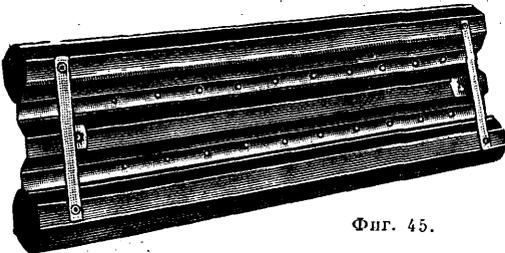
кривая y по l для определения M_x , а пунктирной—кривая y^2 по l для определения J_x .

Конструкция и производство. Стальной набор крыла (лонжероны и нервюры). Наиболее простыми и дешевыми в производстве являются лонжероны в виде закрытого профиля (фиг. 44), изготовляемого



Фиг. 44.

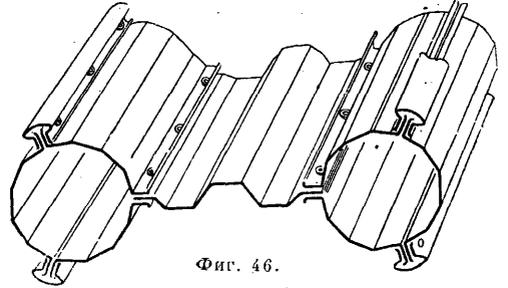
путем холодной прокатки отожженных цельнотянутых стальных труб с последующей закалкой полученного лонжерона. Основной недостаток этого типа—плохое использование материала в стенках, равнопрочных при этом способе с полками лонжерона, несущими главные нагрузки. На фиг. 45 представлен более сложный лонжерон, верхняя и нижняя полки к-рого и стенка состоят из отдельных стальных профилей из ленточной стали, соединенных пу-



Фиг. 45.

стотельными заклепками. Подобного рода профили м. б. изготовлены либо путем прокатки либо волочением. Весьма сходным по внешности является лонжерон, изображенный на фиг. 46, где полка лонжерона образована не одним закрытым профилем, а тремя открытыми. Помимо удобства прокатки здесь лучше используется материал, т. к. профили, прилегающие

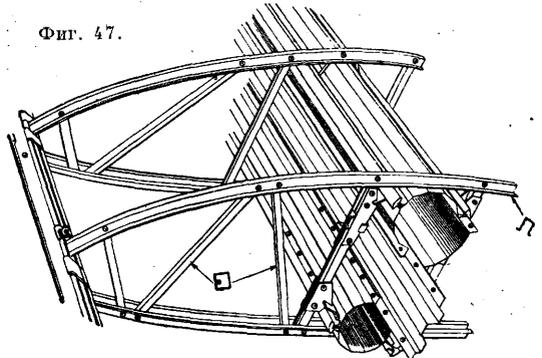
к стенке лонжерона, м. б. без ущерба для прочности сделаны из более тонкого материала (см. главу о расчете стальных конструкций).



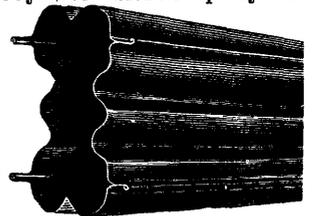
Фиг. 46.

к стенке лонжерона, м. б. без ущерба для прочности сделаны из более тонкого материала (см. главу о расчете стальных конструкций). Прокатка ведется из отожженных стальных лент с последующей закалкой готового профиля. Трудности такой закалки заключаются в короблении профиля под влиянием собственного веса, а также вследствие неравномерного

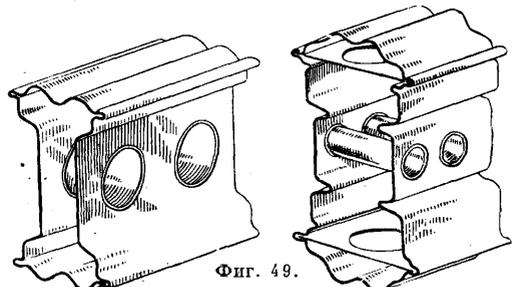
Фиг. 47.



охлаждения при соприкосновении с закалочной средой. Эти трудности устранены путем нагревания профиля в натянутом состоянии, причем нагревание осуществляется пропуском электрического тока силой в 20—25 А при напряжении в 30 В. Вследствие большого электрического сопротивления стали эта мощность (600—750 W) вполне достаточна для доведения t° профиля до степени, требуемой закалкой, в течение нескольких секунд. Затем профиль в том же натянутом состоянии погружается для закалки в мильную воду или охлаждается мгновенным обдувом сжатым воздухом. Операция нагрева ведется в трубах,



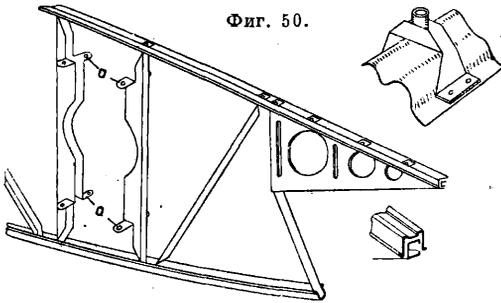
Фиг. 48.



Фиг. 49.

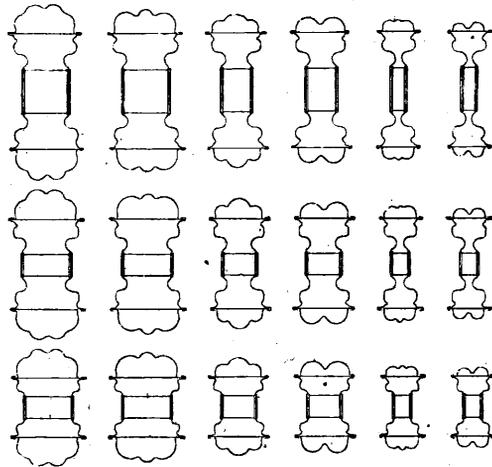
наполненных углекислым газом, чтобы избежать появления окалины. На фиг. 47 показано соединение лонжерона с нервюрами. Полки

нервюр корытного профиля—с небольшой отбортовкой. Крепление осуществляется двумя стержнями по бокам лонжерона, имеющими



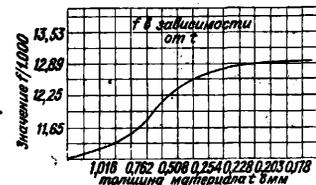
Фиг. 50.

упоры, захватывающие отбортовку полок лонжерона. После сборки все крыло опускается в ванну для покрытия эмалью. На фиг. 48 показаны конструкции более сложные, которые дают большую прочность на кручение и гл. обр. имеют в виду возможно большее упрощение сборки лонжерона и крепления нервюр. Для этой цели профили как стенок, так и полок лонжерона имеют отбортовки, перекрывающие одна другую. При сборке таких лонжеронов



Фиг. 51.

отбортовки полок просовываются в пазы, образованные загнутыми отбортовками стенок. Полученные края м. б. плотно закатаны (фиг. 48) или скреплены полыми заклепками (фиг. 49). Крепление к нервюрам осуществляется склепыванием кромок лонжерона с отогнутыми лапками ау стержней



Фиг. 52.

экономий в количестве инструментов и оборудования эта стандартизация позволяет почти полностью механизировать весь процесс сборки лонжеронов. Профили изготавливаются из отожженной стали предварительной прокаткой, затем окончательная форма придается профилю путем волочения в особых матрицах. В про-

цессе волочения происходит и закалка профиля, для чего в последней стадии волочения профили проходят с матрицы в матрицу через электрич. калильную печь. Последняя выходная матрица охлаждается циркулирующей внутри нее водой. Благодаря натяжению профили при прохождении через матрицы коробление исключается. Этот способ заковки особенно пригоден при массовом изготовлении стальных тонкостенных профилей. Полки и стенки лонжеронов Бристоль изготавливаются прокаткой, соединенной с волочением. При профилировке термически обработанной стали одним из весьма важных вопросов является форма отделочной матрицы, т. к. при этом необходимо учитывать пружинящее действие профиля. Для этого учета обычно применяют следующую ф-лу:

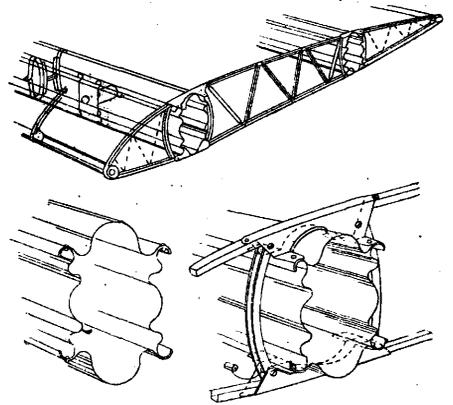
$$\frac{1}{R_0} - \frac{1}{R} = \frac{2f}{Et}$$

где R_0 —искомый радиус матрицы в мм, R —требуемый радиус загиба профиля в мм, t —толщина материала в мм, E —модуль Юнга в



Фиг. 53.

кг/см², f —коэф. в кг/см². Если коэф-ту придавать значение временного сопротивления на разрыв, то приведенная выше ф-ла дает б. или м. удовлетворительные результаты. Кроме того коэф. f зависит от толщины материала, и примерный вид этой зависимости изображен графически на фиг. 52. На фиг. 53 дана зависимость R_0 от R при $t=0,25$ мм, $f=12600$ и $E=200000$. Рассмотренные типы стальных лонжеронов надо считать основными. Различные самолетостроительные фирмы применяют в той



Фиг. 54.

или иной модификации те же профили, как это можно видеть из фиг. 54, представляющей детали набора крыла фирмы Глостера, и из фиг. 55—лонжероны фирмы Авро. На фиг. 56 приведена конструкция стальных лонжеронов, применяемых фирмой Анврио и представляющих с современной точки зрения совершенно безграмотное сочетание плоских площадок с малой высотой полки. Как видно из чертежа, для по-

вышения устойчивости лонжерона плоские стенки укреплены добавочными приклепанными деталями, что неизбежно ведет к увеличению веса и удорожает производство. Как переход от деревянных к стальным конструкциям следует

признать решетчатые стальные лонжероны фирмы Глостера (фиг. 57) и фирмы Супермарин, набор крыла к-рой изображен на фиг. 58. Производство этих конструкций в виду затруднительности сборки и обилия ручной клепки стоит дорого и не оправдывает своей цены ни трудностей пригонки отдельных деталей. Пустотелые

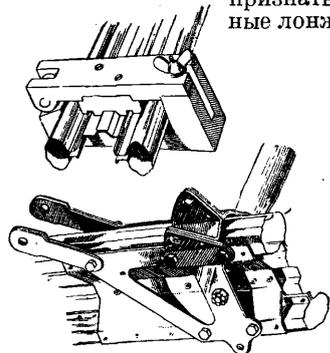
заклепки, служащие для соединения отдельных деталей стального набора крыла, штампуются из мягкой стали. Расклепка их в случае открытой клепки производится или вручную посредством приспособлений вроде щипцов для укрепления пистонов, применяющихся в кожаной фурнитуре, или клепальными машинками различных конструкций. При клепке закрытых профилей (например при клепке труб) широко применяется метод клепки с одной стороны, изображенный на фиг. 59. При такой клепке заклепка *a* насаживается на оправку *b* с конич. головкой и вместе с оправкой вставляется в отверстие. Высовывающийся конец оправки захватывается особым зажимом и вытаскивается наружу; конич. головка оправки отжимает в стороны края заклепки и либо протаскивается сквозь пустотелую заклепку либо обрывается внутри трубы, в зависимости от выбора материала для оправки. Обычно этим материалом является сталь с прочностью 95 кг/мм^2 . В случае клепки с обрывом головки оправка делается из мягкой стали и головка ее закаляется. Способ закрепления полотняной обшивки на стальном наборе крыла показан на фиг. 60. На полке нервюры прокаткой сделаны канавки; примерно через каждые 75 мм канавка продавливается для получения небольшого очка, в к-рое продевается нержавеющая стальная проволока, укладываемая в канавку и закрепляющая полотняную обшивку, как шомполом.

Стальные фюзеляжи трубчатой конструкции в настоящее время занимают основное положение как для легких, так и для тяжелых самолетов. Исключение представляют лишь некоторые франц. самолетостроительные фирмы и нем. фирмы Юнкера и Дорнье, а также самолеты АНТ-ЦАГИ конструкции инж.

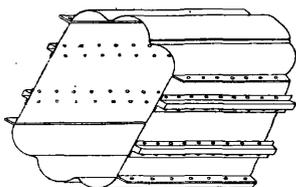
А. Н. Туполева, применяющего конструкцию из легких сплавов типа дуралюмина. В части набора корпуса лодочных гидросамолетов точно также б. ч. применяется дуралюмин. Что же касается всех остальных конструкций самолетов, то стальные конструкции фюзеляжей следует считать распространенными повсеместно и вытесняющими все другие виды. В СССР внедрению сварных трубчатой конструкции фюзеляжей было положено начало Харьковской конструкторской группой во главе с инж. Калининным. Наиболее часто применяются сварные трубчатые конструкции и несколько реже конструкции, собранные механическим способом (клепка, сборка на болтах). Производство фюзеляжа самолета из хромомолибденовой стали заключается в вырезывании листового материала для косынок и накладок, резке труб определенных размеров, изгибании, придании формы и сборке их в стапелях и шаблонах посредством сварки или же механич. способом. Там, где достаточна умеренная прочность деталей,

сталь подвергается нормализации (нагрев до определенной t° порядка 800° и охлаждение в воздухе), и этим термич. обработка ограничивается. Для ответственных конструктивных частей, подвергающихся большим напряжениям, толчкам и пр., трубы идут в сборку в отожженном состоянии и после сварки подвергаются закалке с соответствующим отпускком. Попытки термич. обработки сваренных деталей самолета обычными способами в обыкновенных закалочных печах как правило кончатся неудачей. Во время нагрева до $t^\circ_{крит}$ детали оседают под влиянием собственного веса; после выемки из печи для закалки они снова оседают в ином направлении и наконец в процессе охлаждения детали снова коробятся вследствие одностороннего соприкосновения с закалочной средой. Такая сумма короблений обычно уже не допус-

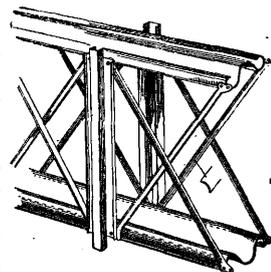
кает правку детали после закалки. Для предотвращения коробления при закалке сваренные детали нагревают в вертикальной воздушной печи в подвешенном состоянии, причем температура должна допускать точную регулировку. После нагрева деталь в том же подвешенном состоянии опускается в закалочный масляный бак, установленный непосредственно внизу печи. Этим способом удается свести коробление к незначительной величине, легко допускающей



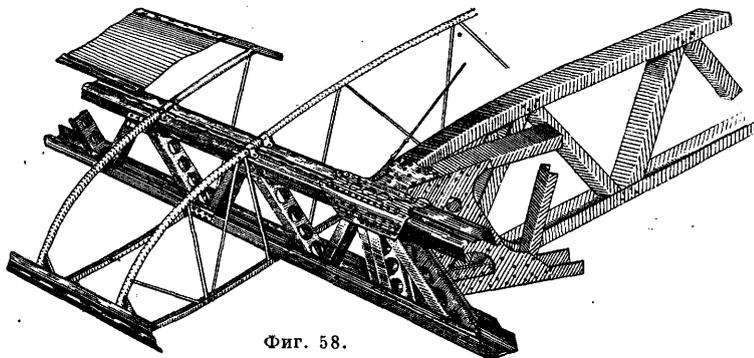
Фиг. 55.



Фиг. 56.

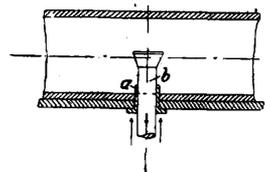


Фиг. 57.

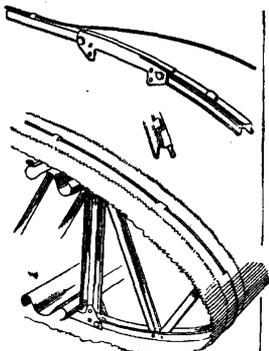


Фиг. 58.

последующую правку детали. Операция отпуска аналогична закалке, с той разницей, что печь для отпуска не имеет под собой закалочного бака. До настоящего времени по английским технич. требованиям для воен. самолетов запрещается применять сварку в основных узлах фюзеляжа, и поэтому почти все англ. фир-

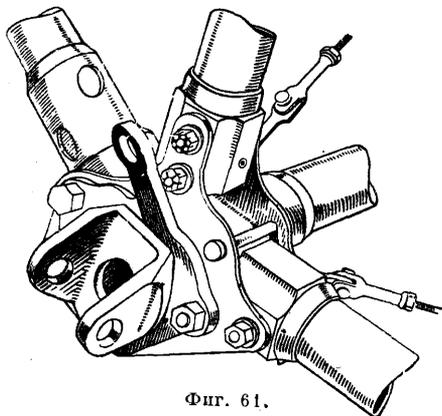


Фиг. 59.



Фиг. 60.

мы применяют механич. узлы, трубы же идут в дело уже в заранее закаленном виде. Для предотвращения смятия трубы проходящим болтом отверстия в трубах снабжены сквозными муфточками в роде пистонов. Применение цельнотянутых труб в качестве основного материала



Фиг. 61.

конструкции переднего и среднего отсеков фюзеляжа, как наиболее нагруженных частей, не вызывает никаких сомнений конструктивного или производственного порядка. Что же касается задней, менее нагруженной части фюзеляжа, то наиболее выгодное отношение толщины стенок трубы к ее диаметру получается слишком малым, и изготовление таких тонкостенных труб вызывает серьезные производственные затруднения, в особенности, когда такие трубы предназначаются для задней, хвостовой части фюзеляжа



Фиг. 62.

легкого самолета, типа например одноместного истребителя. В таких случаях применяются трубы, изготавливаемые прокаткой из легкой стали с одним или двумя швами в закатку. Для изготовления механич. узла из таких труб на трубу надевают муфту из магниевого сплава, точно подогнанную к трубе и имеющую четыре плоских грани попарно под прямыми углами. Готовый собранный узел изображен на фиг. 61. На фиг. 62 представлена изредка

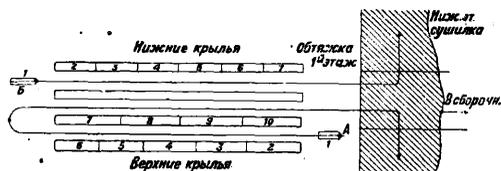
применяемая конструкция фюзеляжа из квадратных труб.

Лит.: Рафаэлянц А. Н., Исследование прокатки нержавеющей стали «Энергия» 6», М., 1931; Акимов Г., Исследование холоднокатаной стали V2A, М.—Л., 1931; Петинков В., Стальное самолетостроение, «Обзор информ. бюро ЦКБ ЦАГИ», М., 1931; Хэндсайд, Самолестроительный завод Армстронг-Витворт, «Бюллетень Всесоюзного авиа. объединения», 1931, 7—8; Кнерр, Термич. обработка деталей самолета, там же, 1931, 7—8; Когсвелл, Самолестроительный завод фирмы Кейстон (США), там же, 1931, 1—2; Акимов В., Хромолибленовые стальные трубы в самолетостроении, «Техника воздушного флота», М., 1931, 2; его же, Материалы, применяемые в авиационном деле, «Американская техника и промышленность», 1930, ноябрь, 11; его же, Новости авиационной техники США, там же, 1931, 7; Болховитинов В., Типы нержавеющей сталей, «Вестник инженеров и техников», 1931, 3; Горяинов К. Расчеты тонких стенок высоких балок, «Техника воздушного флота», М., 1928, 9; Козлов С., Определение площади, центра тяжести и моментов инерции тонкостенных сечений, там же, 1930, 2; Неггу Наггер, The Steel Construction of Aeroplanes, Glasgow, 1930; Strength of Welded Joints in Tubular Member for Aircraft, N. Y., 1930, Report 348; Elastic Instability of Member Having Section Common in Aircraft Construction, N. Y., 1931, Report 382; Aeronautical Research, Imperial University, Report 76, v. 6, part 10, The Buckling of Cylindrical Shell under Torsion, Tokyo, 1931, Dec.; Langsdorff, Jahrbuch d. Luftfahrt, Ergebnisse aus Forschung Technik u. Betrieb 1931—32, Mch., 1931; Johnson, Aircraft Welding, N. Y., 1931; Pollard H., Metal Construction Development, «Flight», 1928, v. 20, 1000, 1005, 1014 a. 1027; Pleines W., Englische Flugzeugbauverfahren, «Illustrierte Flug-Woche», 1928, 12; Sayers W. H., Steel Strip Construction, «Aircraft Engineering», 1931, v. 3, 27; Sayers W. H., British Methods of Steel Aircraft Construction, «Aviation», New York, 1929, v. 27, 3; Teichmann F. K., Welded Tubing a. Streamlined Struts, «Aviation Engineering», 1932; Ragsdale, Results of Research in Stainless Steel, «Aviation», N. Y., 1930; Handaside G. H., Steel Tubing a. Profile, «Aircraft Engineering», 1931; Handaside G. H., Aeroplane Construction at Bristol, ibid., 1932; Handaside G. H., Steel Tubing Construction, ibid., 1931, 32; Tangemann N., Welding of Stainless Steel, «American Machinist», 1930; Schweincke D., Konstruktive u. fabrikationstechn. Fragen des englischen Flugzeugbaues, «Z. d. VDI», 1930, 31. Н. Пастушенко.

Серийное производство самолетов. Работа по внедрению опытного самолета в серию начинается с изготовления рабочих чертежей путем переработки, уточнения и расширения конструктивных чертежей и составления по ним детальных и материальных спецификаций. На основе рабочих чертежей прорабатывается технологич. процесс производства и попутно проектируется необходимый инструмент, штампы, кондукторы, калибры и приспособления. По окончании всего этого начинается постройка серии самолетов изготовлением сначала подсобных приспособлений, инструментов и штампов и пр., а затем уже изготовлением деталей. На хорошо организованных з-дах параллельно с производством пооперационно организовываются и контроль, благодаря чему уменьшается брак и его стоимость и увеличивается надежность контроля и приемки. Заготовленные детали собирают в сложные детали, или узлы, а затем в части самолета (крылья, элероны, шасси, оперение, моторная установка, управление и пр.), к-рые идут далее в сборочную мастерскую для сборки на конвейере или по бригадно. Необходимо отметить важное значение контроля при производстве самолетов, особенно военных. От контроля требуется неослабное наблюдение за качеством продукции как со стороны материала, так и работы, в то же время в С. применяются процессы обработки, к-рые весьма трудно контролируются, напр. сварка автогенная и электрическая. Поэтому на авиационных з-дах значение контроля очень велико, и относительная численность его д. б. больше, чем на других серийных з-дах.

Центром самолетостроительного з-да является его сборочный цех, где производится общая сборка самолета. Наличие большой размерности современных самолетов требует громадных площадей при сравнительно небольшой высоте. Заготовительные мастерские, склады полуготовых и готовых деталей и подсобные мастерские располагаются обычно рядом со сборочным цехом и непосредственно с ним соединяются воротами, переходами и т. д. Сборочный цех обычно располагается у аэродрома и имеет ворота, позволяющие вывозить совершенно готовые собранные самолеты на аэродром для сдаточных полетов. Если строится гидросамолет, то сборочный цех имеет спуски прямо в гидроаэродром (см.) также для возможности сдаточных полетов. По окончании сдаточного полета серийные самолеты хранятся в летных ангарах, а затем транспортируются в экспедицию для отсылки заказчику. Необходимо отметить, что самолеты большого и среднего тоннажа, а иногда и малого, сдаются заказчику прямо летом, минуя экспедицию и транспортировку по ж. д. или морем.

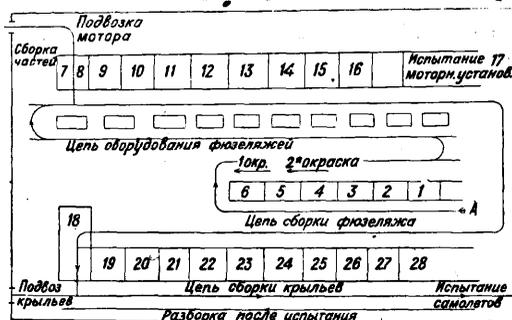
Серийное производство базируется на максимальной механизации технологич. процесса и следовательно на максимальном расчленении его на отдельные операции и надлежащую компоновку их с целью наименьшей потери времени и возможности организации непрерывного потока. В силу того, что хотя серийное производство даже за границей не имеет еще таких размеров, которые позволили бы развернуть точное производство, все-таки в этом отношении принимали и принимают меры. Так, с 1927/28 г. на з-де Бреге во Франции функционирует конвейерная сборка самолетов Бреге 19, для чего самолет ставится на особую тележку, к-рая передвигается по рельсам. По мере продвижения бригады рабочих устанавливают соответствующие части и производят сборку, в результате чего к концу конвейера получается готовый, собранный вполне самолет. При более мелком производстве практикуется другой метод, а именно самолеты стоят неподвижно, а передвигаются сборочные бригады. Для успеха такой работы необходимо так скомпоновать работу каждой бригады, чтобы она была одинакова по времени с работой другой бригады и позволяла бы работать одновременно наибольшему числу работников. На фиг. 63 дана схема цепного процесса сборки



Фиг. 63.

крыльев самолета Бреге 19. А—начало цепи производства верхних крыльев: 1—соединение в горизонтальном положении двух лонжеронов при помощи распорки и установки нервюр, 2—установка остальных распорок, 3—расположение нервюр по местам, 4—прикрепление нервюр и носков и регулировка крыла, 5—прикрепление передней кромки, 6—растяжка заднего края крыла и прикрепление ободка (заднего) выреза, 7—заделка конца крыла, 8—внутренняя растяжка крыла,

9—установка управления к элеронам, 10—окраска и лакировка. Б—начало цепи нижних крыльев: 1—соединение в горизонтальном положении двух лонжеронов, 2—установка распорок, 3—распределение и установка нервюр, 4—прикрепление ободка передней кромки, 5—заделка концов крыльев, 6—установка межнервюрных тяг, 7—окраска и лакировка. На фиг. 64 дано изображение схемы цепного процесса производства фюзеляжа и коробки крыльев: 1—сборка моторной рамы, 2—общая сборка



Фиг. 64.

фюзеляжа, 3—соединение болтами, 4—растяжка, 5—регулировка, 6—первая окраска, 7—установка шасси и мотора, 8—устройство бака для горючего и укрепление к мотору, 9—установка вооружения, 10—установка радиатора и сидения для летчика, 11—установка трубопроводов для бензина, пускового приспособления для мотора и турели, 12—установка маслопроводов, оборудования вооружения и сидения для наблюдателя, 13—установка приспособления стрельбы через винт, электрич. оборудования, 14—установка подъемника радиатора и бомбодержателя под фюзеляжем, 15—установка доски с приборами, 16—электрич. проводка, 17—испытание моторной установки, 18—сушилка, 19—соединение верхних крыльев, элероны, 20—прикрепление нижних крыльев, 21—прикрепление верхних крыльев, 22—регулировка коробки, 23—установка хвостового оперения и костыля, 24, 25, 26, 27—мелкие поправки и осмотр, 28—испытание в полете.

Сборка крыльев по схеме на фиг. 63 производится в вертикальном положении. Для этой цели поверху устроены деревянные рельсы, по к-рым движутся тали, поддерживающие крылья. Вдоль крыльев установлены подмости для того, чтобы вести работу как с нижней стороны крыльев, так и с верхней. Такого рода установка сборки дает преимущества как в отношении минимального загромождения сборочного цеха, так и в отношении удобства работы, т. к. раньше сборка крыльев происходила плашмя, что требовало времени на частое переворачивание, для чего содержался штат вспомогательных рабочих. Сборка фюзеляжа (фиг. 64) организована в две цепи: с одной стороны сборка, с другой—оборудование фюзеляжа.

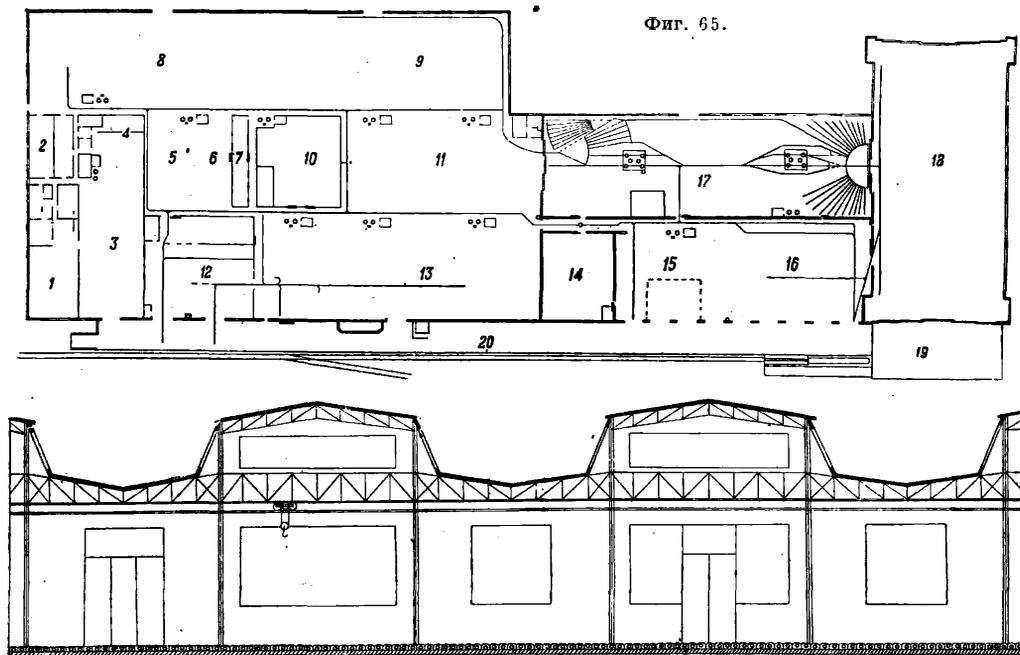
Общая сборка: соединяют фермы с моторной рамой; эта операция производится на особом шаблоне. Фюзеляж черне скрепляют болтами, подвешивают на талях и передвигают к месту выполнения следующих операций. После окраски фюзеляж направляют обратно, после чего переходят на вторую цепь оборудования фюзеляжа, установки мотора, трубопроводов, вооружения и пр. По испытании моторной установки фюзеляж поступает на главную

цепь, где производится монтировка коробки крыльев, хвостового оперения, регулировка и испытание в полете.

Помимо з-да Бреге во Франции большой интерес с точки зрения организации производства, а также построек и оборудования, представляет з-д Глен-Маргин в Балтиморе, являющийся одним из самых крупных и новых самолетостроительных з-дов в США. З-д окончен постройкой в конце 1930 г. и предназначен для постройки крупных металлич. самолетов и гидросамолетов как дуралюминовой, так и стальной конструкции. Проект з-да предусматривает для полного осуществления 10-летний период; в настоящей же стадии выполнена только $\frac{1}{2}$ полного плана, причем предусмотрена возможность расширения зданий на 50 лет. В своем настоящем виде з-д может давать еженедельно до трех штук больших трехмоторных гидросамолетов, т. е. до 160 шт. годовой производительности в одну смену при 1 700—2 000 рабочих. План з-да (фиг. 65) показывает

но сборочные цехи: цех крыльев и поплавков 9 и лодочный цех 11, за к-рыми следуют отделочные цехи: гальваноопластики и анодирования 14, малярный и обойный 17. Общесборочный цех 18, он же летный ангар, расположен в торце здания и прилегает к отделочным цехам, к моторному цеху 19 и упаковочному цеху 16 с деревообделочной мастерской 15. По фасаду здания з-да расположена разгрузочно-погрузочная платформа 20, обслуживающая нужды складов сырья и упаковочно-экспедиционного цеха. В результате такого расположения получается производственный поток с минимумом обратных движений. Здание з-да представляет один блок длиной ок. 280 м и шириной 90 м, причем здание имеет два ряда колонн с пролетами 30,5 и 38 м и расстоянием между колоннами около 7,7 м.

Десятилетний план предусматривает дальнейшее расширение площадей, напр. сборочный цех м. б. удлинен или же пристроен с другой стороны к моторному цеху; предусмо-



рациональность расположения частей завода. Все экспериментальные части производственного процесса, как то: 1—конструкторское бюро, 2—бюро приспособлений, 3—опытные мастерские, 4—лаборатории, сконцентрированы вместе, что дает наибольшую возможность совместной работы по выработке конструкций, с одной стороны, и широкие возможности использования опыта серийного производства, — с другой, благодаря непосредственной связи, территориальной и организационной, с серийным з-дом. Далее расположены заготовительные цехи з-да: механический—5, жестяницкий—13, слесарно-сварочный—8, объединяемые складом 10 полуготовых деталей и полуфабрикатов. Здесь же имеется инструментальный цех 6 со складом инструмента 7 и склад сырья материалов 12, непосредственно соединенных как с экспериментальным отделом, так и со всеми перечисленными выше цехами, что сильно сокращает расходы на транспорт материалов. За заготовительными цехами расположены частич-

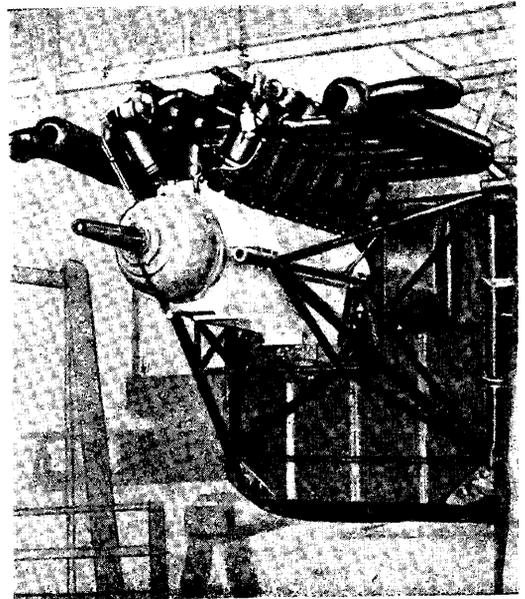
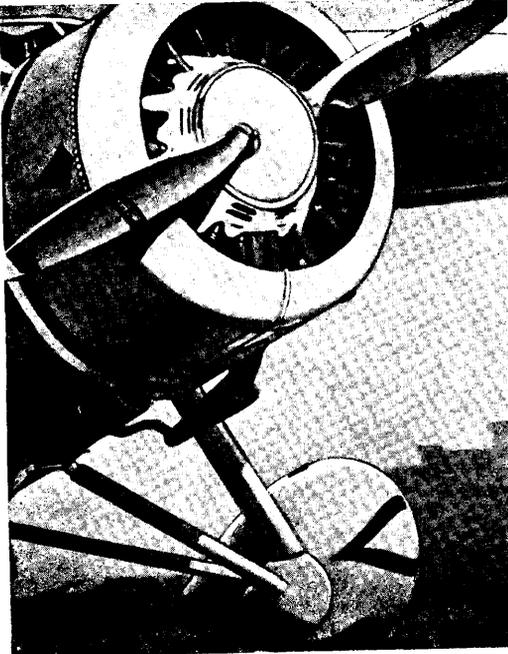
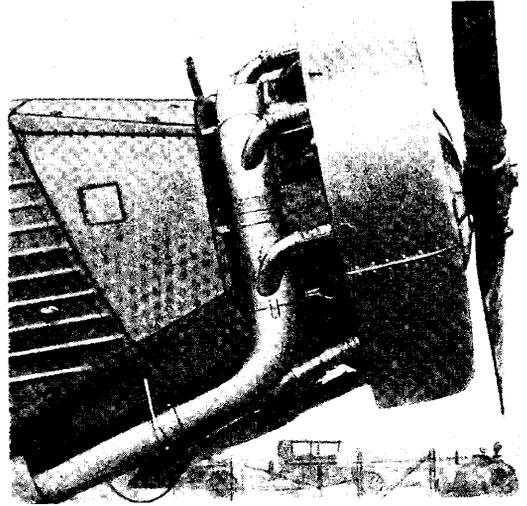
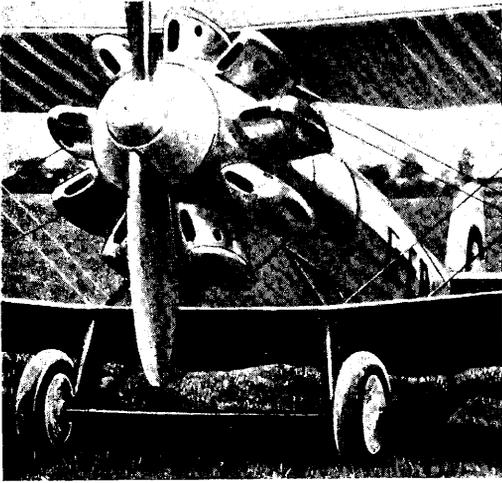
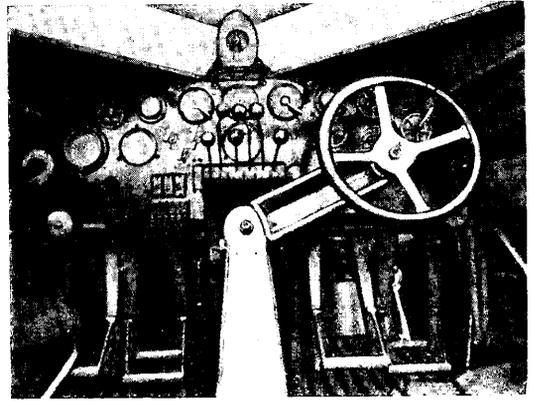
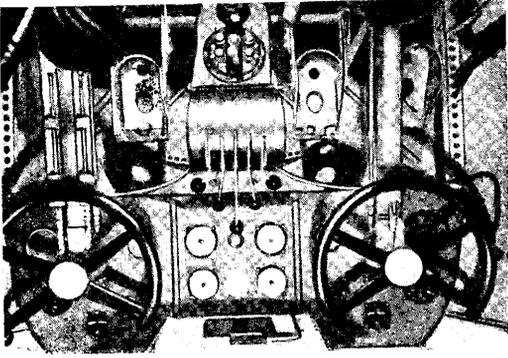
но также место для расширения склада сырья и погрузочной платформы — все в непосредственном примыкании к существующим помещениям. Организация завода предусматривает серийное производство самолетов, опытные образцы которых прорабатываются на том же з-де или в виде исключения получают со стороны, но конечно перерабатываются, исходя из условий серийного производства завода.

Завод состоит из 3 отделов: инженерно-технического (конструкторского), отдела снабжения и производственного. Главный инженер завода стоит во главе инженерно-технич. отдела, механич. и хим. лабораторий. Заведующий снабжением производит закупку материалов, их приемку и хранение, а заведующий производством ответствен за все производственные функции: планирование, контроль качества, приспособления, склад полуфабрикатов, отдел механики, отдел рабочей силы. Заведующий производством стоит во главе комитета по контролю производства в целом со-

вместно с начальниками цехов и представителями инженерно-технич. отдела и отдела снабжения. Этот комитет устанавливает основные планы по каждому объекту производства, конечные даты выпуска, сроки окончания работы по цехам и сроки получения сырья. Эти данные служат отправными точками для цехового планирования. Опытное строительство представляет собою комбинацию системы проектов с групповой (или секционной) работой по примеру, широко применяемому в автостроении. Во главе каждого проекта поставлен инженер; ему для выполнения проекта дается необходимый штат; он получает советы от ряда специально приглашенных консультантов по разным вопросам. По изготовлении проекта работа по конструированию ведется по групповой системе, соответственно отдельным частям самолета: крылья, фюзеляж, оперение, шасси и пр., причем во главе группы стоит инженер, ответственный за конструкцию по своей специальности. В конкретной работе з-да недочеты этой организации — отсутствие единства типа конструкции различных проектов и координации между ними, функциональные и механич. взаимные вмешательства проектирующих групп при отсутствии надежной координации работ — сглаживаются проработкой деталей по группам под руководством определенного объединяющего или «ведущего» инженера. Большое внимание уделяется весовой характеристике самолетов, для чего отдельные группы инженеров занимается исключительно установлением весов деталей и поверкой их выполнения. Другие вспомогательные группы ведут работу по стандартизации, спецификации, калькуляции, по сметам и по патентам. Научная группа ведет работы по изысканию рациональных схем и размерностей самолетов, а вместе с отделом строительной механики выявляет действующие силы и производит расчет аэродинамический и прочностной. Вся конструкторская работа объединяется главным инженером и его помощником. Во всей проектно-конструкторской работе широко применяется эксперимент как для освещения проблемы, так и для проверки имеющих сомнений, для чего организованы соответствующие лаборатории и опытные мастерские; организация работ в них обычная и близка к изложенной выше. Опытные мастерские завода выявляют все производственные вопросы до появления их в серийных цехах и позволяют устранить все случайности, могущие задержать производственный процесс.

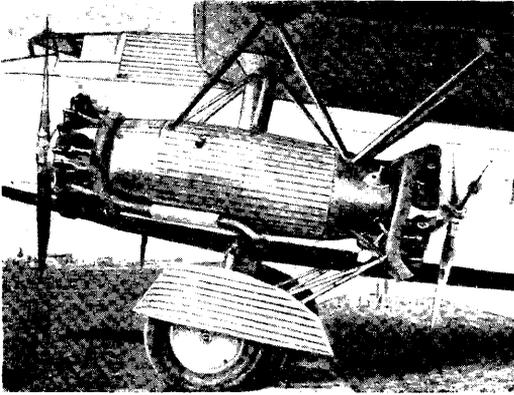
Т. к. конструкции самолетов часто меняются, а количества их невелики, если сравнить с массовым производством напр. в автотромышленности, то оборудование было выбрано с большою тщательностью; были выбраны стандартные лучшие станки с богатым ассортиментом приспособлений к ним. Много внимания было уделено учету будущей работы, вследствие того что размеры самолетов увеличиваются, что качество материалов их повышается и станок, достаточный на сегодня, становится маломощен через год. Так, при замене углеродистой стали хромомолибденовой, оборудование для резки и штамповки обесценилось на 50% вследствие большей крепости на резание хромомолибденовой стали. Все станки приводятся отдельными электромоторами. Инструментальная мастерская оборудована также станками для производства штампов и установочных приспособлений. Всего установлено до 30 станков. Ме-

ханич. цех снабжен автоматами, револьверными и арматурными станками. Фрезерные станки как правило взяты с горизонтальными валами, но с делительными бабками и приспособлениями для вертикального фрезерования, так как выяснилось, что работы для вертикальной фрезеровки не набирается даже на один станок. Самоточки установлены в ограниченном количестве для обработки деталей, не могущих быть обработанными на револьверных станках. Вместе со сверлильным оборудованием механич. цех состоит из 40 станков. Жестяницкий цех хорошо оборудован для устранения возможно большего количества ручной работы и предназначен для изготовления профилей из листового материала, т. к. завод базируется в своей работе на профилях, ставя трубы только в случае необходимости, из-за коммерч. соображений. Особого внимания заслуживают прецизионные ножницы для точной резки полос длиной до 4 200 мм и прессы в 1 000 т, предназначенные для изготовления профилей и расположенные по ходу производства после термич. обработки в соляной ванне. Приводные выколотные молотки, приводные валцы и зигмашина с большими вылетами для тяжелых работ установлены также в цехе; все же оборудование составляет 22 станка. Клепка обслуживается сверлильными станками — электродрелями и быстходными электроломотками для заклепок диам. 1,5—10 мм. Кроме того применяются также и воздушные молотки как переносные, так и стационарного типа. Слесарный и сварочный цехи имеют нормальное оборудование с ацетиленовой сваркой примерно на 60 чел. Термическая состоит из электропечей размерами 450 × 450 × 10 000 мм и 300 × 575 × 750 мм, двухъярусной газовой печи для закалки инструмента и соляной ванны 450 × 450 мм для мелких дуралюминовых частей. Кроме того имеется специальная электропечь для дуралюминовых заклепок, обрабатывающая 58 кг заклепок в час. Установлен тщательный контроль над качеством термообработки и над качеством заклепок. Цех крыльев и поплавков как основной сборочный цех снабжен всеми приспособлениями, установками и стеллажами для сборочной работы. Здесь также установлен специально выстроенный загибочный приводной станок для подгиба профилей и листов при сборке. В малярном цехе покрытие производят с помощью пульверизатора. Металлич. части обрабатываются: стальными — кадмированием, а дуралюминовые — анодированием. За отделкой установлен постоянный химич. контроль. Общесборочный цех оборудован подъемными средствами в виде блоков, кранов, станков для крыльев, штабелей и пр. Имеются весы для взвешивания самолетов, к-рые подводятся под самолет, поднимаются с помощью гидравлич. домкратов, требуя для взвешивания тяжелых самолетов только трех человек и упрощая определение ц. т. самолета. Сборка лодок производится в стапелях дном кверху. Сначала устанавливаются и склепывают набор лодки, т. е. киль, стрингеры, шпангоуты и пр., а затем на них начинается клепка днища лодки и обшивка ее с максимальным применением механич. клепки. Для уплотнения и водонепроницаемости каждый шов прокладывается гидронированной фланелью. По окончании клепки каждая лодка проверяется на течь, для чего каждый отсек ее заполняется водою, остающейся в нем в течение часа. Для удобства клепки лодки,

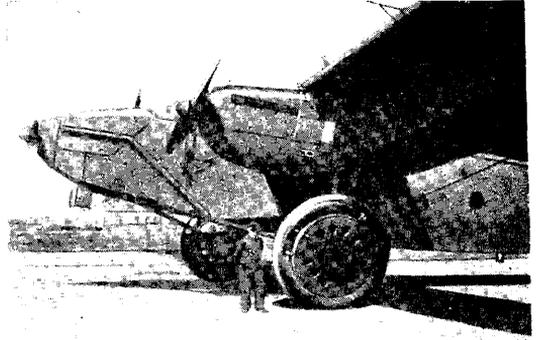


5

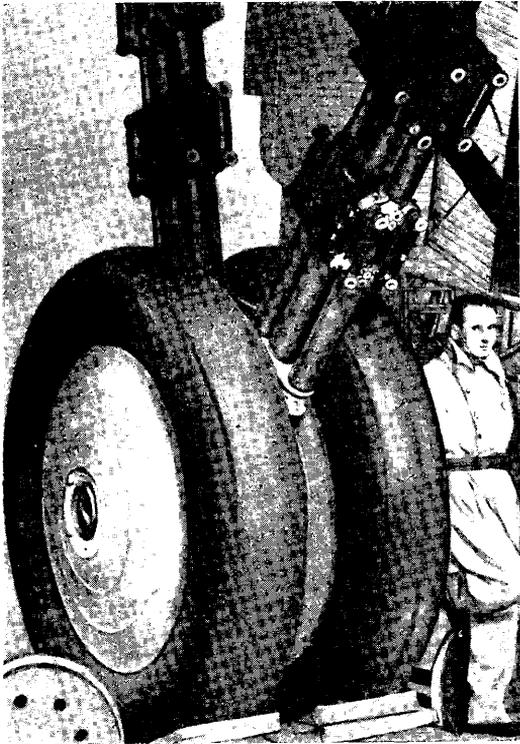
6



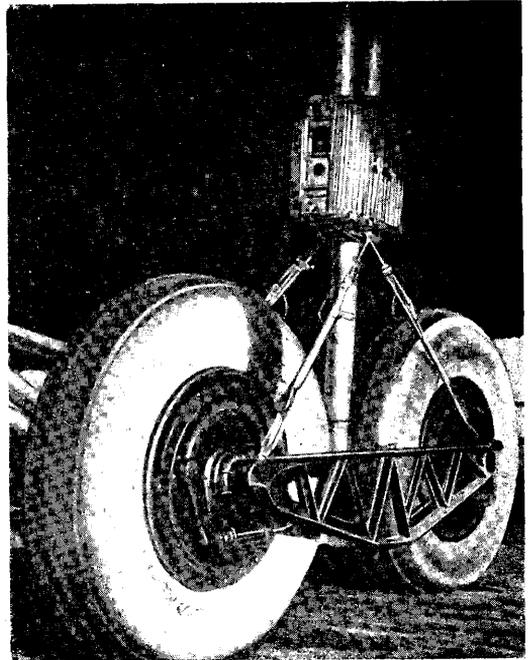
7



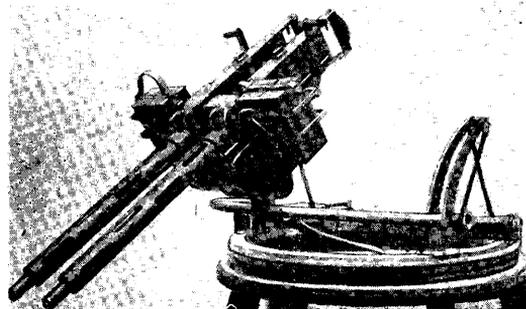
8



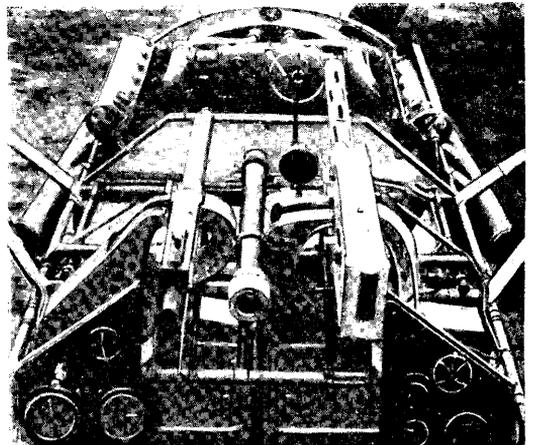
9



10



11



12

снятые с сталея, закрепляются в особые приспособления, позволяющие вращение лодки и доступ к любому участку обшивки. При отделке лодок таковые подвешиваются на подъемнике и с помощью гильверизатора покрываются защитной от коррозии окраской, после чего поступают в сушилку. Система подъемников, передвигающихся на рельсе, обслуживающая малярную и сушилку, создает непрерывный поток продукции с небольшой затратой усилий.

Лит.: Klemm A., Aeronautical Engineering, L., 1925; Klemm A., Airplane Stress Analysis, N. Y., 1929; Andrews S. T. a. Benson S. F., The Theory a. Practice of Airplane Design, L., 1920; Pippard A. J. a. Pritchard J. L., Airplane Structures, L., 1919; Handbook of Strength Calculations, L., 1929; Bairston W. L., Applied Aerodynamics, L., 1920; Judge H. W., Aircraft a. Automobile Materials of Constructions, v. 1, L., 1920; Gase J., The Strength of Materials, L., 1925; Niles, Handbook of Aeronautics, L., 1931; Handbook of Instructions for Airplane Designers, Dayton Ohio, 1925; Hohm Fr., Handbuch f. den Flugzeugbau, B., 1930; Klemm A., Simplified Aerodynamics, Chicago, 1930; Landsdorf W., Jahrbuch d. Luftfahrt, Berlin, 1931/32.

Н. Поликарпов.

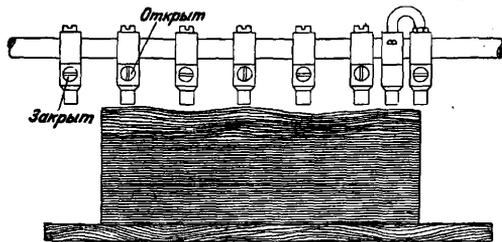
САМОНАКЛАДЧИКИ, приспособления для автоматич. накладки листов бумаги на печатных, фальцевальных, линеальных и прочих машинах взамен ручного накладки. С. применяются в машинах, печатающих на флатовой бумаге, и излишни в машинах, печатающих с бесконечного бумажного рулона. Без С. нельзя было бы использовать полной производительности печатных машин, работающих на флатовой бумаге. Современные машины работают со скоростью 1 500—3 600 оттисков в час, тогда как пределом ручного накладки листов надо считать 1 500 оттисков. С другой стороны, размеры накладки листов бумаги достигают 1 300 × 1 800 мм, что представляет большие трудности для накладки листов вручную.

Первые попытки замены ручной накладки С. делались при помощи всякого вида клеящих веществ, но задача механизации накладки листов была решена лишь тогда, когда использовали для подачи бумаги трение и всасывающую силу разреженного воздуха. Все современные конструкции С. могут быть разделены по способу отделения отдельного листа бумаги от стопы на пневматические, в которых присосы, находящиеся на полых штангах, захватывают и отделяют верхний лист от стопы бумаги, и фрикционные, в которых верхний лист стопы отделяется при помощи какого-нибудь фрикционного механизма, сдвигающего верхний лист со стопы и подающего его на машину. Третий тип С. представляет собою комбинацию из двух указанных типов.

Основные требования, которым должен удовлетворять каждый С., таковы: 1) полная надежность в отношении подачи только одного листа одновременно; 2) точная подводка листа к передним и боковым маркам, точный регистр и совершенная привodka; 3) пригодность как для тонкой (плотностью в 30 г/м²), так и для толстой (до картона плотностью 800 г/м²), для гладкой и шероховатой бумаги; для работы с одним заранее установленным сортом бумаги конструкция С. может быть значительно упрощена; 4) одинаково хорошая подача бумаги разнообразных форматов; 5) быстрый переход с одного формата на другой; 6) наличие приспособления для автоматич. остановки печатной машины в случае подачи рваных или мятых листов или пропуска подачи листа; 7) легкая загрузка бумагой; 8) легкое отделение и подача

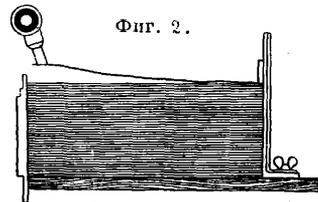
листа, гарантирующие при печатании на оборотной стороне от помарок на отпечатанной уже лицевой стороне; 9) возможность легкого перехода на ручной налад в случае порчи С.; 10) сохранение доступности к частям печатной машины; 11) удобство присоединения к любому типу машин без существенных изменений; 12) гарантия от возможности загиба, смятия листов, срывов и т. д.; 13) экономичность в отношении расхода энергии на движение аппарата; 14) компактность, простота конструкции и легкость обслуживания; 15) возможность механич. загрузки аппарата бумагой.

Пневматический С. В. С. сист. «Универсаль» над штапельным столом во всю ширину машины движется полая штанга, к нижней части которой прикреплены переставные присосы



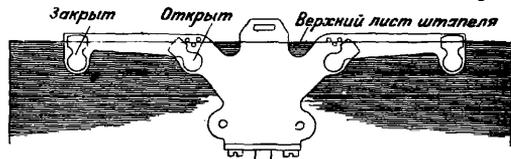
Фиг. 1.

(фиг. 1). Полость штанги соединена гибким рукавом со всасывающей стороной воздушного насоса. Присосы слегка надавливают на внешний край листа и вакуумом поднимают его кверху (фиг. 2). Присасывающая сила настолько велика, что имеется возможность даже работать с картоном. В виду того, что листы бумаги плотно прижаты один к другому и при присасывании верхнего листа к нему может пристать следующий, устроены сопла (фиг. 3), через которые подается сжатый воздух, содействующий отделению листов друг от друга. Сжатый воздух поступает к соплам по гибкому рукаву от нагнетательной стороны того же воздушного насоса (фиг. 4 и 5). Во время движения поршня



Фиг. 2.

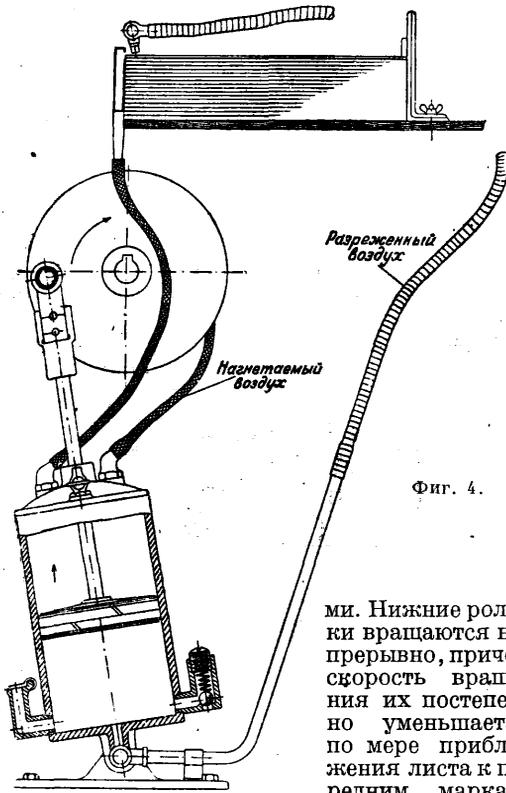
насоса вверх происходит разрежение в нижней части цилиндра, и верхний лист стопы бумаги захватывается присосами.



Фиг. 3.

Одновременно сжатый в верхней части цилиндра насоса воздух устремляется через сопла в край стопы между листами и способствует отделению верхнего листа от стопы. Движущаяся полая штанга с присосами подводит лист приблизительно до одной трети накладного стола. В этот момент всасывание автоматически прекращается, и лист падает на накладной стол. Поршень насоса опускается в нижнее положение, а штанга с присосами возвращается к ста-

цельному столу, и процесс возобновляется. Лист, опущенный на накладной стол *a* (фиг. 6), передвигается дальше транспортными ролика-

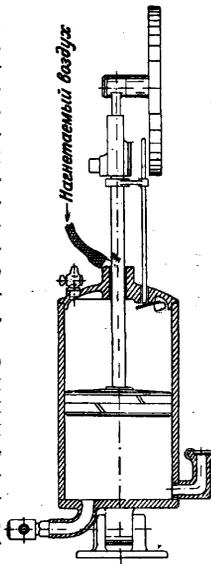


Фиг. 4.

ми. Нижние ролики вращаются непрерывно, причем скорость вращения их постепенно уменьшается по мере приближения листа к передним маркам.

Верхние ролики *b* приподнимаются перед поступлением листа к передним маркам, и дальше он скользит по инерции. Если бы большая скорость транспортных роликов оставалась постоянной, то передние кромки листа, ударившись о передние марки, сминались бы или прорывались и точности накладки нельзя было бы получить. Уменьшение скорости движения подаваемых листов в этой конструкции достигается эллиптическими колесами *e* и *g*, от которых посредством цепи *d* приводится во вращение вал нижних транспортных роликов. Когда лист достиг передних марок, он посредством рычажного механизма накладывается точно к боковым маркам и подхватывается клапанами печатного барабана. В случае подачи дефектного листа электрическое приспособление выключает машину, которая немедленно останавливается.

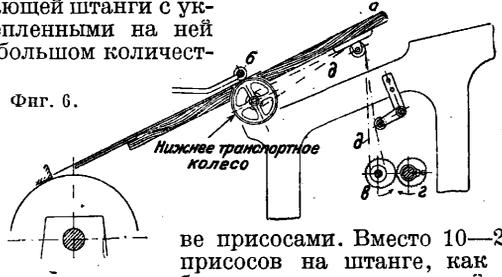
С. «Универсаль» строится также и такой формы, к-рая допускает накладку двух листов одинаковой или различной толщины. Для печатных машин больших форматов «Универсаль» снабжается двумя помпами (фиг. 7). Помпа *b* подает только сжатый воздух и



Фиг. 5.

обычно делается меньше помпы *a*, к-рая как обычно в нижней половине цилиндра разрежает воздух и в верхней половине сжимает воздух.

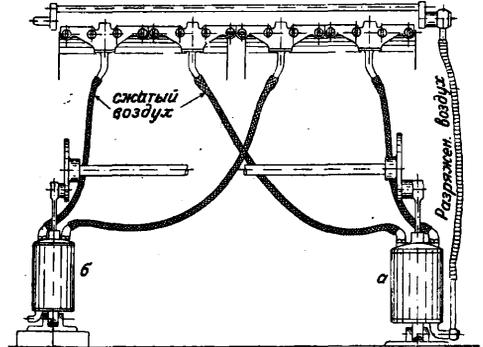
Новый по конструкции пневматический С. «Шписс-Заугер» сконструирован без присасывающей штанги с укрепленными на ней в большом количестве



Фиг. 6.

ве присосами. Вместо 10—20 присосов на штанге, как в большинстве конструкций, в

данном случае имеется всего два присоса, действующие по одному с каждого переднего угла верхнего листа штапеля с бумагой. Подача листа производится путем загибания обоих передних углов листа посредством одного присоса с каждой стороны. Под приподнятый верхний лист вдувается струя воздуха. В этом С. возможна автоматическая подача листов к накладным маркам и при остановленной машине путем привода С. от руки. С. «Шписс-Заугер» строится двух основных моделей—с высоким и



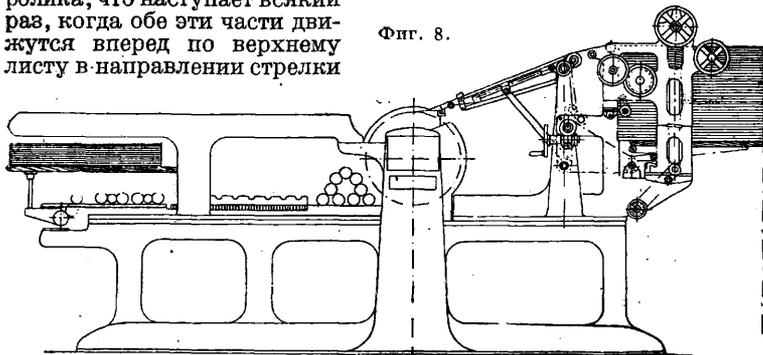
Фиг. 7.

с малым штапелем. Боковой вид последней из этих моделей показан на фиг. 8. Для удобства обслуживания печатного цилиндра накладная доска С. приподнимается вверх и полностью освобождает подход к печатному цилиндру (фиг. 9). С. дает возможность в случае необходимости накладывать листы вручную.

Фрикционные С. Механизм подачи листа в фрикционном С. «Ауто» показан на фиг. 10. А, Б и В. Палец 1 свободно сидит на валике для подачи 2, к-рый эксцентриком и коленчатым рычагом движется вперед и назад. Направляющая, в к-рой движется валик 2, получает перемещение вверх и вниз от другого эксцентрика. Рычаг, прикрепленный к оси пальца, придает скользящему движению частичное вращение. У каждого пальца имеется установочная дуга 3, к-рая поднимает палец своим нижним концом при обратном ходе пальцевого валика кверху и эластично надавливает на него при прямом ходе. Палец состоит из стержня 1 с легко приводимым во вращательное движение фибровым роликом 4, обтянутым резиной. К релику прикреплено маленькое храповое колесо 5 и с той же стороны к стержню пальца прикреплен на болте весьма гибкий шпунт 6 с зубцом 7, к-рый подходит к зубьям храпового

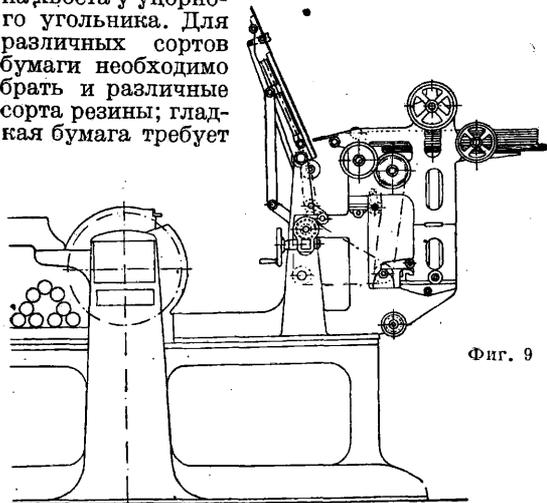
колеса 5. Зубец шупа не может сцепиться с храповым колесом, когда ножка шупа находится на одном уровне с нижней частью резинового ролика, что наступает всякий раз, когда обе эти части движутся вперед по верхнему листу в направлении стрелки

Фиг. 8.



(фиг. 10, А). Тогда ролик может без трения прокатываться по листу. Однако как только храповый шуп при дальнейшем движении валика пальца в направлении стрелки выступает за передний край верхнего листа, ножка шупа может опуститься в выемки между резиновыми пластинками 11 упорного угольника, вследствие чего зубец 7 сцепляется с храповым колесом и задерживает ролик (фиг. 10, Б). Благодаря этому верхний лист при движении пальца вперед резиновым роликом 4 подтягивается настолько вперед, что он выступает немного за середину подающего валика 9. Как только палец дошел до крайнего своего положения, он поднимается благодаря вращению своей оси, прежде чем совершить свой обратный путь. Тогда опускаются обтянутые резиной подающие ролики 10 на постоянно вращающийся подающий валик 9 (фигура 10, В), вследствие чего лист направляется на накладной стол. Отделению листов содействует лежащая под путем, пробегаемым пальцем, фрикционная плоскость. Это — кусок плоской резины 8, равный ширине пальцевого ролика и длине его пути пробега. Плоская резина прикреплена к 4-угольной латунной втулке и может с ней легко быть надета на держатель формы ласточкина хвоста у упорного угольника. Для различных сортов бумаги необходимо брать и различные сорта резины; гладкая бумага требует

Фиг. 9

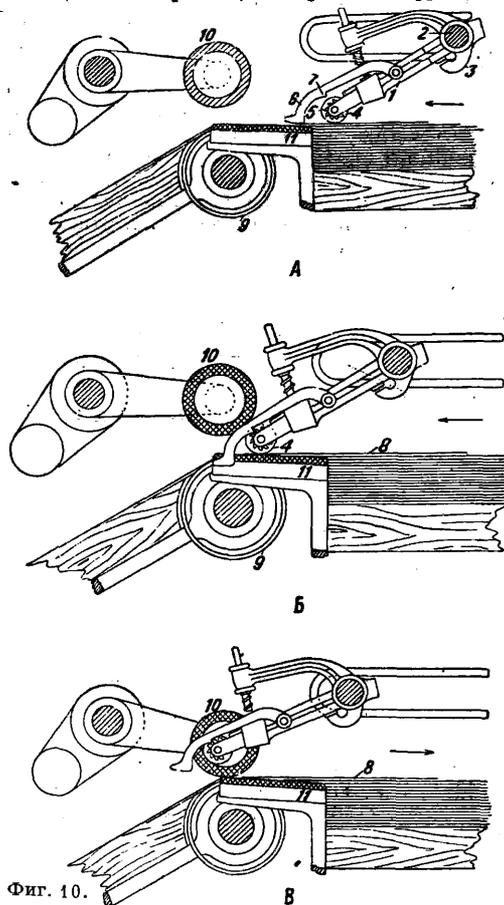


шероховатой резины, шероховатая бумага — гладкой резины. В качестве связи между накладным столом и упорным угольником, поверхность к-рого покрыта плоской резиной, служит

беспрерывно вращающийся подающий валик. Когда лист продвинут пальцами настолько, что его передний край перешел за середину валика, пальцы поднимаются, но зато опускается на валик транспортный ролик, обтянутый резиной. Этот лист подается вперед на наклонный накладной стол, после чего транспортные ролики подают его к накладным маркам.

С. сист. Кенига работает по принципу роспуска листов. Способ работы показан на фиг. 11. Отделение листов производится по направлению стрелки фрикционным колесом А, покрытым маленькими роликами из вулканизированной фибры. Верхний лист бумаги

продвигается до тех пор, пока его задний край не пройдет за нажим В, который остается поднятым над стопой бумаги, пока работает фрикцион-



Фиг. 10.

ное колесо А. После этого фрикционное колесо А останавливается, нажим В опускается на бумагу и одновременно поднимается А, в то время как вращающееся резиновое колесо В опускается на верхний лист и подает его на накладную доску. Как только лист сошел со стопы бумаги, фрикционное колесо В и нажим В снова поднимаются, а фрикционное колесо А опускается, и операция повторяется. Своевременная остановка фрикционных колес достигается при помощи двух маленьких язычков, располо-

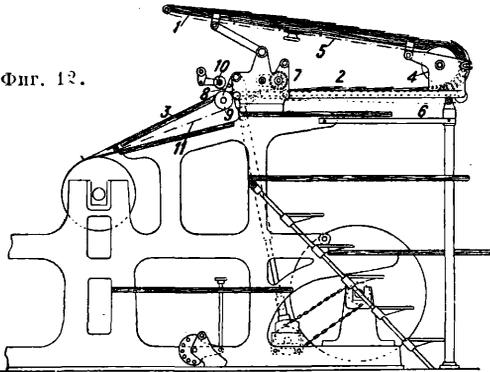
женных по обоим сторонам переднего края верхнего листа, которые служат как бы перед-

Фиг. 11.



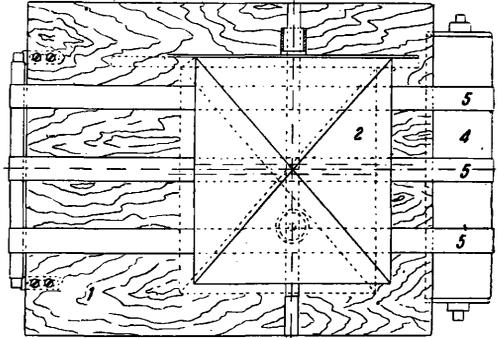
ними марками. Они соединены с муфтой, приводящей в движение фрикционное колесо таким образом, что оно тотчас же останавливается, как только лист касается двух язычков. В этом положении лист остается, не прижимаемый больше нажимом *Б*. Оба язычка однако сами по себе не обеспечивают подачи листа без перекоса; наоборот, оказалось, что при печатании с неравномерно распределенными условиями трения, напр., когда одна половина состоит из иллюстраций, а другая — из набора, подачи без перекоса листа без специальных средств добиться нельзя. Для этого справа и слева от резинового колеса *В* над поверхностью бумаги расположены два маленьких кусочка резины, к-рые, придерживая и тормозя автоматически, надавливают на бумагу так, что достигается более верная подача. Т. к. колесо *А* благодаря своим фрикционным роликам при чувствительной бумаге могло бы оставить незначительные следы на верхнем листе, то на этот случай имеется возможность натянуть под ним полоску полотна, к-рая

Фиг. 12.



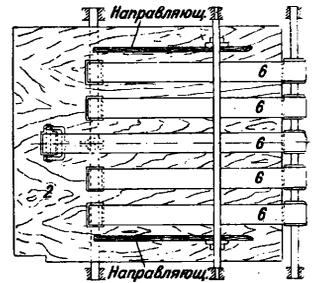
передает бумаге толкающее действие колеса. Привод *С*. устроен от вала махового колеса; при обратном ходе машины *С*. не работает. *С*. можно привести в действие от руки, что облегчает работу приправки. Потребная для аппаратов мощность составляет в среднем $\frac{1}{15}$ HP. *С*. соединен с автоматич. тормозом, к-рый останавливает машину при неправильной подаче бумаги. Накладной стол покоится на раме, к-рая автоматически поднимается на двух винтовых шпинделях. Над поверхностью бумаги устроен шуп, который включает механизм для подъема стола. Для двухоборотных машин и офсетных машин *С*. сист. Кенига всегда снабжается усиленным подъемным приспособлением для стола, благодаря которому возможно пускать в работу штапель бумаги до 70 см высоты. *С*. системы Кенига строится с плоским и круглым штапелем. Круглый штапель имеет то преимущество, что для загрузки новой стопы бумаги нет надобности останавливать машину, но зато бумагу приходится подкладывать все время мелкими партиями на ходу машины, что требует постоянного обслуживания.

С. сист. «Ротари» (ф-ки Г. Шписса) работает по принципу роспуска листов. На «Ротари» бумагу можно подкладывать во время хода печатной машины. На фиг. 12 схематически изображен *С*. сист. «Ротари», установленный на плоской типографской машине. Основным преимуществом *С*. сист. «Ротари» является отсутствие прямолинейно-возвратно движущихся частей; поэтому он может развивать большую скорость подачи (по данным фирмы до 5 000 листов в час). «Ротари» приводится в движение от привода печатной машины при помощи цепной передачи. Накладной стол состоит из трех частей:



Фиг. 13.

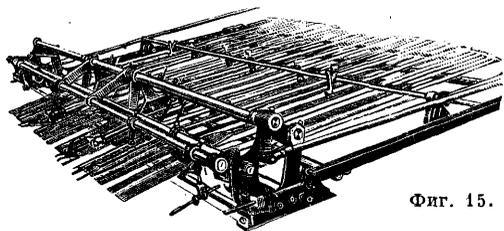
1) верхнего накладного стола *1* для загрузки бумагой, 2) транспортного стола *2*, с к-рого листы бумаги подаются фрикционными колесами, и 3) переднего накладного стола *3*. Верхний стол *1* соединяется с транспортным столом *2*, вращающимся деревянным барабаном *4*, к-рый иногда называют распускателем. Столы *1* и *2* неподвижны, тогда как стол *3* м. б. приподнят вверх специальным подъемным приспособлением, для того чтобы иметь возможность накладывать листы вручную. Верхний и транспортный столы связаны с барабаном *4* посредством ряда широких транспортных лент *5* и *6* (фиг. 13 и 14). Над транспортным столом *2* движатся бесконечные широкие ленты *6*, к-рые подводят листы бумаги к фрикционным колесам. В зависимости от размера печатной машины, а следовательно и *С*. количество транспортных лент *6* устанавливается до пяти. Накладываемая бумага пачками 100—300 листов накладывается на верхний накладной стол *1*, причем бумага несколько распускается. Т. о. непрерывный слой распущенных листов бумаги высотой до 5 см посредством транспортных лент *5* и барабана *4* автоматически подается от верхнего накладного стола *1* на транспортный стол *2*. На последнем слой распущенных бумаженных листов продолжает свое поступательное движение и подается к фрикционным колесам *7* (фиг. 12) при помощи транспортных лент *6*, находящихся на столе *2*. При тонких бумагах общее количество загруженной бумаги от начала загрузки стола *1* до фрикционных колес *7* может достигать до 3 000 листов. Фрикционные колеса *7* отделяют верхний лист и про-



Фиг. 14.

двигают его вперед до рычажка 8. Как только передний край листа коснется рычажка 8, специальный механизм приподнимает фрикционные колеса. Передний край листа лежит на вращающемся ролике 9 и как только он будет прижат сверху двумя резиновыми роликами 10, он продвигается на стол 3 и подводится к передним маркам транспортными лентами 11. К концу движения листа скорость транспортных лент уменьшается, благодаря чему исключено всякое смятие передних кромок листа. При непрерывном накладе подача бумаги механически останавливается. «Ротари» подходит к машинам любого типа. Потребная сила около 0,25 л. С. системы «Ротари» строят также для двойного наклада. На нем можно работать одновременно с двумя накладываемыми рядом листами различного формата и различной толщины.

Комбинированные системы С. представляют собой комбинацию двух указанных систем—фрикционной и пневматической. В американском С. сист. «Декстер» один лист отделяется от другого с помощью маленького фрикционного приспособления, а поднятие верхне-



Фиг. 15.

го листа и передача его на транспортер выполняется присасыванием. После того как верхний лист отделен, он вводится присосами между двумя ведущими роликами, к-рые опускаются на лист и передвигают его к переднему концу транспортного стола. При работе с необычно большими листами или с такими сортами бумаги, к-рые трудно отделяются друг от друга, отделение листов облегчается добавочной струей сжатого воздуха. Сила воздушной струи регулируется особыми вентилями, которыми можно регулировать и момент пуска струи. Воздух должен вдуваться в стопу бумаги сбоку, когда присосы окажутся в соприкосновении с верхним листом бумаги или незадолго до этого. Транспортное приспособление для подачи листов бумаги состоит из присасывающей штанги с резиновыми присосами, укрепленными на ней. Присосы, прикоснувшись к верхнему листу бумаги, приподнимают его и подводят к ведущим роликам. Все пневматич. устройство для присоса м. б. переставляемо сообразно с высотой штапеля бумаги. Подача листов к накладным передним маркам происходит с помощью подвесных транспортных лент (фиг. 15), т. ч. невозможна ни задержка листа ни смазывание лицевой стороны при печатании оборотной, случающееся вследствие скольжения листа. Средняя лента д. б. по возможности средне листа. Остальные ленты равномерно распределяются по ширине листа. Боковые края листа не должны свешиваться над крайними лентами больше, чем на 1 см. Если по той или иной причине один из листов неправильно положен или изорван и смят, машина, равно как и С., останавливается. При двухоборотных машинах выключается и печатный барабан. Если одновременно по какой-либо причине (напр.

из-за невысохшей печати) два или несколько накладываемых листов слепились, то печатный барабан выключается, и С. и машина автоматически останавливаются.

В последних конструкциях С. предусматривается возможность работать с большими штапелями бумаги. Чтобы избежать отнимающую много времени зарядку С. бумагой, пользуются штапельной вагонеткой, на к-рой м. б. уложена в складе стопка бумаги любой высоты. Когда сменный накладной стол машины пуст, он удаляется, стол с полным штапелем на вагонетке подкатывается и вставляется в машину.

Лит.: Klmsch Jahrbücher, Frankfurt a/M.; Bauer Fr., Handbuch f. Buchdrucker, 4 Aufl., Frankfurt a/M., 1925; «Der graphische Betrieb», Berlin; см. также Печатающие машины. Е. Готман.

САМОПУСКИ, см. *Стартер*.

САМОТАСКА, элеватор, конвейер, транспортные устройства для перемещения грузов. С. в мукомольном производстве служит для передвижения сыпучих продуктов и является необходимой частью оборудования мельниц, где по ходу технологич. процесса требуется многократное передвижение продукта из-под машин, расположенных в нижних этажах, на машины в верхних этажах. Термин С., равнозначный конвейеру, применяется также в лесной промышленности (см. *Конвейер*).

САМШИТ, кавказская пальма (*Buxus sempervirens*), небольшое дерево или кустарник из сем. Вихасеае, произрастающий в Средиземноморской области Европы, в Малой Азии, Персии, Китае и Японии. В пределах СССР встречается С. на черноморском побережье Кавказа, в Грузии и Ленкоранском округе Азербайджана. По очень приблизительным подсчетам в СССР общая площадь самшитовых древостоев составляет ок. 10 000 га. Самшитовые деревья достигают наибольшей высоты 15—18 м, при диам. 45—50 см (средняя высота 12 м, при диам. 35—50 см). С. принадлежит к вечнозеленым растениям, с весьма густым облиственным. Семена С. ядовиты. Ствол С. одет желтовато-серой тонкой корой с мелкими трещинами, содержащей алкалоид—буксин. С. размножается семенами, черенками и отводками.

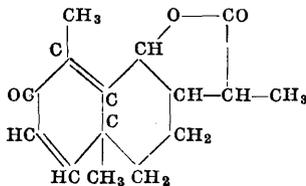
Основные биологич. особенности С. таковы: С.—древесная порода теневыносливая, требовательная к влажности воздуха и почвы, предпочитающая почвы с наличием извести, достаточно гумифицированные и обладающие щелочной, нейтральной или слабокислой реакцией, и не выскательная к механическому составу почвы. С. продвигается в горах Кавказа по высоте до 1500 м, хотя в некоторых местах уже 600 м над уровнем моря являются пределом его распространения. Растет С. чрезвычайно медленно: в 350—400 лет ствол С. достигает диам. 30—40 см. С. чаще всего образует второй ярус под пологом таких древесных пород, как граб, бук, грабинник, ясень, липа и др., где он хорошо произрастает и дает естественное возобновление, иногда достигающее 100 тыс. шт. самосева на один га. С. произрастает иногда и на открытых скалах гор. Древесина С. малоожелтого цвета, с узкими сердцевинными лучами и мелкими сосудами, обладает мелким равномерным сложением, высокой плотностью, большим уд. в. (1,06 в сухом состоянии) и почти одинаковой твердостью в торцовом (1490 кг/см²), радиальном (1530 кг/см²) и тангенциальном (1480 кг/см²) направлениях. Высокие технические свойства древесины С. делают ее пригодной для изготовления ценных пред-

метов (ткацких челноков, гравировальных досок, пуговиц, измерительных приборов и т. п.). Потребность в древесине самшита определяется в СССР ~3 000 м³. Древесина С. представляет чрезвычайно ценный продукт для экспорта. Поделочная древесина С. должна быть несучковатой, прямой, без свилеватости, значительных трещин и с отсутствием гнили. Нерациональная заготовка древесины С. часто приводит к образованию в ней трещин и гнилей. Поэтому при заготовках С. следует соблюдать следующие условия: 1) срок заготовки в период с ноября по 1 марта; 2) заготовленные материалы не окоряют, а лишь освобождают кору от мха и парафинируют торцы; 3) заготовленный материал складывают для просушки в штабели, перестилаяемые досками, и закрывают от солнца и атмосферных осадков; 4) во время транспорта, для предохранения от высыхания, древесину прикрывают брезентами; 5) на складах древесину хранят в прохладных темных помещениях, избегая резких колебаний температуры и влажности. Заготавливают древесину С. небольшими отрезками в 1 м длиной и меньше, с минимальным диам. в верхнем отрубе 6,5 см. Следует обратить внимание на правильное ведение хозяйства в самшитовых древостоях и разработку научно-исследовательскими институтами рациональных приемов их эксплуатации, а также хранения и переработки древесины С. является кроме того весьма ценным декоративным растением; благодаря своей выносливости к стрижке и наличию декоративных форм он дает возможность создавать ценные зеленые оформления, что представляет большой интерес при зеленом строительстве в наших социалистич. городах.

Лит.: З а к л и н с к и й Н. С., Леса Абхазии, Л.—М., 1931; Соколов С. И., Общий естественно-исторический и лесоводственный очерк Сочицкого района. «Труды и исследования по лесному хозяйству и лесной промышленности Ленинградского лесопромышленного научно-исследовательского ин-та», Л., 1931, вып. 14; А с о к о в А. И., Почвы лесов, лесоводственные свойства и культуры некоторых древесных пород Сочицкого района, там же; И в а н о в с к и й М. И., Хозяйство на самшите и каштан, там же. Н. Кобранов.

САНДАРАК, 1) смола атласского кипариса (*Callitris quadrivalvis*,—Сев. Африка, Австралия). Лучшие сорта—прозрачные бесцветные зерна слабо ароматич. запаха; уд. в. 1,05—1,095; твердость значительная (по твердости сандарак близок к каурикопалу); применяется в производстве лаков. 2) С., или реалдгар, см. Мыльнякя соединения.

САНТОНИН, C₁₅H₁₈O₃, действующее начало цитварного семени—молодых цветочных почек цитварной полыни (*Artemisia santonica*), растущей в изобилии в Туркестане (Семипалатинск—Ташкент).



С. представляет бесцветные блестящие личинки с $t_{\text{пл.}}$ 170°, легко желтеющие на свету, уд. в. 1,187; С. растворяется в 5 000 ч. холодной воды (при 17,5°) и в 250 ч. кипящей воды, в 43 ч. холодного (22,5°) и в 3 ч. кипящего спирта (при 80°), в 75 ч. эфира и в 4 ч. хлороформа; легко растворяется в ди- и трихлорэтилене. Спиртовой раствор С. от прибавления

раствора едкого кали или натра окрашивается в карминово-красный цвет. С.—производное гидрированного нафталина; он обладает свойствами кетонов и одновременно является лактоном сантониновой к-ты; выше помещена наиболее вероятная ф-ла строения С. Для получения С. цитварное семя кипятят в присутствии спирта и гидрата окиси кальция (известкового молока) и отфильтровывают от нерастворимых частей. Фильтрат нейтрализуют разбавленной б-ляной кислотой, жидкость оставляют стоять в течение нескольких дней в холодном месте и отсасывают выделившийся С. Его перекристаллизовывают из спирта кипячением с небольшим количеством животного угля. Процесс получения основан на том, что при нагревании с известковым молоком С. переходит в кальциевую соль сантониновой к-ты, к-рая извлекается разбавленным спиртом; по прибавлении соляной к-ты вначале выделяется сантониновая к-та, к-рая скоро переходит в сантонин. С. применяется в медицине как средство против глистов. С.—сильный яд и в больших дозах вызывает судороги и смерть. Добывается сантонин в Казакстане. В Чимкенте сооружен завод, не только удовлетворяющий потребности СССР в сантонине, но и экспортирующий его за границу.

Лит.: Ч и ч и б а б и н А. Е., Основные начала органич. химии, изд. 3, М.—Л., 1931; Sch w y z e r, Die Fabrikation pharmazeutischer u. chemisch-technischer Produkte, В., 1931. М. Нацельсон.

САПОЖНАЯ ВАКСА, название специальных цветных составов для придания коже мягкости и блеска. Имеется богатая рецептура С. в. на восковом и жировом основаниях. Обычная черная вакса изготавливается растиранием пылевидного костяного угля и сажи (высших сортов), патоки, декстрина, жира и воды с небольшим добавлением серной к-ты. Подкраску С. в. производят также нигрозином или железными солями. С появлением цветных кож хромового дубления С. в. были заменены сапожными кремами и жидкими аппретурами. Кремы обычно готовят на восковом основании, иногда с прибавлением смолы. Воск для сапожных кремов употребляется гл. обр. растительный. Кроме воска (карнаубского, пчелиного или церезина) в состав крема входят растворители (скипидар, бура) и пигментные красители. Сапожные аппретуры—окрашенные растворы буры и шеллака в воде или шеллака в спирте.

Лит.: см. Восковые составы.

САПОНИНЫ, класс глюкозидов, широко распространенных в растительном мире, встречающихся в мыльном корне (*Saponaria officinalis* L.), в панамской коре (*Quillaja saponaria*) и во многих других растениях. Химич. строение их неизвестно. Нек-рые из них имеют кислую реакцию. Наиболее ядовитые из них носят общее название сапотоксинов. Даже слабые растворы при встряхивании образуют пену подобно мыльной. При гидролизе С. распадаются на сахар и сапогенин, нерастворимый в воде. Для получения С. применяют б. ч. экстракцию спиртом. Выделяющиеся при охлаждении С. промывают спиртом и эфиром, растворяют в воде и осаждают гидратом окиси бария. Бариевое соединение разлагается, и С. выделяются из раствора осаждением спиртом. С. употребляются для мытья тканей, не выдерживающих мыла, для борьбы с насекомыми; в медицине некоторые сапонины применяются как отхаркивающее.

Лит.: Кешин Р., Руководство по фармакологии, пер. с англ., вып. 2, Л., 1931; Schmidt E., Ausführliches Lehrbuch d. pharmazeutischen Chemie, 6 Aufl., B. 2, Brschw., 1922—23. М. Нацнельсон.

САПРОПЕЛИТ, порода тонкоземлистого строения, характер которой обусловлен наличием в ней сапропеля (см.). По Науманну пелитами называют породы илстые—тонкоземлистого, глинистого и тонкопесчанистого строения, в отличие от псаммитов—пород, содержащих зерна песка более грубого. С. характеризуется, во-первых, именно пелитовым строением, независимо от содержания в этой породе неорганич. примесей, и обнимает все сапропелевые образования, начиная от чистого сапропеля, образовавшегося из одних только органич. остатков, и до пород с меньшим или большим содержанием неорганич. веществ, которое в нек-рых случаях м. б. минимальным, лишь бы только они обладали тонкоземлистым иловатым строением. Породы же, сапропель к-рых уже исчез и к-рые перешли поэтому из каустобиолитов в акаустобиолиты (напр. диатомовый пелит, или диатомопелит), к С. иногда относят, иногда не относят, и притом даже у одного и того же автора (Г. Потонье); впрочем эта неопределенность понятна, т. к. нек-рое присутствие органич. веществ свойственно даже таким породам, за к-рыми органич. происхождения обычно не признается, каковы напр. глины (см. Пластичность). В отношении строения С. противопоставляется сапропсаммиту, обладающему характером грубоватопесчанистым. Во-вторых, С. характеризуется участием в его образовании сапропеля, т. е. продукта гниения (анаэробного брожения) жиров и м. б. белков. В отношении своего связующего вещества С. (вместе с сапропсаммитом) противопоставляется гумипелиту (и гумипсаммиту), органич. примесь к-рого состоит из гумусовых образований, т. е. продуктов перегнивания аэробного брожения углеводов. По консистенции С. обнимает весь ряд образований, от сапропелевой слизи и иловатого современного С., через посредство плотностуднеобразного сапроколла (более старого происхождения) и кожеподобного балхашита до третичных дизодиллов, палеозойских кеннельских углей и богхедов. Во влажном состоянии сапропелитовые и соответственно сапроколлавые земли, содержащие глину, песок или мергель, настолько похожи на чистый сапропель, что отличаются от него лишь микроскопически или химически (напр. по почернению при нагревании без доступа воздуха); в воздушно-сухом же состоянии они, напротив, неотличимы от глины, песков и мергелей, считающихся несодержащими сапропеля. Сапропелевая глина может по цвету не отличаться от обычной, но обладает очень мягкой (полужидкой) иловатой студнеобразной консистенцией, а при засыхании приобретает, напротив, известную твердость. С течением геологич. сроков времени сапропель может отвердевать до битуминозных сланцевых глин и битуминозных глинистых сланцев (посидониевый сланец и т. д.); аспидные сланцы тоже вероятно представляют динамометаморфич. продукты изменения С., на что указывает их черный цвет, обусловленный органич. веществом. К С. иногда довольно близко подходит сапропелевый песок, особенно при содержании в нем панцирей диатомей; к тому же этот песок чернеет при прокаливании без доступа воздуха. Однако рыхлость сапропелевого песка, когда он выходит из иловатого состояния, ведет к полному разложению органич.

частиц, т. ч. в воздушно-сухом состоянии такой песок не обнаруживает твердости, характерной для С., и даже очень легко распадается. Цвет С. весьма разнообразен, в зависимости не только от месторождения, но и от слоя, из к-рого взят данный образец. Оливково-зеленые, желтовато-зеленоватые и бурые оттенки многих С. наводят на предположение о хлорофилле и его производных как окрашивающих началах С.; действительно спектр поглощения спиртовых вытяжек из С. показал полосу поглощения в промежутке 670—660 $m\mu$ (Б. Л. Исаченко, 1919 г.), чем подтвердилось указанное предположение. Для примера м. б. даны две последовательности окрасок С. из Белого и Черного озер (б. Тверской губ.), причем в Белом озере окраска С. изменяется вглубь от оранжевого к оранжево-желтому до желто-зеленого, тогда как в Черном озере, наоборот, от красно-оранжевого к оранжевому (табл. 1). При обилии извести С. бы-

Табл. 1.—Характер и цвет слоя сапропелита (по Б. Л. Исаченко).

Характер слоя	№ слоя	Мощность слоя, см	№ цвета*	Цвет
Белое озеро				
Верхний слой, представляющий скопление мягкой и жирной червеобразной массы, «червяк»-рой достигают 10 см длины и 0,5 см толщины	1	20	285	Темнозелено-оливковый
Второй слой мягкий и жирный, подобный первому . . .	2	35	289	Темнозелено-оливковый
Однородная масса, уже утратившая червеобразное строение	3	145	154	Бурый
Плотная жирная масса, по мере углубления содержащая все меньше воды и все больше песка . .	4	200	135	»
	5	100	125	Темный
	6	50	—	»
Черное озеро				
	1	400	75	Черный с красно-оранжевым оттенком
Жирная темн. масса, содержащая песка больше, чем С. с Белого озера	2	450	89	Темнооранжевый
	3	550	134	Более светлый оранжевый

* По Codes des couleurs, составленным P. Cling-sick и Th. Valette (Paris, 1903).

вает почти белым. Окраска цветных слоев некоторых С. объясняется в нек-рых случаях присутствием местных красящих глин (В. Толмачев); однако в нек-рых случаях такое объяснение оказывается невозможным. При обильном содержании пыли древесных пород пыльцовые С. бывают от желтоватого до серо-желтого цвета и в воздушно-сухом состоянии отличаются особенною легкостью; минеральными составными частями они беднее других С.

Химич. состав С. охарактеризован в табл. 2, 3 и 4а. В табл. 2 показано существенное колебание состава у С., даже весьма близких по своему месторождению, а в табл. 3—изменения Табл. 2.—Химический состав в (%) сапропелитов (по В. Н. Таганцеву).

Составная часть	С. с озера Белого	С. с озера Пегороградного*
Зола по пересчету на сухое вещество С.	17,35	78,19
Состав золы:		
Вещества, нерастворимые в HCl	72,8	8,8
Fe ₂ O ₃	15,1	3,4
CaO	8,8	72,5
MgO	1,5	2,4
SO ₂	3,0	3,2

* Вышневолоцкого района б. Тверской губ.

бание состава у С., даже весьма близких по своему месторождению, а в табл. 3—изменения Табл. 3.—Зависимость состава сапропелитов от глубины залегания (по В. Н. Таганцеву).

Глубина залегания*1 в м	С*2	Н*2	Зола*2	Гигроскопическая вода*2
Поверхностный ил	41	6	19	12
350	36	5	28	12
450	33	5	33	10
550	25	3	48	8
675	18	3	58	7

*1 На дне озера Белого. *2 Содержание на зольное воздушно-сухое вещество в %.

состава при углублении в толщу одного и того же сапропелитового отложения. Как видно из последней, зольность С. с углублением возрастает, а гигроскопическая влага падает. В табл. 4 и 4а дано сравнение двух слоев С., Табл. 4.—Сравнительные свойства сапропелитов разной глубины залегания (по В. Толмачеву и Е. П. Сысоевой)*.

Свойства	Озернуга	Трясуга
Мощность, см	25—180	35—70.
Консистенция в естественном состоянии	Студневидная, несколько землистая	Студневидная
Цвет и сложенные	Оливковый	Желтоватый или розоватый, сложенное слоистое, из слоев разных оттенков
Процесс засыхания	Медленный	Очень медленный
Тв. в высушенном состоянии	Как свежая кость	Как сухая глина

* Озеро Шигирское (Ново-Рудянский завод б. Екатеринбургского у.).

Табл. 4а.—Химический состав сапропелитов в (%).

Слой С.	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	SO ₂	Процент*
Озернуга	38,04	4,63	5,27	2,72	0,92	—	2,80	45,46
Трясуга	2,56	0,51	1,52	40,64	1,17	—	0,26	51,81

* Органические вещества и вода.

подстилаемых серо-голубыми глинами (м я н и г а) и прикрываемых торфом: т р я с у г а отличается обилием извести, а о з е р н у г а — кремнезема. Содержание азота в С. порядка 2—3%. Как пример приводятся нек-рые сравнительные данные в табл. 5. Будучи высушен-

Табл. 5.—Элементарный состав некоторых сапропелитов в (%).

Вещество	Зола	N	S	C	H	O
Толполовский С.	16,08	3,71	2,46	42,53	3,02	32,24
Слизь Толполовского болота .	20,78	1,44	38,46	1,11	5,91	32,20
Бельский С. . .	48,26	2,11	1,10	27,72	3,99	16,82
Мензелинский допшперит . .	13,11	1,81	3,36	48,26	4,44	29,02

ным, С. сильно темнеет, уменьшается в объеме, становится твердым, как камень, причем размачивание не возвращает ему мягкости. С., высушенный после промораживания, нередко распадается на тонкие слои.

С. образуется в спокойных или сравнительно спокойных водных пространствах как морского побережья, так и больших озер и рек, причем мелководность (порядка 4—20 м) благоприятствует накоплению С. К местам образования С. относятся: спокойные озера, в особенности не имеющие притоков или истоков, пруды, лагуны (т. е. береговые озера с пресной водой) и гафы (т. е. озеровидные бухты, часто с соленой водой), соленые озера степей кроме застаивающихся озер; как место образования С. должна быть отмечена зона солоноватых вод, особенно у устья рек, в мелких соляноводных болотах, особенно мангровые болота тропиков, дно нек-рых морей, напр. между Северофризскими островами и побережьями Шлезвигта и Голштинии, дно Балтийского моря. Относительно морского дна д. б. отмечено скопление С. в углублениях (ямах), обусловленное передвижениями воды в связи с изменениями t°. Напротив, глубоководные осадки лишь отдаленно напоминают С. Животные и растительные остатки планктонных сообществ вместе с пылью ветроопыляемых растений и тонкими илами, опускаясь на дно (и притом настолько быстро, чтобы по пути не подвергнуться растворению, разложению или съедению рыбами, для чего требуется достаточная мелкость водоема), уходят от окисляющего действия атмосферы и постепенно заполняют водоем; к ним присоединяются трупы разнообразных животных и растительных организмов побережья и экскременты животных. Для примера приводится фито-биологич. состав Коськовского С., б. Корчевского у. Тверской губ. (по С. М. Вислоуху).

Верхний слой. Пустые оболочки диатомовых (3) и спор хризомонад (2), иглы пресноводных губок (2), пыльца хвойных (3), пустые оболочки *Pediastrum Boriatum* (1/3), спорангий папоротник (1/3), коробочка мхов (1/3), детрит—мельчайшие бесструктурные частицы органич. вещества (∞), песчинки (∞).

Средний (продуктивный). Пыльца хвойных (2), иглы пресноводных губок (1), оболочки оболочек диатомовых (1/3), детрит (∞), песчинки (∞).

Нижний (подстильный). Пыльца хвойных (3), пустые оболочки диатомовых (2), спор хризомонад (2), иглы пресноводных губок (2), детрит (∞), песчинки (∞).

Примечание. В соответствии с инструкцией о микроскопии. исследовании сапропеля, грунтов и т. д., принятой Сапропелевым комитетом, количественные обозначения читаются так. Индекс 3 означает частое нахождение остатков, индекс 2—обычное, индекс 1—сравнительно редкое. В дробных числах в знаменателе стоит число проб, подвергнутых микроисследованию, каждая пол прокровным стеклом 18×18 мм, а в числителе—абсолютное

число организмов данного вида, наблюдающихся на этих препаратах. Знаки (∞) и (∞!) означают присутствие данного микроорганизма массовое, причем знак (∞!) указывает на чрезвычайно значительное число соответствующих остатков.

В нек-рых С. содержатся остатки доисторич. человека и кости вымерших животных, например мамонта, носорога и *Bos prisicus* (в С., а по местному—бузге, Шигирского торфяника б. Екатеринбургского у.). Мощность сапропелитового слоя бывает весьма различна—от нескольких десятков см до одного или полутора десятков м, чаще до 5 м, причем нарастание этой толщи идет очень медленно; так возникает трясина, ил к-рой представляет С.; эти сапропелитовые трясинки следует отличать от торфяных трясин. Если уровень С. поднимается до горизонта воды или, напротив, горизонт воды снижается до уровня С., то трясина начинает зарастать болотной растительностью, оставаясь тем не менее чрезвычайно опасной и непроходимой.

Обладая весьма значительным содержанием органических веществ и тонким строением, С. несомненно может найти себе весьма широкое применение как по своим физическим, так и хим. свойствам; однако весьма малая изученность С. служит препятствием к промышленным применениям этого ценного материала. В физич. отношении С. представляет прекрасное сочетание тончайшего наполнителя с цементирующим веществом, в силу чего он может рассматриваться как особый вид пластич. массы. Действительно, спрессованный в формах и осторожно высушенный, он дает материал твердый, хорошо обрабатывающийся, обладающий красивой поверхностью, а в случае сухости—и электроизоляционными свойствами; недостаток этого материала в естественном виде—его гигроскопичность. Как материал, содержащий органич. вещества, С. при сухой перегонке дает ценный деготь и пек, находящийся себе применение в производстве битуминозных заливочных составов, в частности для целей электроизоляции. Указанные области применения—одни из многих возможных, ждущих еще разработки, так например можно указать

на применение сапропелита как наполнителя пластических масс.

Лит.: Потонье Г., Сапропелиты, пер. с нем., П., 1920; Залесский М. Д., Очерк по вопросу образования угля, П., 1914; Сукачев В. Н., Болота, их образование, развитие и свойства, 2 изд., П., 1923; Россолмо Л., Атлас остатков животных организмов в торфах и сапропелях, М., 1927; Таганцев В. Н., Проблема сапропеля. «Нефть и сланц. х-во», М., 1924, 4—8; Огнев В. и С., Обитатели побережий, М.—Л., 1926; Доктуровский И. С., Болота и торфяники, развитие и строение их, М., 1922; «Иав. Сапропелевого комитета», вып. 1, П., 1923; вып. 2, Л., 1925; вып. 3, Л., 1926; вып. 4, Л., 1928; вып. 5, Л., 1929; «Нефтя. о.с. и сланцевое хозяйство». П. Фларэнжий.

САПРОПЕЛЬ, гнилой ил, образующийся на дне стоячих водоемов—озер, озерных заливов, лагун, лиманов и проч. В стоячих водоемах в образовании сапропелевых отложений принимают участие массово развивающиеся микроорганизмы, среди к-рых главная роль принадлежит планктону. К сапропелеобразователям относятся также и те водные сообщества, которые развиваются как на дне водоема, так и в прибрежной зоне (фито- и зообентос), а также более крупные водные организмы, напр. рыбы, различные ракообразные, их остатки и продукты их жизнедеятельности. Отлагаясь на дне водоема, эта смесь перемешивается с песком или глиной и образует породу—сапропелит (см.). Верхний слой таких отложений—пелоген—содержит максимальное количество живых организмов и представляет собой область непрерывного развития и отмирания микроорганизмов, и собственно С. называется накопившийся в значительные промежутки времени слой мертвых микроорганизмов. Вся сумма отложившихся микроорганизмов с течением времени, при участии бактерий, подвергается разложению без доступа кислорода (гниению). Такая форма разложения приводит к уменьшению накопления углерода и к увеличению накопления водорода; происходит итуминизация. Этим сапропелеобразование отличается от торфообразования, при к-ром происходит обратное явление, т. е. увеличение накопления углерода и уменьшение накопления водорода—карбонизация. Образующие С. организмы вообще богаты маслами

Табл. 1.—Химический состав сапропелей СССР.

Водоемы	Легучие	Органич. вещества в коксе (C+CO ₂)	Зола	C	H	S	N	O	C:H
				На органическую массу					
Оз. Балхаш *1	—	—	4,0	73,76	10,91	1,03	0,56	13,14	6,8
Оз. Белое *2	—	—	47,37	52,67	7,8	2,0	4,12	33,61	6,9
Болото Толполовское *3	—	—	17,87	56,31	7,30	3,85	3,09	29,45	7,7
Оз. Пяновое	71,38	21,96	6,66	49,74	6,30	—	—	—	7,9
» Коломенское	38,63	15,96	45,39	—	—	—	—	—	—
» Поганое	41,31	28,33	30,36	—	—	—	—	—	—
» Луново *3	57,23	21,25	21,52	—	—	—	—	—	—
» Чистое *4	60,79	21,84	17,37	—	—	—	—	—	—
»	45,12	19,32	35,56	—	—	—	—	—	—
»	—	84,17	15,83	—	—	—	—	—	—
Болото Маслово	—	77,86	22,14	—	—	—	—	—	—
Оз. Шуваниш *5	—	73,28	26,72	—	—	1,5	4,92	—	—
» Самро *6	—	51,3	48,7	—	—	—	5,37	—	—
» Судачье *6	—	46,39	59,61	—	—	—	4,88	—	—
»	—	39,22	60,78	—	—	—	3,38	—	—
» Хаблово *6	—	27,88	72,12	—	—	—	3,66	—	—
Болото «Самара», доплеритовый сапропелит *7	—	—	—	57,54	7,02	—	—	—	8,2

*1 Туркестан. *2 б. Тверской губ., Вышневолоцкого у. *3 Детское Село. *4 Кудиновский торфяной район. *5 Свердловск. *6 Ленинградская обл. *7 Осташков, Западной обл.

и жирами, поэтому в С. происходит накопление продуктов превращений белков и жиров. Такими продуктами являются воски.

Для С. характерно: 1) присутствие углеводов, относительно более богатых водородом и бедных углеродом (отношение углерода к водороду в С. меньше, чем в торфе); 2) присутствие белков, жиров и восков; 3) более высокое содержание азота, чем в торфе; 4) поскольку деятельность сапропелеобразователей не может развиваться в кислой среде, для С. характерно отсутствие гуминовых к-т. При зарастании озер и превращении их в болота С. бывает погребен под слоем торфа, приобретает густую студенистую консистенцию и превращается в сапроколл. Химич. состав наиболее обследованных сапропелей СССР дан в табл. 1.

Табл. 2.—Выходы экстрактов сапропеля (в %).

Растворители	Озеро Балхаш	Озеро Белое		Сапроколл Толполовского болота		
		На безводный С.	На органич. массу	На безводный С.	На органич. массу	t° н.л. экстракта, °С
Ацетон	22,04—23,6	2,12	4,40	1,65	2,01	72,3
Сероуглерод	32	1,64	3,40	2,06	2,51	64
Четыреххлористый углерод	39 } 42,1	—	—	0,95	1,16	73,5
Серный эфир	3,1 }	1,05	2,18	0,65	0,80	64
Этиловый спирт	—	3,45	7,16	1,84	2,24	73
Бензин	—	1,66	3,44	—	—	—
Ацетилендихлорид	—	—	—	1,84	2,24	73
Ацетилтетрахлорид	—	—	—	19,9	24,8	160
Хлороформ	—	—	—	2,59	3,15	78,5
Петролейный эфир	—	—	—	0,29	0,35	72,5
Бензол	—	—	—	2,06	2,51	73
Толуол	—	—	—	2,55	3,10	72
Амилловый спирт	—	—	—	4,95	6,02	73

Табл. 3.—Выходы экстрактов доплеритового сапроколла* (в %).

Растворители	На безводный материал	На органич. массу	t° н.л. экстракта, °С
Бензин	8,43	10,2	51
Серный эфир	0,56	0,67	73
Ацетон	4,79	5,77	81
Этиловый спирт	2,38	2,87	85
Сероуглерод	3,99	4,8	86
Бензол	9,13	11,0	88
Толуол	7,89	8,9	89
Хлороформ	7,86	8,86	92

* Болото «Самара» (Осташков).

Результаты экстракции С. различными органич. растворителями и константы экстрактов помещены в табл. 2, 3 и 4.

Состав экстракта С. меняется в зависимости от выбора растворителя. В экстракте присут-

Табл. 4.—Характеристика экстрактов из сапропелей.

Константы	Озеро Балхаш	Озеро Белое					Толполовское болото *1		Болото «Самара»*2
	ацетон	спирт	ацетон	сероуглерод	бензин	эфир	ацетон	бензол*3	серный эфир
Иодное число	66,25	82,95	32,88	32,85	43,7	45,35	42,84	18,8	16,6
Эфирное »	25,1	88,45	79,25	85,92	114,0	2,55	16,31	55,8	—
Кислотное число	110,4	17,05	33,45	17,98	0	30,43	49,67	22,5	32,08
Коэф. омыления	135,5	105,5	112,7	73,9	114,0	32,98	65,98	78,3	63,13

*1 Сапроколл. *2 Доплеритовый сапроколл. *3 Уд. вес 0,973.

ствуют: сложные эфиры высокомолекулярных алкоколей и к-т (воски), эти же алкоколи и к-ты в свободном состоянии, углеводороды парафиновые и непредельные жиры, смолы. В спирто-бензольном экстракте из толполовского сапроколла (Климов) найдены три к-ты: C₂₇H₃₄O₂, t° н.л. 80,5°; C₂₈H₃₆O₂, t° н.л. 81,5° и C₂₉H₃₈O₂, t° н.л. 83° и два алкоколя: C₂₈H₃₄O, t° н.л. 83° и C₂₇H₃₂O, t° н.л. 68°. При сухой перегонке С. при t° в 450—500° (швелевание) получают деготь, газ, полукочк, подсмольную воду; из дегтя (смолы) получают бензин, керосин, соляры, фенолы, парафинистый пек; из подсмольной воды — аммиак или его соли. Выход дегтя в % на безводный С.: озеро Балхаш 63,2, озеро Луково 18, озеро Пиявочное 17; сапроколл Толполовского болота 22,3—25,8 С.; Зайцевского болота 12, озера Шувакиш 9, доплеритовый сапроколл болота «Самара» 12. Из дегтя толполовского сапроколла выделено 4,6% (на деготь) парафина, имеещего t° н.л. 62°; из дегтя сапроколла болота «Самара» выделено 6% парафина. О применении С. см. также Сапропелит. Сырой С. имеет влажность 92—96%. Кроме бензина, керосина, фенолов, парафина, аммиака, швелера газа С. пригоден как наполнитель для пластич. масс. При известных условиях из С. непосредственно можно получить пластичес. массы (проф. Флоренский и Максоров).

После отгона или отдувки паром всех легких погонов сапропелевого дегтя получается парафинистый остаток, к-рый можно применить как компаунд для заливки кабельных муфт и изо-

Табл. 5.—Запасы сапропелей СССР.

Месторождения	Средн. мощность отложения, м	Сырой С., м ³
Ов. Чистое	4,1	2 800 000
» Луново	2,5	516 130
» Поганое	3,9	95 360
» Самро *1	3	45 000 000
» Шувакиш *2	до 6	4 855 000
Болото Толполовское	—	455 000

*1 Безводного С.—3 240 000 т. *2 Воздушно-сухого С.—647 500 т.

лянии мест соединений электрич. проводов. Людвигсгофский С. (Германия) подвергался пе-

регонке с улавливанием азота; этот С. давал 10% аммоний-сульфата, считая на материал с 40% влаги. Но до сих пор не удалось найти конструкцию перегонной печи, к-рая оправдала бы расчет (Ullmann). Опыты по применению С. непосредственно как удобрительного материала производились в Германии, азот С. усваивался очень медленно. Ориентировочные запасы С. в СССР приведены в табл. 5.

Лит.: Потонье Г., Сапропелиты, пер. с нем., П., 1920; Л ю б а р с к и й Е., Исследование органич. дна из озера Шуваниш, Екатеринбург, 1949; «Известия Сапропелевого комитета при Академии наук», вып. 1, П., 1923; вып. 2, Л., 1925; вып. 3, Л., 1926; вып. 4, Л., 1928; вып. 5, Л., 1929; З е л и н с к и й Н. Д., О Валхашском сапропелите, «НХ», М., 1920, 13; Т—в Вл., О толполовском сапропелите, там же; Р о с т о м я н М. Н., Проблема использования сапропелита в промышленном масштабе, там же, 9—12; Ч е ч о т т Г. О., К вопросу об обезвоживании сапропелита, там же; В и с л о у х С. М., О распространении в озере Балхаше ботридионового сапропелита, там же; К о з л о в с к и й В. М., Корчевское месторождение сапропелита, там же, 1—4; М а л е в с к и й И. С., Кудинские сапропелиты озера, там же; Ч е ч о т т Г. О., Опыты обезвоживания сапропелита, там же, 1921, 5—8; Г о р б о в А. И., О сапропелитах и о гипотезе происхождения из них нефти, там же, 9—12; М а л и т с к и й К. П., К вопросу о происхождении нефти из сапропелитов, там же; М а т е р и а л ы к вопросу о происхождении нефти из сапропелитов, там же; Б р ю ш к о в А. А., О сухой перегонке сапропелита в Осташиновском районе, там же; С т р у в и н о в, О методах анализа горючих сланцев и сапропелитов, там же, 1923, 2; П о л о в, К вопросу о гуминовых кислотах в сапропелите, там же, 7—8; В а л ь г и с В. К., Формолиты из сапропелитовой смолы, там же, 1924, 2; З е л и н с к и й Н. Д. и М а н с о р о в Б. В., Иволиционные компаунды из сапропелитового дегтя, там же, 1925, 6; К л и м о в, Экстракт толполовского сапропелита, «Журнал прикладной химии», М., 1930, 3, стр. 631—32; Улм. Епз., В. 1, р. 363, В. 11, р. 358; Г. П. 311828, 314337, 315263, 350634, 431302, 438379, 442738, 380760, 115462, 137453, 142505; Ф. П. 606893.

Н. Щаколин

САРЖА, ткань простейшего вида переплетения, именуемого саржевым, и принадлежит к классу гладких тканей. С. характеризуется рядом мелких диагональных полосок или рубчиков различной ширины, идущих по поверхности ткани. Способом саржевого переплетения изготавливается большое разнообразие разного рода тканей: нанка, кроазе, бумазая, кашемир и т. п. Все ткани, носящие общее название С., различаются: 1) по величине раппорта рисунка (количеству ремизок) и 2) по назначению ткани. По величине раппорта наиболее распространеной является: С. $\frac{2}{1}$, $\frac{2}{2}$, $\frac{3}{2}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$. По назначению наиболее распространена С. подкладочная, костюмная, плательная, рукавная, мебельная. По роду материала С. вырабатывается в особенности из шерсти, затем из хлопка и шелка и в редких случаях из льна. С. по характеру своего переплетения подразделяется на двусторонние и односторонние. В двусторонней С. обе стороны как лицевая, так и изнаночная совершенно одинаковы по переплетению нитей и разница состоит в том, что диагональные полосы идут на одной стороне ткани вправо, а на другой—влево. Односторонняя С. бывает с одинаковым и разным переплетением сторон ткани. С. односторонняя с различным переплетением своих сторон подразделяется на С. основную и уточную (см. *Переплетение тканей*). Хл.-бум. С. стандартного типа вырабатывается при следующих технических данных (см. таблицу).

С. подкладочная полушерстяная вырабатывается при ширине суровья 78 см и готовом товаре 71 см; основа—бумага № 80/2, уток—шерсть лustr. № 34/1; плотность на 1 см по основе 36,1 и утку 28,3 нитей. С. полужелтковая вырабатывается при ширине готового товара 66 см; основа шелковая, уток—бумага № 36/1;

Технические данные хл.-бум. саржи.

Виды саржи	Ширина суровья, см	Ширина готового товара, см	Плотность на 1"		№ пряжи	
			по основе	по утку	основа	утка
С. плательная . Гладкая, крашеная и набивная	71	58	64	54	24	16
Саржантет гладкий крашенный	71	61	76	45	24	16
С. рукавная	89	75	72	72	32	38
	106,5	93	83	76	32	38

плотность на 1 см по основе 71,8 и утку—38 нитей. С.—плотная и прочная ткань. Из отделок выходит в трех видах: отбеленной, окрашенной в различные цвета и набивной, с начесом и без начеса. С. отбеленная употребляется для белья, цветная же и набивная (преимущественно полосками)—для различных подкладок, дамского и мужского платья. С. Молчанов.

САРПИКА, хл.-бум. ткань миткалевого (гроденаппелевого) переплетения. По виду своего переплетения С. принадлежит к тканям гладкого класса, но по характеру своего разноцветного эффекта относится к группе тканей, т. н. пестротканых (шотландка, оксфорд, зефиры и т. д.), у к-рых эффект наружного вида достигается не способом или формой переплетения, а подбором нитей различных цветов. С. большею частью имеет клетчатый рисунок, но вырабатывается и в полосатых рисунках. Клетчатые С. отличаются большим разнообразием по размеру и цветам клеток. С. вырабатывается из основы и утка, предварительно окрашенных в различные цвета. С., имеющие рисунок в полоску, ткются на обычных ткацких станках, а с клетчатым рисунком—на многоочелюстных (от 2 до 5 челюсков). Ткань работает на четырех ремизках, при проборке по две нити в зуб берда, из основы от № 24 до 60 и утка от № 24 до 80, при плотности ткани по утку от 20 до 44 нитей на 1 см. С. вырабатывается в очень разнообразных сортах: тонкая, шелковистая, ровная, плотная, полужелтковая и т. п., при ширине примерно 53,5—75,5 см. С. ткется ручным способом и на механич. ткацких станках. Дешевые сорта С. ткются с небольшой плотностью, их материал (пряжа) не имеет прочных красок, и поэтому эти сорта хотя яркие и красивые по рисункам, но не прочны. Более дорогие и высокие сорта С. обладают большой добротностью, прочными красками и изящной отделкой. С. вырабатывается из льна. С. идет на изготовление сорочек, кофточек, юбок, фартуков, а также для полкладок. С. Молчанов.

САТИН, хл.-бум. ткань атласного, или сатинового, переплетения. Лицевая сторона ткани представляет гладкую, шелковисто-блестящую поверхность, изнаночная сторона—почти матовая. Особую гладкость и лоск С. получает гл. обр. от способа своего переплетения. В переплетении С. основные перекрытия равномерно распределены в массе уточных перекрытий переплетения т. о., что нигде два соседних основных перекрытия не соприкасаются (см. *Переплетение тканей*). Блестящий вид (лоск) ткани свойственный природе атласного, или сатинового, переплетения, происходит от одинакового отражения света уточными перекрытиями. Усиление или уменьшение свойственного С. эффекта, или разница между сортами С.,

зависит от № и качества пряжи, плотности нитей, гл. обр. утка, и способа отделки. На рынок С. выпускается гладкого крашения и набивки. Назначение С. весьма широкое: на рубашки, сорочки, платья, одеяла, наволоки и т. п. С.—очень прочная ткань. Помимо хлопка С. производится и из других материалов, напр. шелка и отчасти из шерсти. С. фабрикуется различных сортов и наименований. Дешевые сорта хл.-бум. С. для усиления блеска подвергаются особой отделке, после к-рой выпускаются под наименованием С. серебристой отделки. Лучшие сорта С. выпускаются мерсеризованными. С. тонкий, гладкий, мерсеризованный именуется с а т и н е т о м, окрашивается в разнообразные цвета и выпускается набивным с разнообразными рисунками. С.-д а м а с е, отличающийся от С. гладкого своим фасонным рисунком, вырабатывают на жаккардовом станках. С.-т р и к о представляет одеждуную ткань гладкого сатинового переплетения с заметно выраженным рисунком в мелкую диагональную полоску и т. п. Однородными с С.

Характеристика стандартных сортов суровья хл.-бум. С.

Наименование суровья	Ширина, см	Ширина в готовом товаре, см	№ пряжи		Плотн. в 1 англ. дм.	
			основы	утка	по основе	по утку
Сатин	69	59	32	38	65	120
»	71	59—61	32	38	72	128
»	89	75	32	38	72	128
»	89	75	40	50	88	156
»	71	62	40	50	88	156
»	89	75	60	70	100	172
Сатин-меланж	71	66	32/2	10	96	44
»	142	129	32/2	10	96	44
Сатин-жаккард	71	61	32	38	97	74
»	71	61	32	38	81	80
»	71	61	32	38	79	88

тканями являются нанбук, демикотон, ластик, прюнель и т. п. Характеристика вырабатываемых стандартных сортов суровья хл.-бум. С. приведена выше в таблице. С. Молчаев.

САТИНИРОВАНИЕ (в текстильном производстве), придание ткани блестящей поверхности (см. *Аппретура текстильных изделий*).

САФРАНИНЫ, группа азониевых красителей. Состав и получение—см. *Красящие вещества синтетические* (класс IV, хинон-имидные и хинондиимидные красители) и *Азониновые красящие вещества и азониевые красящие вещества*.

САХАР, САХАРИСТЫЕ ВЕЩЕСТВА, см. *Углеводы, Сахароза*.

САХАРИМЕТР, прибор для определения содержания сахарозы в растворах; основан на свойстве сахарных растворов вращать плоскость поляризованного луча и тем сильнее, чем больше концентрация сахарного раствора и чем толще слой этого раствора по пути проходящего луча (см. *Поляриметр*). Т. о. если раствор в 100 см³, содержащий С г сахара, налит в трубку длиной в l дм и вращает плоскость поляризации на угол α, то уд. вращение (угол вращения плоскости поляризации раствора, содержащего 1 г сахара в 1 см³) выразится ф-лой

$$[\alpha] = \frac{100\alpha}{lC}, \quad (1)$$

а т. к. [α] для одного и того же вещества при

одном и том же источнике света и одной и той же t°—величина постоянная (для растворов, содержащих менее 30% сахарозы при 20°, равна 66,5°), то, зная длину трубки, можно определить концентрацию раствора по формуле

$$C = \frac{100\alpha}{l[\alpha]}.$$

Вычисление упрощается, если всегда брать одну и ту же («нормальную») навеску сахара и одну и ту же длину трубки l. Если n—нормальная навеска, P—% сахарозы в испытуемом сахаре и C—содержание сахара в 100 см³, то можно написать пропорцию

$$n : C = 100 : P,$$

откуда

$$P = 100 C : n;$$

подставляя значение C из ф-лы (1), получим:

$$P = (10000 \alpha) : nl [\alpha];$$

если обозначить через k постоянное число 10 000 : nl [α], то выражение принимает вид

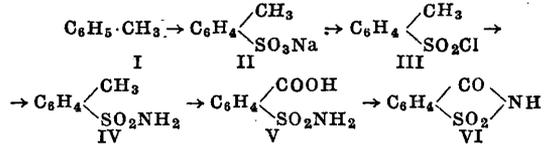
$$P = k\alpha.$$

Следовательно если умножить угол вращения плоскости поляризации на этот постоянный множитель, то сразу получим % сахарозы в испытуемом сахаре. В С. деления круговой шкалы обозначаются не величинами углов, а произведениями их на k, т. е. kα, а потому на шкале можно прямо прочесть содержание сахарозы в испытуемом сахаре. Согласно предложению Вентцке нормальная навеска сахара принята в 26,048 г в 100 см³ при 17,5°, а длина трубки в 200 мм. При этих условиях чистая вода соответствует нулевой линии шкалы, а раствор 26,048 г чистой сахарозы в 100 см³ воды—черте 100; каждое деление шкалы соответствует 1% сахарозы. По предложению Международной сахарной комиссии (1900 г.) нормальная навеска сахара берется в 26,000 г и растворяется в 100 см³ метрических, т. е. градуированных не при 17,5°, а при 4°. Практически обе навески дают одинаковые результаты, так как если растворы привести к одинаковой t°, то концентрация их получается одинаковой. С. имеют несколько отличное устройство от поляриметров: в них поляризатор и анализатор делаются неподвижными, и вращение плоскости поляризации, производимое сахарным раствором, компенсируется противоположным вращением системы кварцевых пластинок переменной толщины. Для освещения С. можно употреблять всякий свет, а не только монохроматический, как у поляриметров; это обуславливается тем, что способность кварца рассеивать лучи близко подходит к такой же способности сахара. Одно деление шкалы С. сист. Вентцке равно 0,3466 делениям дуговой шкалы монохроматич. поляриметра. На фигуре дан полутечевой С. америк. фирмы Bausch & Lomb в разрезе; в верхней ее части показано схематич. расположение оптич. частей: А—источник света (лампа в 100 W), В—маговое стекло, С—защитное стекло, D—стеклянный фильтр, заменяющий камеру с раствором двухромовокислого калия, E—линза-конденсор (осветитель), F—поляризатор, G—диафрагмы, H—поляриметрич. трубка для сахарного раствора, I—кварцевый компенсатор, J—анализатор, K—зрительная труба, L—призма для освещения шкалы, M—линза-конденсор, N—шкала с нулем, O—окуляр для отсчета показаний шкалы, P—стеклянный фильтр в осветительной

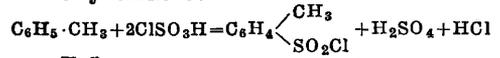
системе, Q—поле зрения, как оно видно глазу: 1—плоскость поляризации в анализаторе, 2—плоскость поляризации в полутеневых полях, 3—полутеневый угол.

Самое испытание производится след. обр.: в чашечке из нейзильбера, приложенной обычно к прибору, отвешивают точно нормальную навеску (26,00 г) испытуемого сахара, пересыпают его через воронку в градуированную колбу емкостью 100 см³ при 20°. Оставшийся на стенках чашки сахар смывают водой в ту же колбу и добавляют еще воды до 1/8 объема колбы. Если раствор сахара получается непрозрачным, к нему добавляют несколько капель гидрата окиси алюминия. Колбу доливают водой почти до метки, ставят на водяную баню при t° 20° на 20÷30 мин. и затем доводят уровень жидкости точно до метки, взбалтывают и фильтруют. Наполняют фильтратом трубку С. длиной 200 мм, следя,

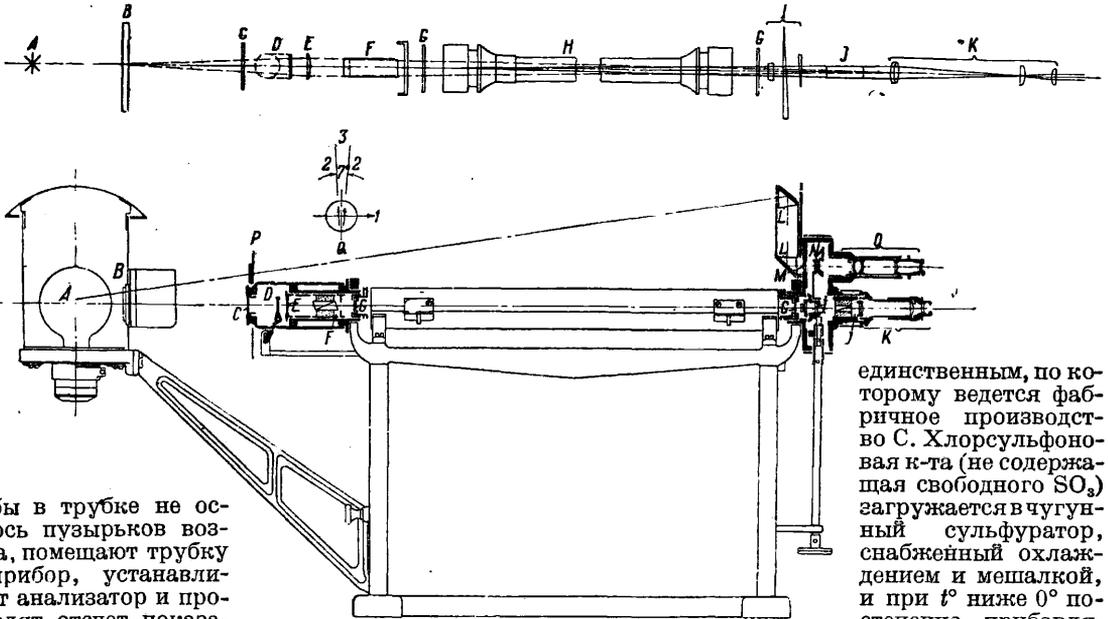
рид обработкой аммиаком или углекислым аммонием превращают в о-толуолсульфамид (IV), который при окислении перманганатом дает о-сульфамид бензойной к-ты (V), переходящий при отщеплении воды в С. (VI).



В 1891 г. герм. фирма Гейден применила для сульфирования хлорсульфовую к-ту, что дало значительное удешевление и упрощение процесса получения С.

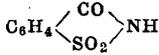


Метод Гейдена является в настоящее время

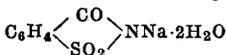


чтобы в трубке не осталось пузырьков воздуха, помещают трубку в прибор, устанавливают анализатор и производят отчет показаний шкалы. Полученный результат пересчитывают на сухое вещество. В. Смирнов и Ф. Церевитинов.

САХАРИН, сульфинид бензойной кислоты, имид о-сульфобензойной кислоты,



вкусовое вещество интенсивно сладкого вкуса, применяемое обычно в виде натриевой соли

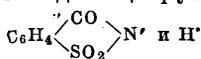


под названиями: кристаллоза, цукерин и др. Сладкий вкус С. был случайно обнаружен в 1879 г. Фальбергом и Ремсенем, получившими С. путем окисления о-толуолсульфамида. По способу Фальберга [1] С. готовится след. обр. Толуол (I) при t° 100° сульфировается конц. серной к-той, при этом образуется смесь о-толуолсульфокислоты (преобладающей) и п-толуолсульфокислоты; смесь эту нейтрализуют известью; кальциевые соли сульфокислот переводятся содоу в натриевые (II), к-рые при t° 100° действием треххлористого фосфора и хлора переводятся в смесь (III) о- и п-толуолсульфохлоридов. Твердый п-изомер удаляют вымораживанием. Оставшийся жидкий о-толуолсульфохло-

идеется толуол. По окончании реакции масса выливается на лед и отфиговывается твердый п-толуолсульфохлорид. Жидкий о-толуолсульфохлорид промывается водою и поступает в железный аппарат с мешалкой, где он амидируется нашатырным спиртом при t° 30°. Т. к. отделенный на centrifуге о-сульфохлорид содержит еще до 25% п-хлорида, то при амидировании получается о-толуолсульфамид, сильно загрязненный п-толуолсульфамидом; примесь п-амида вызывает в дальнейшем напрасную трату перманганата и к тому же сильно портит вкус С. Для очистки амид растворяют в щелочи и из раствора высаживают по частям к-той, при этом сначала выделяется п-изомер, а затем выпадает о-изомер; или же кристаллизуют смесь амидов из 80%-ного спирта, причем сначала выкристаллизовывается о-амид. В последнее время применяется очистка при помощи кальциевой соли, пользуясь тем, что кальциевая соль о-амида в воде растворима легко, а соль п-амида—очень мало, что в комбинации с кристаллизацией из спирта дает возможность полного разделения амидов. Чистый о-толуолсульфамид плавится при 156°. Окисление очищенного амида проводится в железном аппарате марганцовокислым калием в сильно щелочной среде при t° 35°. На

единственным, по которому ведется фабричное производство С. Хлорсульфовая к-та (не содержащая свободного SO₂) загружается в чугунный сульфуратор, снабженный охлаждением и мешалкой, и при t° ниже 0° постепенно прибавляется

300 кг амида берут 170 кг 30%-ного NaOH, 800 л воды и 550 кг $KMnO_4$, к-рый прибавляют постепенно по мере хода окисления. По окончании окисления отфильтровывают выпавшую перекись марганца, фильтрат подкисляют к-той (соляной или серной), сначала до очень слабо кислой реакции, причем выпадают остатки непрореагировавшего амида. По отделении его добавляют к-ты до сильно кислой реакции, причем выпадает чистый С. Выход: 92–95 кг С. из 100 кг амида. Окисление амида достигается также хорошо хромовой смесью (применялось во время войны 1914–18 гг.). С. плавится при 224° с частичным разложением. Растворимость С. в холодной воде 1:250, в холодном спирте 1:40; из водных растворов С. извлекается эфиром, на чем основано открытие его в напитках и пищевых продуктах. С. является относительно сильной к-той и диссоциирует на ионы.



Интенсивная сладость С. обуславливается исключительно его анионом, поэтому она зависит от концентрации (разведения). Для обычных концентраций принято считать С. в 550 раз чаще сахара. В виду малой растворимости С. чаще применяется его нагревая соль. Для получения последней нейтрализуют (на лакмус) С. раствором соды, упаривают и подвергают медленной кристаллизации; прозрачные кристаллы соли отфиговывают и высушивают. Обычно для продажи С. таблеттируют в смеси с двууглекислой содой.

С. находит обширное применение как суррогат сахара. Считают, что вследствие быстрого выведения из организма с мочой и фекальными массами в неизменном виде С. безвреден. Однако, будучи совершенно бесполезным для организма и устраняя из употребления необходимый для питания сахар, С. тем самым является вредным в пищевом отношении. В СССР С. готовился в небольших количествах в 1917–22 гг.; с развитием сахарной пром-сти производство его прекратилось. В качестве ценных отходов сахариновой пром-сти находят себе применение: 1) *n*-толуолсульфохлорид, служащий полупродуктом для приготовления алкилирующих средств—метилового и этилового эфиров *n*-толуолсульфонилсоды; 2) *n*-толуолсульфамид, применяемый как пластификатор в целлюлозном производстве (вместо нафтофура), а также для получения распространяемого дезинфицирующего и окисляющего средства—хлорамина Т; 3) активная перекись марганца, идущая для окисления и как деполаризатор в гальванич. элементах.

Лит.: 1) Г. П. 35211.—Пантелеймонов Б. Г., Анализ сахарина и сахаринсодержащих веществ, М., 1922; Магидсон О. и Горбачев С., «Груды Научного химико-фармац. ин-та», М., 1923, вып. 6, стр. 7; Попов Д. Н., «Журнал Научного хим.-фарм. ин-та», М., 1924, 2; Зайков В. С. и Соколов П. И., Об окислении ортолуолсульфамида в сахарин хромовой к-той в сернокислом растворе, «ЖХП», М., 1926, т. 3, стр. 1304; Вегер О., Handb. d. Saccharinfabrikation, Zürich, 1923; Herzog W., Die Verwertung d. Nebenprodukte d. Saccharinfabrikation, Stg., 1926; Ullm. Encz., 2 Aufl., B. 2, p. 246—254.

САХАРНОЕ ПРОИЗВОДСТВО. Сырьем для промышленного получения сахара в настоящее время являются сахарный тростник (*Saccharum officinarum*) и сахарная свекла (*Beta vulgaris*). Кроме этих растений сахаросодержащими растениями являются: сахарный клен, сорго, сахарный маис. Получение сахара из этих растений пока не носит промышленного характера.

Сахарный тростник относится к семейству злаковых; произрастает в странах с теплым климатом, где средняя годовая t° не ниже 16°; требует хорошей почвы и обильной влаги (не менее 1700 мм). Разводится черенками, к-рые быстро дают корешки. Vegetационный период длится от 9 мес. (Вест-Индия) до 20 мес. Урожай с га 40—65 т. В переработку поступают стебли тростника, у к-рых при созревании

отпадают листья. На 100 вес. ч. стеблей приходится сухих веществ 22—30%, в том числе сахара 15—19% и мякоти 10%, а остальное 70—78% воды. Кроме тростникового сахара в состав сока входит нек-рое количество глюкозы. Добывание сахара из сахарного тростника производится след. обр.: сырые стебли без листьев поступают на измельчительные прессы. Дробленая масса для извлечения сахара поступает на диффузию (процесс диффузии описан ниже в разделе Извлечение сахара из сахарной свеклы). Сок после очистки известью сгущается и уваривается до кристаллизации сахара. Эти процессы аналогичны соответствующим процессам свеклосахарного производства и описаны ниже.

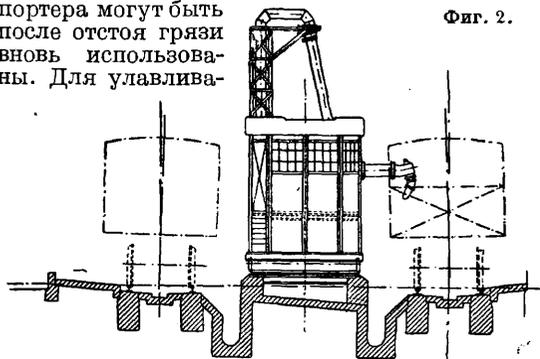
Сахарная свекла. Современная сахарная свекла выведена из произрастающего в Малой Азии вида *Beta vulgaris* и *Beta maritima* путем длительной селекции. Еще 50 лет назад содержание сахара в свекле не достигало 12%, теперь же содержание сахара в сахарной свекле не опускается ниже 15%. Сахарная свекла—двухлетнее растение (в первый год образуется утолщенный корень, на второй—цветоносный стебель). В первый год вырастает веретенообразный корень, имеющий два продольных углубления, из к-рых ответвляются боковые корешки. Корневая система хорошо развита, чем и объясняется устойчивость свеклы при засухах. Вес корня сахарной свеклы 350—800 г. Первое время роста листья развиваются быстрее, к середине вегетационного периода вес листьев и корня уравнивается. По мере созревания листья замедляют рост и наконец начинают отпадать. Степень накопления сахара стоит в прямой зависимости от количества солнечных дней. Физиологи считают, что вначале в клетках листьев образуются фруктоза и глюкоза, затем в клетках корня происходит конденсация этих веществ в сахарозу. Содержание сахарозы в корне сахарной свеклы 15—20%, при благоприятных условиях 23—25%, количество клетчатки более постоянно 4—5%, азотистых веществ до 1% и золы 0,5—0,75%, остальное—вода (72—80%).

Кроме сахарозы в состав корня входят: пектиновые вещества, ароматич. соединения, органич. к-ты; из азотсодержащих: белки, аминокислоты и органич. основания; минеральные вещества: калий, натрий, кальций, магний, железо и др. Районом распространения сахарной свеклы надо считать полосу 42—55° с. ш. Vegetационный период продолжается 150—180 дней. Для созревания сахарной свеклы требуется ~ 2350°; осадков не менее 300 мм в год. Для удобрения почвы требуется на 1 га: навоза 20 т, суперфосфата до 300 кг, калийных солей до 100 кг, кроме того в качестве удобрения применяется фильтрпрессная грязь 6—8 т/га. Смена культур в свекольных хозяйствах такова, что свекла обычно высевается после озими, причем доля свекольных посевов в севообороте может достигать 33—40%. Подготовка почвы начинается с осени глубокой вспашкой до 22—30 см, весной после боронования и просыхания почвы—высев семян (15—30 кг/га) и удобрений. Начало посева для Советского Союза—между 1 апреля и 15 мая. Посев производится только рядовыми сеялками. Через 10—15 дней после появления всходов почву разрыхляют (шаровка) мотыгами для истребления сорных трав и сохранения почвенной влаги. Следующая операция—прорывка, при к-рой в рядах оставляют растения свеклы на расстоянии 20—25 см. После прорывки производят проверку, т. е. оставляют на

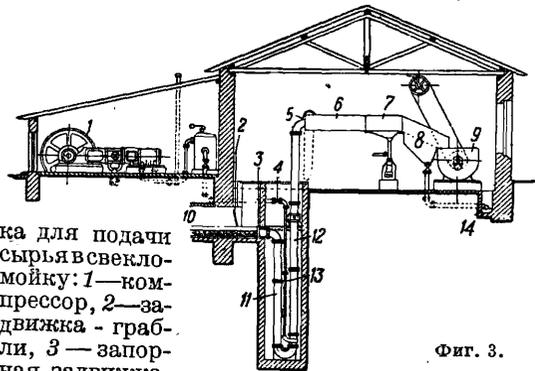
рядках по одному окрепшему растению через 20—25 см. Период созревания начинается в августе, листья окрашиваются в бледножелтый цвет и частично опадают. Созревшие корни свеклы извлекают из земли в большинстве двухзубцовыми вилами и вручную, очищают от земли, ботвы и корешков; концы корней обрезают. В последнее время обращено внимание на усовершенствование свеклокопателей и *свеклоуборочных машин* (см.). В поле свекла временно сохраняется в небольших кругах, прикрытая землей от высыхания и влаги. Отход—ботва—составляет хороший корм, консервируемый в силосах или сушением в специальных сушильках. Урожай свекловичных корней собирается в первый год после посева. Средний урожай чистых свекловичных корней 15—20 т/га, в отдельных случаях до 40 т. Свекловичные семена получают на второй год из свекольных высадок, на к-рые идут корни лучших селекционных сортов. Вредителями свеклы являются: свекольный долгоносик, луговой мотылек, совка, нематода и др. Меры борьбы: в первую очередь глубокая осенняя вспашка, опрыскивание всходов инсектицидами (хлористый барий, мышьяковистый натр, швейфуртская зелень), а также перекапывание полей глубокими канавками. Транспорт свеклы с полей в районе до 15 км на з-д производится конной или автомобильной тягой. К перевозке по ж.-д. и водным путем прибегают только при условии ее дешевизны. В целях увеличения района свеклосеяния и удлинения производства в настоящее время разрабатывается проблема сушки свеклы на местах ее произрастания и сосредоточение переработки в одном месте.

Производственный период переработки сырой свеклы в среднем не превышает 100—140 дней. Подвоз свеклы с полей продолжается до 45 дней; свекла, не попадающая сразу в переработку, укладывается кучами (бурты, бугты, кагаты, ометы) вышиной не более 1,5 м. Площадь буртов или кагатов достигает 2 000 м², расстояние между буртами 3—4 м. С боковых сторон для предохранения свеклы от промерзания бурты обсыпают слоем земли. Для наблюдения за t° в буртах устанавливают деревянные трубки с термометрами. Повышение t° указывает на развитие на свекле различного рода грибков и плесени. Мерой борьбы с этими процессами является дезинфекция свеклы известковым молоком, фильтрпресной грязью, но чаще всего зараженную свеклу выделяют из бурта и немедленно направляют в переработку. Для бесперебойной работы з-да в случае ненастной погоды, а также для приемки свеклы, поступающей непосредственно в переработку, при з-дах устраивают хранилища—бурчаные на 2—3-дневный запас. Бурчаные представляют собой глубокие канавы с отлогими стенками, обложенными деревом или бетоном (фиг. 1). Передача свеклы к заводу от буртов и

всех свеклы. Одновременно с транспортированием происходит обмывание свеклы. Выгрузка свеклы из вагонов в бурчаные производится вручную вилами, реже опрокидыванием вагонов. При равномерном поступлении вагонов свекла выгружается непосредственно в гидравлич. транспортер с помощью водоструйных аппаратов, напр. системы «Эльфа» (фиг. 2). Грязные воды из транспортера могут быть после отстоя грязи вновь использованы. Для улавливания

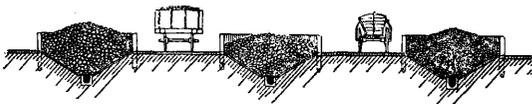


ния уносимых вместе со свеклой камней, соломы, ботвы вдоль транспортера устанавливаются соответствующие ловушки (см.). Подъем свеклы из транспортера в мойку производится чаще всего шнеком (архимедов винт), подъемным колесом, пластинчатым транспортером или мамут-насосом; последний одновременно с подъемом производит и обмывание свеклы. Принцип действия мамут-насоса основан на разности уд. в., создаваемой вдуванием воздуха в длинное колено V-образной трубы. На фиг. 3 дана установ-



ка для подачи сырья в свекло-мойку: 1—компрессор, 2—завдвижка - грабли, 3—запорная завдвижка, 4 и 5—вентили, 6—желоб, 7—каменеловушка, 8—отделитель воды, 9—мойка, 10—транспортер, 11 и 12—колено V-образной трубы, 13—трубопровод и 14—канавка для стока грязной воды. Мойка свеклы представляет собой полцилиндрическое железное корыто, имеющее длину до 8—10 м и ширину до 2—3 м. Вдоль корыта проходит вал с лопастями, перемешивающими свеклу и одновременно передвигающими ее из одного конца мойки в другой. Обмытая свекла передается от мойки шнеком или транспортером к вертикальному элеватору, причем на этом пути обмывается чистой водой. Потери сахара в гидравлич. транспортере и мойке не превышают 0,03—0,05% по весу свеклы. Учет свеклы, поступающей с элеватора в переработку, производится автоматически: взвешиванием на весах сист. «Хронос» или «Либра».

Извлечение сахара из сахарной свеклы. Современному способу извлечения



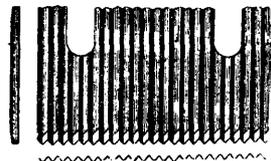
Фиг. 1.

из бурчаных производится с помощью гидравлических транспортеров, т. е. желобов, проложенных по дну бурчаных с уклоном 0,010—0,015 в сторону завода. Расход воды на транспортирование свеклы составляет 400—600% по

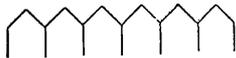
сока предшествовал прессовой, при к-ром свекла превращалась терками в кашу, последняя затем подвергалась прессованию. Позднее для целей извлечения сока был применен способ диффузии (Роберт, 1865 г.). По теории диффузии, разработанной Фиком, количество диффундирующего вещества

$$dS = \frac{k_1(C-c)d\varphi}{r},$$

где $(C-c)$ —разность концентрации внутри и вне стружки, $d\varphi$ —величина элемента и r —путь диффундирования (толщина стружки). Коэф. k_1 зависит от t° и вязкости среды. Т. к. растительная клеточка состоит из двух оболочек, одна из которых непроницаема для солей, то прежде всего необходимо разрушить эту оболочку, что достигается нагревом всей массы выше 60° . Наряду с диффузией происходит выщелачивание содержимого разорванных клеток, а также растворение пектиновых веществ. Поскольку скорость диффузии зависит от поверхности диффундирования, толщины стружки и разности концентраций, свеклу подвер-

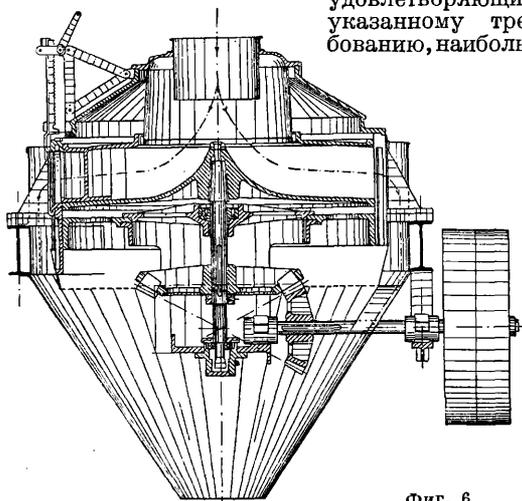


Фиг. 4.

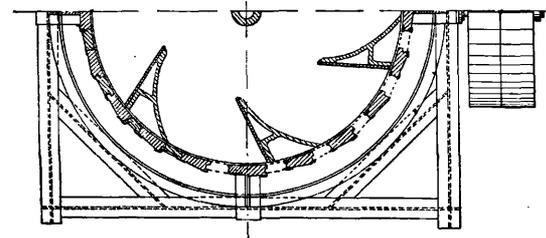


Фиг. 5.

гают наибольшему измельчению, придавая кусочкам такую форму, при к-рой возможна лучшая циркуляция. Из различных систем ножей, удовлетворяющих указанному требованию, наиболь-



Фиг. 6.



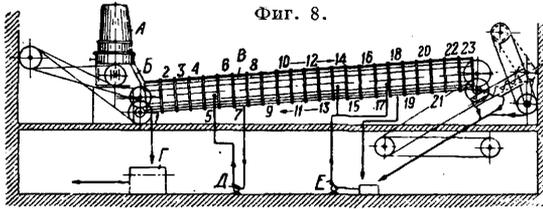
Фиг. 7.

шее распространение получили коньковые ножи и ножи системы Геллера (фиг. 4 и 5). Ножи закрепляются в рамах, а последние по-

мешаются в диски или барабаны резок. Свекольные резки делятся на два типа: барабанные и дисковые (фиг. 6). В барабанных ножи расположены по периферии, а в дисковых—радиально. В первых свекла при вращении резки центробежной силой прижимается к ножам, а во вторых—прижим к ножам осуществляется собственным весом корней свеклы. Качество измельчения определяется измерением длины 100 г свекольной стружки, которая достигает 30—35 м. Из резок свекловичная стружка передается с помощью ленточных или гребельных транспортеров в диффузоры. Диффузоры (фиг. 7) соединены системой труб в батарею из 6-16 шт. Емкость диффузора 20—100 гл. Процесс получения диффузионного сока из свекольной стружки протекает след. образом: все диффузоры за исключением двух (одного выгружаемого, другого заправляемого) наполнены стружкой. В конечный, хвостовой, диффузор насосом подается вода $t^\circ 40-45^\circ$; вода проходит сверху вниз последовательно через все диффузоры и насыщается притом сахаром и солями свекольного сока.

Для ускорения процесса диффузии свекольная стружка обваривается горячим диффузионным соком, нагревание которого происходит в калоризаторах при переходе из одного диффузора в другой. Продолжительность оборота батареи 40—60 мин.; средняя t° сока в батарее 70—80°. Диффузионный сок снимается со свежезагруженного диффузора. Количество сока измеряется мерником и в зависимости от метода работы составляет 110—130% по весу свеклы. Состав диффузионного сока мало отличается от состава свекловичного сока: %-ное отношение сахара к сухим веществам, содержащимся в нем, называемое доброкачественностью, выше, чем в свекловичном соке (85—89). Это указывает на то, что процесс диффузии сахара протекает быстрее, чем диффузия не-сахара. Наряду с диффузией и выщелачиванием в диффузионной батарее возможны и другие процессы, напр. брожение, следствием чего наблюдается газообразование. Выделяющиеся при брожении кислоты производят расщепление сахарозы (инверсия). Кроме периодически действующих диффузоров применяются непрерывные диффузионные аппараты различных систем: «Рapid», «Гирш-Рок» и др. На фиг. 8 представлен один из них в схематич. виде. Из свекловичной резки А стружка по желобу В падает в диффузионный аппарат В, разделенный на 23 камеры. В 1-ю камеру поступает свежая обваренная стружка, из 23-й выбрасывается жом в шнек; стекающая жомовая вода возвращается насосом Е обратно в аппарат. Камеры 6—8 соединены с камерами 17—19 для циркуляции сока. Вода, стекающая со стружки, в камере 7 насосом Д передается в камеру 5. Приемник сока—Г. Преимущества непрерывных аппаратов следующие: экономия воды, отсутствие сточных вод и непрерывная работа; недостатки: большой расход энергии и дорогой ремонт. Свекловичная стружка после

извлечения сахара (жом) выгружается из диффузоров вместе с водой в сточные желоба. Жом после отделения воды транспортируется ваго-

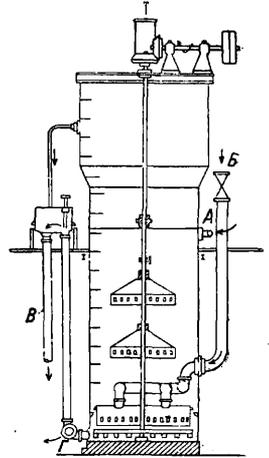


Фиг. 8.

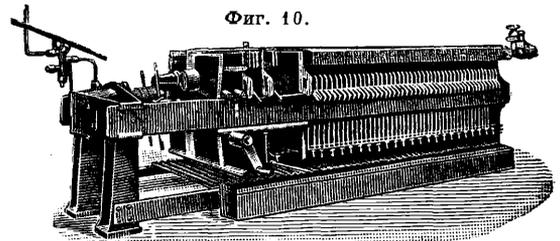
нетками в ямы-хранилища или вместе с жомовыми водами выкачивается насосами. Операция отделения воды производится тогда в ямах. В ямах жом подвергается молочнокислому брожению и в таком виде поступает на корм скоту. Высушенный жом является концентрированным кормом. Высушивание производится дымовыми газами; наиболее распространенный тип сушилок—барabanные, вращающиеся (сист. Бютнер, «Империал»). В целях большего использования аппаратуры сахарного з-да и расширения районов свеклосеяния практикуется переработка сушеной свеклы. Сушению подвергается свекловичная стружка; для предупреждения разрушения сахара t° сушки не должна превышать $110—130^\circ$. Высушенная стружка высушивается в обычной диффузорной батарее.

Очистка диффузионного сока состоит в удалении различного рода не-сахаров. Перед мерником диффузионный сок освобождается от увлеченных волокон и подогревается до $90—95^\circ$ для свертывания белков. К подогретому соку добавляется $1,5—3,0\%$ CaO по весу свеклы в виде известкового молока плотностью $20—25^\circ$ В_е или в виде порошкообразной извести. Эта операция носит название дефекации. Едкая известь служит универсальным реактивом для многих веществ, входящих в состав диффузионного сока. Сахароза также образует с известью ряд соединений, называемых сахаратами: моно- и бисахараты. При кипячении эти соединения переходят в труднорастворимый трисахарат кальция $C_{12}H_{22}O_{11} \cdot 3CaO$. Все сахараты к-тами разлагаются на сахарозу и соответствующую кальциевую соль. Большая часть не-сахаров диффузионного сока образует с известью осадки. Процесс дефекации производится в цилиндрич. котлах и продолжается $10—20$ мин. Реакция протекает без подогревания. Количество известкового молока регулируется мерниками. Осаждение избыточной извести, а также разрушение сахаратов производится с помощью углекислого газа. При образовании мела некоторая часть не-сахаров и красящих веществ адсорбируется. Т. к. при газовании (сатурации) углекислым газом происходит частичное растворение осадков, то нейтрализацию не ведут до конца, оставляя раствор щелочным: $0,04—0,06\%$ CaO. Дальнейшее уменьшение щелочности до $0,015—0,020$ CaO производится повторной сатурацией после удаления осадков. Процесс сатурации бывает непрерывным или периодическим и производится в железных котлах (сатураторах). Сатуратор Эгардта (фиг. 9) представляет собой котел цилиндрич. сечения $\varnothing = 2,25$ м и $h = 8,25$ м. Такой котел достаточен для завода с суточной переработкой $500—800$ т. Верхняя часть высотой $3,25$ м уширена и имеет $\varnothing = 2,75$ м. Это уширение имеет целью предупредить выбрасывание сильно пенящегося сока. Внутри котла проходит ось, приводимая в движение сверху. Нижней своей частью она укреплена в подшипнике. Внизу оси имеются скребки для взмучивания осевшей грязи, а на высоте $1,5$ и $2,75$ м расположены два зонта с отверстиями. Назначение зонтов—задерживать идущий вверх газ, чем увеличивается его контакт с соком. Внизу котла расположен барботер; через отверстие А впускается сок, через трубу В—газ. Через трубу Г сок выпускается; отверстие Г служит для спуска грязи. Эффект дефеко-сатурации, т. е. количество удаленных не-сахаров, составляет от 40 до 55% всех не-сахаров диффузионного сока. Полученные при сатурации осадки, состоящие из $CaCO_3$ и смеси разных солей, отделяются от сока при фильтрации через полотно на фильтрпрессах (под давлением) или на вакуум-фильтрах. Первые (фиг. 10) состоят из чередующихся рам и досок, покрытых

фильтующей тканью. Рамы служат камерами для отложения осадков. Вакуум-фильтры сист. Оливера-Вольфа (фиг. 11) состоят из полых барабанов, обтянутых фильтующей тканью и погруженных в корыто с жидкостью. Полая камера соединена с вакуумом. На медленно вращающемся барабане отслаивается осадок,

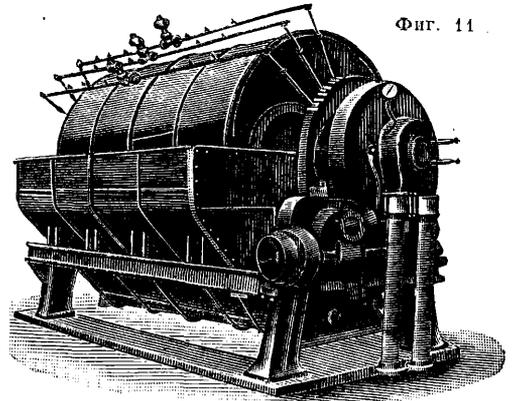


Фиг. 9.



Фиг. 10.

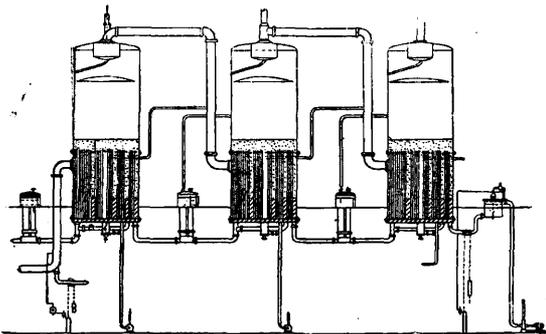
фильтующей тканью. Рамы служат камерами для отложения осадков. Вакуум-фильтры сист. Оливера-Вольфа (фиг. 11) состоят из полых барабанов, обтянутых фильтующей тканью и погруженных в корыто с жидкостью. Полая камера соединена с вакуумом. На медленно вращающемся барабане отслаивается осадок,



Фиг. 11.

к-рый после промывания срезается ножом. Эти фильтры требуют предварительного сгущения осадков, что и достигается в специальных отстойниках типа Дорра или вакуум-сгустителях—т и к и н е р а х. Вакуум-фильтры обладают большими преимуществами перед филь-

прессами, так как все процессы в них протекают без применения мускульной силы. Дефекционная грязь с фильтров содержит до 0,02% K_2O и может применяться как удобрение. Чистые соки для разрушения кислых углекальциевых солей подвергаются кипячению. Отделение взвешенных осадков после кипячения осуществляется в механич. фильтрах при небольшом давлении (не более 1 м вод. ст.). Тщательное удаление осадков из соков требуется для предохранения поверхностей нагрева аппаратов от осаждения на них накипи. Необходимые для производства CaO и CO_2 получаются при обжиге в шахтных печах $CaCO_3$. Расход антрацита или кокса на реакцию расщепления составляет 8—10% по весу камня. Для охлаждения известки служит нижняя часть шахты. Углекислый газ по выходе из печи охлаждается и промывается водой. Промыватель (лавер)—каскадного типа: вода стекает сверху, газ поднимается снизу. Гашение известки и приготовление известкового молока производят во вращающихся барабанах. На гашение поступают сахаросодержащие воды от промывки фильтрпрессы грязы. Известковое молоко перед добавлением к сокам для отделения песка процеживается через систему специальных ловушек. Для обесцвечивания сахарных растворов и



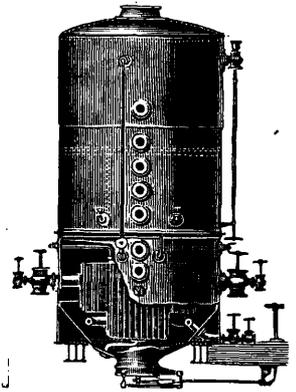
Фиг. 12.

уменьшения поверхностного натяжения их обрабатывают сернистым газом; последний получается от сжигания комовой серы в закрытых чугунных печах. Во избежание инверсии время взаимодействия газа и сока ограничивается несколькими минутами (2—5). Диффузионный сок, содержащий 16—18% сухих веществ, после дефекации и сатурации заметно разбавляется водой, содержащейся в известковом молоке и промоях. Сухих веществ в очищенном соке, поступающем на выпарку, 12—15%. Выделение кристаллич. сахара из соков достигается при выпаривании воды. Эта операция распадается на две: сгущение сока в сироп и уваривание сиропа до кристаллизации. При выпаривании содержание сухих веществ возрастает до 60—70% по весу сиропа. Все системы выпарных аппаратов состоят из трубчатых поверхностей, обогреваемых паром и заключенных в вертикальные или горизонтальные камеры (фиг. 12). Над поверхностями кипения жидкостей д. б. достаточное пространство для осаждения уносимых паром капелек раствора или специальный сепаратор. Наиболее распространенными являются горизонтальные аппараты сист. Елинека и вертикальные Роберта, Кестнера, Заремба и др. Используя понижение $t^{\circ}_{кип.}$ при увеличении вакуума, на выпарных станциях применяют многократное выпаривание. В за-

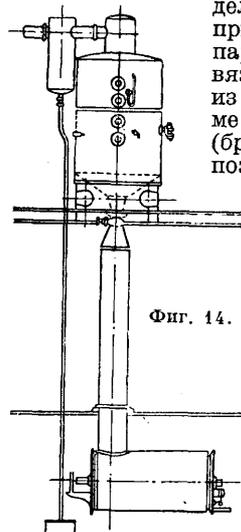
висимости от числа корпусов 1 кг пара м. б. выпарено 2, 3 и 4 кг воды. Приняты системы выпарок: под давлением и под разрежением. Примерное распределение $t^{\circ}_{кип.}$ в разных корпусах:

Корпуса . . .	I	II	III	IV	V
Выпарка под давлением	123°	115°	105°	—	—
Выпарка под разрежением	116°	108°	99°	87°	80°

Имея в системе выпарки пары различных t° , ими пользуются для обогрева аппаратов на других станциях завода (диффузия, сатурация, вакуум-аппараты); при этом соотношение поверхностей корпусов подобрано так, чтобы баланс был наиболее выгодным. Конденсационные воды используются на питание паровых котлов, приготовление известкового молока и другие операции. Так как при высокой t° сахара разлагается, то $t^{\circ}_{кип.}$ сахарных растворов не должна превышать 125—130°. Энергетич. х-во сахарного завода организуется по замкнутому циклу, т. е. весь необходимый пар для производства получается от паровых двигателей, обслуживающих з-д. Выделение кристаллич. сахара из сиропов, полученных на выпарке, производится при дальнейшем сгущении сиропов в вакуум-аппаратах. При выпаривании воды в сиропе образуется пересыщенный раствор сахара. Начало кристаллизации вызывается временным охлаждением сиропа или добавлением сахарной пудры. Рост кристаллов поддерживается дальнейшим выпариванием воды при периодич. добавлении сиропа. Степень пересыщения сиропа и ход кристаллизации определяют по изменению $t^{\circ}_{кип.}$ при различном вакууме в аппарате, а также по виду и вязкости массы, отбираемой из аппарата на стекло. Кроме того имеется ряд приборов (брасмоскопы, брасмометры), позволяющих непосредственно или по таблицам определять коэффициент пересыщения. Вакуум-аппарат (фиг. 13) отличается от выпарного аппарата только размерами и размещением поверхностей нагрева. Наряду с периодически действующими аппаратами применяют непрерывные вакуум-аппараты (фиг. 14). Отделение и осаждение крупных кристаллов в нижней части аппарата происходит на основании зако-



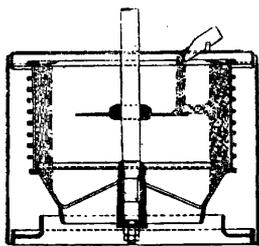
Фиг. 13.



Фиг. 14.

на Стокса, по которому все мелкие кристаллы поддерживаются в верхней части аппарата движением паров испаренной в аппарате воды. Процесс уваривания считается законченным, когда содержание воды в массе понизится до 5—8%. Смесь кристаллов и маточного сиро-

па называется утфелем первой кристаллизации. Утфель выгружается из вакуума через люк в мешалку, где и происходит его охлаждение до 40—50°. Отделение кристаллов из утфеля и их промывка происходят на центрифугах (Фиг. 15). Барабаны центрифуг делают 800—1 100 об/мин. Сахар остается на сите, расположенном по периферии барабана. После промывки и пропаривания сахар выгружается из центрифуг и поступает на просушивание в барабанные или ленточные сушилки. Сухой сахар не должен содержать влаги более 0,15%. Сахар упаковывается в мешки по 100 кг весом. Межкристалльная жидкость, отделяемая на центрифугах, называется зеленой патокой и содержит 60—65% сахара. Патока эта подвергается повторному сгущению в вакуум-аппаратах, причем получается утфель второй



Фиг. 15.

кристаллизации. Процесс кристаллизации сахара из этого утфеля после уваривания продолжается в мешалках 3—4 дня. Затем утфель поступает в центрифуги. Полученный из него желтый сахар содержит 95—96% сахарозы. Этот сахар растворяется и смешивается с оттоком, полученным от промывания белого сахара (белая патока), обрабатывается сернистым газом и после фильтрации смешивается с сиропом, полученным на выпарке. Кроме обработки сернистым газом окрашенные промежуточные продукты сахарного пр-ва для осветления обрабатываются активированными углями (норит, карборфин). Межкристалльная жидкость от утфеля 2-й кристаллизации, называемая кормовой патокой или мелассой, содержит 48—50% сахара и все не-сахары, не удаленные на дефеко-сатурациях. Не-сахары эти, являясь положительными патокообразователями, препятствуют кристаллизации сахара из патоки. Меласса обыкновенно используется как корм для скота, а также как сырье для винокурной промышленности.

Сахарная промышленность. С сахарным тростником европейцы впервые познакомились еще в 4 в. до нашей эры. С открытием Америки (15 в.) сахарный тростник благодаря благоприятному климату и почвенным условиям начинает культивироваться преимущественно на Антильских о-вах Вестиндского архипелага (Куба, Гаити, Порто-Рико), где культура его существует и до сих пор и откуда она распространилась почти на все субтропич. страны, являясь одним из главных предметов вывоза в Европу. Первым основателем у нас свеклосахарного производства следует считать московского аптекаря Биндгейма, представившего ок. 1801 г. докладную записку о получении сахара из свеклы. Первый свеклосахарный завод был построен в 1802 г. в Бланкенегелем и Герардом в Тульской губ., в селе Алябеве. Зарождение в среднечерноземной полосе (Тульская губ.), свеклосахарная промышленность перенеслась на Украину, где достигла значительного развита, давая $\frac{1}{5}$ всей продукции сахара в России. Падение хлебных цен, кризис основной промышленности того времени—винокурения—совпали с зародением свеклосахарной промышленности на Украине и способствовали быстрому ее росту. В первый период развития свеклосахарных заводов в России, до возникновения крупных коммерч. заводов, преобладала барщинная форма труда. Даже квалифицированные рабочие набирались из тех же крепостных, обученных предварительно на а-дах соседней. Условия труда на первых сахарных а-дах были и по тогдашним условиям исключительно тяжелыми. Вся работа велась вручную. В помещениях было мокро, сыро, грязно и холодно, а недостаточное освещение, часто капающее, способствовало массе несчастных случаев.

Численность рабочих и служащих, занятых в свеклосахарной промышленности, впервые была установлена в 1848/49 г. с появлением отчетов Сналона; начиная с 1856/57 г., эти данные стали производиться ежегодно.

В 1848/49 г. было занято на свеклосахарных заводах 42 850 рабочих. На Украине это была наиболее значительная тогда группа промышл. пролетариата. В то время как в пятидесятых годах в среднем на фабричное предприятие приходилось до 50 рабочих, средняя для свеклосахарных заводов была в 4 раза больше, что в достаточной мере характеризует размеры сахаропромышленности в ряде других отраслей того времени.

Сахар и сахарная свекла в мировом хозяйстве. Сахар из свеклы или тростника вырабатывается во всех частях света, и современная статистика имеет на учете до 70 сахаропроизводящих стран, не считая большого числа мелких стран, объединяемых под рубрикой прочие. Производство сахара неуклонно растет и в своем росте обгоняет увеличение населения, благодаря чему душевое потребление сахара неизменно увеличивается, достигнув в США, Австралии и Новой Зеландии весьма высокого уровня (табл. 1).

Табл. 1.—Мировое производство сахара.

Годы	т (длинные)	Увеличение	
		т	%
1875/76—1884/85	3 765 978	201 482	5,3
1885/86—1894/95	6 118 448	348 077	5,7
1895/96—1904/05	10 685 349	476 937	4,4
1905/06—1914/15	16 266 826	574 547	3,5
1915/16—1924/25	17 878 425	467 383	2,6

В 1924 г. мировой итог выработки свекловичного сахара был 9 227,3 тыс. т, тростникового—14 993,8 тыс. т, т. е. выработка свекловичного сахара составляла 38,1% мирового пр-ва сахара. В 1928/29 г. мировое пр-во, включая СССР, сахара-сырца достигло: свекловичного 9 594 тыс. т и тростникового 19 286, в 1929/30 г. соответственно—9 332 и 19 128 и в 1930/31 г. (предварительные данные) 11 713 и 18 004, а всего соответственно по годам—28 880, 28 460 и 29 717; в 1930/31 г. уд. вес свекловичного сахара поднялся до 39,3%.

В среднем за 50-летие ежегодное увеличение пр-ва составляло 3,8%. За время с 1875 г. мировое пр-во сахара увеличилось почти в 10 раз. Сахар—один из самых дешевых предметов питания. По стоимости единицы пищевого достоинства сахар во много раз дешевле мяса и коровьего масла и уступает лишь пшенице, но она не является готовым продуктом питания и должна пройти процессы помола и выпечки, в результате чего ее пищевая ценность почти приближается к ценности сахара. Помимо высоких питательных свойств сахара и сравнительной доступности для потребителя быстрому росту сахарной промышленности способствовали высокие барьеры сахарозаводчиков и заинтересованность государственной власти, извлекавшей доход из обложения сахара. В частности значение свекловичного сахара усугублялось исключительно благоприятным влиянием сахарной свеклы на полевое хозяйство, промышленное свеклосеяние, требующее по обработке и уборке значительно больших затрат труда, чем другие культуры, являясь лучшим способом изжития последствий перенаселения.

Борьба за рынки. Борьба за сахарный рынок постоянно играла весьма значительную роль в международной политике стран мирового хозяйства. В начале эта борьба велась на внутреннем фронте производства тростникового сахара. Позднее, с укреплением свеклосахарного производства в Европе, началась борьба между странами, обладающими экваториальными

ми колониями (Англия, Голландия), и континентальными странами Европы (Германия, Австро-Венгрия и Россия). Борьба шла между сахаром свекловичным и тростниковым. До самого конца прошлого столетия непрерывно побеждали континентальные страны — сахар свекловичный. Свекловичный сахар постепенно вытеснял тростниковый и не только вытеснял его в Европе, но, овладев частью рынка Великобритании, начал проникать в Америку и даже Британскую Индию. Весьма характерным в этой борьбе было (и остается до настоящего времени) то, что производство свекловичного сахара требовало больших затрат, чем производство тростникового сахара в колониях; но континентальные страны, искусственно поддерживая высокие цены на внутреннем рынке за счет внутреннего потребителя, форсировали экспорт за границу. Наиболее острым моментом борьбы был 1902 г. К этому году европейское свекловичное производство начало так успешно конкурировать с тростниковым производством в англ. колониях, что Англия вынуждена была реагировать на наступательную политику европ. сахарозаводчиков и потребовала отмены той политики цен, с помощью которой Германия, Австро-Венгрия и Россия заполняли Англию дешевым сахаром. Ожесточенная борьба закончилась Брюссельской конвенцией, на которой Англия добилась ограничения наступательной политики Германии и Австро-Венгрии. Россия присоединилась к конвенции только перед войной 1914 г. Под шум мировой войны старые тенденции мировой сахарной политики развились с лихорадочной интенсивностью за счет стран, парализованных войной. Руководителем новой фазы борьбы явились США. Политически владея о-вом Куба, являющимся центром мирового производства (свыше 25% всего мирового производства) и мировой торговли (дает до 40% всего тростникового сахара на международный рынок), США за время войны вложили огромные средства в сахарную промышленность о-вов Куба, Гавай, Порто-Рико и Филиппины. На арену мировой борьбы выступили промышленники о-ва Ява, побивающие рекорд в отношении урожаев сахарного тростника и дающие самый дешевый сахар. В результате парализованного состояния европейского свеклосахарного производства в период войны и роста продукции тростникового сахара роль свеклосахарного производства в мировом хозяйстве начинает падать с первых лет мировой войны. Доля свеклосахарного производства, составлявшая в 1901—14 гг. 43—52%, падает в 1919/20 г. до 22%. С окончанием мировой войны силы свеклосахарной промышленности начинают крепнуть. Уже в 1919 г. начинают восстанавливать свою свеклосахарную промышленность страны-победительницы — Франция, Италия, Бельгия. В 1920 г. восстановительный процесс отчетливо проявился во всех остальных странах Европы, включая Польшу и СССР. Затем восстановление свеклосахарного производства идет с исключительной стремительностью, и уд. в. свекловичного сахара ниже 30% не опускается. В таблице 2 приведены данные за 1923—29 гг.

За последние годы США, чрезмерно развившие свою сахарную промышленность и утратившие роль монополиста и гегемона на мировом рынке, страдают от наступившей депрессии и длительного кризиса, связанного с падением цен на сахар на мировом рынке. Немалую роль в этом кризисе играет оборонительная и одно-

Табл. 2.—Интенсификация производства сахара за 1923—29 гг.

Годы	Свекловичный сахар		Тростниковый сахар	
	т	%	т	%
1923/24	6 026 700	30,2	13 906 000	69,8
1924/25	8 285 800	36,3	14 550 000	—
1925/26	8 567 000	33,1	—	—
1926/27	7 878 000	31,8	—	—
1927/28	9 155 000	34,3	—	—
1928/29	9 600 000	33,7	—	—

временно наступательная политика, проводимая во всех сахаропроизводящих странах Европы. С механич. устранением во время войны действия Брюссельской конвенции в последнее время заинтересованные страны снова поднимают вопрос о международном регулировании производства и торговли сахаром. В сессии Лиги Наций (1929 г.) этому вопросу было уделено много внимания, и эксперты по вопросам сахарной промышленности нарисовали довольно печальную картину состояния мирового рынка, характеризуемого разномоем цен, высоким обложением и высокими пошлинами (см. табл. 3).

Табл. 3.—Мировые цены на сахар в 1929 г.

Страна	Цена 1 кг в коп.	Налог	Ввозная пошлина в коп.
Италия	69	41	15
Испания	52	13	16
Австралия	39	—	26
Япония	39	13	15
Венгрия	38	14	14
Румыния	38	5	10
Голландия	37	21	16
Чехо-Словакия	34	11	14
Польша	32	9	11
Франция	32	9	14
Германия	30	5	13
Аргентина	27	—	9
Великобритания	25	6	12
Австрия	24	6	11
Швеция	23	2	16
США	22	—	14
Швейцария	20	—	16
Британская Индия	20	—	14
Дания	19	3	15

Сахарные заводы СССР. В современных границах СССР до войны существовало 237 з-дов. Из них 2 расположены в большом отдалении от остальных: один на Кубани и один в Туркестане. Остальные 235 з-дов— в 12 смежных губерниях современных УССР (195 з-дов) и РСФСР (40 з-дов). Главными центрами производства сахара были б. Киевская и Подольская губ., дававшие более 50% всего сахара; примерно равновеликое значение имели б. Харьковская и Курская губ. В годы гражданской войны сахарная промышленность пришла в упадок. Восстановление ее характеризуется табл. 4.

Табл. 4.—Рост сахарной промышленности в СССР (в тыс. т).

Годы	Выработано сах. песку	Годы	Выработано сах. песку
1921	50,2	1927	955,0
1922	185,7	1928	221,2
1923	190,2	1929	957,9
1924	362,3	1930	1489,5
1925	451,5	1931	1525,2
1926	1044,1		

Свою I пятилетку сахарная пром-сть строила на полной реконструкции как сырьевой, так и технич. базы. До войны и революции главным источником свеклы являлись крупные хозяйства сахарных з-дов и помещицьи имения в приадовских районах; площадь таких крупных свекловичных хозяйств приближалась к 3 млн. га. Количество свеклы, поступавшей с крестьянских земель, не превышало 14—15% всей перерабатываемой свеклы. Революция полностью разрушила прежний главный источник питания сырьем сахарной промышленности—крупные помещицьи и заводские полевые хозяйства. С 1922 г. идет быстрый и непрерывный рост посевов на крестьянских землях. Пятилетний же план строил дальнейшее развитие крестьянских посевов на новых социально-экономич. началах—на началах полной коллективизации. Все 100% крестьянской свеклы должны дать коллективные хозяйства. В отношении коллективного сектора проводятся огромные реконструктивные задачи, выражающиеся в интенсификации крестьянского хозяйства, его механизации путем дальнейшей организации и укрепления машинно-тракторных станций, наряду с этим и полное переустройство дорог.

Основной капитал сахарной промышленности, тающей в себе огромные резервы, вследствие сезонности производства используется в максимальной мере. Превращение С. п. из сезонного в постоянное достигается разрешением проблемы длительного хранения свеклы путем ее сушки, что должно привести к коренной ломке всей экономики сахарной промышленности. Приводим нек-рые данные, характеризующие темп развития сахарной промышленности на конец пятилетки: сбор свеклы в 1933 году по предварительным данным намечается в количестве 117 441 тыс. ц, количество действующих заводов 18, строящихся новых з-дов 16, в том числе в Сибири, Киргизии, Грузии, на Дальнем Востоке, в Армении и других новых районах, в которых раньше не существовало сахарной промышленности. Продукция сахара определяется в 1932 г. 8 203,2 тыс. ц и в 1933 г. 13 500 тыс. ц. Кроме того сахарная промышленность ставит перед собой грандиозные задачи по животноводству и откормочным операциям.

Лит.: З у е в М., Энциклопедия сахарного производства, т. 1—5, М.—Киев, 1924—26; е г о ж е, Тепло в сах. пром-стве, Харьков, 1913; е г о ж е, Дефекция и сатурация, М., 1922; е г о ж е, Популярный курс сахарного производства, Киев, 1922; е г о ж е, Сахар и его производство, Харьков, 1923; К л а с с е н Г., Практич. руководство по производству сахара, пер. с нем., Киев, 1914; Ш т о м а н Ф., Руководство по производству сахара, пер. с нем., Киев, 1888; К а р л с о н Э., Черки свеклосахарного производства, М., 1927; С ы р о м я т н и к о в М., Механич. оборудование свеклосахарных з-дов, Киев, 1917; е г о ж е, Справочная книга по технике сахарного пр-ва, Киев, 1915; Р е й с е р А., Проектирование сахарных з-дов, Киев, 1917; е г о ж е, Постройка сахарного з-да, 2 изд., Киев, 1913; Ш и ф ф н е р А., Машины и аппараты свеклосахарного и рафинадного з-да, пер. с нем., Киев, 1914; Т и щ е н к о И., Современные выпарные аппараты и их расчет, М., 1915; е г о ж е, Общий метод расчета многокорпусного выпарного аппарата, М., 1924; К у х а р е н к о И., Материалы для расчета и проектирования свеклосахарных з-дов, Киев, 1923; В о г р ы з е К. О., Химия сахарной пром-сти, пер. с нем., Киев, 1922; Т и щ е н к о И., Химия сахарных веществ и методы исследования продуктов сахарного пр-ва, М., 1913; З у е в М., Сахаристые вещества, Киев, 1908; Ш т о м а н Ф. и Ш а н д е р А., Руководство по производству сахара, Киев, 1923; Г о л о в и н П., Руководство по сахарному пр-ву, М., 1928; Л ю б ч е н к о Ю., Краузе Р. и Ш е п к и н С., На сахарных з-дах Зап. Европы, М., 1927; Л у к ы н о в П., Сахарные з-ды Чехословакии, М., 1927; С л а с с е н H., Die Zuckerrfabrikation, 5 Aufl., Magdeburg, 1923; S a i l l a r d E., Betterave et sucrerie de betterave, 3 éd., P., 1923; M a l p e a u L., La betterave à sucre, P., 1912; B l o c k B., Das Kalkbren-

nen, 2 Aufl., Lpz., 1924; D e e r r N., Cane Sugar, 2 ed., L., 1921; H e r i o t T. H., The Manufacture of Sugar from the Cane a Beet, L., 1920; H a u s b r a n d E., Verdampfen, Kondensieren u. Kühlen, B., 1924. В. Студенцкий.

Сахар кленовый и березовый. К числу многочисленных представителей растительного царства, служащих объектами для получения сахара, относятся и нек-рые породы деревьев; промышленное значение в этом отношении имеют *клен* (см.) и *береза* (см.). В настоящее время подосочка кленовых и березовых в С. Америке начинается по достижении ими 25—30-летнего возраста, когда они достигают ок. 18 см толщины. Как правило, чем ниже полнота, чем реже стояние, тем лучше наблюдается выход сока. По наблюдению проф. Нестерова при подосочке извлекается в общем $\frac{1}{60}$ ч. накопленного деревом запаса питательных веществ. Влияние t° на выход сока очень велико; чем холоднее зима и чем она суше, тем большее количество сока и с большей сахаристостью собирается весной; точно так же теплое и влажное лето способствует увеличению выхода в следующую весну. В период подосочки t° продолжает оказывать сильное влияние. Период подосочки, совпадающий с периодом весеннего сокодвижения, продолжается в течение 5—6 недель, причем дней с обильным выделением сока бывает 10—15. В зависимости от широты местности колеблется и обычное начало и конец работ, напр. в районе Квебека (Канада) среднее начало сезона—1 апреля при средней продолжительности в 4 недели; в штате Нью Йорк средняя продолжительность периода выделения—29 дней. Сок заболони сахаристее, более белого цвета и ароматичнее сока сердцевины. Современная техника подосочки клена в С. Америке придерживается следующих норм. Приблизительно на высоте 1 м от земли очищается топориком неровность коры и посреди сделанной затески просверливается отверстие $\varnothing 1—1,25$ см и глубиной 1,5—4 см с незначительным уклоном наружу, куда ставляется сточный желобок; в большом ходу патентованные желобки, оканчивающиеся крестовиной и вколачиваемые в дерево прямо, без просверливания отверстия. Приемниками служат жестяные ведра, обязательно покрываемые крышкой. Деревья обычно подсачивают одним отверстием; на очень толстомерных делают 2—3 и больше отверстий. Сок из приемников сливается в металлическ. чаны с вогнутой крышкой, в середине к-рой устроен сетчатый конус, покрываемый полотном в целях фильтрации. Сбор производится 1—2 раза в день, в более крупных хозяйствах устраивают передачу сока по трубам от места сбора к месту его переработки. Сахаристость кленового сока колеблется в течение сезона, находясь кроме того в зависимости от расового происхождения дерева; самый сахаристый сок дает с а х а р и с т ы й к л е н (*Acer sacharinum*); средняя сахаристость сока 3,75% при среднем сборе с одного дерева за сезон 28,25 кг (Фрид). Прodelанные отверстия обычно зарастают через 1—2 г. Кленовники подсачиваются неопределенно долгий промежуток времени, оставаясь здоровыми, без влияния на ход роста и плодоношения. Технич. качества древесины под влиянием подосочки не понижаются. В последнее время путем селекционных работ в С. Америке в отд. хоз. удавалось поднять среднюю сахаристость сока до 10%. Процесс упаривания кленового сока и доведение его до консистенции сиропа производится в специальных аппаратах. Варка заканчивается при $t^{\circ} 104^{\circ}$ (32—33° Bé); готовность сиропа определяется обычно на-глаз. При такой степени

уварки сахаристость сиропа достигает 65—70%. Сироп подвергается двукратной фильтрации с целью удаления яблочнокислой извести и разливается в жестяные емкости приблизительно в 4 л, в к-рых и поступает на рынок. Анализ кленового сока (в среднем): уд. в. 1,015 при 15°; белковых веществ 0,069—0,469%; зольность 0,146%; сахаристость (колеблется в широких пределах) ~4%. Анализ сиропа (в %): сахарозы до 84, инвертозы 0,8—5, воды 6—14, зольных веществ 0,25—1,03, белковых 0,19—0,075. Получение твердого сахара из сиропа производят отдельно. Производство сиропа и сахара из кленового сока сосредоточено в С. Америке по преимуществу в мелких предприятиях. Продукция кленово-сахарного производства используется исключительно для пищевых целей, поступающая частично на кондитерские предприятия, частично непосредственно на потребительский рынок и расцениваясь благодаря своим ароматич. свойствам в 2—3 раза дороже соответствующих цен на продукты из сахарного тростника и свекловицы. В 1930 г. получено в Северной Америке кленового сока по расчету на сахар 34 404 тыс. англ. фн.

Первым по времени научно поставленным опытом по добычанию и уварке сока березы известен опыт Цытовича (опубликован в 1911 г.). Выход сока составлял 37—59 л на дерево в б. Московской губ. и 45—65 л в б. Витебской. Наибольшее истечение наблюдалось во второй четверти периода сокодвижения, а по часам дня—в полдень. Период подсочки продолжался 4 недели и закончился с появлением листьев. Сахаристость сока в начале периода равнялась 0,7% и, постепенно повышаясь, дошла до 1,48%, упав снова к концу сезона. Анализ сока дал следующие показатели (на 1 л сока): белок в начале периода давал только следы и, увеличившись затем до 0,002—0,003%, к концу периода снова давал только следы; зольных веществ 0,02—0,08%, дубильных—0,0008—0,001%; яблочной к-ты 0,332—0,607%; кроме того сок заключал в себе ароматич. вещества, придающие ему приятный, специфич. запах. Заключавшийся в соке сахар был определен как фруктоза (с левым вращением), хорошо растворялся в воде и алкоголе; уд. вес свежего сока был 1,003; реакция нейтральная; под влиянием бактерий быстро окислялся. Из 1 л сока получалось после уваривания 11 см³ сиропа, содержавшего 73% сахара, что при среднем сборе сока за весь период от одной раны в 49 л давало ок. 0,5 л сиропа. В первые годы после Октябрьской революции подобный опыт был поставлен Юницким (Казань), но данные по нему опубликованы не были. Союз русских лесоводов (1919 г.) пробовал вызвать подсочку березы в массовом масштабе с целью замены дефицитного тогда сахара, но массового характера эти мероприятия тогда не получили. В 1930 г. опыт подсочки березы был повторен под Москвой (Перышкин-Филиппович); работой было охвачено всего 16 деревьев, и опыт не мог дать надежных показателей. В 1931 г. по предложению НК РКИ опытная работа по добычанию и увариванию сока березы была поставлена в Ленинградской области, близ г. Тихвина (Ротаст). Всего было западсочено 349 деревьев, расположенных в трех участках, представлявших собою сосновые насаждения типа черничного и брусничного бора, в составе к-рых береза занимала 0,2—0,3%. Деревья 18—30-см подсаживались одним отверстием, 30—35-см—двумя и свыше 35-см—тре-

мя. Благодаря поздней, но дружной весне период сокодвижения начался лишь 24/IV и закончился 12/V, когда лист на деревьях достиг размера примерно 2 см. Выход сока за весь период составил в среднем на 1 дерево 60—70 кг и на 1 отверстие 53,07 кг. Суточное колебание выхода было в пределах 1,44—4,76 кг, давши в среднем 3,57 кг. Влияние на выход сока было обнаружено в большей степени со стороны класса господства деревьев, чем от размера их диаметра: выход у деревьев 1-го класса по Крафту на 72,9% был выше выхода деревьев 3-го. Деревья, западсоченные тремя отверстиями, дали среднесуточный выход 7,158 кг, двумя—7,20 кг. Как и следовало ожидать, очень велико оказалось влияние *t*^o воздуха и почвы. Сделанные наблюдения показали, что 1) наибольший выход сока приходится на утренние часы; 2) редкое стояние деревьев значительно повышает выход; 3) конкуренция сосны мало влияет на выход сока березы; конкуренция березы сильно его понижает; 4) лучшие выходы наблюдались из отверстий, хорошо освещавшихся солнцем; 5) вегетативное или семенное происхождение дерева не играет в отношении выхода решающей роли. Анализ сока березы, произведенный в Научно-исследовательском институте спиртовой промышленности, приведен в табл. 5.

Табл. 5.—Анализ сока березы.

Характеристики	Время взятия проб		
	30/IV	3/V	7/V
Удельный вес	1,0031	1,0024	1,0030
Зола (в %)	0,032	0,032	0,24
Кислотность по расчету на яблочную к-ту (в %)	0,02	0,01	0,02
Азот по Кьельдалю (в %)	0,0021	0,0023	0,0021
Сахар по Бертрану (в %)	1,20	1,18	1,19

Хронометраж труда по сбору сока показал, что 80% времени уходило на доставку сока к месту его переработки и обратную дорогу в лес при среднем расстоянии в 395 м. Анализ проб сиропа, произведенный Научно-исследовательским институтом спиртовой промышленности, дал следующие показания, приведенные в табл. 6.

Табл. 6.—Анализ проб сиропа.

Характеристики	Ордин. варка	Двойная варка		
	3/V	8/V	9/V	10/V
Удельный вес	1,0926	1,1229	1,1590	1,1256
Зола (в %)	1,21	1,96	2,09	1,79
Кислотность (в %)	0,79	1,32	2,04	1,57
Азот (в %)	0,336	0,351	0,354	0,421
Сахар (в %)	40,8	53,6	69,8	56,1

Проба на сахарозу дала отрицательный результат, следовательно весь сахар находился в форме моноз. Определение уд. вращения в сахариметре и объемное определение глюкозы по Вильштеттеру и Шудлю и фруктозы по Бертрану показали, что в сиропах содержатся приблизительно равные количества глюкозы и фруктозы. Данные опытов по сбраживанию сиропа, произведенных в том же ин-те, приведены в табл. 7.

Примерная калькуляция себестоимости 1 кг 70%-ного сиропа выразилась в 61,5 к. (по ценам 1931 г.). Сок произрастающего у нас остролистного клена по герм. данным содержит 2,74—4,27% сахарозы, т. е. весьма бли-

Табл. 7.—Данные по опыту сбраживания березового сока (в г).

Характеристики	Разведение			
	1:3	1:4	1:5	1:6
Количество сахара до сбраживания*	55,3	40,74	38,61	27,045
после сбраживания	27,58	8,49	15,07	1,39
Количество сброженного сахара	25,75	32,25	33,25	25,65
Получено спирта	13,129	16,025	13,65	13,15
Теоретич. выход спирта из данных количеств	12,87	16,12	16,77	12,82
Разница между теоретич. и действит. выходом	+0,259	-0,095	-3,12	+0,33

* Содержание сахара в сиропе до сбраживания 70 31%.

зок по своему составу в этом отношении к соку америк. кленов. Данных о сахаристости сока других видов наших кленов в литературе не имеется. Кленово- и березово-сахарный промысел может служить сырьевым источником гл. обр. для спиртовой и пищевой пром-сти (кондитерское и консервное дело и производство безалкогольных напитков). Не исключена возможность использования его для получения хлебопекарных дрожжей, различных органич. к-т (лимонной, молочной), ацетона, кетона и др. Так как кленовый сок по своей сахаристости втрое выше березового и дает возможность в силу этого получать более высокую по качеству продукцию, он может больше удовлетворить требованиям, предъявляемым со стороны кондитерской пром-сти, могущей лучше оплатить пригодный для нее продукт. С другой стороны, сахар из березового сока в виду преобладания фруктозы, трудно кристаллизующейся, более пригоден для консервной промышленности. Приведенные данные по опытному сбраживанию березовых сиропов (табл. 7) дают основания считать их хорошим сырьем для получения спирта, с почти неограниченными притом возможностями в отношении сырьевой базы; по данным Селибера площадь березовых насаждений по всему Союзу исчисляется в 77 млн. га, а по европейской его части—16 млн. га. Следует отметить, что большая часть этих насаждений до сих пор не эксплуатируется вовсе, находясь вне оборота лесного хозяйства, между тем с каждого га можно было бы ежегодно извлекать в круглых цифрах не менее 200 кг сиропа высокой сахаристости или 100 кг 100%-ного спирта. При громадном спросе на этиловый спирт, предъявляемом рядом отраслей промышленности, и возможном удешевлении себестоимости сиропа такой источник его получения из непивового сырья может иметь наряду с гидролизом древесины решающее значение. Систематизированные сведения о распространении клена в СССР не имеется. Известно, что вообще клен больших сообществ не образует и что площади чистых кленовых насаждений в 30—40 га и в СССР и в Сев. Америке считаются уже большими; гораздо чаще клен встречается в смешанных лиственных насаждениях, в составе которых нередко занимает 0,4—0,6%, что ни в какой однако мере не может служить препятствием к его подсочке; необходимо лишь его состояние в составе господствующего полога.

Лит.: Нестеров Н. С., Сахарный клен и клево-сахарное производство, СПб, 1895; Птичович П. В., Подсочка березы и анализ березового сока, «Лесо-промышленный вестник», 1911, 9; Тищенко И. А., Химия сахаристых веществ, М., 1913; Шорыгин П. П., Химия углеводов и ее применение в промышленности, М.—Л., 1926; Селибер Д. И., Леса и лесная промышленность СССР, т. 1, Л., 1930; Ротаст Г. П., Добывание и уваривание сока клена и березы, 1931; Bryan H., Hubbard W. and Sidney F. Scherwood, Production of Maple Sirup a. Sugar, «Farmers Bulletin», Wash., 1924, 1366. Г. Ротаст.

САХАРОЗА, тростниковый сахар, стекловидный сахар $C_{12}H_{22}O_{11}$, полисахарид (см. *Полисахариды*), весьма распространенный в растениях (в листьях, плодах, корнях и пр.). В наиболее значительных количествах С. содержится в сахарном тростнике (14÷26% в соке), в сахарной свекле (14÷24%, в среднем 17%), в сахарном сорго (9%), в сахарном клене (3÷5%). Для производства сахара применяются сахарный тростник и сахарная свекла (см. *Сахарное производство*); сахарное сорго и клен используются для производства *сиропов* (см.). С. хорошо кристаллизуется и м. б. получена в виде крупных прозрачных кристаллов моноклинч. системы, уд. вес $D^{17,5} = 1,58$; $t_{пл.}^{160} = 161^{\circ}$; очень хорошо растворима в воде, особенно в горячей, и легко дает вязкие пересыщенные растворы—сиропы. Растворимость С. в воде по Герцфельду выражается следующей эмпирич. формулой:

$$y = 64,1835 + 0,13477t + 0,0005307t^2,$$

где y —%—ное содержание С. в насыщенном растворе при темп-ре t . По этой ф-ле составлены таблицы растворимости С. в воде при разных t° (см. *Спр. ТЭ*, т. III); при 0° в 100 г воды растворяется 179 г С. (64,18%), а при 100° —487 г (82,97%). С. совершенно нерастворима в холодном абсолютном спирте (в кипящем растворяется 1:80). С. вращает плоскость поляризации вправо; уд. вращение зависит от концентрации раствора и t° ; при концентрации 23,65% средняя величина уд. вращения С. $[\alpha]_D^{20} = +66,5^{\circ}$.

На вращательной способности С. основан оптич. метод количественного определения ее (см. *Поляриметр*). При нагревании до $t_{пл.}^{160}$ С. сплавляется в аморфную стекловидную массу, к-рая через нек-рое время по охлаждении снова кристаллизуется, теряя прозрачность; при нагревании несколько выше $t_{пл.}^{160}$ сплавленная масса сохраняет прозрачность на более долгий срок. При 200 — 220° С. начинает разлагаться (к а р а м е л и з а ц и я) и темнеет, образуя кулер, т. е. смесь нескольких некристаллич. веществ, применяемую для подкраски в желто-коричневый цвет пищевых продуктов. При дальнейшем нагревании начинается сильное всучивание с выделением газов (углеводороды, CO_2 , CO) и паров (ацетона, ацетальдегида, фурфурола, летучих к-т); в остатке получается уголь. По исследованию Пикте карамелизация С. при нагревании до 185 — 190° под уменьшенным давлением (10÷15 мм) протекает след. обр.: сначала при 5% потери в весе образуется и з о с а х а р о з а н $C_{12}H_{22}O_{10}$ (аморфный белый порошок, $t_{пл.}^{94}$; легко растворимый в воде, горького вкуса); далее при потере 10% в весе образуется к а р а м е л а н $C_{21}H_{36}O_{18}$ (светложелтый порошок, $t_{пл.}^{144}$ — 145° , горького вкуса, труднее растворимый в воде); при 20% потери получается карамелен $C_{36}H_{56}O_{25}$ (коричневый порошок горького вкуса, $t_{пл.}^{204}$ — 205° , легко растворимый в воде). С. не восстанавливает фелинговой жидкости, не реагирует с фенилгидразином и не изменяется от действия разбав-

ленных щелочей; т. о. она не содержит альдегидных и кетонных групп (строение С. см. *Полисахариды*). При гидролизе к-тами или энзимами (напр. инвертазой дрожжей) С. распадается (инвертируется) на смесь равных количеств *d*-глюкозы и *d*-фруктозы, т. н. *инвертный сахар* (см.). С основаниями С. дает сахарааты; так, с СаО получаются: монокальциевый сахарат $C_{12}H_{22}O_{11} \cdot CaO \cdot 2H_2O$ и двукальциевый сахарат $C_{12}H_{22}O_{11} \cdot 2CaO$, легко растворимые в воде; при кипячении этих растворов выпадает трудно растворимый трикальциевый сахарат $C_{12}H_{22}O_{11} \cdot 3CaO \cdot 3H_2O$.

Лит.: Тищенко И. А., *Химия сахаристых веществ и ее применения в промышленности*, Москва, 1943; Шорыгин П. П., *Химия углеводов*, 2 изд., Москва, 1932. Ф. Церевинтов.

СБОРНЫЕ ЗДАНИЯ, здания, состоящие из набора (комплекта) стандартных частей, изготовляемых на заводах. Достоинства С. з. заключаются в следующем: 1) является возможность полной механизации процессов стройпроизводства во всех стадиях его, 2) работа машин ускоряет работу в 10—100 раз, стоит значительно дешевле ручной работы и дает высокое качество изделий, недоступное для кустика при массовой заготовке, 3) применяемые облегченные конструкции значительно уменьшают вес здания, 4) перевозка готовых и сухих частей здания облегчает работу транспорта и освобождает от перевозки отходов и влаги в сырых материалах, 5) отходы производства на з-де м. б. полностью утилизированы, 6) изготовление частей здания на з-де и сборка здания требуют значительно меньшей затраты рабсилы, в особенности квалифицированной, 7) темпы строительства ускоряются во много раз, и при налаженном производстве сборка здания выполняется в несколько дней, 8) производство стандартных частей, монтажные и отделочные работы производятся круглый год независимо от погоды (мороза), 9) потребитель, получая готовые стандартные здания, освобождается от работ по проектированию и от значительной доли административно-хозяйственных забот. Перечисленные достижения сборного стройпроизводства дают высокую экономич. эффективность и решают темпы строительства при условии развитой специальной отрасли промышленности производства монтажных стандартов, материалов и механизмов, необходимых для сборного строительства.

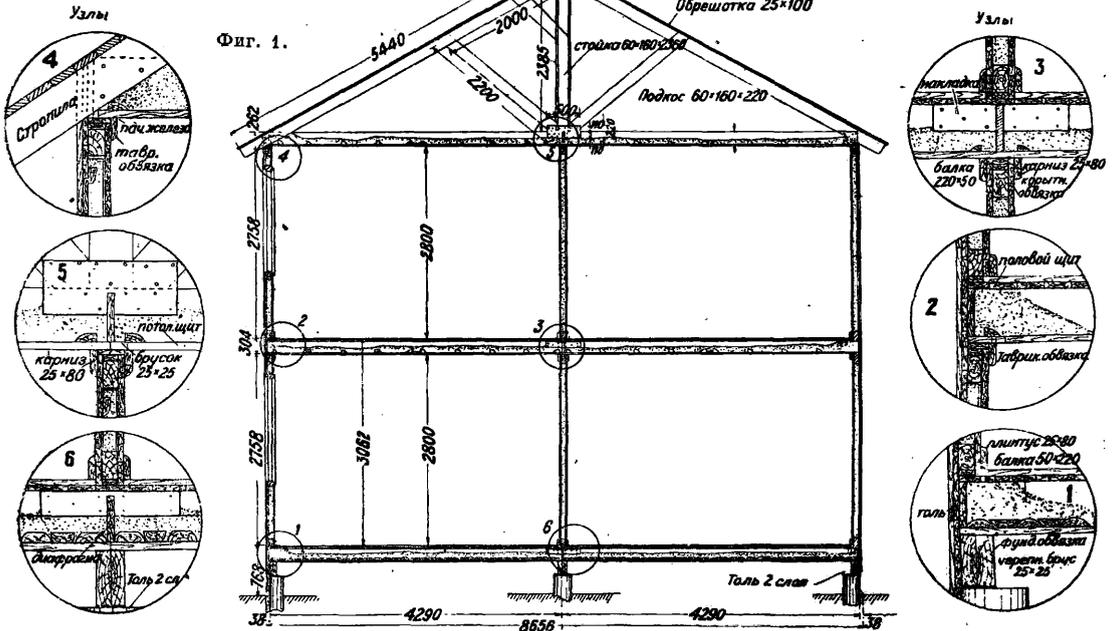
Для достижения известной закономерности в методе и размерах набора стандартных частей С. з. установлен метод модулировки архитектурного решения здания, к-рый сводится к установлению единой меры пропорциональности отношений размеров здания и частей его. Эта мера называется *модулем*. Величина модуля практикой в гражданском строительстве принята равной 60 см, потому что эта мера по своей величине достаточно мелкая, хорошо укладывается в необходимых размерах частей зданий и дает возможность варьировать соотношения основных и второстепенных размеров здания. Мера пропорциональности (модуль) может устанавливаться раздельно в горизонтальном направлении (в плане) и в вертикальном направлении (в разрезе), но необходимо, чтобы модуль плана был кратным модулю высоты. При модулировке проекта здания необходимо привести основные размеры здания, расстояния между опорами конструкций (стен, колонн, стоек, каркаса и т. п.) к размерам, пропорциональным модулю, в результате чего

возможно установить всего лишь несколько стандартных расстояний для главных частей стандартных конструкций, а в зависимости от них установить стандартные размеры частей здания или монтажных стандартов, из к-рых оно собирается. Распространяя метод модулирования на все объекты строительства, устанавливают ограниченное количество стандартных конструкций по размерам, пропорциональным модулю. Для выполнения этих конструкций устанавливают модулированные размеры стройматериалов, к-рые могут применяться без отходов. Т. о. создается единая система стандартизации С. з. В рациональной конструкции д. б. четко проведено разделение на части, несущие нагрузку, и части, ограждающие, т. е. не работающие на нагрузку. К первым относятся сплошные стены, столбы, или стойки, балки, стропила, половой настил; к последним—утеплители, облицовки, изоляции, кровли, потолок, перегородки, окна и двери. Для несущих частей конструкций требуются материалы достаточно прочные, как дерево, бетон, железобетон и железо. К ограждающим материалам относятся: торф-сфагнум, древесные опилки, доменная вата, трепел, торфолеум, морозин, инсоорит, месонит, соломит, фибролит, камышит, шевелин, гипсолит, смоляная бумага, толь, руберойд, силикат-органики, легкие бетоны (газо-пено-пемзо-бетоны) и пр. Засышные материалы применяются при условии принятия мер против усадки. Набивные бетоны и штукатурка создают сырость в постройке. Наиболее пригодными материалами считаются те, к-рые обработаны и применяются в конструкциях в виде сухих полуфабрикатов: камней, плит и листов. Дерево применяется как облицовочный и утепляющий материал; для щитов, перекрытий и мелких стolyрных изделий применяют дерево, высушенное до остаточной влажности, равной 18—23%, для оконных переплетов и дверных полотен—до 15%, для остальных элементов при воздушной сушке—до 28%. По основным признакам конструкции наружных стен С. з. разделяются на щитовые, каркасные и крупноплитные, кроме того существует много конструкций смешанного типа.

Деревянные С. з. Щитовые (фиг. 1—4). Основную конструкцию составляют щиты, которые доставляются на постройку в законченном виде; поэтому наибольшей сборностью обладает здание, все части к-рого состоят из щитов. При этих условиях сборка производится быстро. Щиты наружных стен должны нести нагрузку от перекрытий и ограждать помещения от холода; поэтому делается рама из брусков достаточно прочная, чтобы нести на себе груз двух и даже трех этажей. С обеих сторон рама обшивается досками, а внутри заполняется утеплителем, слоем 6—10 см толщиной, в зависимости от качества утеплителя и от того, для какого климатич. пояса предназначено здание. Обычно утепление делается сфагнумом, а за неимением такового—древесными опилками. Против усадки засыпки внутри ее прокладываются диафрагмы (бруски и дощечки), удерживающие засыпку на небольшом участке (ок. 50 см по высоте). Возможно применение других утеплителей, в том числе плитного материала, но плиты (торфолеум, морозин, соломит, камышит и т. п.) выгоднее использовать для обшивки каркасной конструкции. Следует считать как правило, что со стороны помещения щиты облицовываются гипсолитом, тонким фибролитом с затиркою

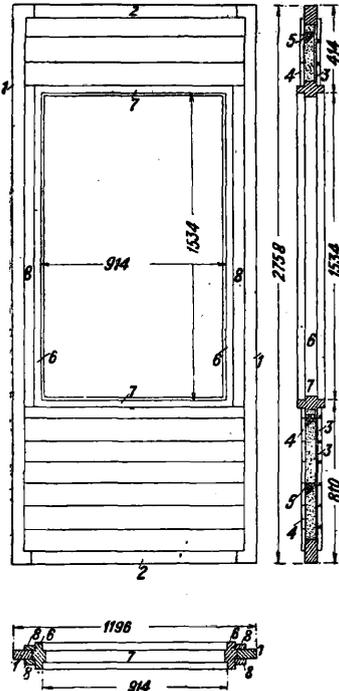
алебастром, фанерой и другими материалами. Штукатурка исключается, т. к. вносит много влаги и портит изделия из сухого дерева, задерживает ход работ и стоит дороже сухой облицовки.

продувания (облицовка утепляет стены), 4) защиты от проникновения внутреннего теплого и влажного воздуха в сферу засыпки, где пары конденсируются и создают режим влажности,



Облицовка изнутри помещений вызывается необходимостью: 1) защиты от возгорания весьма сухого дерева (пожар возникает главным образом внутри дома и в досчатом доме быстро распространяется), 2) защиты от насекомых, к-рые

что вызывает иногда гниение и создает условия, благоприятные для разрастания грибов-паразитов. Если наружные щиты почему-либо оставляются не облицованными, то необходимо для защиты от продувания и влажного воздуха



№	Детали	Обработка	Наименование	кол. секций	длина	коэф. обшивки по ширине	Вес	
1		не строг.	Стойменный брус	2	60x100	2758	0,0185	0,0330
2		не строг.	Горизонт брус	2	60x100	1198	0,0072	0,0144
3		строган.	Обшивка	9	19x120	1078	0,0025	0,0225
4		не строг.	Обшивка	9	19x120	1078	0,0025	0,0225
5		не строг.	Связка	2	30x80	996	0,0018	0,0036
6		строган.	Стойм. брус оконн. коробки	2	58x138	1618	0,0136	0,0272
7		строган.	Горизонт. брус оконн. коробки	2	58x138	996	0,0084	0,0168
8		строг.	Нащельник	4	19x50	1800	0,0016	0,0064
				Всего древесины		0,1464 м³ 84кг		
				Горф-сафалум		0,0360 18,80		
				Строит. бумага		128 м² 1,25		
				Гвозди 2,5x60		194 шт 0,409		
				Вес щита		106,30 кг		

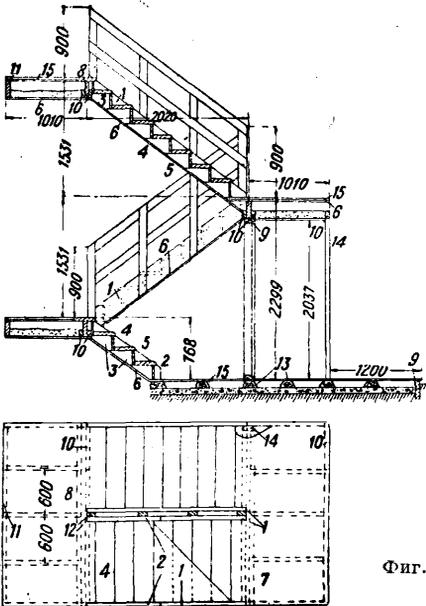
Фиг. 2.

охотно гнездятся в щелях досчатой обшивки и в засышке внутри щита, причем нет надежных средств уничтожить насекомых, 3) защиты от

проложить внутри засыпки со стороны помещения слой смоленой бумаги или толя. Стык щитов д. б. непродуваемый и удобный в сборке.

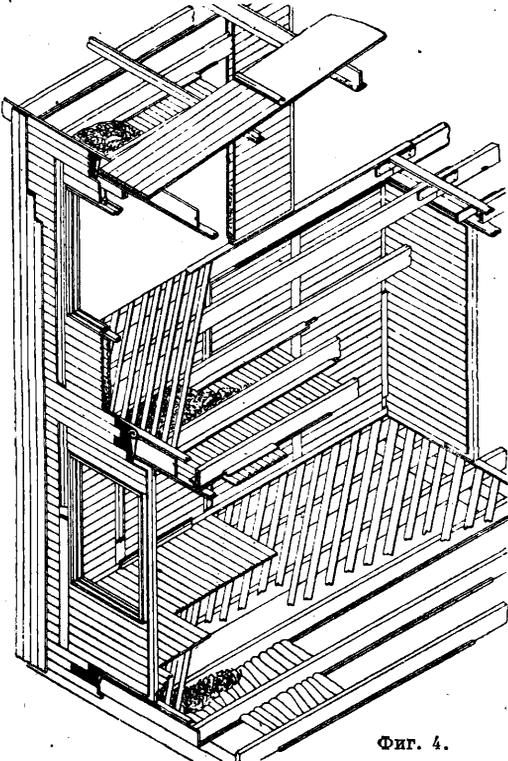
Проще и лучше применять стык в виде шведского открытого гребня (фиг. 5); с обеих сторон стык перекрывается нащельными досками с

портить изделия во время перевозки в плотно уложенном виде. Перегородки делают из тонких щитов, подобных стенным. По методологии



Фиг. 3.

прокладкой под них толя или рубероида. Прибитые гвоздями нащельники плотно и прочно соединяют щиты. Внутренние несущие стены собираются из таких же щитов, как и наружные, но без внутренней бумаги. Окна и двери

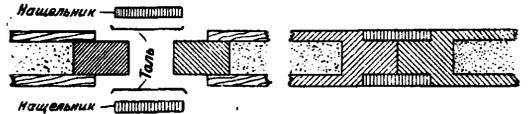


Фиг. 4.

должны быть окончательно вделаны в щиты, с навескою на петли, но без ручек и задвижек, выступающих из плоскости щита, чтобы не

№	Детали	объем	Наименован	сечени		Общая
				ш.м	длина	
1	2630	48	тетива	50×220	2630	0.0260 0.116
2	1340	48	тетива	50×220	1340	0.0150 0.030
3	325	48	Угловник	50×190	325	0.0051 0.118
4	1022	48	Ступени	50×290	1022	0.0150 0.300
5	1022	48	Подступенок	19×120	1022	0.0024 0.053
6	в пог. м.	19	Нижняя настилка под площадкой и тетивой	19×120	п.м	0.0023 0.507
7	985	50	Балка	50×220	985	0.010 0.165
8	2400	50	Балка	50×220	2400	0.0260 0.052
9	2300	50	Балка	50×220	2300	0.0250 0.050
10	2300	50	Рейка под тетивой	50×90	2300	0.0103 0.072
11	550	50	Защелки доски	50×220	550	0.0060 0.024
12	в пог. м.	46	Поручни и стойки	50×100	п.м	0.0050 0.096
13	в пог. м.	150	Лаги	75×150	п.м	0.0112 0.162
14	2035	50	Подпорная стойка	50×120	2035	0.0120 0.040
15	в пог. м.	25	Настил пола и площадок	25×100	п.м	0.0025 0.352
			Всего древесины 2.137 м³			

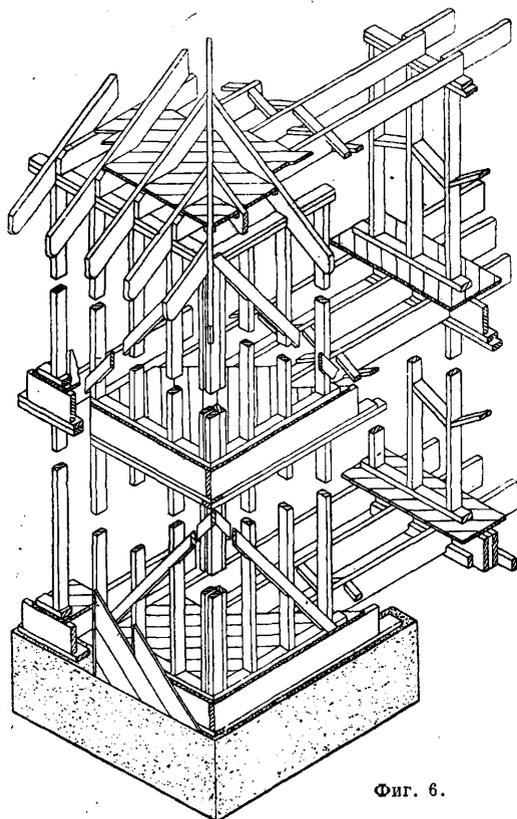
модульного построения ширина щита делается в один, два или три модуля. Основую щитовых стен служат цокольные обвязки, лежащие на ступнях. Под нижним перекрытием неизбежно устройство подполья, чтобы деревянную конструкцию удалить от сырости земли. Обвязки делаются из сбитых гвоздями двух досок, чем предупреждается коробление обвязок. На цокольные обвязки укладывают балки из досок на расстоянии, равном 60 см между центрами. Такое расстояние наиболее выгодно по статич. расчету и по расходу древесины на перекрытие; при этом расположенные балки хорошо увязываются с размером стен-



Фиг. 5.

ных щитов, так как балка совпадает со стыком или серединой щита. Возможно также пропустить дымовую трубу между балками. Сверх установленных щитов прибавляют обвязку из двух досок внахлестку, на к-рую укладывают балки следующего перекрытия. Между балками укладывают потолочные щиты из досок толщиной 25 мм по прибитым к балкам черепным брускам 25×25 мм. Чистый пол настилают щитами из досок в два слоя, между которыми прокладывают смоленную бумагу. В некоторых конструкциях предпочитают вместо укладки половых щитов набивать пол досками в два слоя, из к-рых нижний настилается под углом в 45° к балкам и вразбежку. Диагональный настил дает значительную жесткость зданию в горизонтальном направлении, что при больших и высоких зданиях считается необходимым условием. Потолочный настил, или накат нижнего перекрытия, смазывают глиной или алебастром, чтобы прикрыть щели, затем засыпают слоем сфагнума и слоем песка для уменьшения звукопроводности. Потолок, подобно стенам и перегородкам, необходимо облицовывать

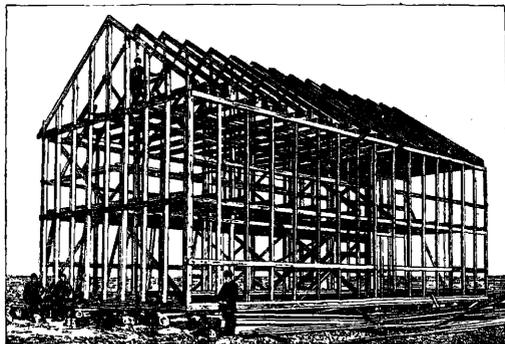
для защиты от огня и проникновения воздуха. Между балками ставят поперечные доски через 70—100 см для предупреждения бокового изгиба балок и разделения пространства от распространения огня. Стропила делают также дощатые с расстановкой их через балку, т. е. через 120 см. Кровля настилается легкими щитами, сверху к-рых настилается толь, финская стружка, асбест, шифер и т. п. В последнее время пытаются применить готовые кровельные щиты, дощатые, покрытые битуминозной мастикой или специально обработанной толь-фанерой. Как видно из фиг. 1—4, все части дома делаются из тонкого пиломатериала, причем толщина досок по условиям производства желательна не более 50 мм. Обычно стремятся дать всего три толщины: 19, 25 и 50 мм. Для жилых домов наиболее выгодная длина балок 4,20 м; следующий больший размер 4,80 м является предельным и тяжелым для профиля балок, т. к. толщина их получается 60 мм. Высота этажа складывается из высоты комнат 2 800 мм + балка 220 мм + половой настил (19 + 23 мм), всего 3 062 мм. Эта высота принята как стандартная и к ней приспособлена стандартная лестница с одинаковыми маршами. Стены снаружи здания по теплотехнич. требованиям покрывают штукатуркой или чистой тесовой обшивкой. То и другое, помимо утепления, еще



Фиг. 6.

раз сплачивает здание в единое целое. В отношении отопления лучшим решением является устройство водяного отопления. Устройство печей значительно затрудняет увязку размеров в плане; поэтому пытаются применить сборные стандартные печи и дымовые трубы, которые занимали бы меньше места, проходили между балками и быстро собирались.

Каркасные с. з. Основу конструкции составляет каркас, или скелет, здания, образуемый несущими нагрузкой стойками, главными прогонами и балками перекрытий. Заполнения каркаса составляют остальные части здания: стены, перегородки, полы, потолки, кров-

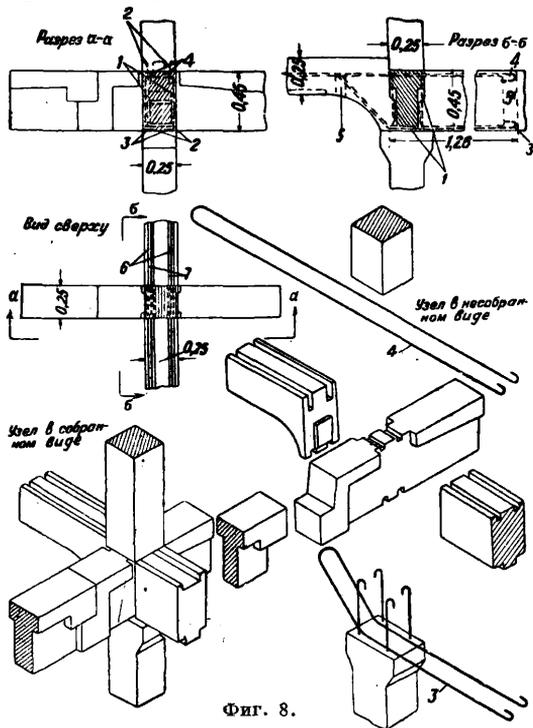


Фиг. 7.

ля и т. п. В случае заполнения щитами конструкция называется каркасно-щитовой. Устройство самостоятельного каркаса имеет то преимущество, что каркас м. б. собран из стандартных элементов внизу на земле отдельными рамами, к-рые несложными приспособлениями поднимают и ставят последовательно на место. Т. о. быстро собирают остов здания, позволяющий вести все работы на любой высоте, пользуясь каркасом как лесами. Элементы, из к-рых собирается каркас, обычно очень несложны, просты в производстве и выгодны в перевозке, т. к. могут быть плотно уложены с полной нагрузкой вагона. Американская каркасная деревянная конструкция для двухэтажных домов (фиг. 6) собирается сколачиванием гвоздями брусков сечением 5 × 10 см и досок, получаемых простым распилом без дальнейшей обработки. Стойки ставят через 40—60 см и соответственно им кладут балки у каждой стойки, а стропила через одну стойку. Для окон и дверей вырезают часть стойки и вставляют коробку, к-рая заменяет стойку, или ставят дополнительные стойки. Жесткость зданию придают постановкой подкосов между стойками, а также косям настилом нижнего слоя пола. Каркас обшивают или заполняют между стойками утепляющими плитами (фибrolит, камышит и т. п.). На фиг. 7 представлен каркас со стойками в два этажа из досок 5 × 10 см, сбитых тавром широкой стороной наружу; при этом получается вполне надежная жесткость стоек для различных тяжелых заполнений (при условии устройства сплошного фундамента); к широкой полке тавра удобно прибиваются плиты фибrolита. Возможны заполнения камышитом, соломитом и другими плитными утепляющими материалами. Основой конструкции трехэтажного дома с деревянным каркасом является поперечная несущая рама из наружных и внутренних стоек, сращенных во все этажи, и прогонов, несущих нагрузку от балок перекрытия и крыши. Собранный на земле из стандартных элементов поперечный каркас устанавливают на место вполне готовыми рамами. Система поперечных несущих рам каркаса имеет много серьезных преимуществ перед несущими продольными стенами, так как 1) поперечный прогон опирается на стойки, вделанные в перегородки, 2) глубина помещений может быть очень значительной,

3) наружная стена помещения между основными стойками, свободная от опор, м. б. использована для окна во всю ширину; также м. б. сделаны различные выступы из плоскости фасада в виде фонарей и эркеров, 4) балки перекрытия имеют небольшую длину (3—4 м) и следовательно м. б. легкого профиля, 5) здание м. б. произвольной ширины, 6) сборка каркаса производится быстро. Расстояния между несущими рамами каркаса и ширину рамы берут кратными модулю, т. е. 240, 300, 360, 420 и 840, 900, 1 080 см и т. д. При заполнении наружных стен между рамами мелкими плитами делают вторичный каркас с обвязками вдоль здания, раскосами для жесткости и решеткой для прикрепления заполнений. В случае заполнения трамбованной тяжелой массой или кладкой стен из камней должен быть сделан надежный фундамент для восприятия нагрузки от стен независимо от стоек основного каркаса. Внутреннее устройство и крышу собирают из стандартных частей. Будущее несомненно принадлежит сборным стандартным каркасным конструкциям.

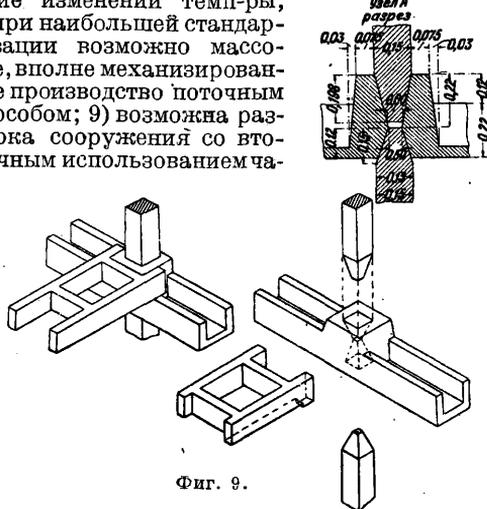
Железобетонные С. з. Преимущества сборного железобетона следующие: 1) экономия опалубки и лесов, в особенности при больших пролетах и высотах; 2) квалифицированная рабочая сила требуется главным образом в мастерской, причем только для изготовления важнейших конструкций; сборку ведут неквалифицированные рабочие; 3) изготовление частей



Фиг. 8.

производится в мастерской независимо от погоды; сборка также в значительной степени возможна круглый год; 4) при заводском изготовлении возможен более тщательный надзор за качеством работ, точной армировкой и дозировкой состава бетона согласно статическим расчетам; 5) собранные несущие конструкции м. б. использованы немедленно для дальнейших работ, в том числе для монтажных ра-

бот фабрично-заводского оборудования; 6) для соединения готовых частей требуется незначительное количество раствора и бетона, следовательно в постройку вносится очень мало влаги; 7) влияние усадки в сборном железобетоне почти исключается, также ничтожно влияние изменений температуры; 8) при наибольшей стандартизации возможно массовое, вполне механизированное производство поточным способом; 9) возможна разборка сооружений со вторичным использованием ча-



Фиг. 9.

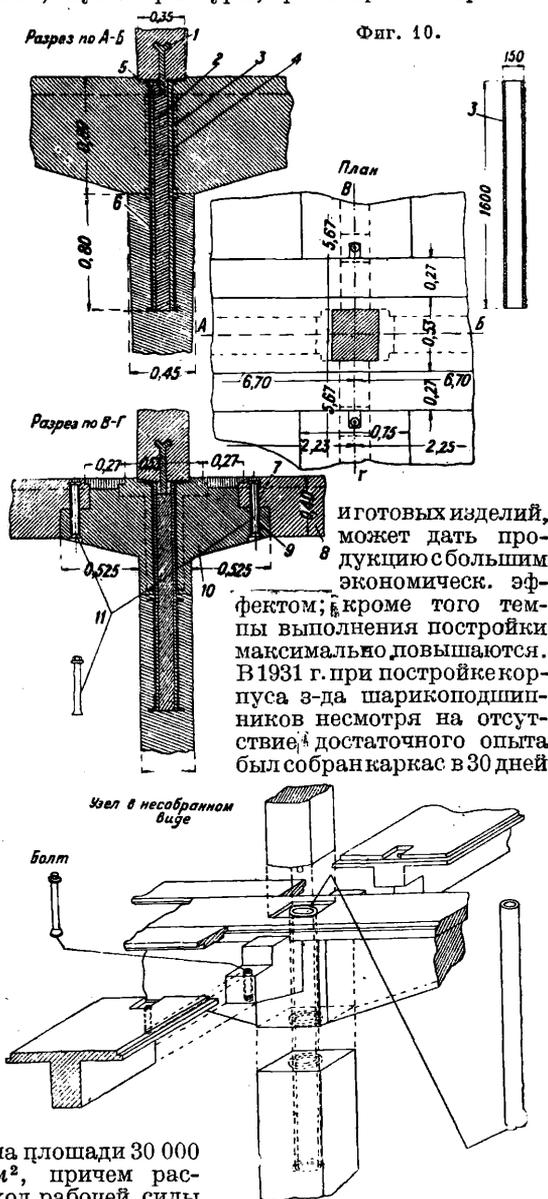
стей. Недостаток сборных конструкций заключается в отказе от качеств цельномонолитных конструкций, так как в сборном железобетоне отсутствуют полностью или частично заземленные элементы, неразрезные балки и т. п., что делает его менее сейсмостойким.

Индустриальный способ производства сборных железобетонных сооружений чрезвычайно повышает экономичность, эффективность, темпы и качество, причем имеются большие предпосылки для дальнейшего усовершенствования техники конструкций. При производстве частей на з-де в жесткой, гладкой и разборной опалубке (формах) возможно изготавливать части весьма сложной конструкции с тонкими стержнями и стенками, со всевозможными полостями и давать комбинации не только со сталью, но и с деревом. Трамбовка бетона в лежачих формах дает возможность изготавливать конструкции, невыполнимые в обычных условиях на лесах постройки, в особенности если применяется способ прессования железобетона, а также пропарки готовых частей, что ускоряет готовность их в 15—20 раз. Применение полых, решетчатых и ажурных конструкций дает преимущества меньшего веса и расхода материала, возможности утепления в полостях, меньшего размера толщины перекрытия из двутавровых и коробчатых балок, причем вместо ребристого перекрытия получается гладкий потолок. Решающее значение в сборном железобетоне имеет вопрос об узловых соединениях целых конструкций и о стыках отдельных конструктивных элементов, т. к. узлами и стыками определяется статич. обстановка передачи и распределения усилий и моментов в пространственной системе, создаваемой сочленением сборных конструкций. Со стороны производственной узлами и стыками определяются границы возможной точности сборки, методы изготовления собираемых частей, способы сборки и механизации работ. От форм и профилей узловых конструкций зависит выбор профилей пролетных конструкций, а также соединений с

железобетонными элементами деталей, выполняемых из дерева, стали и камня. Для ускорения сборки необходимо, чтобы давление вышележащих элементов непосредственно передавалось нижележащим готовым, уже затвердевшим, частям, а не через свежерамбованный бетон.

Закрепление узлов достигается: 1) бетонированием выгущенных из элементов концов арматуры и проливкою раствором щелей стыков; этот способ дает жесткие соединения, но требует осторожности при работах на соседнем узле, чтобы толчки и сотрясения не повредили незатвердевшего раствора [фиг. 8, где 1—выпуск арматуры из нижней колонны, 2—пазы для укладки вилок, 3—нижняя вилка, 4—верхняя вилка, 5—отверстия для заливки раствором узла после сборки (пазов для вилок), 6—отверстия для заливки пазов для вилок, 7—верхняя вилка и пазы для нее], 2) непосредственной укладкой элементов с профилем соединений наподобие деревянных врубок (фиг. 9), 3) соединением металлич. штырями с забетонированием и заливкою полостей [фиг. 10, где 1—штырь или болт $d = 38$ мм, выпускаемый из колонны 2, бетонизируется после установки трубы 3, которая вставляется в отверстие ригеля и в углубление нижней колонны, 4—труба, вставленная в отверстие ригеля, 5—труба, вставляемая после забетонирования внутренней трубы 3, 6—труба, обделывающая углубление в колонне, 7—трубка, обрамляющая отверстие в опорной части вспомогательной балки, 8—вспомогательные (второстепенные) балки, 9—трубка, обрамляющая отверстие в консоли ригеля, 10—консоль ригеля для опирания вспомогательной балки, 11—болты $d = 25$ мм, вставленные в отверстия консоли ригеля и опорной части вспомогательной балки], 4) металлич. соединениями концов арматуры (фиг. 11, где 1—дополнительные стержни, 2—листовое железо 5 мм, 3—основная арматура, 4—контргайки, 5—два стальных болта на каждый шарнир, 6—свинцовый лист толщиной 1 см, 7—две стальные гильзы). Последний способ дает возможность членить на более мелкие части самостоятельные несущие элементы конструкции (колонны, рамы, балки и т. п.) независимо от эпоры моментов или других силовых факторов; следовательно при осуществлении конструкций с большими пролетами возможно применение более мелких сборных частей. Металлич. соединения позволяют нагрузить конструкцию в полной мере немедленно по окончании сборки. Разборка таких конструкций наиболее легко осуществима. Заполнение получающихся пустот в стыках производят каким-либо твердым материалом, а выступающие части стали покрывают краской для защиты от ржавчины. При устройстве огнестойких перекрытий в сборном железобетоне вместо ребристой целой плиты применяют сплошную укладку балок различных систем: полых, коробчатых, тавровых и двутавровых сечений, с тонкими стенками, рассчитанными с крайней экономией материала. Подсчет показывает, что расход бетона понижается при этом в среднем на 20—25% и стали—на 25—30% сравнительно с расходом на ребристое, набивное на месте перекрытие. Сборный железобетон дает надежный и огнестойкий каркас, иногда весьма сложной конструкции, в том числе купольных перекрытий, с большими пролетами. Железобетон в больших зданиях находит широкое применение, вытесняя стальной каркас в промышленных зда-

ниях. Особенно выгодно применение сборного железобетона в зданиях с повторяющимися стандартными конструкциями, напр. зданий цехов заводов-гигантов, имеющих полторы-две тысячи колонн и тысячи других элементов конструкций. Организованный около постройки завод для производства стандартных элементов, оборудованный механизмами для производства бетона, гнутья арматуры, транспорта материалов



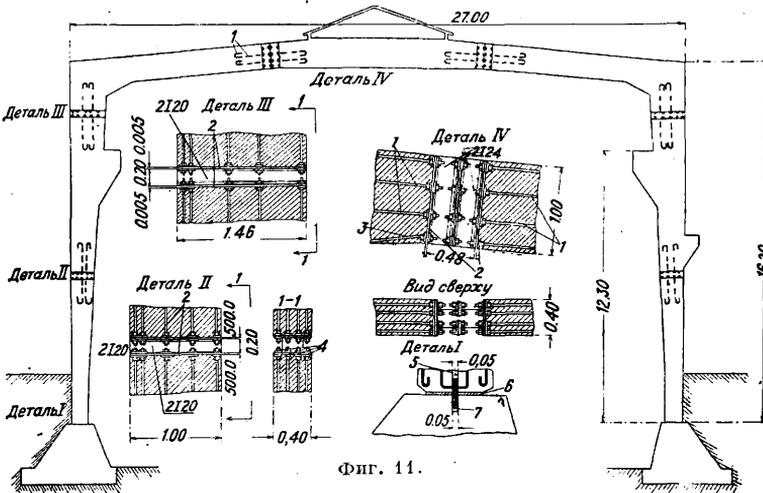
готовых изделий, может дать продукцию с большим экономическим эффектом; кроме того темпы выполнения постройки максимально повышаются. В 1931 г. при постройке корпуса завода шарикоподшипников несмотря на отсутствие достаточного опыта был собран каркас в 30 дней

на площади 30 000 м², причем расход рабочей силы и лесоматериала уменьшен вдвое против нормального расхода на возведение массивного железобетона. Дальнейшие заполнения основного несущего каркаса производятся из стандартных крупномерных элементов в виде плит и шитов из разных материалов, готовых окон, фонарей, дверей и т. п. Для установки и укладки всех монтажных стандартов без пригонки и подгонки на месте как основных конструкций, так и заполняющих, должна быть установлена размерность по методу модульного проектирования.

Крупноплитные С. з. имеют кладку из крупных искусственных бетонных камней (фиг. 12). Состав бетонов м. б. весьма разнообразный в зависимости от наличия на месте того или другого материала. Принятые составы бетонов следующие: известково-шлаковые, изве-

монтажные стандарты, из к-рых собираются разные здания, в том числе деревянные, щитовые и каркасные.

Железные С. з. в виде небольших холдных помещений для складов, гаражей и т. п., а также в виде теплых зданий с облицовочной наружных стен штамповаными железными листами применяются в странах, богатых железом, но в крайне ограниченном размере, зато весьма широко применяются сборные металлич. конструкции в качестве основного каркаса в очень высоких зданиях в десятиэтажной или в одноэтажных заводских зданиях, к-рые очень удобно собирать из стандартных элементов: колонн, прогонов, стропильных ферм и других частей здания. По существу строительные металлич. конструкции всегда делались сборными из профильного железа, соединяемого на заклепках. В последнее время усовершенствована и широко применяется с большим экономич. эффектом сварка железных частей. Техника железобетона, в особенности сборного, настолько развилась, что железобетон вытесняет применение металлич. конструкций, т. к. обладает преимуществами огнестойкости, прочности (не ржавеет) и сберегает металл, необходимый для развития всех видов индустрии. Также деревянные конструкции вытесняют металлические, поэтому проблема сборных железных



Фиг. 11.

ствково-диатомо-шлаковые, глино-цементно-шлаковые, известково-диатомо-органики. Наполнитель: опилки, солома, копра, камыш, отдушина и пр. Приготовление плит производят на строительном дворе или возле возводимого строения в зависимости от способа механизации. При массовом строительстве выгоднее устраивать строительный двор с механич. подачей камней на стройку. Для ускорения схватывания раствора применяют пропарку плит в камерах без давления при $t^{\circ} 80-90^{\circ}$. Пропарка в течение 24 час. при цементном растворе дает 15—20-дневную прочность нормального твердения, а для известково-трещельных 1—1,5-месячную прочность. Размер камней зависит от способа механизации и применяем. транспортн. средств. При установлении стандартов плит необходимо стремиться к наименьшему числу стандартов, чтобы не усложнять производство кладки, т. к. это может отразиться на темпах работ. Применение метода модульного построения размеров здания и плит вводит систему, значительно облегчающую проектировку здания. Размер плит в длину и высоту вместе с толщиной шва д. б. кратным модулю или определенной части его. Также толщина камня + шов, к-рая входит в кладку при перевязке стен, д. б. сообразована с принятым модулем. Установление модульных размеров каменных плит необходимо для увязки кладки стен с остальными конструкциями здания, к-рые также д. б. сборные стандартные, построенные по общему модулю и изготовленные на з-де как общие



Фиг. 12.

конструкций становится неактуальной для массового производства.

Лит.: Васильев Б. и Вутке О., Сборные щитовые дома Инст. Сооружений, М.—Л., 1931; Ксиринхи, Комиссаров и Сошин, Опытное строительство ВСУ РККА, Сборные деревянные дома, М., 1930; Кожин М. В., Стандартизация сборных домов, М., 1930; Васильев Б., Сборные и разборные конструкции деревянных зданий, М., 1931; Вутке О., Вопросы сборного деревян. строительства, М.—Л., 1931; Сборные деревянные дома (альбом), М.—Л., 1931; Типовые проекты сборных деревян. домов, М.—Л., 1932, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 22А; Ветшин С. И., Сборные дома, М., 1932; Стафелевский С., Сборные железобетонные

конструкции, М., 1931; Добрускин А. А., Уалы и стьны в сборных железобетонных сооружениях, Л., 1932; М о л о т и л о в Н., Теория и практика железобетона, 2 изд., т. 1, Томск, 1931; Сборник железобетонных конструкций, Л., 1930; «Строит. промышленность», М., 1924—32; «Строительство Москвы», М., 1924—32; «Стройиндустрия», М., 1930; «Строитель», М., 1928—32; К л и н л о г е л ь А., Бетонные и железобетонные конструкции из готовых частей, перевод с нем., М., 1930; «Beton und Eisen», В., ab 1925—31; «Schweizerische Bauzeitung», 1929; 93—94 u. 30—95—96; Concrete—Chicago, 1930; «Engineering News Record», N. Y., 1929—31; «Concrete and Constructional Engineering», L., 1930, v. 25; «Le beton armé», P., 1928—31; «Le constructeur de ciment armé», 1931.

Н. Жунов.

СБРОС, одна из форм *орогенезиса* (см.), заключающаяся в оседании отдельных участков земной коры по трещинам, образующимся в результате разрыва (дизъюнктивных движений) сплошных слоев земной коры. В зависимости от величины дизъюнктивных напряжений образуется одна или несколько трещин, вертикальных или наклонных, разбивающих данный участок земной коры на отдельные глыбы, перемещающиеся под действием тяжести друг относительно друга на то или иное расстояние (а м п л и т у д а сброса). Края оборванных С. слоев называются к р ы л ь я м и С., к-рые в зависимости от направления движения могут быть поднятыми или опущенными. В зависимости от одинакового или различного наклона по сторонам плоскости трещины С. называются согласно или несогласно п а д а ю щ и м и.

С. бывает п р о с т о й—по одной сбросовой трещине, с т у п е н ч а т ы й—по нескольким более или менее параллельным между собой трещинам, п е р и ф е р и ч е с к и й—по круговым трещинам и р а д и а л ь н ы й,—происшедший по радиальным направлениям. Участки земной коры, разбитые многочисленными трещинами, называются п о л я м и р а з л о м а. В зависимости от соотношения направлений трещин со складчатостью различаются сбросы п р о д о л ь н ы й (трещина параллельна простиранию слоев), д и а г о н а л ь н ы й и п о п е р е ч н ы й (перпендикулярно простиранию). Самый обрыв С. на поверхности земли называется л б о м или ф а с о м. Явление С. сопровождается трением оседающих глыб друг о друга по плоскости трещин, благодаря чему плоскости скольжения приобретают полировку (з е р к а л о С.) с б о р о з д а м и трения. Раздробленный материал из пород крыльев сбросов, скопляющийся вдоль трещин, называется б р е к ч и е й трения. По образовавшимся (обычно наклонным) трещинам происходит иногда не опускание, а поднятие, в противоположность С., одного участка на другой—это будет уже в з б р о с, что указывает на явления сжатия на данном участке земной коры; если перемещение отдельных участков происходит только в горизонтальной плоскости—с д в и г. В случае, если на поверхности земли сбросовые явления сохранились от разрушения, мы имеем различные формы рельефа: о б р ы в или с т у п е н ь в случае простого С.; с т у п е н ч а т ы й, или т е р р а с о в и д н ы й склон, при ступенчатом С., к-рый м. б. прямолинейным и периферическим; г о р с т—возвышение уделевшей от опускания глыбы, заключенной между двумя сбросовыми трещинами, по к-рым произошло опускание соседних участков; г р а б е н, или с б р о с о в ы й р о в,—опустившаяся часть земной коры между двумя участками, сохранившими свое первоначальное положение и следовательно возвышающимися над опу-

стившейся частью. Большинство землетрясений приурочено именно к областям разлома земной коры, в которых периодически происходит опускание отдельных участков, вызывающее самое земетрясение. Кроме того сбросовые трещины являются путями выхода с глубины расплавленных магм, извергающихся в отдельных пунктах (вулканы) или вдоль всей трещины (линейное излияние лав). Глубинные, часто минерализованные, источники выходят на поверхность по сбросовым трещинам и на своем пути отлагают по ним различные руды металлов—ж и л ь н ы е м е с т о р о ж д е н и я полезных ископаемых. При разведочных работах и эксплуатации (особенно подземной) полезных ископаемых на явления С. следует обращать особое внимание, детально фиксируя на плане направление сбросовых трещин, величину С., так как, руководствуясь только точными знаниями этих данных, возможно построить правильную схему системы подземных разработок, правильный анализ и раслифровку разведочных данных, особенно полученных в результате глубокого бурения.

Лит.: М у ш к е т о в И. В., Физическая геология, 3 изд., т. 1, Л., 1924; О г Э., Геология, пер. с франц., т. 1, М., 1924; Н е й м а й р М., История земли, пер. с нем., т. 1, СПб, 1902.

П. Топольный.

СВАИ, вертикальные (иногда наклонные) стержни, забитые в грунт и служащие для уплотнения грунта под сооружением или для передачи давления от веса сооружения непосредственно на твердый грунт (материк), а также для пресечения притока грунтовых и других вод или сползания грунта к месту, на к-ром возводится сооружение. Для уплотнения грунта С. забиваются частоком, т. е. в шахматном порядке, или рядами на определенном расстоянии друг от друга. Для устройства водонепроницаемых стен и *перемычек* (см.), для поддержания *пьянуца* (см.), для образования форм для засыпаемого *грунта* (см.) или *бетона* (см.) располагают С. в виде сплошных плотных рядов или шпунтовых стенок. В отношении материала различают деревянные, бетонные, железобетонные, железные и комбинированные С.

Д е р е в я н н ы е С. долговечны лишь в том случае, если они находятся постоянно ниже уровня почвенных вод. На С. идет по преимуществу сосна, отличающаяся прамизной ствола, постепенно утонения от комля к вершине и долговечностью, уступая однако в последнем отношении дубу и лиственнице; эти две породы дерева кроме того лучше сопротивляются ударам при забивке. Дерево для С. может быть сырое, а при сплошном расположении это даже рекомендуется во избежание разбухания С. на месте. С. забивают ударами бабы при помощи различного типа *копров* (см.). При забивке комлем вниз С. входит в грунт легче благодаря меньшему боковому трению, но зато ее сопротивление давлению меньше; затрата работы при забивке комлем вверх примерно на 15% больше. Когда С. не упираются своими концами в твердый материк, а должны держаться трением в грунте, то их забивают комлем вверх, в особенности если они должны нести на себе значительную нагрузку.

Бревна для С. очищают от коры, выравнивают и заостряют снизу пирамидой или конусом высотой около двух диаметров С. (при несплошной забивке) или в виде клина (при сплошной забивке). Ребро клина срезают под углом 10—30° и дают наклон одной из торцовых граней клина; при забивке С. с одной скошенной гра-

нию у нижнего конца сопротивление грунта дает горизонтальную составляющую силу, которая прижимает С. к забитой ранее, увеличивая тем самым плотность стенки. Острые пирамиды должны точно совпадать с осью С. Острие и ребра слегка притупляют. Четырехгранное заострение надлежит предпочесть всякому другому, т. к. при трехгранном заострении получаются очень острые ребра, а многогранное и копусное труднее сделать и кроме того последнее допускает вращение С. при забивке. На острие С. иногда надевают железный или чугунный башмак; первый представляет собой сплошную пирамиду с приваренными к ней лапами или сваривается из двух накрест положенных полос железа, примерно размерами 50×10 мм; при отливке чугунных башмаков закладывают в форму завершенный гвоздь, служащий для скрепления башмака со С. Башмаки приносят пользу лишь при забивке С. в грунт с мелкими камнями и при достаточной прочности башмаков, весящих не менее 4—5 кг для железных и ок. 16 кг для чугунных. Обыкновенно забивают С. без башмаков, применяя последние лишь тогда, когда опыт покажет, что С. без башмаков сильно мочалится или колотится. Верхний конец, или голова, С. предохраняется от размочаливания и расколки бугелем, представляющим собой сваренное железное кольцо, надетое в горячем состоянии на голову С.; тогда сжатые волокна С. меньше размочаливаются и С. не может колотиться. Бугеля изготовляют тем массивнее, чем сильнее удары бабы; для бугелей берут железо 13—50 мм толщиной и 25—100 мм шириной. Один бугель выдерживает примерно забивку 50 С. Несмотря на сжатие верхнего конца С. бугелем голова С. от ударов бабы несколько измочаливается, причем часть работы удара (до 30% и более) теряется без пользы; чтобы срезать измочалившуюся часть дерева, не переставляя каждый раз бугель, его сразу надевают несколько ниже среза головы С.

При расчете свайных оснований на отдельную сосновую С. diam. 20—36 см может быть допущена нагрузка соответственно 10—32,5 т.

Железные С., обыкновенно полые (кольцевого сечения), применяются в качестве заменяющих деревянные и бетонные в тех случаях, когда последние не м. б. использованы вследствие наличия бурильного червя, присутствия почвенных к-т, затруднительности получения надлежащего дерева или материалов для бетона и железобетона. Применение железных С. обуславливает необходимость защиты их от ржавчины или применения в таких конструкциях, в к-рых проржавевшая С. может быть во всякое время легко заменена новой. При применении для С. нержавеющей медистой стали этот вопрос отпадает. Железные С. имеют на нижнем конце острие (забивные С.) или винт (винтовые С.). Конструкция винта всецело зависит от свойств грунта, в к-рый С. завинчивается. Винтовые железные С. имеют перед забивными то преимущество, что позволяют без сотрясений быстро вгонять их в грунт и вследствие большего сечения винта допускают большие нагрузки. Винтовые С. применимы лишь в грунтах, в к-рых отсутствуют крупные препятствующие ввинчиванию предметы (камни, пни). Острие и винт делают из стали, стержень же С. может быть железный. Иногда делают винтовые С. с деревянным стержнем, однако это мало целесообразно,

т. к. лишь в редких случаях он обладает достаточной сопротивляемостью крутящим усилиям, возникающим при ввинчивании С. в грунт. Сплошные железные стержни плохо сопротивляются продольному изгибу и применимы лишь для небольших нагрузок. Наиболее рациональными поэтому являются трубчатые стержни, обладающие надлежащей сопротивляемостью всяким усилиям и допускающие применение способа разрыхления грунта струей воды. При длинных С. их делают составными по длине, соединяя звенья ввинчиванием друг в друга или при помощи внутренних фланцев; наружные фланцы нецелесообразны, т. к. они затрудняют загонку С. в грунт.

Помимо указанных типов С. применяются также комбинированные сваи, состоящие из деревянной (нижней) и железобетонной (верхней) частей или из деревянных С., защищенных от бурильного червя гончарными трубами. В последнее время деревянные С. защищают от морского шапша железобетонными полыми цилиндрами, которые надевают на С. после их забивки и загоняют несколько в грунт. Франциус рекомендует промежуток между С. и окутывающим ее цилиндром заполнять жидким раствором, чтобы тем самым увеличить сопротивляемость С. продольному изгибу. Железобетонную облицовку деревянной С. можно делать на месте торкретированием.

Иногда возникает необходимость в выдергивании забитой С. Самое трудное в этой работе состоит в нарушении сцепления С. с грунтом; когда С. сдвинута с места, она уже вытаскивается относительно легко. Для захвата цепью пропускают через С. шкворень или применяют для этого клещи, завершенные лапы которых вьедаются в С., или наконечник вырезают в С. желобок, в к-рый закладывают петлю цепи; в последнем случае сила прилагается не по оси С., чем затрудняется выдергивание. Выдергивание производится при помощи рычагов, домкратов или лебедок. Если С. забита на местности, покрытой водой, то ее можно выдернуть, пользуясь подъемной силой пловучих средств; на море для этой цели можно воспользоваться отливами и приливами.

Лучшее средство для определения временного сопротивления С.—это испытание их нагрузкой, к-рую выдерживают пробные С., забитые в разных местах в грунт перед возведением постройки; однако применение этого способа на практике представляет большие затруднения, вследствие чего им пользуются чрезвычайно редко, отдавая предпочтение теоретич. способом определения этого сопротивления. Определение временного сопротивления С. в однородном грунте сводится к следующему. Сила, с которой С. сопротивляется сжатию, зависит главным образом от размеров С., от свойств грунта и от трения грунта о поверхность С. Сила эта выражается следующей суммой

$$P = D + R, \quad (1)$$

где D —сопротивление острия С.; R —сопротивление трению. Обозначим через l расстояние от заострения до поверхности земли (при длине s заострения необходимо при определении длины l принять в расчет $\frac{1}{3}s$); F —площадь поперечного сечения С.; U —периметр С.; V —объем находящейся в земле части С.; f —коэф. трения между С. и грунтом, значения которого по

Дерру 0,1—0,5 (для расчетов он принимает $f_{max} = 0,5$); γ —вес единицы объема земли; φ —угол естественного откоса грунта. Тогда сопротивление С. постоянного сечения будет:

$$P = \gamma V (\varepsilon + \varepsilon_1 f U \frac{l}{2R}), \quad (2)$$

где $\varepsilon = \text{tg}^2 (45^\circ + \frac{\varphi}{2})$ —мера сопротивления грунта у подошвы С. перпендикулярно конечному сечению С.; $\varepsilon_1 = 1 + \text{tg}^2 \varphi$ —мера давления грунта нормально к боковой поверхности С. При круглой С. диам. d сопротивление С.:

$$P = \gamma V (\varepsilon + 2\varepsilon_1 f \frac{l}{d}). \quad (3)$$

При круглой утолщающейся к голове С.:

$$P = \gamma \varepsilon V (1 + 2fl \frac{d_0 + 2d_u}{d_0^2 + d_0 d_u + d_u^2}), \quad (4)$$

причем

$$V = \frac{\pi l}{12} (d_0^3 + d_0 d_u + d_u^3),$$

где d_0 и d_u означают верхний и нижний диаметры С. Для деревянных С. влияние конусности на сопротивление С. не существенно и потому не учитывается. Если верхний конец С. оканчивается у подошвы котлована, то сопротивление С. будет равно

$$P = \gamma V [\varepsilon + \varepsilon_1 f \frac{4}{d} (t_a + \frac{l}{2})], \quad (5)$$

где t_a —глубина котлована.

Для определения сопротивления С. сжатие при разнородном грунте обозначим толщину отдельных слоев грунта, считая последовательно от поверхности земли, через $t_a, t_b, t_c, \dots, t_n$ и соответствующие этим слоям присущие каждому роду грунта характеристики с соответствующими индексами $\gamma_a, \varepsilon_a, \varepsilon_{1a}, \dots, f_a$ и т. д.; тогда сопротивление круглой С.:

$$P = \gamma_a (\varepsilon_a V_a + \varepsilon_{1a} f_a U \frac{t_a^2}{2}) + \gamma_b [\varepsilon_b V_b + \varepsilon_{1b} f_b U t_b (t_a + \frac{t_b}{2})] + \dots + \gamma_n [\varepsilon_n V_n + \varepsilon_{1n} f_n U t_n (t_a + t_b + \dots + t_{n-1} + \frac{t_n}{2})]. \quad (6)$$

Если верхний конец С. оканчивается у подошвы котлована, то первый член ур-ия (6) приравнивается нулю. При малых углах φ и длинных С. можно в φ -лах (2)—(6) величину φ заменить величиной ε_1 , не делая большой ошибки в пределах возможной точности подсчета. В сомнительных случаях для большей надежности пренебрегают первыми членами в указанных уравнениях (величиной D). Временное сопротивление С., работающей на растяжение, может быть определено по формуле:

$$Z = \frac{\pi}{2} \gamma \varepsilon_1 f d l^2, \quad (7)$$

а для наклонных С.:

$$Z_1 = \frac{\pi}{2} \gamma f l^2 d \cos \alpha (\varepsilon_1 + \zeta \cos \alpha). \quad (8)$$

Для наклонных стержней, работающих на сжатие:

$$P_1 = Z_1 + \gamma \varepsilon V \cos \alpha,$$

где α —угол, образуемый осью С. с вертикалью, а ζ —добавочное трение от наклонного положения оси, к-рое м. б. определено практически согласно выводам теории сыпучих тел Энгессера.

Наибольшая длина С. в зависимости от допускаемого для материала С. напряжения на сжатие определяется так. Если обозначить через R_d допускаемое напряжение материала С. на сжатие, то можно принять приближенно:

а) при постоянном сечении С.:

$$l' = \sqrt{\frac{2R_d F}{\gamma \varepsilon_1 U f}}; \quad (9)$$

б) когда верхушка С. находится на глубине t_a от поверхности земли:

$$l' = (F + \frac{\varepsilon_1}{2} f U t_a) \sqrt{\frac{2R_d}{\gamma \varepsilon_1 U f}}. \quad (10)$$

Если взять С. длиннее определенного l' , то сопротивляемость С. при данном допускаемом напряжении R_d не будет использована полностью или сечение головной части С. будет перенапряжено при полном использовании допускаемого давления на грунт. Глубина забивки С. для долговременных мостов должна быть не менее 4 м. Приведенные выше φ -лы общего метода расчета С., выведенные Дерром на основании теории сыпучих тел Энгессера, были проверены на опытах Крапфом и дали хорошие результаты, близко отвечающие действительности.

Число С., поддерживающих сооружение, определится из выражения:

$$N = \frac{G}{Q} = \frac{n \cdot G}{P}, \quad (11)$$

где N —число С.; G —полный вес сооружения с фундаментом; n —коэф. безопасности; Q —предельная допускаемая безопасная нагрузка на С., равная $\frac{P}{n}$. На практике расчет числа

С. под сооружение ведется на n м стены, причем при неравномерной нагрузке число С. определяется отдельно для участков, имеющих разную нагрузку на 1 м. С. располагаются в несколько (не менее трех) рядов. Расстояние между центрами С. одного ряда обыкновенно берется 1,0—1,5 м, а расстояние между рядами 0,8—1,2 м ось от оси. Если по расчету получается большее число С., чем их размещается при минимальных указанных размерах, то увеличивают длину забивки С. или их диаметр, подведя тем самым число С. под указанные нормы; в противном случае уменьшают длину С. и их диаметр, увеличивая тем самым число необходимых С. При забивке С. частоком в пять и более рядов работу начинают от среднего ряда и ведут к краям, т. к. иначе вследствие уплотнения грунта средние С. забивались бы крайне трудно. При очень слабом разжиженном водою грунте место под забивку С. окружают шпунтовыми стенками, чтобы тем самым предохранить основание сооружения от размыва и ограничить выпирание грунта в стороны. По окончании забивки С. верхние части их спливают под один уровень несколько ниже постоянного уровня почвенных вод.

Предлагаемые разными авторами формулы (см. *Бетонные и железные сваи*) не учитывают всех обстоятельств, происходящих при забивке С., т. к. эти обстоятельства различны для разных грунтов и зависят к тому же от способа производства работ. Так, формулы не предусматривают происходящие при забивке С. сотрясения грунта, влияющие существенно на сопротивление от трения; не учитывают также сопротивления от деформаций грунта во время процесса забивки С., зависящих от скорости этого процесса. Кроме того все формулы для динамич. расчета сопротивления С. дают различные результаты. Т. о. когда нужно выяснить точно действительное сопротивление С., то приходится прибегать к способу пробной нагрузки. При таких пробных нагрузках в известных границах играет существенную

роль предел пропорциональной нагрузки, под к-рой подразумевают ту нагрузку, при к-рой С. начинает погружаться в грунт быстрее, чем это отвечает повышению нагрузки; наглядно это видно по диаграммам, представляющим зависимость между нагрузкой и величиной осадки С. и дающим резкое падение кривой, перешедшей за предел пропорциональной нагрузки. Ниже этого предела кривую можно приближенно заменить прямой и тогда коэффициент погружаемости С. в пределах этой пропорциональности можно выразить величиной $c = \frac{G}{e}$, где G — приходившаяся на С. нагрузка, а e — соответствующее этой нагрузке погружение С. в грунт. В следующей таблице даны нек-рые коэф-ты погружаемости по Терцаги.

Коэффициенты погружаемости сваи (по Терцаги).

Род грунта, в к-рый забиваются С.	Глубина забивки в м	Коэф. погружаемости
Осевший насыпной грунт из глины и пласта при конич. заострении С.	3,60	63
Неплотный песок, в нижних слоях смешанный с илом при конич. заострении С.	3,40	166
Мягкая глина с примесью торфа	8,00	25
То же, но острее С. вошло в песок	12,50	83

Систематически разработанных данных о коэффициенте погружаемости не имеется, а потому приведенные данные следует рассматривать как ориентировочные. Определение сопротивления С. по способу пробной нагрузки представляет сложную задачу, требующую особой тщательности выполнения и точного расчета.

Лит.: Бриллинг С. Р., Формулы и таблицы для расчета инженерных конструкций, ч. 2, 3 изд., М.—Л., 1931; Дмоховский В. К., Курс оснований и фундаментов, М.—Л., 1927; его же, Основания и фундаменты, М., 1925; Стаценко В., Части зданий, Гражданская архитектура, 3 изд., М.—Л., 1930; Франзиус О., Der Grundbau, Berlin, 1927; Креу Н., Erdruck, Erdwiderstand u. Tragfähigkeit des Baugrundes, 3 Aufl., В., 1927; Hettzell G. u. Wundram O., Die Grundbautechnik u. ihre maschinellen Hilfsmittel, В., 1929; Бützer, Druck u. Zugversuche an Eisenbetonpfählen, «Der Bauingenieur», В., 1927, p. 835; Colberg, Bestimmung d. Einzelpfahlkosten bei einseitiger Belastung d. Grundungsplatte, ibid., В., 1926, Н. 1; Häfle, Pfahlgründungen a. d. Isar, an d. Donau, «Zement», Charlottenburg, 1927; Lang, Einiges über Rammungen, «Der Bauing.», В., 1926, Н. 30; Nielsen В., Ueber Pfahlrammungen im Tonboden, «Die Bautechnik», В., 1927, p. 253; Kayser, Belastungsversuche f. die Tragfähigkeit von Pfeilern in Sandboden, «Die Bautechnik», В., 1924; Терзаги К., Erdbaumechanik, Lpz., 1925; Крафт, Formeln u. Versuche über die Tragfähigkeit eingerammter Pfähle, «Fortschritte d. Ing. Wissenschaften», 1906, 2 Gruppe, Н. 12, 1906; Креутер-Крафт, Formeln u. Versuche über die Tragfähigkeit eingerammter Pfähle, Lpz., 1906; Emperger, Tragfähigkeit von Beton-Eisenpfählen, «Ztschr. d. österr. Ing. u. Architektenvereins», Wien, 1902; Geiss, Tragfähigkeit von Pfählen in nachgiebigem Baugrund, «Zentralblatt d. Bauverwaltung», Berlin, 1904; Stern O., Das Problem d. Pfahlbelastung, В., 1908; Zimmermann M., Die Rammwirkung im Erdreich, В., 1915; Bernhard, Herstellung u. Belastung von gepressten Betonpfählen, «Ztrbl. d. Bauverwaltung», В., 1922; Бützer, Druck- u. Zugversuche an Eisenbetonpfählen f. Hafenaibauten, «Der Bauingenieur», В., 1924, Н. 13; Levy u. Formeln u. praktische Ergebnisse bei Pfählungen, «Ztschr. d. österr. Ing. u. Architektenvereins», W., 1908; Hawel, Straight or Sapered Concrete Piles, «Engineering News», N. Y., 1909; Кафка Р., Praktische Anwendung d. Methoden zur Bestimmung d. zulässigen Pfahlbelastung, «Beton u. Eisen», В., 1909; Кафка Р., Die Berechnung d. Tragfähigkeit eingerammter Pfähle, «Armiertes Beton», В., 1910; Кафка Р., Die Theorie d. Pfahlgründung, В., 1912; Кафка Р., Formeln u. Versuche über die Trag-

fähigkeit eingerammter Pfähle, В., 1912; Leske, Der Betonpfahl in Theorie u. Praxis, В., 1916; Handb. f. Eisenbetonbau, hrsg. v. F. Emperger, В. 3, Grund- u. Mauerwerksbau, 3 Aufl., В., 1922; «Engineering News-Recorder», N. Y., 1928, 22. С. Бриллинг.

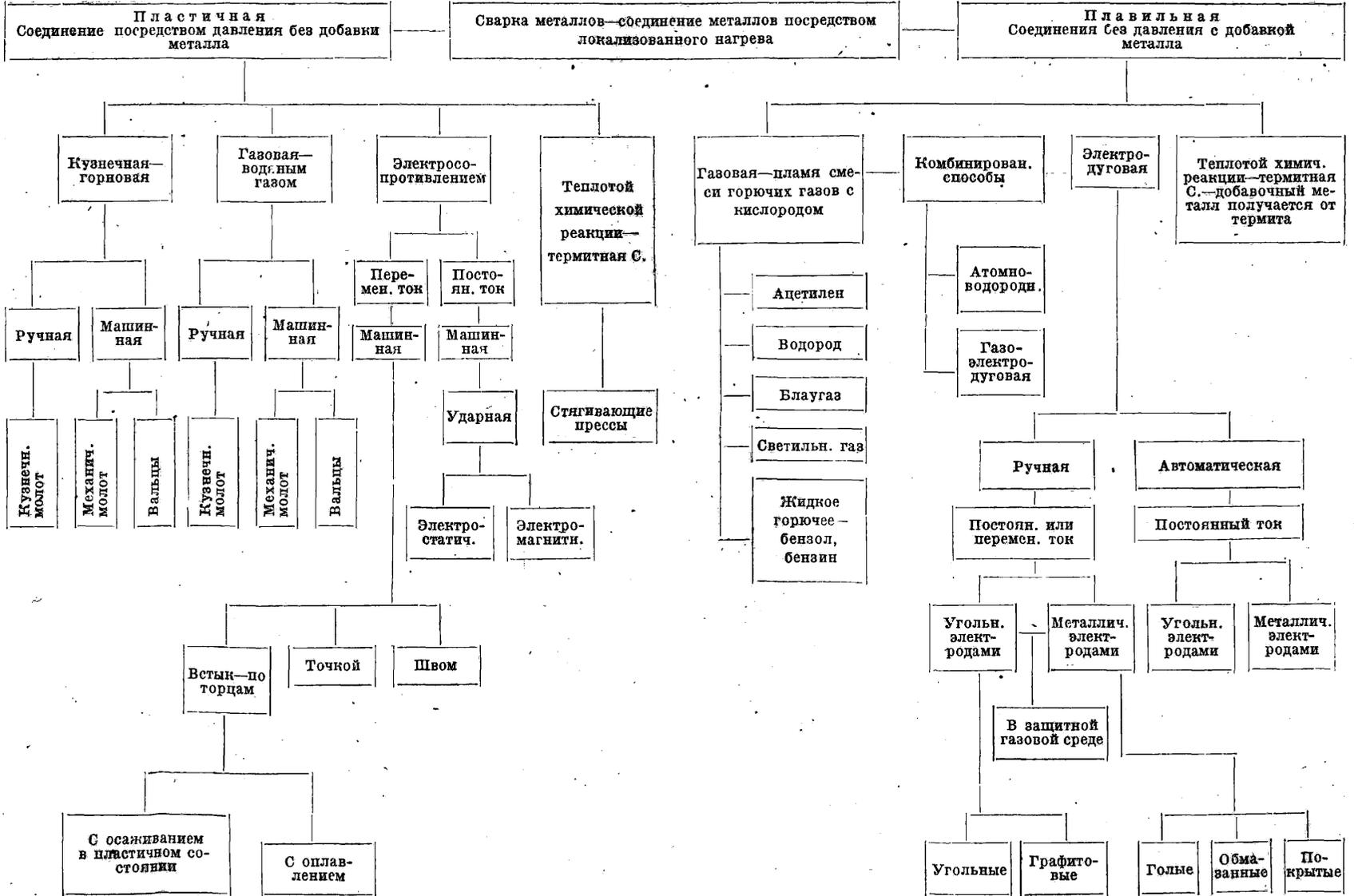
СВАРКА, технологич. процесс соединения металлов посредством локализованного нагрева, выполненного т. о., чтобы место соединения по механич. свойствам и своему составу по возможности мало отличалось от основного металла. При С. металл в месте соединения доводится нагревом до пластичного или расплавленного состояния; этим С. отличается от паяния, при котором нагрев доводится только до $t_{пл.}$ соединительного припоя.

Общие понятия и терминология. Сварочные процессы делятся на две основные группы: 1) пластичную С. и 2) плавильную С. Пластичная С., т. е. С. в пластичном состоянии, при нагреве до сварочного жара, но ниже $t_{пл.}$ металла. В этом случае добавка металла не требуется, но для производства С. необходимо приложение внешнего давления. После С. обычно получается сокращение размеров основного металла по длине, ширине или толщине. Температурная зона пластичного состояния большинства металлов лежит приблизительно на 60° ниже $t_{пл.}$. У небольшого числа металлов (напр. свинец, чугун) эта зона так узка, что пластичная С. исключается и возможна только С. плавлением. У других металлов (медь, латунь, бронза, алюминий) при t , необходимых для нагрева, происходит окисление, поэтому пластичная С. должна производиться очень быстро или с помощью защитных средств. Плавленная С., т. е. С. в расплавленном состоянии, при к-рой необходим добавочный металл, но давления не требуется. В этом случае обычно получается увеличение размеров изделий в месте С. за счет добавленного металла. При плавильной С. металл частично может переходить и через газообразное состояние. Все известные виды С. могут быть отнесены к первой или второй из указанных групп согласно классификации, приведенной на схеме.

В большом числе случаев С. с успехом заменяет прежние способы соединения металлич. изделий посредством фальцования, сбалчивания, клепки или литья; преимущества С. по сравнению с этими способами соединения заключаются: 1) в большей прочности, чем в случае клепки или литья, 2) в экономии металла до 15—30%, 3) в экономии рабочей силы до 40%, 4) в значительном сокращении времени для изготовления изделия. Для получения необходимой для С. t можно пользоваться различными средствами: пламенем горна, пламенем горючих газов, электрич. током и теплотой химич. реакций.

Виды пластичной С. Кузнечная С., при к-рой для получения сварочной t можно пользоваться кузнечным горном, отражательной печью или пламенем водяного газа. Кузнечная С. применяется гл. обр. к изделиям из стали (железа), к-рые тем лучше свариваются, чем меньше в стали углерода и других примесей, затем к изделиям из меди и алюминия. Если нагревание материала до сварочного жара происходит на кузнечном огне или в печи, то процесс этот называется горновой сваркой. Для получения хороших результатов С. требуется, чтобы свариваемые предметы были достаточно прогреты по всей их толще и пришли в такое состояние, чтобы можно было добиться должного их соединения под молотом или

Схема классификации сварочных процессов (пластичная и плавильная сварки).

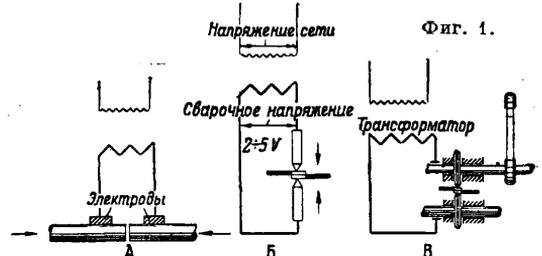


прессом. Сварочной t° для стали с малым содержанием углерода является t° белого каления, при к-рой железо начинает давать искры, для стали же с более высоким содержанием углерода— t° красного каления. Для выполнения С. требуется затем, чтобы место С. было совершенно чисто. В целях ослабления вредного действия, происходящего при высоких температурах поглощения кислорода, ведущего к образованию окалины—пленки из закиси-окиси железа, место С. посыпают кварцевым песком, к-рый вместе с закисью-окисью железа образует предохранительные шлаки, последние же вследствие их более жидкой консистенции легко выжимаются при соединении свариваемых частей. Самую С. следует производить возможно более быстро, для чего пользуются ручными или механич. молотами и ковочными прессами. Для лучшего прилегания друг к другу свариваемых поверхностей часто в конце одной из свариваемых частей устраивают прорез и в эту щель вгоняют конец другой части, к-рому придают форму клина. При С. труб конец одной из них вставляют в расширенное отверстие другой, а для нажима пользуются калиброванными развальцовками. Аналогичным способом производится и сварка алюминия, причем прибегают и к следующему специальным мероприятиям. Покрывающую поверхность алюминиевых изделий пленку окиси удаляют при помощи шпателя, т. к. она мешает получению должного соединения. Кромки спиливают, т. к. острые края ведут к преждевременному разрушению соединения. Т. к. по цвету алюминия нельзя распознать момент достижения сварочного жара (420°), то при С. алюминия применяют пасты, к-рые при этой t° чернеют. Для воспрепятствования отводу тепла применяют специальные подкладки.

Если для нагрева свариваемых предметов пользуются пламенем водяного газа (см.), то способ носит название С. в о д я н ы м г а з о м. Смесь водяного газа с воздухом, сжигаемая в специальных горелках, дает острое пламя, имеющее t° 1800° и действующее восстановительным образом. Нагретые до сварочного жара части свариваются затем при помощи молота или чаше при помощи нажимных роликов; последние при крупных работах (см. *Котлостроение*) приводятся в действие механич. приводом; свариваемые части в этих случаях перемещаются также механич. путем, на тележке или сварных рольгангах. Этим способом можно сваривать как листы толщиной до 80 мм, так и—при надлежащей осторожности,—до 4 мм. Максимальная производительность получается при С. водяным газом листов 8—12 мм.

Э л е к т р и ч е с к а я С. м е т о д о м с о п р о т и в л е н и я основана на явлении нагревания электрич. током проводника. При этом способе свариваемые предметы включаются в электрич. цепь сварочной машины в качестве сопротивлений и по достижении сварочной t° свариваются путем спрессовывания друг с другом. Т. о. электрич. С. методом сопротивления является механизированным процессом. Электрич. энергия при этом процессе превращается в тепло, гл. обр. в месте контакта свариваемых частей вследствие переходного сопротивления и в меньшей мере по всей массе их, лежащей между электродами, вследствие их сопротивления. Т. к. всегда можно направить ток через свариваемые предметы т. о., чтобы нагревание произошло именно в том месте, где это необхо-

димо для процесса С. без излишней затраты тепла на нагревание соседних частей, то в теплотехническом отношении электрич. С. сопротивлением значительно превосходит горнорую. С. сопротивлением имеет несколько разновидностей, а именно: С. встык (фиг. 1, А), о п л а в л е н и е м, т о ч е ч н а я (фиг. 1, Б) и ш в о м (фиг. 1, В). С. сопротивлением применима к стали с любым содержанием углерода, к меди



и латуни как для сваривания между собой изделий из одного и того же металла, так и из разных металлов (сталь с медью, медь с латунью и т. д.). Основные способы С. сопротивлением—С. встык и оплавлением—применяются для соединения предметов с круглым, квадратным и фасонным сечениями, а С. точками и швом—для соединения листов.

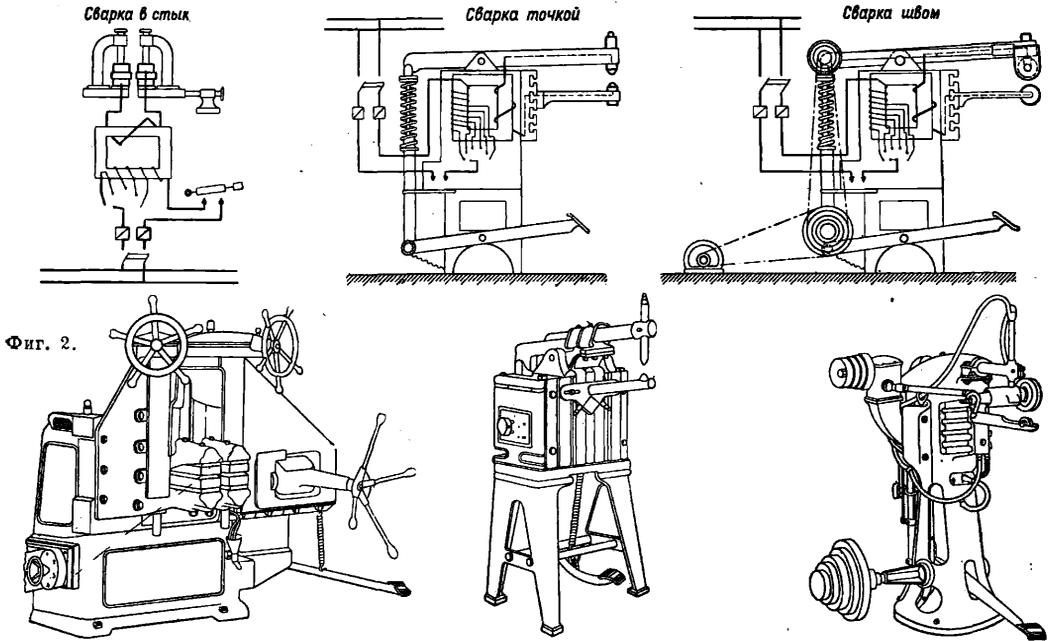
С в а р о ч н ы е м а ш и н ы. Электрическая часть машин для сварки сопротивлением состоит из трансформатора однофазного переменного тока, дающего напряжение 0,5—8 V, затем из медных электродов для подвода тока к свариваемым предметам с необходимым кабелем и из приспособления для регулирования. При наличии сети однофазного тока включение в нее сварочной машины не представляет никаких затруднений. В сеть трехфазного тока машина включается между двумя ее фазами; если таких машин имеется несколько штук, необходимо включить их в сеть т. о., чтобы все три ее фазы были нагружены по возможности равномерно. Для нагревания предметов до сварочной t° требуются токи чрезвычайной силы: для предметов крупного сечения—до 80 000 А и выше. Регулировка производится в первичной цепи путем включения и выключения сопротивлений, позволяющих снижать силу тока в случае надобности до $1/10$ его максимальной величины. Механическая часть сварочных машин состоит из зажимных захватов для свариваемых предметов и из приспособления для их прижатия друг к другу или спрессовывания. В качестве таковых применяют электроды, вид которых выбирается в зависимости от характера процесса С., а именно для С. встык и оплавлением применяют электроды в виде зажимных щек, причем их приспособляют к форме свариваемых изделий; для С. точками применяют электроды в виде стержней, а для С. швом—роликотые электроды. Схемы и внешний вид сварочных машин всех трех типов изображены на фиг. 2.

П р о ц е с с в ы п о л н е н и я С. Для С. встык свариваемые предметы совершенно очищают от ржавчины и окалины и хорошо припавывают друг к другу. Они должны иметь по возможности одинаковые сечения; в случае, если потребуются соединить два предмета с разными сечениями, необходимо, как указано на фиг. 3,а, в предмете с большим сечением сделать уступ; при соединениях под углом (фиг. 3,б) один из стержней несколько осаживают, а дру-

гой—поперечный—приваривают к нему в осажённом месте либо, как указано на фиг. 3, в, ограничивают площадку, на к-рой сосредоточивается сварочный жар, при помощи небольших пропилов. Подготовленные т. о. изделия зажимают между четырьмя щеками, из к-рых две нижние или распорённые по диагонали служат электродами. Затем путем передвижения щек в горизонтальном направлении сваривае-

с латунию—3 d ; при сварке стали с медью—0,7 d и 1,8 d .

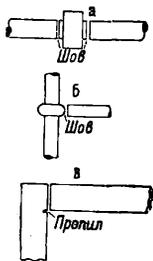
Для С. о п л а в л е н и е м применяют те же машины, что и для С. встык, но процесс самой С. носит совершенно иной характер. Свариваемые предметы так же, как и при С. сопроотивлением встык, но без предварительной подготовки, зажимают между щеками, затем стыковые поверхности приводят в возможно более



Фиг. 2.

мые предметы прижимают друг к другу и включают ток. Так как предметы вначале соприкасаются друг с другом только в отдельных точках, то в виду значительного сопротивления место контакта свариваемых частей очень быстро нагревается. При дальнейшем прижимании стыковых поверхностей друг к другу количество контактных точек постепенно возрастает, и в результате ток нагревает б. или м. равномерно все поперечное сечение шва до той

максимальной t° , к-рая требуется для С. По достижении сварочного жара ток выключают и свариваемые предметы с силой прижимают друг к другу, вследствие чего вокруг шва образуется утолщение, которое в случае надобности удаляют путем соответствующей обработки. При С. сопротивлением прогревание свариваемых предметов идет изнутри наружу, что гарантирует выполнение С. при надлежащей сварочной t° во всех частях шва.



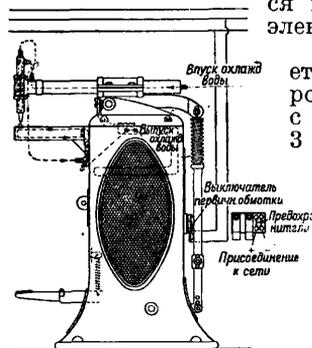
Фиг. 3.

Достижимые при этом высокие качества сварочного шва еще более повышаются благодаря тому, что в данном случае воздух не может оказать какого-либо влияния на раскаленное сечение шва. Длина, на которой предметы зажимаются в щеках, зависит от рода свариваемых материалов и их поперечных сечений. Так, при С. стали со сталью со средним содержанием углерода эту длину следует брать равной 1,4 d ; при С. обыкновенной стали с малым содержанием углерода с твердой сталью— d и 1,5 d ; при С. меди с медью—4 d , латуни

тесное соприкосновение, после чего включают ток. Самое характерное и существенное отличие процесса С. оплавлением от С. встык заключается в том, что контакт между стыковыми поверхностями прерывается повторным возвратно-поступательным перемещением зажимных щек, в связи с чем образуются непостоянные вольтовые дуги при сильном искрообразовании. При этом стыковые поверхности, даже в предметах с самыми сложными сечениями, в несколько секунд равномерно нагреваются во всех своих точках до $t^{\circ}_{н.л.}$. В связи с природой возникающих таким путем вольтовых дуг находится то обстоятельство, что одновременно с их появлением оплавляются все неровности на стыковых поверхностях, и последние становятся совершенно параллельными. В тот момент, когда вольтовые дуги при раздвижении зажимных щек больше уже не обрываются и продолжают гореть, свариваемые предметы, при одновременном с этим выключении тока, под ударом прижимаются друг к другу. При этом получается безукоризненная С., так как благодаря нагреву до $t^{\circ}_{н.л.}$ выжимаются наружу все частицы шлака. При С. оплавлением наружный гребень окалина в виде грат, легко удаляемый ударами молотка, является внешним признаком законченной сварки.

Т о ч е ч н а я С. применяется для С. листов с общей толщиной до 20 мм. Листы перед С. должны быть очищены, т. к. окалина и грязь мешают С. Листы, уложенные друг на друга вахлестку, зажимаются между стержневыми электродами, из которых один закреплен неподвижно, а другой перемещается при помощи педалей; С. ведут точка за точкой, нажимая по-

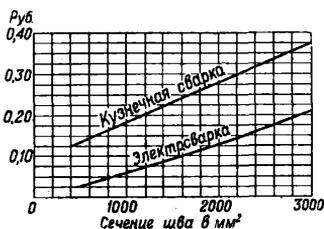
движным электродом, при одновременном включении тока. При длительной работе требуется хорошее охлаждение электродов водой (фиг. 4).



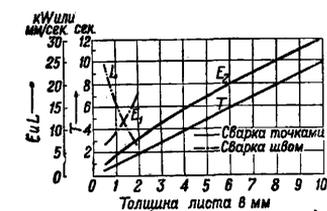
Фиг. 4.

пении непрерывно под током, либо ток включают с известными перерывами, либо же ими работают так, что они через определенные промежутки останавливаются, ток включается, а затем листы снова передвигаются вперед при выключенном уже токе (шаговая сварка), причем иногда роликам сообщают и движение в обратную сторону (возвратно-шаговая С.). Первый способ работы роликовыми электродами страдает тем недостатком, что лежащий за электродом еще горячий шов под влиянием вызываемого движением растяжения может снова разойтись. Другие, указанные выше способы, отличаются недостаточной скоростью процесса. В последнее время стали снова применять первый способ в соединении с переменным током, но при этом настолько ускоряют процесс С. (почти до 6 м/мин), что передвижение в течение каждого периода совпадает с переменной направлением тока. При такой скорости С. достигают таких же результатов, как и при меньшей скорости с перерывами тока.

Электрич. С. по методу сопротивления весьма экономична, на фиг. 5 показана сравнительная стоимость электрической сварки оплавлением и кузнечной С. в зависимости от сечения свариваемых частей (стоимость 1 рабочего часа—0,30 руб., 1 кг кузнечного угля—0,02 руб. и 1 кВт·ч—0,125 руб.). Фиг. 6 изображает графически потребные мощности в кВт для точечной С. (E_1) и для С. швом (E_2), а также рабочую скорость L в мм/сек при сварке швом и продолжительность T в сек. С. одной точки—все в зависимости от толщины одного из свариваемых листов. Выгоды эти



Фиг. 5.



Фиг. 6.

ной мере снижаются вследствие высокой стоимости самих сварочных машин, тем более что их приходится приспособлять для каждого рода свариваемых материалов и формы изделий.

С. сопротивлением т. о. в экономич. отношении тем выгоднее, чем больше имеется для машин массовой работы; для единичных работ этот способ невыгоден. С. встык сопротивлением применяется для буферов ж.-д. вагонов, колесных ободьев, валов коленчатых и с муфтами, для соединений под углом; С. встык оплавлением—для труб, инструментов из высококоротной стали, соединений из фасонного материала, а также для всех вышеуказанных изделий с разомкнутым контуром; точечная С. применяется для металлч. дымовых труб, мебельных приборов, кухонной посуды, лопат, игрушек, частей пишущих машин, частей оружия, ременных шкивов и т. п.; С. швом применяется для соединения тонких листов, например при изготовлении ведер, кувшинов, труб.

Характеристика применяющихся в СССР аппаратов для контактной сварки, изготавливаемых заводом «Электрик» в Ленинграде, приведена в табл. 1 и 2.

Табл. 1.— Характеристика аппаратов для сварки встык.

Тип	Мощность, kW		Сечение сварив. предметов при открытом контуре, мм ²			
	*1	*2	Железо		Латунь	
			мин.	норм.	макс.	мин.
АСА—3	3	6	6	80	150	30
АС—8	8	15	25	200	500	75
АС—25	25	50	100	600	1 250	200
АС—75	75	120	400	1 800	4 000	600

*1 Для длительной прерывной работы. *2 Для кратковременной работы.

Табл. 2.— Характеристика аппаратов для сварки точками.

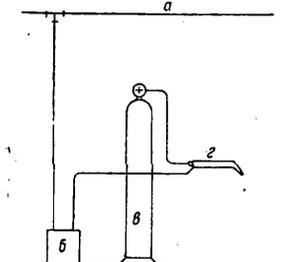
Тип	Мощность, kW		Наибольшая общая толщина свариваемых листов, мм		Вынос электродов, мм
	*1	*2	*3	*4	
АТ—8 . . .	8	15	10	2	350
АТ—15 . . .	15	30	6	3	400
АТ—25 . . .	25	50	20	4	500

*1 Для длительной прерывной работы. *2 Для кратковременной работы. *3 Железо. *4 Латунь.

Из всех видов контактной С. в СССР имеет наибольшее применение электросварка на стыковых машинах по методу оплавления и по методу сопротивления. На ж.-д. транспорте этими способами производится многочисленная работа при ремонте подвижного состава.

Плавильная С. К этому роду С. относятся а) газовая С., б) электродуговая С., в) термитная С. при условии нагрева свариваемых предметов до $t_{пл.}$. Газовая плавильная С. (см. *Автогенная сварка*). Источником тепла при газовой С. служит пламя горящего газа. Теоретически для получения сварочного пламени пригоден всякий горючий газ, но при выборе газа следует считаться с возможностью загрязнения места С. Кроме того экономически выгодно лишь применение газов, дающих пламя с очень высокой t ; одним из наиболее пригодных для С. газов является ацетилен. В первое время для целей С. почти исключительно применяли водород. Водородное пламя можно

с успехом применять для С. листов тонких и средней толщины, а также для предварительного подогрева и паяния; им охотно пользуются для С. тонких алюминиевых листов. Светильный газ применяется только лишь для С. самых тонких изделий; он вполне пригоден для твердого паяния и предварительного подогрева. Схема установки для С. светильным газом дана на фиг. 7: *a*—проводка светильного

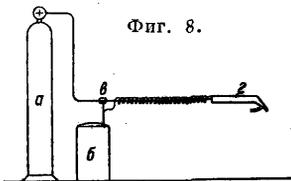


Фиг. 7.

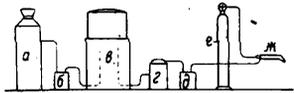
газа, *б*—водяной предохранительный затвор, *в*—баллон с кислородом, *г*—горелка. Благодаря большой подвижности известными преимуществами обладают сварочные установки, работающие бензиновыми и бензоловыми парами. Такие установки можно рекомендовать для С.

тонких листов. Схема такой установки дана на фиг. 8: *a*—баллон с кислородом, *б*—бак с жидким горючим, *в*—присоединение кислородного провода, *г*—горелка. Другие горючие газы, например метан, газولين, блаугаз, распространения не получили. Наиболее важным для С. горючим газом является, как указано выше, ацетилен. Из 1 кг карбида практически, в связи с наличием загрязнений, получается 270—300 л ацетилена. При применении беагида (особенным образом приготовленной спрессованной массы из карбида) выход получается меньше, чем из карбида кальция. Преимущество беагида заключается лишь в том, что он распадается менее бурно, нежели обыкновенный карбид, чем гарантируется большая степень безопасности. Для применения беагида требуются особые генераторы. Ацетилен весьма легко растворяется в ацетоне, чем пользуются для хранения газа в баллонах. Для получения ацетилена из карбида кальция служит генератор со вспомогательной аппаратурой, назначение которой заключается в аккумуляции полученного ацетилена и в подводке его в годном состоянии к местам потребления.

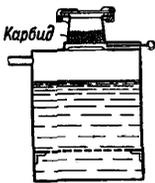
На фиг. 9 приведена схема ацетиленовой генераторной установки для С., где *a*—генератор, *б*—



Фиг. 8.



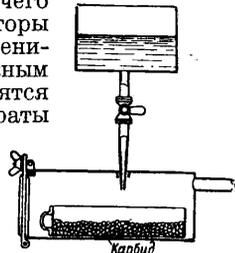
Фиг. 9.



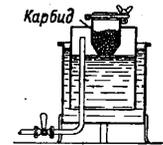
Фиг. 10.

промыватель, *в*—газгольдер, *г*—очиститель, *д*—водяной затвор, *е*—баллон с кислородом, *жс*—горелка. По устройству ацетиленовые генераторы делятся на стационарные и передвижные, а по способу приведения их в действие—на автоматические и ручные. Основные различия в устройстве генераторов обуславливаются способом разложения в них карбида, и в этом отношении выработаны следующие системы: 1) система к а р б и д в в о д у (фиг. 10); 2) система в о д а в к а р б и д (фиг. 11); 3) к о н-

тактная система с периодич. автоматич. перерывами соприкосновения карбида с водой (фиг. 12). Кроме того ацетиленовые генераторы делятся по величине рабочего давления в них на генераторы с высоким и низким давлением. Аппараты с неподвижным газовым колоколом относятся к первой группе, а аппараты с подвижным колоколом—ко второй. Мелкие (вмещающие до 10 кг карбида) аппараты часто дают недостаточно охлажденный газ и требуют перерывов в работе для загрузки карбида; с другой стороны, они очень



Фиг. 11.



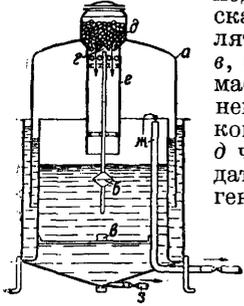
Фиг. 12.

удобны благодаря присущей им подвижности. Такие генераторы вместе с баллоном для кислорода и со всеми принадлежностями можно поместить на легкой тележке и перемещать весь агрегат непосредственно к каждому месту потребления. В специально сварочной мастерской выгоднее всего иметь стационарную установку с большим генератором, что значительно снижает расходы по получению ацетилена и вместе с тем повышает качество газа.

Стационарные установки строятся с генераторами на 20—1 000 кг карбида. Если имеется еще центральная установка для подачи кислорода, то можно рассчитывать на вполне бесперебойную работу мастерской. При помощи редукторов можно установить в распределительной сети несколько ступеней давления, что удешевляет ее стоимость и вместе с тем облегчает поддержание в трубопроводах должной герметичности. Ацетиленовые установки высокого давления отличаются тем преимуществом, что они допускают пользование трубопроводами меньшего диаметра, а следовательно и более дешевыми, и кроме того, даже при большом их протяжении, гарантируют всегда получение газа достаточно высокого давления у всех мест потребления. В том случае, если желательно иметь возможность повысить давление в установке низкого давления без замены ее специальной установкой высокого давления, рекомендуется устанавливать в трубопроводной сети компрессор для ацетилена; последний по величине должен соответствовать мощности генераторной установки, т. к. в противном случае возможны опасные нарушения в производстве. Для избежания колебаний в давлении, часто случающихся в генераторах высокого давления, устанавливаются регуляторы (обычно вентили с мембраной).

При реакции между карбидом и водой освобождается значительное количество тепла; для предупреждения нагрева воды до $t_{кип.}$, что могло бы привести к уменьшению количества активной жидкости, необходимо следить за тем, чтобы вода даже при длительной работе генератора не нагревалась выше 60° , для этого практически достаточно 6 л воды на 1 кг карбида. Ни в одной из частей генератора t° газа не должна превышать 100° . При поступлении в газгольдер газ не д. б. теплее 50° . Чем ниже t° газа, направляющегося к сварочной горелке, тем выше t° сварочного пламени и тем сильнее его действие, так как горячий газ отличается особенно сильной

способностью к поглощению паров воды, понижающих t° пламени. Этим объясняется, почему при изготовлении генераторов для ацетилен не следует идти ниже определенных размеров. В качестве материала для изготовления генераторов наиболее пригодными оказались оцинкованные железные листы, а для окраски — асфальтовая смола. Образец генератора типа «карбид в воду» показан на фиг. 13. При расхождении газа колокол *a* опускается вниз и штанга регулятора *b* ударяется в упорку *в*, благодаря чему приподнимается помещенный на верхнем конце штанги запорный конус *г* и карбид из бункера *д* через шахту *е* начинает падать в воду, находящуюся в генераторе. Колокол, поднимаясь автоматически, закрывает затвор *г*. Газ выходит через трубку *жс*.



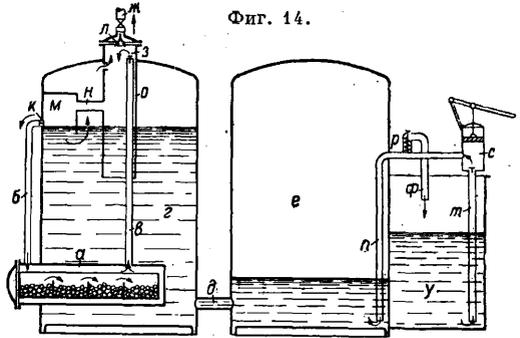
Фиг. 13.

Шлам, собирающийся на дне генератора, удаляется через выпускной кран *з*. Условия работы этих генераторов в отношении газообразования особенно благоприятны, т. к. карбид малыми количествами подается в сравнительно большое количество воды. Необходимо принимать меры к тому, чтобы развивающаяся теплота реакции была сообщена всей массе воды, для чего в аппарате устанавливают решетку, лучше всего подвижную, на к-рой падающий карбид распадается при газообразовании. Во всех аппаратах типа «карбид в воду» приходится опасаться загрязнения. При накоплении шлама до самой решетки или даже поверх нее он отлагается на еще пригодном к реакции карбиде, который, уже не приходя в соприкосновение с водой генератора, дает при газообразовании такое значительное количество тепла, что масса в некоторых случаях приходит в раскаленное состояние. Если при этом в генераторе находится воздух, то является опасность взрыва. По аналогичной причине не следует применять для загрузки карбид в порошок, который поднимается на поверхность воды, где вскоре и образует раскаленную кашу, представляющую в худшем случае опасность взрыва, а в лучшем случае получается перегрев газа, вызывающий явления распада. Тщательнейшим образом следует избегать проникновения в генератор воздуха во время загрузки карбида и удаления шлама. В связи с этим целесообразно устраивать особый резервуар для загрузки карбида с приспособлением, препятствующим доступу воздуха. Вредные пространства в генераторе *м. б.* залиты пемзовым бетоном. В новейших типах генераторов для недопущения внутрь воздуха применяют в качестве противотока струю ацетилен, который для этой цели можно производить во вспомогательном генераторе.

Генераторы типа «вода в карбид» для загрузки карбидом снабжаются специальными ретортами, обычно двумя, куда вставляют лотки для крупного карбида; из двух реторт одна остается в действии, в то время как другая опорожняется для новой загрузки. Сравнительно с аппаратами типа «карбид в воду» они страдают тем недостатком, что для газообразования имеется в распоряжении значительно меньшее количество воды, вследствие чего газ не в достаточной мере охлаждается, в особенно-

сти если образующийся шлам затрудняет доступ воды; для охлаждения газа реторту поливают водой и применяют особенно большие аппараты для промывки, в к-рых газ не только очищается, но и охлаждается. Особенной простотой отличаются аппараты, работающие по контактной системе. Действие их основано на том, что насыпанный в какой-либо сосуд карбид попеременно погружается вместе с сосудом в воду генератора и вынимается из нее. По выходе из воды корзинки с карбидом, обычно помещаемой на крышке подвижного газового колокола, газообразование окончательно не прерывается, так как на карбид действуют не только пары воды, но и те небольшие количества воды, которые остались на карбиде. Так как освобождающееся при этом тепло не отводится в воду, то получается нежелательное повышение t° газа; вместе с тем в таких аппаратах особенно велика опасность накопления воздуха.

Схема генератора типа «вода в карбид» высокого давления по системе притока воды показана на фиг. 14. Вода притекает к находя-



Фиг. 14.

щемуся в реторте *a* карбиду по трубке *б*; образующийся при этом газ через трубку *в* вытесняет воду из резервуара *г* через *д* в резервуар *е*, служащий для выравнивания давления; забирает газ из генератора через кран *жс*. Вентиль *з* препятствует уходу газа обратно в реторту *a* и выходу его наружу, когда реторта открыта. Вентиль *л* с поплавком препятствует попаданию воды в трубопровод в случае подъема ее до газовой выпускной трубы. Трубка *б* соединена с камерой *м*, а последняя в свою очередь соединена каналом *нс* газовым колпаком *о*. Благодаря такому устройству по установлении рабочего давления сдвигается вода в *о* и *м*, а затем приостанавливается дальнейшее разложение карбида вследствие прекращения притока воды из *м* в реторту *a*. Вытесненная из генератора *г*, вода поступает в резервуар *е*, соединенный трубкой *п* с предохранительным клапаном *р* и насосом *с*; последний через трубку *т* сообщается с водяным резервуаром *у*; при этом находящийся в *е* воздух сжимается и его упругость обуславливает получение газа высокого давления. Применение воздуха в данном случае не опасно, т. к. он не приходит в соприкосновение с ацетиленом ни с карбидом, а кроме того в этом месте исключена возможность искрообразования. При чрезмерном повышении давления из резервуара *е* через трубку *п*, предохранительный клапан *р* и трубку *б* в резервуар *у* вытесняется не газ, а вода. В случае недостатка воды последняя подается насосом *с* из резервуара *у*. Переходу газа через *б* в *м*

препятствует возвратный клапан *к*, установленный в трубе *б*.

Вспомогательными аппаратами в ацетиленовой установке являются следующие: промыватель (скруббер), газгольдер, очиститель и осушитель. С к р у б б е р (водяной очиститель, см. *Автогенная сварка*) часто устанавливают непосредственно внутри самого аппарата или соединяют с газгольдером. Его назначение—не только охлаждать газ, но и освобождать его от растворимых в воде примесей; при помещении его между генератором и газгольдером он служит одновременно в качестве предохранительного водяного затвора для воспрепятствования обратному выходу газа из газгольдера. Г а з г о л ь д е р ы применяются преимущественно с плавающим колоколом и очень часто соединяются непосредственно с генератором. В автоматически работающих аппаратах колокол газгольдера приводит в движение приспособления для подвода воды или загрузки карбида. Система о ч и с т и т е л я зависит от рода массы, применяемой для очистки газа и предназначенной гл. образом для поглощения фосфористого водорода. Новейшими изысканиями установлено однако, что количество фосфорных соединений в рыночном карбиде далеко не так велико, чтобы они могли оказать вредное влияние на состав ацетилена, поэтому в настоящее время в общем не прибегают уже к химической очистке газа; благодаря этому устраняется опасность от взрывов в очистителе, которая возникала вследствие образования в последнем очень взрывчатого соединения азота с хлором. При выходе из генератора ацетилен содержит еще большое количество водяных паров, к-рые, конденсируясь в холодных частях трубопроводов, могут образовывать водяные пробки. Для осушения газа применяют о с у ш и т е л ь, к-рый состоит из герметически закрытого сосуда, наполняемого какой-либо массой, поглощающей воду. При применении сухих масс для очистки, свободных от кислот и хлора, осушитель становится излишним. Для заполнения осушителей применяются гашеная сухая известь, вата, инфузурная земля, кокс, пемза и т. д.

В СССР Всесоюзный автогенный трест (ВАТ) выпускает ацетиленовые генераторы типа «вода в карбид», размеры и производительность которых (по данным завода «Красный автоген») приведены в табл. 3.

Табл. 3.—Характеристика ацетиленовых генераторов ВАТ.

Марка генератора	Едино-врем. заряд карбида, кг	Главные размеры, мм		Приближит. вес без воды, кг	Часовая производительность, л	Кол-во воды в генерат., л	Полезный объем колокола, л
		диам.	высота				
Рекорд № 0	4	450	710	60	500	65	80
» № 1	8	650	1 400	110	2 000—2 500	180	140
» № 2	20	900	2 160	310	5 000—6 000	640	520
» № 3	40	1 150	2 570	490	9 500—10 000	1 060	1 000

Для очистки ацетилена от вредных примесей в СССР применяется специальная масса «Гератоль», 1 кг к-рого приходится на 50 кг карбида кальция. Гератоль помещается в очиститель, и как только будет замечено, что гератоль изменил цвет или сделался влажным, следует заменить его новым.

Особое внимание следует обращать на правильное устройство и выбор надлежащих размеров для газопроводов, идущих от ста-

ционарных генераторов к сварочным постам. Эти трубопроводы должны быть рассчитаны соответственно производительности генератора и протяженности труб. Во избежание потерь в давлении не следует допускать провисания труб и крутых закрутлений. Рекомендуется устраивать трубопровод для ацетилена замкнутым кольцевым, чтобы иметь возможность снабжать все рабочие места достаточным количеством газа. В более крупных установках следует устанавливать газомеры и манометры. Полезно окрашивать различные трубопроводы в разные цвета. Ямы для карбидного шлама следует устраивать так, чтобы выделяющийся из них ацетилен не мог проникнуть в закрытые помещения. Следует избегать устройства открытых ям, а плотно закрытые ямы следует снабжать хорошо действующей вентиляцией. Каждый генератор должен иметь главный водяной предохранительный затвор. Кроме того каждый сварочный пост также д. б. снабжен водяным предохранительным затвором. Не следует присоединять к одному водяному затвору по несколько горелок. Водяные затворы имеют назначение—задерживать обратные удары пламени горелки, не допускать обратного движения кислорода и препятствовать возникновению разрежения в трубопроводах для ацетилена в случае нехватки газа (см. *Автогенная сварка*). Различаются две группы водяных затворов—низкого и высокого давления. При повышенном расходе газа обыкновенные водяные затворы низкого давления не всегда в состоянии воспрепятствовать действию обратных ударов пламени. Возникла поэтому настоятельная задача—сконструировать безукоризненно действующий водяной затвор низкого давления. Одно из решений этой задачи представлено ниже на фиг. 15. Резервуар аппарата разделен на части т. о., что идущий из генератора ацетилен сперва через патрубков *а* поступает во внутреннее помещение *б*, из к-рого он должен пройти раньше через змеевик *в*, а затем только переходит во внешнюю часть резервуара *г*, а оттуда в трубопровод *д*. Водяные затворы высокого давления *б*. ч. строят совершенно закрытыми, как это видно на фиг. 16. Во входящей снизу газопроводной трубе *а* установлен возвратный клапан *б*. Газ, выйдя через узкие отверстия двойного дна *в*, мелкими струйками проходит через воду, заполняющую аппарат до контрольного крана *г*, и выпускается сверху. В верхней

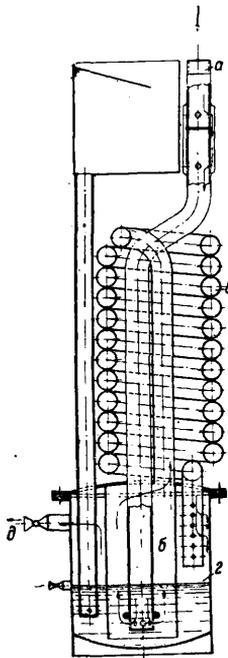
части аппарата закреплен лист оловянной фольги *д*.

В случае обратного удара пламени возникающее в этот момент давление на поверхность воды закрывает клапан *б* и тем прекращает дальнейшее поступление в аппарат ацетилена; при этом фольга пробивается, и излишек газа т. о. может быть отве-

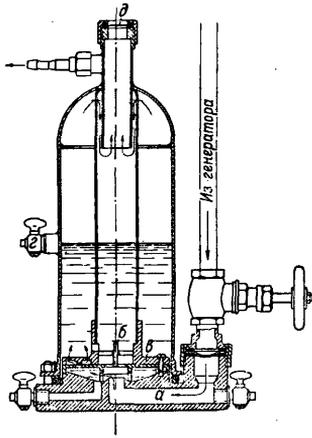
ден наружу. Ацетилен не всегда добывается в генераторах непосредственно на месте потребления. Его часто доставляют уже готовым в специальных баллонах (см. *Диссугаз*).

Применяемые для аккумуляции газов стальные баллоны запираются при помощи вентилей, к к-рым присоединяют редукторы, понижающие давление. Для избежания ошибок при отборе баллонов присоединительные (к баллону) части запорных вентилей снабжаются разными наре-

ками соответственно роду газа. В тех же целях следует окрашивать баллоны в установочные цвета согласно их назначению (см. *Автогенная сварка*). Редукторы служат для снижения давления газа в баллонах до рабочего давления и для поддержания последнего на одной и той же высоте. На практике применяются одно- и двухступенные рычажные или поршневые редукторы. Способ действия

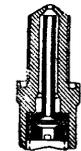


Фиг. 15.



Фиг. 16.

одноступенчатого рычажного редуктора—см. *Автогенная сварка*. Недостатком этого типа редукторов является то, что при длительной работе требуется время от времени переставлять установочный винт, чтобы поддерживать давление в вентиле на одной и той же высоте, т. к. давление в баллоне снижается, а сила пружины ослабевает постоянно. Слишком быстрый выпуск в редуктор кислорода под высоким давлением может вызвать воспламенение эбонитовой пробки, поэтому в рычажных вентилях часто устраивают специальный предохранитель от выгорания. Простая и рациональная форма такого устройства изображена на фиг. 17. Пожары

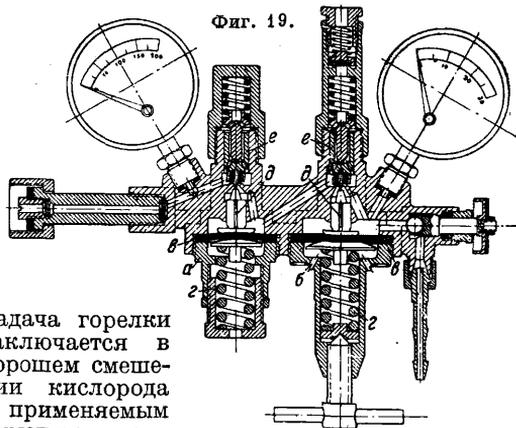


Фиг. 17.

в редукторах могут возникать также вследствие соприкосновения масел или жиров с чистым кислородом. Поэтому редукторы не следует смазывать в виду чрезвычайной опасности. Пожары в вентилях м. б. также вызваны воспламенением взрывчатых газовых смесей, проникающих в них либо из баллона либо со стороны горелки. Для устранения связанных с этим опаснейших последствий может служить предохранительный патрон (фиг. 18), который задерживает распространение взрывной волны в редуктор. Недостаток этого устройства заключается в известной потере давления, а также и в том, что патрон надежно выполняет свое назначение только один раз. Наилучшим в отношении предохранения от замерзания и выгорания следует считать двухступенчатые поршневые редукторы (фиг. 19). В этих аппаратах почти не имеет места понижение давления при продолжительной работе. В первой нерегулируемой ступени *а* давление понижается до 15 atm и только затем во второй ступени *б* устанавливается рабочее давление. В этих

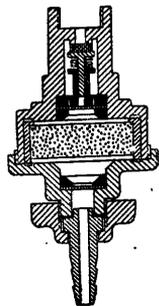
редукторах также имеются мембраны *в*, устанавливаемые и управляемые посредством специальных пружин *г*. Нажимные штифты *д* отодвигают эбонитовые поршневые клапаны *е* и так. обр. впускают кислород в редуктор. При достижении давлением установленной величины мембраны опускаются и клапаны закрываются. Шланги, служащие для соединения редукционного вентиля или водяного затвора с горелкой, требуют также особого наблюдения; их изготовляют из резины и снабжают подкладкой из толстого холста; обматывать шланги проволокой не рекомендуется, потому что обмотка делает их тяжелыми и неудобными в обращении. Для предупреждения опасных ошибок шлангам для горючих газов и кислорода придаются разные размеры или же верхний слой резины окрашивается в различные цвета. В СССР для газовой *С* и резки при подводе ацетилена и кислорода под давлением применяются резиновые рукава, состоящие из внутреннего резинового слоя, двух слоев прорезиненной льняной или бумажной ткани и наружного резинового слоя (ОСТ 2354). Рукава, применяемые для ацетилена, вырабатываются со светлосерым наружным слоем резины, для кислорода—с черным наружным слоем резины. Основные размеры рукавов: толщина внутреннего слоя резины 2 мм, внутренний диаметр 9,5 мм, наружный диаметр 17,5 мм, длина рукавов 18 и 20 мм..

Рабочим орудием сварщика является с в а р о ч н а я г о р е л к а; в зависимости от давления применяемого газа горелки делают инжекторные и смесительные (без инжектора).



Фиг. 19.

Задача горелки заключается в хорошем смешении кислорода с применяемым горючим газом и в предоставлении возможности правильной установки сварочного пламени. От горелки требуется удобная для пользования ее конструкция и не слишком большой вес. Общим во всех системах горелок является изготовляемый в виде рукоятки главный корпус, в к-рый вводятся трубки для кислорода и горючего газа. К этой рукоятке присоединяется трубка для смешивания, на конце к-рой сидит наконечник. Рукоятку и трубку для смешивания изготовляют из прессованной латуни или легких металлов, наконечники изготовляют из меди. Существенное значение имеет расположение запорных вентилей для обоих газов, которые



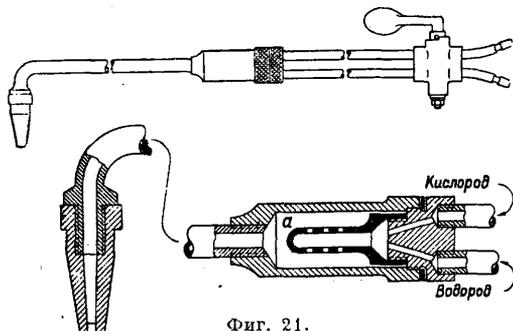
Фиг. 18.

должны быть под рукой, чтобы можно было управлять пламенем во время самой С. Если газы подводятся к горелке под разными давлениями, то применяются инжекторные горелки (фиг. 20), в которых находящийся под более высоким давлением кислород всасывает



Фиг. 20.

ацетилен в количестве, соответствующем приблизительно количеству подаваемого кислорода. Если же, наоборот, ацетилен или другой горючий газ поступает под тем же давлением, как и кислород, то можно обойтись горелкой (фиг. 21), снабженной простой смесительной камерой *а*. От инжекторной горелки требуется достаточная сила всасывания, которая не должна ослабевать даже с возрастанием нагрева наконечника горелки. Так как газы, находящиеся в трубке для



Фиг. 21.

смешивания, под влиянием нагрева расширяются, то в результате получается повышение давления, которое может с особенной силой повлиять на поступающий под более низким давлением ацетилен и создать т. о. препятствие к дальнейшему его свободному притоку в камеру. Такое нарушение в соотношении газов в смеси (обеднение смеси) ведет к нежелательному избытку кислорода в сварочном пламени. Вместе с тем вследствие нагревания в трубке для смешивания одновременно может произойти и обратный удар пламени, т. е. воспламенение газовой смеси на горячих стенках горелки. Это тем легче может иметь место, чем более нарушена правильная пропорция в смеси, так как с увеличением избытка кислорода в смеси последняя делается все более взрывчатой. В связи с этим требуется время от времени охлаждать горелку. Другая причина обратных ударов пламени кроется в сужении отверстия мундштука из-за скопления грязи. В этом случае скорость истечения становится меньше, нежели скорость обратного зажигания, что и влечет за собой возникновение обратных ударов пламени. В новейших, безопасных в этом отношении горелках обратный удар пламени заглушается особыми приспособлениями перед инжектором. Но и при применении этих надежных в отношении обратных ударов пламени горелок все же нельзя обойтись без предосторожных водяных затворов, т. к. и такие горелки не могут гарантировать от вспышки взрывчатых смесей, находящихся по обе стороны инжектора. Чистка

загрязненных горелок производится либо при помощи деревянной палочки либо ударом о деревянную колодку. Для избежания возгорания смеси внутри горелки необходимо все соединения делать вполне герметическими и предохранять их от повреждений. Рекомендуется подвод ацетилена и кислорода в рукоятке устраивать отдельно, чтобы при нарушении в каком-либо месте герметичности не могло произойти преждевременного смешения обоих газов. В горелках без инжектора, применяемых для газов высокого давления, потери от всасывания конечно не могут иметь места, но, с другой стороны, они часто не обладают требуемой надежностью в отношении обратных ударов пламени. Помимо указанных выше подразделений следует различать еще горелки с единичными и со сменными наконечниками. Горелки с единичными наконечниками—это горелки, применяемые в неизменном виде для выполнения только одного какого-либо рода С., тогда как горелки со сменными наконечниками м. б. приспособлены к самым разнообразным работам. В случае надобности к такой горелке может быть присоединен резак (фиг. 22) для автогенной резки металла. Для упрощения необходимых для сварки вспомогательных работ и для уменьшения количества аппаратов и принадлежностей в последнее время были разработаны способы создания в трубопроводах для сварочных газов постоянного давления; основным преимуществом этой системы является возможность централизации регулировки давления газов. Помимо возможности более полного наблюдения эта система позволяет перенести ответственность с рядового сварщика, часто не обладающего в деле сварки достаточным кругозором, на мастера, что кроме повышения степени надежности позволяет добиться и значительной экономии.

В СССР Всесоюзный автогенный трест выпускает сменные инжекторные сварочные газовые горелки типа «Рагаз» с 7 наконечниками и типа «Универсаль» с 8 наконечниками; характеристики их даны ниже в табл. 4.

Проверка и пуск горелки. Перед пуском горелок низкого давления от сварочного поста, работающего как генераторным, так и растворенным ацетиленом, производят следующие операции: 1) несколько раз немного открывают и сейчас же закрывают вентили на кислородном и (при растворенном ацетилене) на ацетиленовом баллонах для удаления твердых частей, попавших случайно в выходное



Фиг. 22.

отверстие вентиля, чтобы впоследствии они не могли попасть в редукторы; 2) привертывают после этого кислородный (и ацетиленовый) редуктор, закрывают запорный вентиль баллона при настолько вывернутом влево регулирующем винте редуктора, чтобы он не нажимал (через главную пружину) на мембрану и редуцирующий клапан редуктора. В таком состоянии редуктора манометр высокого давления должен показать давление газа в баллоне, а манометр низкого давления—остаться на нулевой точке, если только клапан редуктора в порядке. Во избежание воспламенения обшивочной пробки клапана от сильного сжатия газа в канале при неосторожном открывании

Табл. 4.—Характеристика сварочных горелок В.А.Т.

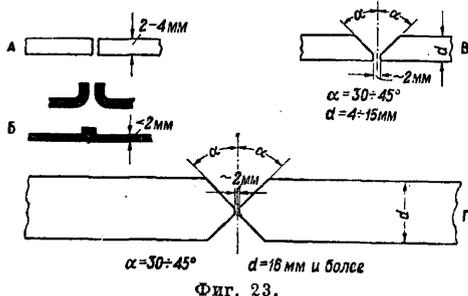
№ накопечника	Толщина сварив. железных листов, мм	Часовой расход газов, л		Продолжит. сварки 1 м шва, мин.	Расход газов на 1 м шва, л		Давление кислорода по регулятору, атм
		Ацетилен	Кислород		Ацетилен	Кислород	
Горелка типа «Рагаз»							
1	1—2	150	165	10	25	28	2
2	2—4	300	330	12	60	66	2,5
3	4—6	500	550	15	125	138	3
4	6—9	750	850	20	250	283	3
5	9—14	1 200	1 350	30	600	675	3
6	14—20	1 700	1 900	45	1 280	1 420	3,5
7	20—30	2 500	2 750	60	2 500	2 750	4
Горелка типа «Универсаль»							
1	0,5—1	75	85	8	10	11	1,5
2	1—2	125	140	10	21	23	2
3	2—4	300	335	12	60	67	2,5
4	4—6	500	560	15	125	140	3
5	6—10	750	950	20	250	317	3
6	10—15	1 200	1 350	30	600	675	3
7	15—20	2 000	2 250	45	1 500	1 690	3,5
8	20—30	2 500	2 750	60	2 500	2 750	

вентилля баллона практикуется предварительное легкое нажатие (ввертывание вправо) регулирующего винта, для того чтобы этим немного открыть редуцирующий клапан и дать газу выход через редуктор без чрезмерного сжатия в канале. Только после этого вывертывают, как было ранее указано, регулирующий винт для проверки исправности клапана. Вслед за этим, при еще закрытом запорном вентиле, на редукторе устанавливают необходимое рабочее давление посредством соответствующего ввертывания регулирующего винта вправо. Если редуциционный вентиль в исправности, то давление в камере редуктора не должно подниматься выше установленного, т. е. стрелка манометра низкого давления должна занимать неизменное положение. Затем присоединяют к кислородному редуциционному вентилю горелку посредством соответствующего шланга, открывают сначала запорный вентиль на редукторе, затем кислородный вентиль или кран или же общий для кислорода и ацетилена кран горелки; при этом на ниппеле, служащем для присоединения ацетиленового шланга к горелке, должен явно чувствоваться присос воздуха (ацетиленовый кран на горелке должен быть открыт). Если же, наоборот, из этого ниппеля выходит кислород, то горелка засорена или в наконечнике, или в смесительной камере, или же в каналах для ацетилена до инжектора; наконец возможно, что весь наконечник недостаточно плотно привернут, вследствие чего инжектор неплотно прижат к остальной части горелки. Такого рода проверка горелки до присоединения ее к источникам ацетилена (водяным предохранительным затворам) или к редуктору ацетиленового баллона является строгой необходимостью, потому что при неисправности ее в шланг и газопровод для ацетилена неизбежно будет проникать кислород, образуя с ацетиленом взрывчатую смесь, которая при зажигании горелки вызовет обратные удары и даже взрыв. Понятно, что перед присоединением вполне проверенной и исправной горелки посредством ацетиленового шланга к водяному затвору или ацетиленовому редуктору и тот и другой д. б. проверены на полную исправность. Первый проверяют на нормальный уровень воды в нем до контрольного крана (при закрытом кране на газопроводной трубе и при открытом кране для выхода газа из

затвора). Ацетиленовый редуктор проверяют так же, как было указано в отношении кислородного редуктора. После указанной проверки аппаратуры для ацетилена открывают газовыпускной кран на водяном затворе или запорный вентиль на ацетиленовом редукторе; открывают кислородный вентиль на горелке, вслед за тем вентиль для ацетилена на горелке и только после этого зажигают вытекающую смесь и устанавливают окончательно рабочее давление на редукторах, регулируя при этом кранами горелки правильное пламя. При горелках низкого давления последовательное открывание сначала кислородного и потом ацетиленового крана или вентилля является строгой необходимостью перед зажиганием, чтобы кислород смог до зажигания не только присосать достаточное количество ацетилена, но и придать смеси кислорода с ацетиленом скорость, превышающую скорость воспламенения этой смеси, иначе пламя ударит обратно в горелку. Для пуска горелки высокого давления (исключительно при использовании растворенным ацетиленом) лучше всего придерживаться этих же правил. Во всяком случае этими горелками безусловно нельзя пользоваться для генераторного ацетилена низкого или среднего давления, иначе обратные удары будут неизбежны, не говоря уже, что при таком ацетилене горелка вообще не в состоянии правильно работать. По окончании работы сперва надо совершенно закрыть ацетиленовый кран, затем кислородный кран и наконец редуциционный клапан. При длительных перерывах в работе необходимо закрыть клапан кислородного баллона, чтобы не оставлять редуктор под давлением.

Производство С. Подготовительные работы к С. Для выполнения С. в общем требуется соответствующая подготовка свариваемых предметов и выбор правильной конструкции сварочного шва, отвечающей ожидаемому напряжению. Обязательна также металлически чистая поверхность в месте С. Следует различать: 1) соединительную С. встык, когда поверхности свариваемых предметов в месте С. расположены в одной плоскости или с небольшим уклоном друг к другу; 2) соединительную С. галтельным швом, когда свариваемые предметы расположены друг к другу под сравнительно большим углом или же д. б. соединены внахлестку или при помощи накладок; 3) С. наплавкой, когда требуется восстановить изношенные части до первоначальных размеров. Для выполнения сварки встык или соединительной сварки требуется подготовить шов соответствующей формы. Для С. встык металл толщиной в 2—3 мм можно обойтись без разделки кромок и удовлетвориться расположением листов на расстоянии 0,5—1 мм друг от друга (фиг. 23, А). При С. еще более тонких листов в них отгибаются кромки (фиг. 23, Б), к-рые и служат необходимым при С. присадоч-

ным материалом. Для С. листов толщиной от 4 мм и выше в целях возможности проварки по всей толщине требуется скос кромок. Тот же метод подготовки применяется при заварке трещин. В большинстве случаев шву придается V-образная форма (фиг. 23, В), которой можно пользоваться для С. листов толщиной до 15 мм. При больших толщинах шву следует придавать X-образную форму (фиг. 23, Г). При устройстве



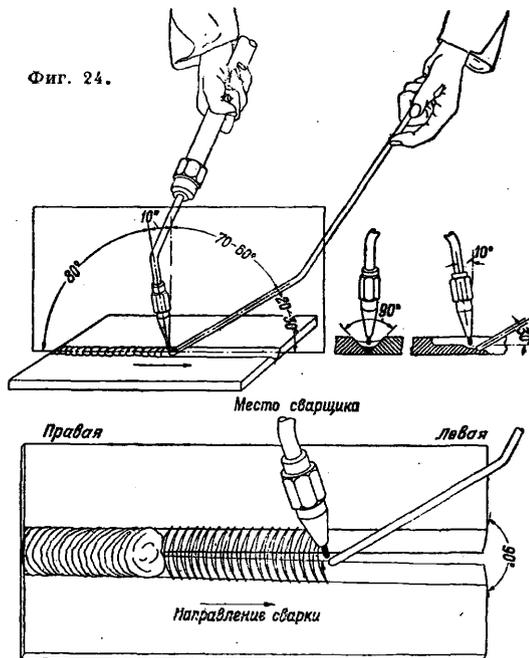
Фиг. 23.

таких швов следует наблюдать за тем, чтобы в вершине угла не оказалось окислов и пустот.

Выполнение С. При газовой С. следует избегать избытка как горючего газа, так и кислорода. Если ацетилен и кислород смешаны в надлежащей пропорции, то в пламени можно различить две зоны: непосредственно за мундштуком горелки заметна струя несгоревшего газа—темное ядро, окруженное конусом пламени яркожелтого цвета. В этой части пламени ацетилен распадается на углерод и водород. Углерод, сгорая, дает с кислородом из баллона окись углерода. В наружной зоне пламени окись углерода и водород вместе с поступающим из воздуха кислородом образуют двуокись углерода и водяной пар. Конус пламени помимо окиси углерода и водорода содержит еще несгоревшие углерод и кислород из баллона. Эта часть сварочного пламени вследствие ее обугливающего и окислительного влияния для С. непригодна, как и та часть наружной зоны пламени, к-рая кроме двуокиси углерода и водяных паров содержит еще атмосферные кислород и азот. Для С. пригодна только та часть пламени, в к-рой углерод сгорел полностью и имеется еще достаточное количество водорода, т. е. та часть, к-рая обладает четко выраженными восстановительными свойствами. Эта сварочная зона расположена на расстоянии 2—5 мм от вершины конуса. При С. смесью водорода с кислородом для установления сварочного пламени требуется отношение 4 : 1. Добиться такого соотношения довольно трудно, т. к. ядро в пламени этой смеси обозначается весьма слабо. Необходимо всегда иметь в виду, что С. является металлургическим процессом, протекающим при высокой t° . В связи с нагревом возникают напряжения и коробления, к-рые необходимо сводить к минимуму. Поэтому продвижение вперед горелки следует вести т. о., чтобы основной материал свариваемых предметов не нагревался излишне сильно. В этом отношении гл. обр. помогают сноровка сварщика и быстрота выполнения С. Помимо основательного сплавления кромок свариваемых листов и присадочного материала необходимо обращать особенное внимание на проведение правильной С. по всей толщине шва и на возможно полное соединение между основным материалом и присадочным. Признаком хорошо выполненной С. служит равномерно-

чешуйчатая поверхность шва. Для избежания включения в шов шлаков необходимо прибегать к перемешиванию расплавленной массы при помощи присадочного стержня. Слишком длительная задержка горелки на одном каком-либо месте шва ведет к перегреву массы и пережогу материала. Образование раковин и пор от присутствия газовых пузырей уменьшает рабоче сечение и ослабляет т. о. прочность шва. Вспомогательные инструменты должны быть всегда под рукой и наготове, чтобы в течение процесса С. не могло произойти никаких задержек. Отжиг швов является конечно рациональным, но все же следует в этом отношении ограничиваться лишь высококачественными изделиями, так как в противном случае может пострадать экономич. сторона дела. Последующий за С. отжиг делает структуру более тонкой, а кроме того устраняет внутренние добавочные напряжения. Обработка молотком швов при t° красного каления способствует также улучшению структуры. В общем чаще всего допускаются сварщиками следующие ошибки: заполнение сварочного шва не до самого верха или проварка не по всей глубине, т. е. дно шва остается незаполненным; протекание присадочного материала на нижнюю сторону шва или выжигание дыр; плохое соединение вследствие недостаточного расплавления кромок свариваемых частей; перегрев и пережоги в основном металле; наличие в шве шлаковых включений или газовых пузырей.

Методы работы при газовой С. плавлением. Наиболее общепринятым является способ ведения горелки вдоль свароч-

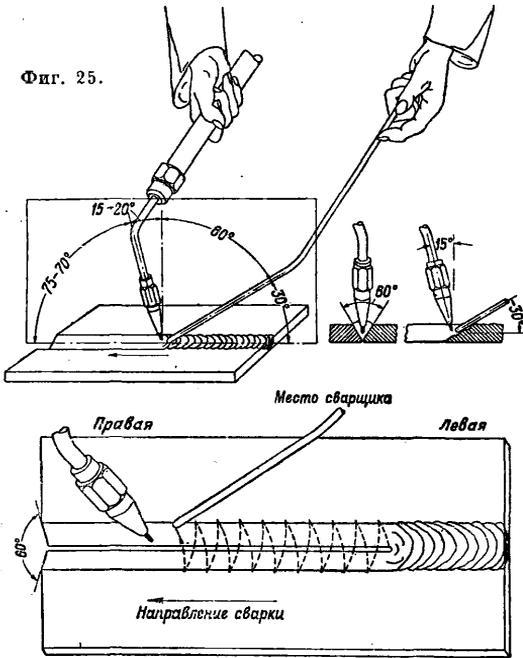


Фиг. 24.

ного шва справа налево (пламя горелки направлено в сторону продвижения С.) маятниковым движением, причем обе кромки шва расплавляются равномерно (фиг. 24). Присадочный стержень одновременно с этим перемещается б. ч. прямолинейно перед пламенем. Чем тоньше свариваемые листы, тем больше д. б. уклон пламени для получения требуемых результатов. Т. к. при таком способе действию

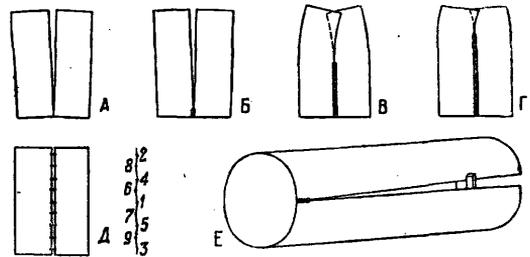
пламени подвергаются и несваренные еще части поверхности листов, то большая часть теплоты пламени расходуется без всякой пользы для целей сварки и вместе с тем соседние со швом части нагреваются настолько сильно, что неизбежно возникновение в листах термич. напряжений и их коробление. Вследствие этого

Фиг. 25.



перешли к С. в обратном направлении, при к-ром шов ведется навстречу пламени горелки, т. е. слева направо (фиг. 25). Такой способ С. называют правой С., или обратной С., в отличие от первого, носящего название левой С., или поступательной С. Для противодействия короблению, возникающему при поступательной С., необходимо до начала С. укладывать свариваемые листы т. о., чтобы обеспечить возможность свободного сгибания. Для этого расстояние между листами на левой стороне берется большим, чем на правой (фиг. 26, А); на фиг. 26, Б, В и Г показаны последовательные положения листов по мере продвижения С., на фиг. 26, Д показан способ и обозначена цифрами последовательность соединения двух подлежащих С. листов перемычками, а на фиг. 26, Е—подготовленный к С. цилиндр. Угол скоса кромок листов при этом способе С. берут равным 90° (фиг. 24, где показано также правильное положение горелки и присадочного прутка). Для заполнения шва доверху необходимо большое количество присадочного материала, и его расплавление требует значительного количества тепла; к этому присоединяется тепло, идущее на оплавление сравнительно далеко находящихся друг от друга кромок листов. Т. о. при поступательной С. имеется избыток тепла, что дает возможность прерывать процесс С. для проковки шва молотом; хотя после этого приходится затрачивать тепло для расплавления вновь того места, где С. была приостановлена, но благодаря проковке можно добиться улучшения качества шва. На этом же основании с помощью поступательного метода можно с успехом выполнять многослойные С. Благодаря иному рабочему

положению горелки при обратной С. оказалось возможным ослабить влияние возникающих при С. напряжений, так как при этом тепло не затрачивается на несваренный еще материал. При обратной сварке работают горелкой, держа ее почти в перпендикулярном положении, в целях более интенсивного использования действия пламени и вместе с тем в целях ограничения площади его действия. Практика этого нововведения выяснила, что по причине возможности образования дыр новым методом применим для листов не ниже определенной толщины. Угол скоса кромок был уменьшен до $60-70^\circ$, в связи с чем понизился расход присадочного материала, а следовательно и необходимого для его расплавления тепла. Особенно благоприятным обстоятельством оказалось в данном случае то, что горелку можно было держать в спокойном состоянии, т. е. пламя расплавляло одновременно кромки обоих свариваемых листов. Однако при С. более толстых листов нельзя полностью избежать перемещений горелки, т. е. в этом случае кромки сравнительно далеко отстоят друг от друга. Маятниковые движения при обратной С. сообщаются присадочному стержню для предохранения его при расплавлении от перегрева (фиг. 25). В общем при обратной С. возможна значительная экономия во времени, газе и присадочном материале; одновременно с этим ослабляется и влияние нагрева. Так как величина термических напряжений помимо рода источника тепла в значительной мере зависит также и от длины шва, толщины свариваемого материала, быстроты процесса С., искусства сварщика и состава основного материала, то не представляется возможным дать точные указания относительно выбора расстояния между кромками свариваемых листов. На основании же практики можно сказать, что обратную сварку при безукоризненном проведении процесса можно с успехом применить для соединения параллельно уложенных горизонтальных стальных листов толщиной в 5—16 мм с получением при этом швов повышенного качества. Чтобы действие тепла проявлялось в возможно меньших размерах, необходимо при применении обратной С. избегать многослойных швов и перерывов в работе для проковки. С другой стороны, пламя, направленное на уже сваренный шов, производит отжиг, улучшающий результаты С. При



Фиг. 26.

С. вертикальных швов обратная С., производимая сверху вниз, связана с затруднениями. Необходимо при этом держать горелку т. о., чтобы присадочный материал под влиянием пламени выдувался кверху. При поступательной С. процесс ведется, наоборот, снизу вверх, и присадочный материал накладывается на валик.

С. с т а л и. Предназначаемая для С. сталь должна содержать возможно мало серы и фос-

фора. Нежелательно также поглощение газа во время процесса С., так как это вызывает в материале хрупкость и склонность к излому. Газовая С. вообще ведет к появлению внутренних напряжений, однако при помощи специальных мероприятий можно либо вовсе не допустить либо ограничить возникновение их. В предметах сложной формы можно этого достичь путем предварительного подогрева сварочного шва или путем горячей С., при к-рой процесс протекает при такой высокой t° (с последующим затем медленным охлаждением), что влияние напряжений уничтожается. Неравномерный нагрев может привести к разрыву сварочного шва или к отрыву наплавленной части. Такая же опасность существует и для сварок внахлестку, выполняемых при помощи газового пламени. В нек-рых случаях С. вообще является невозможной. Так, С. облагороженных термич. обработкой сталей, особенно чувствительно реагирующих на термич. напряжения и могущих под влиянием последних потерять часть сообщенных им специальных качеств, можно производить лишь в том случае, когда имеется возможность произвести испытание качества сварного соединения. Не следует производить сварку в изделиях, подвергающихся сильным напряжениям, например в валах или высокосортных конструктивных частях, не допускающих перекосов. В основном не вызывает сомнений возможность С. таких сталей, к-рые благодаря соответствующему процессу охлаждения или благодаря присадке никеля, марганца, а также хрома сохранили свою аустенитовую структуру, в связи с чем они приобрели вязкость и способность к обработке. Пригодна к С. и полученная путем закалки мартенситовая сталь. Для мартенситовых сталей, напр. для нержавеющей хромовой стали, следует предпочесть газовую С., при к-рой процесс охлаждения протекает медленнее. Для аустенитовых сталей можно с успехом применять электр. сварку, так как они сохраняют вязкость по охлаждению. Следует однако иметь в виду, что в этих сталях в переходной зоне при 600—700° появляются твердые места, к-рые можно устранить лишь путем нагрева до более высокой темп-ры с последующим в зависимости от состава б. или м. быстрым охлаждением. Помимо выбора правильного метода С. решающее значение имеет в соответствии со свойствами свариваемого материала и применение подходящего присадочного материала. В некоторых случаях особого присадочного материала не требуется, напр. при С. встык тонких листов. Обычно наполнители при С. применяются в виде присадочных стержней, которые должны удовлетворять определенным требованиям. Присадочные стержни д. б. свободны от ржавчины, масла, красок и окалина. Они при С. не должны давать пены или брызг и не должны свертываться; шов они должны давать плотный и вязкий. Покрытие тонким слоем меди предохраняет присадочные стержни от ржавления, без вреда притом для С., т. к. это покрытие переходит в шлак. Присадочный материал, бедный углеродом, оказался более пригодным, нежели с большим содержанием последнего. Углерод легко образует пузыри, так как соединяется с атмосферным кислородом в окись и двуокись углерода; кроме того проволока с большим содержанием углерода плавится слишком быстро, еще до достаточного нагрева свариваемых изделий.

Химич. состав присадочной проволоки для газовой С. простых сталей приведен в табл. 5.

Табл. 5.—Состав присадочной проволоки для газовой С. стали (в %).

Род С.	C	Mn	Si	P	S
Соединительная С. . . .	≤0,1	~0,50	≤0,08	≤0,04	≤0,04
Наплавка . . .	0,5—0,8	0,5—0,8	≤0,15	≤0,04	≤0,04

Для газовой С. предпочитают пользоваться отожженной проволокой. Всякий способ, пригодный для С. стали, может быть с успехом применен и к С. стального литья. Так как С. по существу является литейным процессом в малом масштабе, то при сварке стального литья шов по своей структуре представляется менее отличным от основного металла, нежели в случае катаного металла, и следовательно сварке в данном случае следует отдавать предпочтение перед всеми другими способами соединения. В качестве присадочного материала следует при сварке стального литья применять всегда материал аналогичного состава. Применения при этом еще и сварочных порошков не требуется. С термич. напряжениями приходится считаться, особенно при твердом литье, и в этом случае следует прибегать к подогреву. При более или менее крупных работах рекомендуется после С. пользоваться отжигом для полного устранения напряжений. В нек-рых случаях следует предпочесть горячую С.

С. ч у г у н а. Белый чугун вследствие присущей ему хрупкости и большой твердости для С. мало пригоден, в связи с чем изделия, предназначенные для С., отливаются из серого чугуна. С. чугуна связана с известными затруднениями, т. к. у чугуна переход из твердого состояния в жидкое происходит сразу, без промежуточного перехода в тестообразное состояние. Возникающие при отливке чугуна напряжения всегда очень велики; они объясняются сильной усадкой материала и неравномерным распределением t° . В особенности опасные напряжения возникают в местах перехода от тонких сечений к толстым. Вследствие слабой теплопроводности графита при С. чугуна всегда существует опасность, что шов получится пористый и с раковинами. Кроме того и поглощение при С. расплавленным материалом кислорода из воздуха и из сварочного пламени ведет к образованию небольших газовых пузырей. Сварку чугуна газовым пламенем можно производить холодным и горячим способами. В общем применение сварки чугуна ограничивается ремонтными работами. В связи с опасностью появления трещин вследствие внутренних напряжений и возможностью отбеливания чугуна в месте С. газовое пламя для ответственной С. его непригодно. В целях предупреждения слишком сильного выгорания кремния во время процесса С. работа ведется пламенем с избытком горючего газа. В качестве присадочного материала применяют богатые кремнием чугунные стержни, напр. состава: 3—3,5% С, 0,5—0,8% Mn, 2,5—3,0% Si, ≤0,3% P, ≤0,1% S. Рекомендуется применение какого-либо сварочного порошка. Для этой цели вполне подходит чистая сода. Хороший сварочный порошок связывает кислород, дает жидкие, поднижающиеся на поверхность шлаки и понижает t° окислов. Чугунные предметы сложной формы

можно сваривать только горячим способом, т. к. при обычном способе С. почти всегда следует ожидать появления трещин. При горячей С. чугуна газовым пламенем подогрев свариваемых частей производится в муфельных печах, отапливаемых газом, нефтью или электричеством. К С. приступают по достижении равномерного красного каления. Т. к. изделие для С. нужно вынуть из печи, то перерыв в проведении сварки является допустимым только в том случае, если приходится устранить какие-либо нежелательные явления, могущие вызвать охлаждение. При С. больших предметов предпочитают для поддержания тепла работать одновременно двумя горелками. По окончании С. требуется подвергнуть сваренные предметы медленному охлаждению: небольшие—под песком или золой, более крупные—в печи, в случае надобности, после повторного отжига для выравнивания разницы в напряжениях. Если чугун долгое время находился в соприкосновении с парами воды или горячими газами, поверхность его становится рыхлой, т. к. жилки графита разъедаются, кислород проникает внутрь и образует с кремнием кремневую кислоту. Подобная отливка уже не годится для С., тем более что часто одновременно с указанным изменением имеет место еще и распад фосфористой эвтектики. В тех случаях, когда приходится еще раз сваривать литые предметы, уже однажды подвергшиеся С., части их в месте старой С., включая и переходную зону, следует полностью удалить, т. к. отбеленный переход и соседние с ним зоны не поддаются повторной С.

С. меди и ее сплавов. Металлургич. медь обладает хорошими сварными качествами, но нек-рые примеси, напр. свинец, висмут, цинк, никель и олово, затрудняют выполнение С. В электролитич. меди отсутствуют присадки, предохраняющие от окисления, вследствие чего ее при С. можно легко пережечь. Кислород жадно поглощается медью при $t_{\text{пл}}$ с образованием закиси меди, что может привести к краснотелости. Расплавленной медью механически поглощаются восстановительные газы, как водород, двуокись серы и окись углерода, к-рые остаются включенными в форме пузырей и значительно ослабляют прочность соединения. В связи с этим при газовой С. для избежания вредного влияния кислорода и поглощения газов требуется особенно тщательная установка пламени. Повышение крепости возможно для меди лишь путем соответствующей холодной обработки, а не путем изменения скорости ее охлаждения. Следует учитывать высокий размер усадки меди в 1,4%. Медь можно сваривать также на горновом огне или методом сопротивления. Затруднительно в данном случае избежать поглощения медью кислорода. При кузнечной С. в качестве присадки применяют буру для предохранения свариваемых частей от атмосферного воздуха. Чаще всего применяется газовая С. при помощи ацетиленокислородного пламени. Сварочному шву обычно придают V-образную или X-образную форму со скосом кромок под углом друг к другу в 60° с зазором между ними ок. 5 мм. Кромки листов толщиной меньше 3 мм не скашиваются. В связи с сильным отводом тепла пламя приходится устанавливать почти вдвое более мощным, чем при С. стали. Часто для подогрева пользуются еще и второй горелкой. Вертикальные швы, как и листы толщиной > 5 мм, предпо-

читают сваривать одновременно с обеих сторон. Оба сварщика в этом случае должны работать всегда на одной и той же высоте. Для предохранения от атмосферного кислорода пламя должно покрывать всю расплавленную зону. С. следует вести по возможности без перерывов. Термические напряжения, возникающие при С. меди, вызывают целый ряд затруднений, т. к. прочность меди при высоких t° значительно уменьшается. В связи с этим б. или м. длинные швы удерживаются в должном положении не при помощи прихваток, а через посредство направляющих на зажимах или болтах, причем требуется укладывать листы так, чтобы они могли свободно удлиняться. Место С. вначале имеет структуру литого металла и не обладает гибкостью и крепостью механически обработанной меди, поэтому необходимо швы проковать. Чтобы для проковки было достаточно материала, необходимо произвести сварку со сравнительно большим утолщением, причем последнее должно иметь гладкую поверхность; сварив около 15 мм шва, немедленно проковывают эту часть при еще красном калении. При таком методе работы получают наилучшие результаты в отношении пластичности. Быстрое охлаждение шва ведет к образованию трещин от усадки. Вначале проковку ведут легкими ударами; последние усиливают по мере охлаждения. Проковку следует начинать с краев шва, а затем шов подвергается основательной обработке по всему его протяжению. Где проковка не представляется возможной, например при С. труб, последнюю следует выполнять с особенно большим утолщением. Важное значение при С. меди имеет состав присадочного материала; в целях удаления окиси являются полезными примеси к нему серебра, фосфора или марганца. В качестве сварочной пасты часто применяют буру, но с этим всегда бывает связана опасность, что она останется внутри шва, что ведет к образованию язвин. Часто приходится сваривать также и сплавы меди—латунь, бронзу и красное литье. В этих случаях обычно принято сварку для соединения частей производить газовым пламенем, а наплавку—вольтовой дугой при помощи металлч. или угольных электродов. При этом надо учитывать, что сплавы с возрастанием t° теряют в прочности еще больше, чем чистая медь. В связи с возможностью испарения цинка и олова существенное значение имеет правильная установка пламени и быстрое выполнение С. Так как пары цинка ядовиты, то С. медных сплавов следует производить в респираторах. Латунь в отношении кислорода менее чувствительна, нежели медь. Горелки по величине выбирают так же, как и для железных листов. В качестве присадочного материала в целях воспрепятствования испарению цинка часто применяют латунные стержни. Из алюминиевых сплавов в большинстве случаев пользуются теми, которые препятствуют испарению цинка. При С. бронзы присадочный материал также д. б. аналогичен основному материалу. С. изделий из красного литья выгоднее всего производить при помощи стержней из того же материала.

С. алюминия и его сплавов. С. алюминия долгое время считали невозможной, так как окись алюминия имеет очень высокую $t_{\text{пл}}^\circ$; она оказалась возможной только после изобретения сварочного порошка для растворения окиси этого металла. Порошок этот состоит главным образом из щелочных фтористых

и хлористых соединений. Для С. алюминия особенно пригодно газовое пламя. Затруднение при сварке алюминия заключается в том, что он при нагреве становится жидким внезапно, в связи с чем трудно уловить точку собственно плавления. Требуется поэтому производить С. с подкладками под свариваемые предметы. Алюминий несмотря на низкую $t_{пл}$ медленно плавится и затвердевает. Для С. алюминия следует применять горелки, соответствующие стальным изделиям вдвое меньшей толщины. Для избежания перегрева необходимо работать умеренным пламенем. Не следует при С. алюминия забывать о должной очистке поверхности свариваемых изделий. В качестве присадочного материала применяется по возможности чистая алюминиевая проволока; состав флюсов для газовой С. алюминия дан в табл. 6.

Табл. 6.—Состав флюсов для газовой С. алюминия (в %).

№ флюса	KCl	NaCl	LiCl	NaF	KF	*1	*2	*3
1	45	30	15	—	7	—	3	—
2	62,7	12,5	20,8	—	—	4	—	—
3	33,4	—	33,3	33,3	—	—	—	—
4	79	16	—	—	—	—	—	5
5	83	17	—	—	—	—	—	—

*1 KHSO₄. *2 NaHSO₄. *3 K₂SO₄.

Для улучшения качества шва служат проковка его при охлаждении и последующий отжиг. Особенно затруднительна С. алюминиевых отливок. Во избежание напряжений их следует сваривать в горячем состоянии. Подогрев до 350° производится в специальной печи или в горне на древесном угле. К алюминию применимы также кузнечная сварка и электросварка по методу сопротивления. Образующаяся при этом на поверхности пленку глинозема следует удалить механич. путем. Сваривать можно также и сплавы алюминия, в особенности дуралюмин и силумин. Силумин отличается тем преимуществом, что он жидкоплавок. Сплавы алюминия, получившие благодаря специальному обогащающему процессам повышенные механические свойства, в области сварного шва теряют свои высокие качества, но т. к. их крепость и после С. все же больше, чем у чистого алюминия, то можно с успехом сваривать изделия из таких сплавов.

С. прочих металлов. Никель и его сплавы можно сваривать как способом кузнечной С., так и методами плавления. При С. плавлением следует иметь в виду, что нагретый никель очень склонен к поглощению газов. Примеси (углерод, сера, железо, кобальт, марганец и кремний) оказывают при С. вредное влияние, если только не принять предохранительных мер в виде соответствующего сварочных порошков. Для С. нейзильбера имеют силу все те указания, которые приведены выше в отношении латуни. Процесс С. должен быть проведен возможно быстро для удержания испарения цинка в умеренных пределах. Для противодействия окислению прибавляется алюминий или магний. Отжиг и проковку следует проводить при 700°. Монель-металл, являющийся природным сплавом никеля, также поддается газовой сварке. При сварке монеля необходимо учитывать склонности его к поглощению кислорода и углерода и связанную

с этим возможность появления ломкости, поэтому при газовой С. следует избегать избытка кислорода. Для раскисления рекомендуется в качестве пасты раствор борной к-ты в спирте. С. свинца, цинка и олова не отличается по существу от обычных способов паяния (см. *Притоп и паяние*). С затруднениями связана часто С. сплава магния—«электрона», к-рый в нагретом состоянии еще чувствительнее в отношении химич. реактивов и атмосферных влияний, нежели алюминий. Для удаления появляющейся на нем во время С. пленки окиси неизбежно применение флюсующих веществ. В качестве присадочного материала следует применять стержень из того же материала.

Электродуговая С. При дуговой С. используется тепло вольтовой дуги, получаемой между углем и углем, между углем и металлом или между металлом и металлом. Обычно для С. применяют металлическую дугу, причем работают как постоянным, так и переменным током. Темп-ра вольтовой дуги 3 000—3 800°; вольтова дуга постоянного тока развивает максимум тепла у положительного электрода, тогда как у отрицательного электрода на ~400° ниже, благодаря этому С. постоянным током обладает тем преимуществом, что к положительному полюсу можно присоединять более тугоплавкий из свариваемых предметов, например при С. предметов из стали с низким содержанием углерода более толстый предмет соединяют с положительным полюсом; при сварке стали с большим содержанием углерода, наоборот, соединяют с положительным полюсом присадочный стержень. Наибольшее сопротивление имеет место в момент зажигания дуги при пуске тока; напряжение зажигания для металлической дуги составляет ок. 65 В. Однако при самой С. напряжение снижается, и в зависимости от толщины электрода его целесообразно поддерживать в пределах 15—24 В. Для употребляемых в большинстве случаев электродов толщиной в 4 мм наиболее подходящим согласно данным практики является напряжение в 18 В. Так. обр. вольтова дуга имеет падающую характеристику, зависящую от длины дуги. Переход металла в вольтовой дуге происходит следующим путем: жидкий металл стремится всегда от тонкого электрода (присадочного прутка) к более массивному свариваемому предмету. Полагают, что металл притягивается последним вследствие перевеса в поверхностном напряжении. Магнитные силы при этом не могут иметь никакого влияния, так как раскаленное железо не обладает магнитными свойствами; равным образом не влияет на переход материала и сила тяжести, в противном случае не представилось бы возможным производить потолочную С. Переход присадочного материала совершается большими или малыми каплями, что точно установлено новейшими изысканиями. Впервые это было выявлено из диаграммы силы тока и напряжения процесса С., полученных при помощи осциллографа (фиг. 27). При этом было установлено, что сначала напряжение и сила тока немного колеблются, оставаясь в общем постоянными, что следует объяснить клочкотанием капли на электроде, но затем напряжение внезапно падает, причем связанное с этим короткое замыкание свидетельствует о происшедшем в этот момент соединении между электродом и свариваемым предметом через посредство перенесенной капли. Эти выводы были подтверждены

кинематографическими снимками процесса С., при производстве к-рых яркий свет вольтовой дуги поглощался вспомогательным источником света, а электрод и переходящие капли получались на снимке в виде тени. Эти снимки выяснили, что металл переходит в форме нити

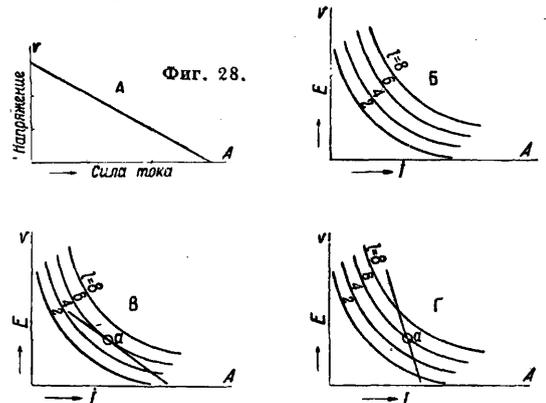


Фиг. 27.

или шарика, причем в первом случае происходит хорошее сплавление, а во втором — капля остается лежать на свариваемом предмете. При этом было также установлено, что количество капель зависит от силы и напряжения тока и что наиболее благоприятными в этом отношении являются силы тока в 180 А и напряжение в 18 В.

Сварочные машины. Динамомашин и трансформаторы нормальных типов непригодны для С., так как при сварке постоянно происходят короткие замыкания: при всяком соприкосновении электрода со свариваемым предметом, могущим произойти либо в момент зажигания вольтовой дуги либо вследствие недостаточной твердости руки сварщика, а также при переходе почти каждой капли. Плавающие предохранители непригодны, так как расплавление их всякий раз вызывало бы перерыв в процессе С. Поэтому сама машина должна быть сконструирована таким образом, чтобы ток при коротком замыкании не превышал допустимой величины или чтобы напряжение машины при коротком замыкании падало значительно ниже сварочного напряжения. С другой стороны, для преодоления сопротивления воздуха при зажигании дуги требуется напряжение более высокое, чем сварочное. Отсюда вытекает требование, что источник тока, аналогично вольтовой дуге, должен иметь падающую характеристику. Достичь этого можно посредством включения в цепь сопротивлений, но метод этот не экономичен. Поэтому для сварочных работ строят специальные машины и трансформаторы, при помощи которых требуемые результаты получаются без потери энергии. К этим машинам предъявляют еще и другие требования. В целях проведения сварочного процесса с достаточной равномерностью необходимо, чтобы дуга не обрывалась вследствие неизбежного при ручной работе изменения расстояния между электродом и свариваемым предметом. Источник тока в своей работе должен быть приспособлен к указанным колебаниям длины дуги и одновременно к изменениям напряжения и силы тока или, как это принято говорить, вольтова дуга д. б. эластичной. В простейшей своей форме характеристика источника тока имеет форму прямой линии (фиг. 28, А). Для возможности осуще-

ствления С. характеристика эта должна соответствовать характеристике дуги, иначе последняя будет обрываться. Из сравнения характеристик вольтовых дуг разной длины l (фиг. 28, Б) с характеристикой источника тока (фиг. 28, В и Г) видно, что пологая характеристика позволяет производить сварку только при очень незначительных изменениях в длине дуги (фиг. 28, В), тогда как при крутой характеристике (фиг. 28, Г) последняя пересекает большое количество характеристик вольтовых дуг, и следовательно таким источником тока можно производить С. при самых разнообразных длинах дуг. Таким образом дуга тем эластичнее, чем круче характеристика источника тока, однако на практике нельзя пользоваться для С. источником тока с слишком крутой характеристикой, т. к. выяснилось, что глубина проникания получается тем благоприятнее, чем характеристика более пологая; т. о. конструктору приходится выбирать средний путь, к-рый является наилучшим еще и в том отношении, что при характеристике средней, не слишком крутой и не слишком полой, и потери из-за разбрызгивания минимальны. Существует несколько средств для получения источников тока с падающей характеристикой. Одним из таких средств является включение сопротивлений; для доведения при этом потерь до минимума строят специальные динамо с напряжением холостого хода в 65 В, вполне достаточным для зажигания дуги, затем напряжение понижается при помощи сопротивлений. Эти машины обладают тем преимуществом, что к ним м. б. приключен целый ряд сварочных постов, но они работают все же с известными потерями в энергии и потому не так хороши в экономическом отношении, как специальные сварочные машины, могущие, с другой стороны, обслужить каждая только один сварочный пост. В этих машинах сила



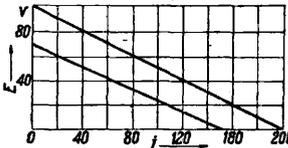
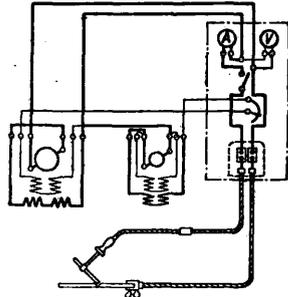
Фиг. 28.

тока при коротком замыкании удерживается в допустимых пределах автоматически путем соответствующего понижения напряжения. Для достижения этого прибегают к разным средствам: либо к устройству противокомпаундной обмотки на магнитных полюсах, либо к использованию реакции якоря, либо к получению сварочного тока из вызванного реакцией якоря искусственно усиленного поперечного поля.

Генераторы с противокомпаундной обмоткой относятся к типу шунтовых машин. Если снабдить полюсы обмоткой, обратной шунтовой обмотке, то этим можно ослабить поле вплоть до затухания. При включении этой противокомпаундной обмотки

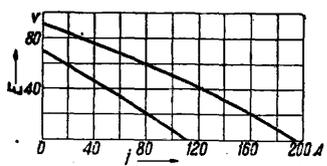
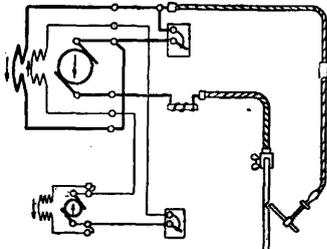
последовательно в цепь возрастании последнего

сварочного тока при получается ослабление магнитного поля, а вместе с этим и падение напряжения. Такие машины обычно снабжаются шунтовой обмоткой с независимым возбуждением, т. к. при обмотке с самовозбуждением после короткого замыкания восстанавливается слишком медленно. Схема и характеристика подобного генератора изображены на фиг. 29.



Фиг. 29.

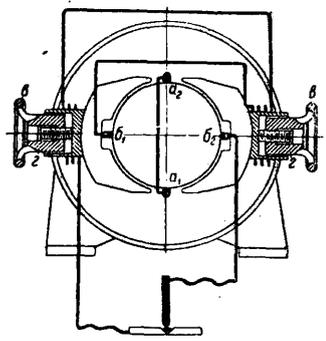
разующееся благодаря индукции при вращении якоря в главном поле электромагнитов, не только не ослабляют при помощи специальных мероприятий (как в машинах, предназначенных для освещения и силовых установок), а, наоборот, усиливают путем соответствующего выбора размеров обмотки и притом настолько, что при переходе силы тока за определенный предел поле действует тормозящим образом; напряжение падает при этом почти до нуля, и дальнейшее повышение силы тока делается уже невозможным. Схема и характеристика генератора с реакцией якоря и с независимым возбуждением показаны на фиг. 30.



Фиг. 30.

Генераторы с поперечным полем представляют собой машины постоянного тока с самовозбуждением и с саморегулированием; в этих генераторах упомянутое уже якорное поле самостоятелно, без всяких подсобных приспособлений, дает необходимый для С. рабочий ток; главное поле при этом коротко замкнуто. Поперечное поле в свою очередь производит другое, повернутое на 90° якорное поле, которое действует в направлении, прямо противоположном главному полю, и ослабляет его. Благодаря этому при любой внешней нагрузке соответственно напряжению и силе тока автоматически возникает состояние равновесия, вызываемое тем, что образовавшееся в результате остаточное поле, т. е. главное поле минус реакция якоря, производит соответствующий вспомогательный ток, поперечное поле к-рого в свою очередь снова индуцирует правильное рабочее напряжение. Регулировка в этих машинах производится осо-

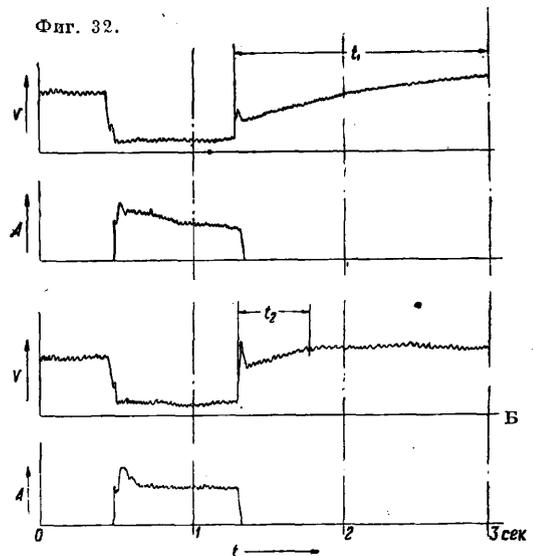
бенно просто, как это видно из изображенной на фиг. 31 схеме. Главный ток коротко замкнут между щетками a_1 и a_2 . Рабочий ток берется из поперечного поля щетками b_1 и b_2 . Регулировка производится путем поворачивания ручных маховичков θ , соединенных с железными брусками ϵ , перемещающимися внутри полых стержней, причем магнитное сопротивление полюсов соответственно не меняется. При ослабленном первичном поле упомянутое выше состояние равновесия наступает при соответственно более низком рабочем токе. Характеристика таких генераторов отличается чрезвычайно крутым падением, в связи с чем они дают весьма эластичную дугу, позволяющую очень спокойно выполнять сварку, хотя при этом и существует опасность, что дуга м. б. легко растянута. Напряжение холостого хода этих машин не оказывает влияния на силу рабочего тока. Это напряжение не меняется и при регулировке, т. е. оно зависит только от большей или меньшей величины остаточного магнетизма машины. Вследствие этого динамо с поперечным полем отличаются тем важным преимуществом, что в них напряжение холостого хода чрезвычайно невелико: 10—30 V. Выше была приведена оценка генераторов только на основании их так наз. статических характеристик, установленных при длительной спокойной нагрузке. Оказывается однако, что две машины с одинаковой статической характеристикой часто при С. все же ведут себя неодинаково. Это имеет напр. место, если в одном случае работает машина с собственным возбуждением, а в другом—машина с независимым возбужде-



Фиг. 31.

нием. В связи с этим для правильного суждения о генераторе необходимо знать и его динамич. характеристику, показывающую зависимость

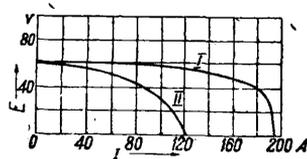
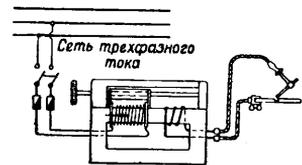
Фиг. 32.



характеристику, показывающую зависимость

между напряжением и силой тока и временем и поведением машины при быстро возрастающей нагрузке. Подобного рода осциллограмма показана на фиг. 32, где ясно видно, как медленно (t_1) восстанавливается напряжение после короткого замыкания в машине с собственным возбуждением (фиг. 32,А) и насколько быстро (t_2) это происходит в машине с независимым возбуждением (фиг. 32,Б).

Сварочные трансформаторы. Обыкновенные трансформаторы переменного тока м. б. приспособлены для выполнения сварочных работ лишь при помощи особых мероприятий, направленных к получению падающей характеристики их работы. Для этого пользуются явлением магнитного рассеивания. Чем больше рассеивание трансформатора, тем больше падение напряжения и тем пригоднее трансформатор для С. Регулировку силы тока можно при этом производить путем включения и выключения вторичных или первичных обмоток. Схема трансформатора, в к-ром использовано магнитное рассеивание, показана на фиг. 33. Первичную катушку можно перемещать относительно вторичной катушки при помощи ручного маховичка. Чем больше катушки сближаются, тем меньше делается рассеивание. Помещенная под схемой характеристика для двух конечных положений первичной катушки свидетельствует об удовлетворительных результатах трансформатора. Кривая I



Фиг. 33.

дает характеристику при минимальном рассеивании, кривая II — при максимальном рассеивании. Производились попытки строить сварочные трансформаторы и трехфазного тока для равномерной нагрузки всех трех фаз сети, но пока еще они не дали удовлетворительных результатов. Что касается механич. свойств сварочных машин, то к ним следует предъявлять такие же требования, как и к нормальным генераторам и трансформаторам. Самыми употребительными являются передвижные машины, к-рые можно доставить ко всяким свариваемым предметам. Для сварочных мастерских предпочитают более сильные стационарные машины. Расходы по устройству стационарной установки постоянного тока можно уменьшить путем установки одного сильного мотора для нескольких генераторов, но получаемые при этом выгоды все же не очень велики, и в то же время приходится считаться с возможностью повреждения мотора и со связанной с этим остановкой целого ряда сварочных постов. В СССР завод «Электрик» изготавливает сварочные генераторы постоянного тока типов СМГ-1 и СМГ-2, построенные по системе сварочной машины Америк. всеобщей электрич. компании (Г. Е. С.) с самовозбуждением. Машины СМГ-1 и СМГ-2 имеют 4 полюса с расположением одноименных полюсов рядом. Главные щетки расположены в нейтральной зоне между противоположными полюсами. При работе машины реакция якоря ослабляет магнитный поток одной пары полюсов и в значительной мере увеличивает поток другой пары (т. к. полюсы

этой пары насыщены), что обеспечивает падающую характеристику машины. Перемещение щеток по направлению вращения якоря уменьшает рабочий ток в машине, обратное перемещение увеличивает ток, что используется при регулировке машины для получения меньшей или большей силы тока. Катушки возбуждения машины получают ток с участка якорной обмотки, находящегося под насыщенным полюсом, посредством одной из главных щеток и одной добавочной щетки, расположенной между одноименными полюсами, так как на этой части обмотки якоря эдс почти не меняется при изменении нагрузки машины. Характеристика генераторов СМГ-1 и СМГ-2 дана в табл. 7.

Табл. 7.—Характеристики сварочных генераторов завода «Электрик».

Характеристики	Тип генератора	
	СМГ-1, холодная С. *1	СМГ-2, мелкая горячая С. *2
Рабочая сила тока, А	150	200
продолжит. нагрузка часовая	200	300
Рабочее напряжение, В	25	40
Число об/мин.	1 450	1 430

*1 Сварка металлическим электродом diam. до 6 мм.

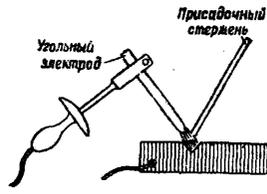
*2 Сварка чугунными электродами diam. до 8 мм и угловыми diam. до 12 мм.

Для получения больших сил токов з-д «Электрик» изготавливает сварочный генератор типа СМК-3 по схеме Кремера. В этом случае падающая характеристика обеспечивается взаимодействием трех обмоток: шунтовой, независимого возбуждения и противокомпаундной, противодействующей двум первым. Обмотка независимого возбуждения питается от сети постоянного тока напряжением 110 или 220 В, а при неимении таковой — от отдельного возбудителя. Генератор СМК-3 рассчитан на продолжительную нагрузку 460 А при 50 В и на часовую нагрузку 600 А, число об/м. равно 1450; генератор может применяться как для холодной, так и для горячей С. железными и чугунными электродами \varnothing до 15 мм и графитовыми \varnothing до 30 мм, а также для дуговой резки. Для получения силы тока больше 600 А нужно включить генератор СМК-3 на параллельную работу с подобными генераторами. Для обращения генератора СМК-3 в многопостную машину (постоянного напряжения 65—85 В) необходимо выключить противокомпаундную обмотку; в этом случае работа производится через реостаты. Для сварки дугой переменного тока завод изготавливает переносные однофазные трансформаторы типа СТ-2 на силу сварочного тока 70—300 А. Трансформаторы строятся для непосредственного присоединения к сети однофазного или трехфазного тока напряжением 120/220—380/500 В. Во вторичную цепь трансформатора включается отдельный индукционный регулятор с подвижным железным сердечником для плавного регулирования силы сварочного тока. Трансформатор и регулятор приспособлены для передвижения и переноски. Вес трансформатора ок. 100 кг, регулятора — около 80 кг. Напряжение холостого хода м. б. установлено 55 или 65 В; первое применяется при нормальной работе, второе — при затрудненных условиях работы (колебание напряжения в первичной цепи, удаленность места С. от трансформатора, не вполне опытный сварщик).

К принадлежностям сварочной установки относятся измерительные инструменты, провода и кабели, электрододержатели и защитные приспособления. В качестве измерительных инструментов служат обычно вольтметры и амперметры; в большинстве случаев их пристраивают непосредственно к машинам. Электрододержатели, служащие для закрепления электрода, должны быть легки и удобны в обращении. Их конструкция должна допускать простую и быструю смену электродов. Все токоподводящие части д. б. хорошо изолированы, чтобы не причинить сварщику какого-либо вреда; поэтому соединения с токоподводящим кабелем во всех электрододержателях помещаются внутри деревянной рукоятки. Для подвода тока от машины как к свариваемым изделиям, так и к электрододержателю пользуются гибкими кабелями, не препятствующими движениям электрододержателя. При расчете поперечного сечения кабеля надо иметь в виду, что при С. максимальная сила тока имеется лишь короткое промежуток времени, поэтому можно брать для него нагрузку на 25% больше, чем это принято в нормальных установках. (О защитных приспособлениях см. ниже «Техника безопасности».)

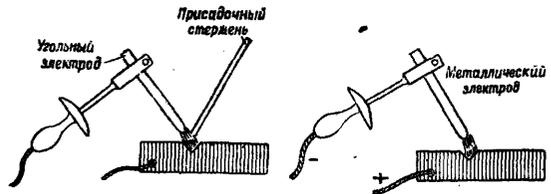
Способы С. вольтовой дугой. В зависимости от способа получения вольтовой дуги (между углем и углем, или углем и металлом, или же металлом и металлом) существуют три разных способа С., предложенных еще 40 лет тому назад Церенером и двумя русскими инженерами—Бенардосом и Славяновым. Церенер получает дугу между двумя угольными электродами, закрепленными наклонно друг к другу (см. фиг. 34). При помощи электромагнита дуга отклоняется на свариваемый предмет.

Способ Церенера пригоден только для паяния и для сварки тонких труб, латунных коробок и т. п. По способу Бенардоса дуга образуется между угольным электродом и свариваемым предметом, причем в случае необходимости применяется и присадочный материал в виде стержня, расплавляемого в вольтовой дуге (фиг. 35). Этот способ также применяется большей частью только для С. тонких листов



Фиг. 34.

и изделий из бронзы. Славянов получает дугу непосредственно между свариваемым предметом и металлическим электродом, к-рый вместе с тем служит и присадочным материалом (фиг. 36); этот способ стал общепотребительным. Дуговая С. применяется главным образом для С. стали и чугуна и в незначительных размерах еще и для С. красного литья. Для меди и легких металлов этот способ С. невыгоден и дает швы невысокого качества.



Фиг. 35.

Фиг. 36.

Электроды для дуговой электросварки применяют угольные (или графитовые) и металлические. Угольные электроды изготовляют из ретортного или нефтяного кокса; полуграфитовые—из смеси ретортного или нефтяного кокса с натуральным или искусственным графитом; графитовые—из натурального или искусственного графита. Угольные электроды изготовляют в СССР диам. 6—40 мм и применяют для С. в виде стержней длиной ок. 300 мм. Характеристика электродов завода «Электроугли» приводится в табл. 8.

Табл. 8.—Характеристика угольных электродов завода «Электроугли».

Тип электрода	Диам., мм	Уд. сопротивление, Ω	Допустимая сила тока, А	Допустимое напряжение, В
Угольные*1	6—15	55—35	50—300	10—45
Полуграфитовые*2	10—40	35—24	460—800	45—65
Графитовые	16—30	20—12	460—800	45—65

*1 Для холодной С. с местным нагревом. *2 Для горячей С.

Для угольных электродов наиболее подходящим является постоянный ток, как дающий более спокойную дугу, более легкое зажигание и меньшее сгорание электрода сравнительно с переменным током. Металлич. электроды применяются в виде стержней обычно круглого сечения двух типов: голые и покрытые. Взгляды на выгоды обоих видов электродов в разных странах различны: в Америке и в Германии отдают предпочтение голым электродам, в Швейцарии же и Англии применяют почти исключительно покрытые электроды. Оба сорта электродов имеют свои достоинства и недостатки. Преимущество голых электродов заключается в их низкой цене и незначительном шлакообразовании. Голые электроды для С. углеродистой стали изготовляются в виде проволоки из стали маргеновской, тигельной или электростали, к-рая доставляется на место потребления или в виде кругов (бухт) или в виде отдельных стержней длиной 300—450 мм. Наиболее часто применяемые диам.—2, 3, 4, 5, 7 мм. Химич. составы электродов из простой углеродистой стали различных марок, изготовляемых и применяемых в СССР, установлены ОСТ 2407 (см. табл. 9).

Табл. 9.—Состав (в %) стальных электродов (ОСТ 2407).

Марка электрода	C	Mn \approx	Si \approx	P \approx	S \approx
I*1	0,06—0,10	0,15—0,35	0,08	0,04	0,04
II*1	0,13—0,22	0,40—0,60	0,08	0,04	0,04
III*1	0,23—0,35	0,40—0,60	0,30	0,04	0,04
IV*2	0,60—0,75	0,50—0,80	0,30	0,04	0,04

*1 Преимущественно для соединительной сварки. *2 Для наплавочных работ.

Проволока д. б. калиброванной, а поверхность ее—гладкой и свободной от окалин, ржавчины, грязи и масла. По структуре металл проволоки д. б. однородным по всей длине, плотным, без всяких трещин, пустот, пленки, посторонних включений и пр. При испытании на С. в нормальных условиях постоянным током электроды должны равномерно плавиться без разбрызгивания металла и перерыва в дуге. Для на-

плавки поверхностей, работающих на сильный износ (крестовины, рельсы), применяются электроды с содержанием углерода ок. 1%. В этом случае электрод соединяется с положительным полюсом. Иногда применяют также высокомарганцовистые электроды (ок. 1,1% С, 11—14% Mn), электроды с присадкой Ni, Va, Wo, Cr и др. Для горячей С. чугуна применяются отлитые в металлич. формах электроды примерно следующего состава: 3—4% С; 0,5—0,8% Mn; 2,5—3,6% Si; 0,02—0,1% P и не больше 0,1% S. При переменном токе предпочитают электроды, покрытые специальными оболочками или обмазанные особыми составами. Преимущество покрытых электродов следующие: благодаря испаряющейся в вольтовой дуге обмазке образуется газовая завеса, предохраняющая переносимый присадочный материал от влияния атмосферного кислорода и азота. Газовая оболочка делает горение дуги спокойным, что особенно важно при работе переменным током. Последний дает при С. очень беспокойную дугу, в связи с чем при переменном токе вообще нельзя производить С. голыми электродами. Недостатками покрытых электродов являются их высокая стоимость и повышенное образование шлаков, к-рые очень трудно удалять, в особенности если С. ведется в несколько слоев. Т. к. поглощение атмосферного азота и кислорода при короткой дуге незначительно, то из экономических соображений при работе постоянным током целесообразно применять покрытые электроды только в том случае, если требуется получить швы с повышенными механич. качествами или приходится сваривать высококачественные стали. При переменном токе следует производить С. только покрытыми электродами. Различают два вида покрытых электродов—с легкой обмазкой и с тяжелым покрытием или оболочкой. Назначение обмазки и оболочек электродов следующие: 1) обеспечить устойчивую дугу; 2) вступить в реакцию с окислами расплавленного металла, образуя шлак; 3) покрыть расплавленный металл раскисляющим шлаком, предохраняя от поглощения кислорода и азота; 4) служить для введения в область сварки специальных элементов, придавая наплавленному металлу свойства специальных сталей—нержавеющих, быстрорежущих и пр. В качестве раскислителей в состав обмазки вводятся алюминий, кремний, марганец, углерод и пр. Для образования шлаков вводят флюсы: известь, мел (углекислый кальций), поташ, углекислый натрий, окись алюминия, бору, борную кислоту, жидкое стекло и пр. Составные части обмазки соединяют в тестообразную массу, после чего ее наносят равномерным слоем на чистую поверхность голого электрода и наконец просушивают при 20—30°. Разновидность покрытых электродов представляют англ. обмотанные электроды Quasi-arc Alloy Welding Progress (A. W. P.). Электроды Quasi-arc изготавливаются в виде стержней из малоуглеродистой стали, содержащей 0,10% С, 0,30—0,50% Mn и в ничтожных количествах Si, P и S. Покрытие электрода состоит из плотно прилегающих друг к другу витков асбестовой пряжи, пропитанной специальным составом. Между поверхностью голого электрода и асбестовой пряжей заложена тонкая алюминиевая проволока. Алюминий в расплавленном состоянии является раскислителем и при сгорании выделяет большое количество тепла, что замедляет остывание сва-

рочного шва, давая возможность выделиться растворенным в металле газам, почему сваренный шов получается плотным и, с высокими механич. свойствами, однако С. этими электродами дороже и труднее, чем обычными. Электроды A. W. P. отличаются от предыдущих тем, что витки асбестовой пряжи не прилегают плотно друг к другу и пространство между ними заполнено обмазкой. Поверхность самого электрода, содержащего от 0,10 до 0,14% углерода, электролитически покрывается алюминием или никелем. Различные сорта этих электродов дают наплавку со свойствами специальных и быстрорежущей сталей; имеются также специальные сорта электродов для вертикальных и потолочных швов.

С. м е д и по способу Славянова трудно выполнима; при этом применяется медная проволока, содержащая около 0,25% Si и около 0,025% P. Для С. меди по способу Бенардоса медная проволока берется с содержанием около 3% Si и около 1% Mn. Эта проволока применяется также для С. твердых медных сплавов. Для С. меди применяется также медная проволока Канцлера, такая же, как для газовой С. Для С. алюминия применяются электроды из алюминия с прибавкой около 5% Si и флюсы такие же, как при газовой С.

С целью избежания сильного шлакообразования, свойственного покрытым электродам, при одновременном использовании получающейся при их применении газовой завесы в последнее время перешли к применению при дуговой сварке специальных газов для защиты дуги, что привело к введению в практику газо-электрических методов сварки.

1) С п о с о б Лангмуира—С. дугой между двумя вольфрамовыми электродами в струе водорода, молекулы к-рого распадаются на атомы с поглощением энергии и направляются на место С., где восстанавливают окислы, рафинируя расплавленный металл. При соприкосновении атомов водорода с относительно более холодным металлом происходит частично обратное образование молекул водорода с выделением тепла, подогревающего расплавленный металл и облегчающего выход из него газов. Этот способ, называемый также С. атомным водородом, производится на переменном токе и требует напряжения холостого хода генератора 300—400 V. Рабочее напряжение дуги 60—100 V, сила тока 20—70 А при толщине листов 3—12 мм; при силе тока 20—35 А диам. вольфрамовых электродов 1,5 мм, при больших силах тока—3 мм. Агрегат для С. по способу Лангмуира (General Electric Co.) состоит из специального трансформатора переменного тока с дроссельной катушкой, электрододержателя с двумя вольфрамовыми электродами под углом (типа Церенера), баллона с водородом и соответствующей арматурой. Высокое рабочее напряжение (в особенности холостого хода) опасно для сварщика. Герм. фирма AEG выпустила также агрегат «аркатом» для С. по способу Лангмуира; в нем высокое напряжение зажигания непосредственно после зажигания дуги понижается с помощью специального предохранительного приспособления и опасность поражения сварщика током при напряжении зажигания почти устранена. Способ Лангмуира дает металл шва повышенного качества в отношении пластичности и плотности и может применяться при толщине

листов стали 1—12 мм; при толщине до 7 мм не требуется подготовка кромок. По герм. данным при толщине листов от 7 мм аркатомная С. экономически выгодней газовой С. и нормальной электродуговой; при толщине 7—10 мм аркатомная С. дешевле газовой, но дороже простой электродуговой; при толщинах свыше 10 мм дороже и электродуговой и газовой С. Способ Лангмюра находит применение при С. нержавеющей стали, при С. алюминия (толщиной 0,7—20 мм) и латунных и медных листов (толщиной до 3 мм).

2) Способ Александра—С. металлической дугой (по методу Славянова) в атмосфере водорода или смеси водорода с окисью углерода, подводимых к месту С. с помощью кольцевого сопла, надетого на конец металлич. электрода. Напряжение зажигания 120 В, рабочее напряжение 60 В. Для получения смеси водорода и окиси углерода применяется метанол CH_3OH в жидком состоянии; метанол кипит при 66° и при 700° разлагается на водород и окись углерода.

3) Способ аркоген—газодуговая С. посредством металлич. дуги (по методу Славянова), горящей в восстановительной зоне пламени ацетилено-кислородной горелки. Сварочный агрегат состоит из специального трансформатора переменного тока мощностью ок. 8 кВт, нормальной ацетилено-кислородной установки с горелкой и шлангами и из электрододержателя с кабелем. При работе сварщик в правой руке держит газовую горелку, в левой—электрододержатель и ведет сварку слева направо, так что электрод движется позади горелки, помещаясь между уже наплавленным электрометаллом и окончательным горелки, что напоминает обратный способ газовой С. Поддержание дуги в пламени горелки обеспечивается применением в обматке специальных ионизирующих материалов. Т. к. восстановительная зона нормальной горелки, в которой должна гореть дуга, состоит по объему на 66,6% окиси углерода и 33,3% водорода, то рабочее напряжение здесь достаточно 30—40 В при силе тока 40—80 А. Окись углерода и водород благоприятно действуют на качество наваренного металла благодаря восстановительной способности. Плотность тока 6—1 А на 1 мм² электрода (в то время как при нормальной электродуговой С. плотность тока 16—6 А на 1 мм²). С увеличением диаметра электрода плотность тока падает. Пламя ацетилено-кислородной горелки имеет униполярный характер (способствует течению положительного электричества и препятствует течению отрицательного, т. е. потенциал на катоде падает), что нарушает устойчивость дуги при постоянном токе; поэтому лучше применять переменный ток. Газо-электрич. С. применяется для сталей листов 3—20 мм, для алюминиевых до 12 мм и для медных до 15 мм толщиной. По литературным данным этот способ дает наваренный металл более высокого качества, более пластичный и вязкий, чем при электродуговой С., а по сравнению с газовой сваркой выгоднее на 30%.

Подготовка к дуговой С. Дуговая С., как и С. газовым пламенем, применяется для соединений стыковыми и галтельными швами и для наплавочных работ. Подготовка к сварке производится таким же путем, как и при газовой сварке, но для образования сварочного угла достаточен скос каждой кромки в 30°. Только в случае применения покрытых электродов при С. более толстых листов делают скосы под большими углами в целях более легкого удаления шлаков; при С. потолочной с применением таких электродов доходят даже до общего угла в 120°. Для предупреждения перекоса листов при дуговой С. их предварительно сваривают по длине через определенные промежутки. Сначала сваривают листы в обоих концах шва, затем в середине, после чего С. производится каждый раз посредине между каждыми двумя последними сваренными точками; так поступают до тех пор, пока расстояние между каждыми двумя соседними сваренными пунктами не составит всего 15 см. Если в целях прихватки листов производят С. точками подряд, начиная с одного конца шва, то вследствие неравномерного нагрева листов может произойти разрыв шва. При С. галтельным швом и при наплавке (где дуговая С. является особенно пригодной) других каких-либо подготовительных мероприятий, кроме очистки сварочных поверхностей, не требуется.

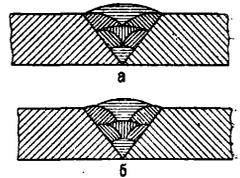
Выполнение дуговой С. При дуговой С. необходимо урегулировать силу тока машины таким образом, чтобы она соответствовала выбранному диаметру электрода, а вместе с тем и толщине листов. Рекомендуются держаться при этом данных, помещенных в табл. 10.

Табл. 10.—Рабочие напряжения и силы тока при дуговой С. в зависимости от толщины листов.

Толщина свариваемого металла, мм	Диам. электрода, мм	Голые электроды		Обмазанные электроды		Обмотанные электроды	
		V	A	V	A	V	A
1,5	1	12—14	30—40	14—16	30—40	30—32	30—40
2	2	14—16	40—60	16—18	40—60	30—32	40—50
3	2	16—18	60—80	16—18	60—80	30—32	50—60
4—6	3	16—18	80—100	18—20	70—90	28—30	60—70
7—8	3	17—20	100—120	18—20	90—100	28—30	70—80
9—10	4	17—20	120—140	18—21	100—120	28—30	80—90
11—15	4	17—20	140—160	18—21	120—140	28—30	90—100
16—20	5	18—20	160—180	18—22	140—160	27—29	100—130
21—35	6	18—22	180—220	20—24	160—200	26—28	130—160
36—40	6	18—22	180—220	20—24	160—200	26—28	130—160

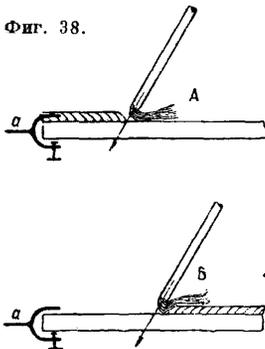
При толстых листах невозможно выполнить С. за один прием, как при газовой С.,—при дуговой С. чаще ведут работу в несколько слоев, причем сперва заполняют слоем дно паза, а затем по мере надобности накладывают следующие слои. При этом неправильно накладывать слои настолько близко друг к другу, чтобы образовались острые углы (фиг. 37, а), т. к. их очень трудно впоследствии расплавить, кроме того эти углы способствуют образованию шлаковых гнезд. Слои надо укладывать так, как это показано на фиг. 37, б. При накладке одного слоя следует, прежде чем начать накладку следующего, очистить его поверхность. Для заварки дна пазы первым слоем целесообразно пользоваться тонким электродом. При наплавке, наоборот, сразу начинают

При толстых листах невозможно выполнить С. за один прием, как при газовой С.,—при дуговой С. чаще ведут работу в несколько слоев, причем сперва заполняют слоем дно паза, а затем по мере надобности накладывают следующие слои. При этом неправильно накладывать слои настолько близко друг к другу, чтобы образовались острые углы (фиг. 37, а), т. к. их очень трудно впоследствии расплавить, кроме того эти углы способствуют образованию шлаковых гнезд. Слои надо укладывать так, как это показано на фиг. 37, б. При накладке одного слоя следует, прежде чем начать накладку следующего, очистить его поверхность. Для заварки дна пазы первым слоем целесообразно пользоваться тонким электродом. При наплавке, наоборот, сразу начинают



Фиг. 37.

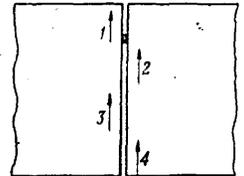
с наварки более широких слоев при помощи более толстых электродов в целях избежания необходимости наплавки нескольких слоев. К такому методу работы следует прибегать при выполнении тех С., где требуется стойкость против износа, т. е. иначе каждый новый слой отжигает предыдущий, и т. о. твердостью обладает только верхний слой. В отношении управления электродом следует заметить следующее: дугу следует держать возможно более короткой, приблизительно равной диаметру электрода, с тем чтобы затруднить присадочному материалу поглощение атмосферного кислорода и азота, что значительно ухудшает качество сварки. Электрод при наложении первого слоя обыкновенно ведут вперед прямолинейно, при наложении же следующих слоев, в целях придания им большей ширины, электрод ведут маятниковыми, зигзагообразными движениями. При этом электрод обычно соединяется с отрицательным полюсом, а свариваемый предмет с положительным. Только при сварке с помощью электродов легированных или с большим содержанием углерода работают с обратной полярностью. При включении свариваемого предмета необходимо следить за тем, чтобы оба соединяемых листа были включены равномерно. С этой целью присоединение либо делят либо помещают его точно в середине шва. При дуговой С. часто происходит обрывание (выдувание) дуги; магнитные силовые линии, образующиеся в свариваемом предмете, отклоняют дугу в направлении от места приключения тока. На известном расстоянии от этого пункта дуга становится неспокойной и начинает колебаться то в одну то в другую сторону, а иногда даже поворачивает назад. Причины этого явления кроются в образующихся в свариваемом предмете вихревых токах. В связи с этим сварщик должен держать электрод под таким углом, чтобы дуга, стремящаяся установиться по направлению продолжения электрода, под воздействием отклоняющих сил заняла в результате положение, перпендикулярное по отношению к находящимся под ней частям свариваемого предмета. Этого можно достичь, держа электрод при сварке от места приключения тока *a* под таким же углом к сварочному слою, под каким держат пламя при обратной газовой С. (фиг. 38, А); при С. же, проводимой к месту приключения, следует держать электрод в направлении еще несваренного шва, т. е. таким же образом, как устанавливают пламя при



Фиг. 38.

поступательной С. газом (фиг. 38, Б). Следует отдавать предпочтение С. от места приключения (фиг. 38, А), т. е. при этом дуга подогревает еще несваренный паз, тогда как при С. к месту включения дуга скользит по уже наложенному слою и загрязняет последний, оставляя на нем коричнево-ржавый слой из мелких разбрызгиваемых ею частиц железа и окислов. Если дуга начинает гореть неспокойно на значительном расстоянии от места приключения тока, то ее перемещают на другую сторону, если только при этом расстояние от места включения получается меньшим против

него, и затем начинают вести С. с другой стороны либо прямо перемахают ее ближе к месту С. Особого навыка требует С. вертикальных и потолочных швов, хотя при дуговой С. встречающиеся затруднения не так велики, как при газовой С. Для потолочной сварки голые электроды выгоднее, как и в других случаях, в экономическом отношении и лучше в смысле удобства работы, так как удаление шлаков, получающихся от покрытых электродов, из потолочных швов является особенно затруднительным. Внутренние напряжения и коробления имеют место при дуговой С. не в такой высокой мере, как при газовой С., так как дуга действует всегда только на небольшую площадь и соседние к ней части нагреваются не так сильно. Для борьбы с усадками и связанными с ними напряжениями при дуговой С. можно вести работу с перерывами, отдельными участками, благодаря чему свариваемые предметы не нагреваются слишком сильно. На фиг. 39 цифрами показана последовательность работ при такой С.; при этом возникающие во время С. сжимающие и растягивающие напряжения взаимно компенсируются, и в результате получается шов, почти свободный от внутренних напряжений. Для избежания коробления на поверхности листов также имеется средство, заключающееся в том, что для сварки выбирают шов X-образной формы; напряжения, возникающие при сварке одной стороны шва, уничтожаются напряжениями, вызываемыми С. другой его стороны. Равновесие м. б. достигнуто также путем подогрева противоположной стороны. Напряжения, вызываемые С., бывают тем меньше, чем с большей скоростью выполняется С., так как в этом случае место нагревается в течение более короткого времени. В связи с этим в тех случаях, когда приходится сваривать длинные швы и ведется массовое производство, особенно выгодно применять специальные сварочные машины-автоматы. Введение автоматич. аппаратов (автоматич. головок), которые полностью заменяют ручную работу сварщика, сводя роль последнего к простому управлению автоматом и к наблюдению за ходом процесса, является важнейшим этапом развития электродуговой С.



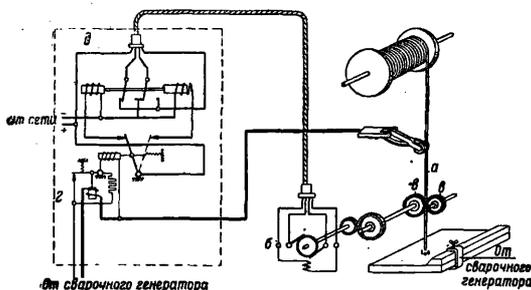
Фиг. 39.

Автоматические сварочные головки делятся на 2 основные группы: с металлическим и угольным электродом. Как те, так и другие автоматически выполняют главные моменты процесса С.: зажигание дуги, поддержание определенной длины дуги, взаимное перемещение электрода и свариваемого изделия. Обычно автоматы состоят из: 1) механизма для подачи электрода к изделию, который собственно и называется автоматич. головкой, 2) аппарата для взаимного перемещения электрода и изделия с необходимой скоростью. В автоматах с металлическим электродом основной задачей является поддержание короткой дуги определенной длины. Обычно подача электрода осуществляется электромотором, который посредством механической передачи вращает ролики, подающие электродную проволоку; иногда вместо роликов применяют качающиеся зажимы. До зажигания дуги электрод должен подаваться к предмету, но в момент касания электрода

он, и затем начинают вести С. с другой стороны либо прямо перемахают ее ближе к месту С. Особого навыка требует С. вертикальных и потолочных швов, хотя при дуговой С. встречающиеся затруднения не так велики, как при газовой С. Для потолочной сварки голые электроды выгоднее, как и в других случаях, в экономическом отношении и лучше в смысле удобства работы, так как удаление шлаков, получающихся от покрытых электродов, из потолочных швов является особенно затруднительным. Внутренние напряжения и коробления имеют место при дуговой С. не в такой высокой мере, как при газовой С., так как дуга действует всегда только на небольшую площадь и соседние к ней части нагреваются не так сильно. Для борьбы с усадками и связанными с ними напряжениями при дуговой С. можно вести работу с перерывами, отдельными участками, благодаря чему свариваемые предметы не нагреваются слишком сильно. На фиг. 39 цифрами показана последовательность работ при такой С.; при этом возникающие во время С. сжимающие и растягивающие напряжения взаимно компенсируются, и в результате получается шов, почти свободный от внутренних напряжений. Для избежания коробления на поверхности листов также имеется средство, заключающееся в том, что для сварки выбирают шов X-образной формы; напряжения, возникающие при сварке одной стороны шва, уничтожаются напряжениями, вызываемыми С. другой его стороны. Равновесие м. б. достигнуто также путем подогрева противоположной стороны. Напряжения, вызываемые С., бывают тем меньше, чем с большей скоростью выполняется С., так как в этом случае место нагревается в течение более короткого времени. В связи с этим в тех случаях, когда приходится сваривать длинные швы и ведется массовое производство, особенно выгодно применять специальные сварочные машины-автоматы. Введение автоматич. аппаратов (автоматич. головок), которые полностью заменяют ручную работу сварщика, сводя роль последнего к простому управлению автоматом и к наблюдению за ходом процесса, является важнейшим этапом развития электродуговой С.

с предметом и возбуждения дуги электрод должен получить обратное движение до установления дуги определенной длины, возможно короткой, но не допускающей приваривания электрода к изделию, затем электрод должен подаваться к изделию соответственно скорости своего расплавления. Электродная проволока при этом непрерывно сматывается с барабана, так что подача электрода при правильной регулировке головки идет без перерыва. Одновременно с подачей электрода должно начаться взаимное перемещение его и изделия специальным механизмом. Перемена направления подачи электрода обыкновенно производится посредством реле, к-рые или воздействуют на мотор, переключая его на обратный ход, или же, не меняя направления вращения мотора, воздействуют на систему электромагнитов (магнитная муфта), управляющих механизмом подачи электрода. Т. к. напряжение в дуге увеличивается с увеличением ее длины, то колебания напряжения при отклонении длины дуги от нормальной величины легко можно использовать для регулировки подачи электрода или посредством реле или просто отводя часть сварочного тока в мотор, вращающий подающие ролики. Эти же колебания напряжения нетрудно использовать для реле, управляющих механизмом взаимного перемещения автоматич. головки и свариваемого изделия. С момента возникновения дуги реле вступают в работу, и начинается перемещение головки по изделию со скоростью, соответствующей плавлению электрода. В некоторых автоматах в случаях обрыва дуги это движение прекращается и при новом зажигании дуги перемещающий механизм сначала дает небольшой обратный ход для заварки пропущенного места и кратера на месте обрыва дуги, а затем продолжается дальнейшая подача изделия.

В автомате герм. фирмы АЕГ применены магнитные муфты, переключающие сцепление для перемены направления движения электрода вместо реверсирования мотора. Эти муфты управляются посредством реле напряжения. Магнитная муфта подачи изделия управляется посредством магнитного реле. В автомате фирмы Сименс-Шуккерт (фиг. 40) перемена нап्रा-



Фиг. 40.

вления движения электрода *a* достигается реверсированием мотора *б* постоянного тока, связанного с роликами *в*, подающими электродную проволоку. Основными в этом автомате являются реле *г* тока сварочной дуги и реле напряжения дуги, воздействующие на реле *д* реверсирования мотора, подающего электродную проволоку, и на реле включения моторов подачи изделия и очистки изделия перед *С*. посредством круглой стальной щетки. В случае обрыва дуги изделие не получает обратного

движения для заварки пропущенного места, как и в типе фирмы АЕГ. Автомат австрийской фирмы Elin новейшей конструкции имеет для вращения мотора, подающего электродную проволоку, специальный управляющий агрегат (мотор-генератор), причем генератор снабжен противоконтрадной обмоткой, через которую протекает ток, пропорциональный напряжению сварочной дуги, и т. о. влияет на магнитное поле генератора, который питает мотор, подающий электродную проволоку. При коротком замыкании электрода и падении напряжения до нуля поле противоконтрадной обмотки исчезает, и динамо меняет полярность, вследствие чего мотор, подающий электрод, меняет вращение. Таким образом сущность регулировки автомата заключается во взаимодействии двух противоконтрадных обмоток: одной, питаемой от специальной динамомашинки возбуждения, и другой, питаемой ответвленным сварочным током. Для подачи изделия применяется специальный мотор. Конструкция головки и управление ею очень просты: посредством поворота рукоятки контроллера производится включение сварочного тока и трех моторов: мотора управляющего агрегата, мотора подачи электрода и мотора подачи изделия. Контроллером можно также регулировать напряжение в сварочной дуге. Эксцентриковой передачей электроду *м. б.* дано колебательное движение с размахом $0 \div 30$ мм, что дает возможность наплавить широкий валик. Из амер. автоматов для *С*. металлч. электродом наиболее известны системы Westinghouse Electric Co. (тип «Вельдоматик» — с реверсированием мотора головки; тип «Авто-арк» — мотор головки вращается в одну сторону и при помощи шатуна качает две собачки; последние, цепляясь попеременно с зубчаткой, вращающей ролики, подающие электрод, дают прямое или обратное движение электроду); системы General Electric Co. (подача электрода без реверсирования мотора с помощью фрикционного сцепления двух конусов попеременно с третьим конусом, осуществляемого посредством двух электромагнитов). В СССР разработаны конструкции автоматов с металлч. электродом (головки ВЭО, Дульчевского и др.). В головке ВЭО подача электрода осуществляется без реверсирования мотора посредством прижатия электродной проволоки к одному или к другому из двух роликов, вращаемых мотором в разные стороны, что и дает поступательное или обратное движение электродной проволоке. Перемена направления этого движения осуществляется посредством реле, которое воздействует на переключающие электромагниты, прижимающие посредством нажимного рычага электродную проволоку к одному или к другому ролику. При массовой однообразной работе работа автоматом успешнее ручной *С*. Непрерывность и постоянство режима *С*. при автоматической работе обеспечивают большую однородность наваренного металла и способствуют улучшению его качества. Отсутствие траты времени на смену электродов и перемещение изделия ускоряет процесс *С*. и удешевляют ее. Скорость *С*. можно еще увеличить повышением силы тока до 30 % выше нормальной, подводя ток к концу электродной проволоки. Сравнение производительности ручной и автоматной *С*. дано в следующей табл. 11.

Способ Бенардоса, отнесенный в ручной *С*. на второй план способом Славянова, выдвигается на первое место в автоматной *С*. При *С*.

Табл. 11.—Сравнительные данные ручной и автоматной дуговой С.

Диам. электрода, мм	Нормальная ручная сварка			Автоматная сварка					
				при нормальной силе тока			при повышенной силе тока		
	*1	*2	*3	*1	*2	*3	*1	*2	*3
1,5	42	25	0,44	42	25	0,35	60—90	41	0,45—0,7
2	62	20	0,31	62	20	0,45	90—120	30	0,75—0,9
3	90—100	14	0,47	90—100	14	0,70	120—200	28	1,1—2,6
4	150	12	0,65	150	12	1,00	250	20	2—2,5
5	200	10	1,00	200	10	1,35	360	15	2,7—3,0

*1 Сила тока, А. *2 Плотность тока, А/мм². *3 Вес навариваемого металла, кг/ч.

угольной дугой главной трудностью является достижение лучшей ее устойчивости, т. к. она очень чувствительна к воздействию магнитных полей и поэтому стремится перескочивать с места на место. Для стабилизации дуги применяются принцип наложения сильного стабилизирующего магнитного поля; на этом принципе основана С. по способу электронного вихря, к-рый введен в практику амер. фирмой Lincoln. В основном этот способ заключается в том, что угольный электрод окружается трубкой с навитым на нее спиральным проводом, по к-рому во время С. проходит ток, образующий сильное магнитное поле, воздействующее на дугу. Регулировка длины дуги, взаимное перемещение угольной головки и свариваемого изделия и подача к месту С. угольного электрода по мере его сгорания производится автоматически. Добавочный металл укладывается вдоль шва в виде стержня или в виде зажатой в зазор шва полосы металла, выступающей над поверхностью листов на 3 мм. При листах 1—3 мм добавочный металл не дается, а в шве делают бортики, к-рые при С. сплавляются. Сила тока при угольных электродах $\varnothing 16 \div 18$ мм равна 300—500 А. Данные о работе угольными головками и головками с металлическим электродом системы Elin приведены в табл. 12 и 13.

Табл. 12.—Данные о С. угольными головками системы Elin.

Толщина листов, мм	Подготовка шва	Режим сварки		Скорость С., м/ч	Расход добавочного металла в кг на 1 м шва
		Сила тока, А	Напряжение, В		
1—3	Отбортовка	40—200	22—24	35—30	—
3—6	Добавка полосок металла толщиной 2 мм	160—260	26—28	19—9	0,09—0,14
6—8	То же — толщиной 2,5 мм	260—300	28—32	9—6	0,14—0,21

Табл. 13.—Данные о работе сварочных головок с металлическим электродом системы Elin.

Толщина листов, мм	Подготовка шва	Диам. электрода, мм	Режим сварки		Скорость С., м/ч	Расход электродов в кг на 1 м шва
			Сила тока, А	Напряжение, В		
4	Без скоса кромок	4	170	18	10	0,15
5	V-образная, угол 60°	4	195	18	8	0,18
6—8	То же	4	230—270	18—20	7—5	0,22—0,40
8—11	»	5	270	20	5—2,5	0,40—0,71
11—15	»	5	270	20	2,5—1,5	0,71—1,32

Сварочные автоматы с угольной и металлической дугой являются выгодными в случае массовых однообразных работ при больших длинах швов

(бочки, резервуары, цистерны). Автоматы с металлической дугой с успехом применяются также для наплавочных работ (баджи, ободья колес, валы и пр.). В машинах для С. тонких листов, работающих угольной дугой без присадочного материала, в настоящее время достигнута производительность до 40 м/ч.

Сварка стали.

При условии соблюдения всех приведенных выше указаний сварка стали обыкновенного качества, как например применяемой в котлостроении, не представляет никаких особенных затруднений. Иначе однако обстоит дело со сваркой легированных сталей. С повышением в стали содержания углерода сваривать ее становится труднее. Электроды, богатыми углеродом, применяемыми для твердых С., можно сваривать лишь при обратной полярности (+ на электроде). Наоборот, сталь с присадкой никеля и марганца сваривается особенно хорошо. Эти металлы, как и хром, влияют на сплав в том направлении, что он сохраняет свою структуру, полученную при нагреве, также и по охлаждении до комнатной t° , благодаря чему ему можно придать вязкость и легкую обрабатываемость. Одновременно с этим такое состояние характеризуется и немагнитностью. Подобные стали называются аустенитовыми. Они служат также для изготовления нержавеющей сталей. Другие присадки, как вольфрам, олово, алюминий, мышьяк и титан, если только содержание их в сплаве превышает известный процент, чувствительно понижают степень его пригодности к свариванию. К нежелательным примесям при дуговой С. относятся также сера и фосфор, общее содержание к-рых в стали не должно превышать 0,06%. Фосфор один не влияет на С., но может привести к холоднотекучести. Т. о., если дело идет о С. высококачественных сталей, сварщик весьма заинтересован в их составе. В общем требуется, чтобы для С. применялись по возможности только хорошо свариваемые аустенитовые стали. Поглощение газов всегда вредно отражается на С., кислород ведет к хрупкости, азот — к образованию неплотной, сильно пористой структуры. В связи с этим С., произведенная при помощи го-лых электродов, всегда пориста. Перегревы и перегжоги также влияют на качество сварки. Напряжения и явления усталости ослабляются при помощи отжига.

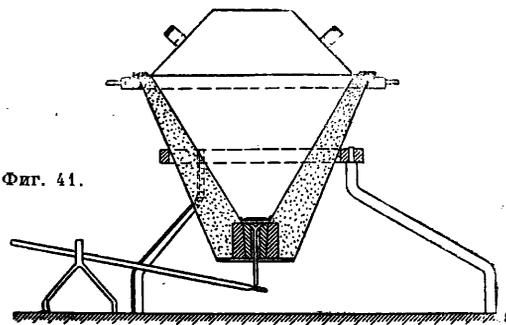
С чугуна. Чугун можно сваривать вольтовой дугой холодным и горячим способом. Гл. обр. привилась холодная С., хотя она и дает менее благоприятные результаты. Объясняется

это тем, что при холодной С. металл в месте сварки не прогревается до температуры плавления, поэтому образуется хрупкая структура. При горячей С. металл прогревается до температуры плавления, поэтому образуется более пластичная структура.

это ее простотой и дешевизной, а также возможностью производить работу на месте, не вынимая поврежденной части из машины. Для холодной С. применяют малоуглеродистые стальные электроды. Применять электроды из чугуна не представляется возможным, так как чугунные стержни, расплавляясь, стекают большими каплями еще до того, как свариваемый предмет успел расплавиться. Присадочные стержни из стали удобнее еще в том отношении, что допускают С. с вертикальным и потолочным швами; способ этот однако страдает и крупным недостатком, т. к. между присадочной сталью и свариваемым чугуном не получается тесного внутреннего соединения, в связи с чем приходится прибегать к разным вспомогательным средствам, например ввариванию стальных штифтов или анкеров, ввинчиваемых в сварочный паз, и т. п. Кроме того при указанном способе получаются в переходной зоне твердые места, с трудом поддающиеся обработке, т. к., с одной стороны, вследствие недостаточного выделения графита образуется белый чугун высокой твердости, а, с другой стороны, вследствие быстрого охлаждения образуется твердая сталь. В связи с этим указанный способ непригоден для С. предметов, подлежащих дальнейшей обработке, а также и таких, к-рые в месте С. подвергаются сильному износу от трения, т. к. при указанных условиях истирание происходит неравномерно с образованием с течением времени выступающих кромок. Помимо того такое соединение никогда не отличается особенной прочностью и не в состоянии выдержать никакой повышенной нагрузки. Для выполнения холодной С. чугуна стенки трещин тщательно зачищаются и после установки в случае надобности упомянутых выше наружных штифтов и анкеров трещина заваривается доверху. Горячая С. чугуна дает, наоборот, прекрасные результаты, но способ этот дорог и сложен. При горячей С. поврежденные части снимают со своих мест, затем после соответствующей подготовки медленно подогревают до красного каления и в этом состоянии сваривают, после чего медленно охлаждают. Подогрев производится древесным углем в ямах или в песке на полу в формовочной; для медленного охлаждения части покрывают песком; при этом до С. устраняются все внутренние напряжения, а кроме того не возникает никаких новых напряжений и во время самой С. Благодаря медленному охлаждению, длящемуся для больших изделий до 5 дней, на месте С. происходит достаточно полное выделение графита, и в результате получается мягкий, вполне пригодный для обработки сварочный шов. Подготовительные работы при горячем способе заключаются в том, что вокруг поврежденного места из графитных плиток (ретортного угля) изготовляется форма точно таким же образом, как формовщик изготовляет песчаную форму для отливки. Графит обладает электропроводностью, в связи с чем в такой форме можно легко зажечь дугу. Форма д. б. настолько вместительна, чтобы можно было свободно ввести в нее чугунный присадочный стержень до самого дна. Кверху форма должна иметь уширение, чтобы при С. газы могли иметь свободный выход, в противном случае неизбежны пустоты из-за образования газовых пузырей. Если форма очень широка, ее делят на несколько частей и каждую из них заваривают в отдельности. Таким путем можно залить вваренным материалом даже очень крупные поврежде-

ния, чего нельзя выполнить ни при каком другом способе ремонта. Если надо заварить трещину, то не ограничиваются приготовлением сварочного паза в самой трещине, но еще высверливают соседние с ней части по бокам. С. производится в следующем порядке. Сперва расплавляют края излома, а затем форму заливают снизу вверх; электрод в данном случае применяется чугунный. При этом, как и при литейном процессе, образуется ванна из расплавленного металла с плавающими на поверхности шлаками, к-рые легко удалить. Под тонкостенные предметы подкладывают угольную плиту и после нек-рого подогрева их осторожно сваривают при помощи чугунного электрода.

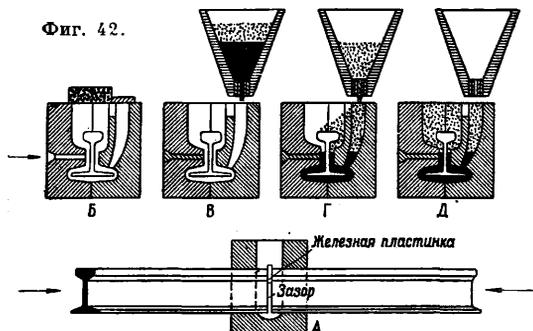
Термитная С. основана на том, что тонкий порошок металлич. алюминия в смеси с окисью железа, будучи зажжен, сгорает, выделяя большое количество тепла, причем получается глинозем, а из окиси железа выделяется чистое железо. Описанный процесс м. б. использован в целях С. двояко. Смесь алюминия и окиси железа, называемая «термит», при помощи особого запала легко воспламеняется и сжигается в тигле. При этом в нижней части тигля скапливается чистое жидкое железо, а в верхней части — шлаки, состоящие из искусственного глинозема (корунд). Обе массы имеют чрезвычайно высокую t° , ок. 3000° . Если теперь, опрокинув тигель, лить эти шлаки на место С., то получим один из упомянутых выше видов С. под давлением: горячие шлаки нагревают сталь до сварочной t° , самая же С. выполняется при помощи стягивания прессом. Второй способ заключается в том, что жидкое железо выпускают через отверстие в дне тигля. Тигель подобного типа показан на фиг. 41. Жидкое железо рас-



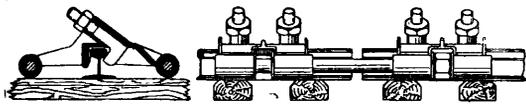
Фиг. 41.

плавляет место С. и заполняет шов или форму. Т. о. здесь мы получаем один из видов С. плавлением. В настоящее время широко применяется термитная С. трамвайных и ж.-д. рельсовых стыков в виде трех способов: комбинированного, встык и промежуточного литья. В СССР наиболее употребительным является комбинированный способ С. рельсовых стыков, к-рый применяется широко как на железнодорожных, так и на трамвайных путях. Кроме того на ж.-д. путях находит применение также способ С. встык. Сущность комбинированного способа состоит в том, что рельсовый стык с железной пластинкой, зажатой между отфрезерованными торцами рельсовых головок (фиг. 42, А), окружается соответственной огнеупорной формой (фиг. 42, Б и В), в которую выливают из конич. тигля через отверстие в дне расплавленные продукты термитной реакции — жидкое железо и шлак (фиг. 42, Г и Д). Жидкое железо сплавляется с подошвой стыкаемых рельсов и с нижней частью шейки, образуя башмак, а шлак

нагревает головки рельсов и вставленную между ними пластинку до сварочного жара, вслед за чем посредством специального пресса (фиг. 43) производят стягивание свариваемых рельсов, в результате чего происходит сварка. После остывания стыка поверхность катания головок



рельса зачищают напильниками и шлифовальными кругами, а припаянное железо оставляют в виде башмака, усиливающего сечения стыка. При С. в стык торцы стыкаемых рельсов отфрезывают по всему сечению, стыкают вплотную и на стык надевают огнеупорную форму, в которую и выливают продукты термитной реакции через верх тигля. В этом случае в форму сначала попадает жидкий шлак и покрывает поверхность рельса отвердевающей тонкой коркой, а затем выливается жидкое железо; корка шлака отделяет жидкое железо от поверхности рельса, который нагревается по всему сечению только до сварочного жара. Затем посредством стягивания прессом производят С. рельсов. После остывания стыка башмак и шлаковая корка легко отделяются по всей поверхности рельса, и поверхность катания



Фиг. 43.

головки рельсов зачищают напильниками, т. е. место стыка можно заметить только по небольшому утолщению подошвы и шейки. При способе промежуточного литья форма, окружающая рельсовый стык, вся заполняется жидким железом, выливаемым из тигля, а шлак сливается на сторону. Подготовка стыка требует меньше работы, но для зачистки поверхности катания нужно снять больше металла, чем в предыдущих способах. Термит, применяемый в СССР для С. железнодорожных рельсов по комбинированному способу, состоит из 78% железной окалины и 22% алюминия при нормальном содержании кислорода в окалине (25%). Железная окалина должна выбираться по возможности свободная от примесей серы, фосфора и кремния. По гранулометрич. составу алюминий и окалина должны удовлетворять условиям, приведенным в табл. 14.

Табл. 14.—Гранулометрические условия исходных материалов для изготовления термита.

Размер зерен, мм	Содержание зерен в % по весу	
	Алюминий	Окалина
≥ 2	$\leq 0,25$	$\leq 0,5$
$\leq 0,25$	$\leq 25,0$	$\approx 35,0$

Для улучшения качества сплавочного с рельсом металла к термиту добавляются железные обечки в количестве ок. 10% от веса термита и присадки ферромарганца и ферросилиция. Вес порций термита и присадок для С. стыков ж.-д. одностыпных рельсов по комбинированному способу с предварительным подогревом рельса до красного каления приведен в табл. 15.

Табл. 15.—Вес (в кг) порций термита и присадок для С. ж.-д. рельсов.

Типы рельсов	Термит	Железн. обечки	Присадки *	
			Ферромарганец	Ферросилиций
Виньоль I А	5 900	600	150	30
» II А	5 000	500	130	25
» III А	4 500	450	115	20
» IV А	4 000	400	105	15

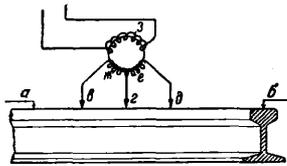
* Вес присадок относится к ферромарганцу с содержанием ок. 80% Mn и к ферросилицию с содержанием около 77% Si.

Продолжительность горения в тигле порции термита с присадками для рельсов типа II А или III А д. б. около 15 ск., причем реакция должна протекать равномерно без взрывов и значительного разбрызгивания расплавленной массы. Сваренный термитом по комбинированному способу пробный рельсовый стык после отжига должен выдерживать без надрывов и трещин следующие давления на головку рельса в середине пролета, равного 1 м: для рельса типа II А—42 т, для рельса типа III А—35 т. Эта нагрузка соответствует напряжению на изгиб в крайнем волокне ок. 60 кг/мм². Обычно при этих испытаниях хорошо сваренный по комбинированному способу стык рельсов типа II А выдерживает давление до 50 т, что соответствует напряжению на изгиб в крайнем волокне около 70 кг/мм². Термитная С. может с успехом применяться для ремонта крупных разбитых чугунных отливок. Преимущество этого способа заключается в том, что его можно применять непосредственно на месте, не вынимая из машины поврежденных частей, и что при его помощи можно приготовить на месте недостающие детали. С другой стороны, он страдает тем же недостатком, что и холодная дуговая С. чугуна, а именно образованием твердых мест в переходных зонах.

Испытание сварочных швов. Испытания на прочность готовой сварочной конструкции д. б. произведены без разрушения сварочного шва; лишь в качестве подсобной меры в случае необходимости можно прибегнуть к испытаниям с частичным разрушением швов. Если же необходимо подвергнуть испытанию только искусство сварщика или пригодность к С. основного и присадочного материалов, то целесообразнее производить испытание на пробных образцах с последующим разрушением шва. Проба с разрушением сварочной работы необходима также в том случае, когда приходится испытывать пробные конструкции для выяснения, какие напряжения могут выдерживать эти конструкции. Сказанное определяет три вида испытаний, применяемых на практике.

При непосредственных испытаниях готовых уже конструкций без разрушения сварочного шва, применяемые для клепаных конструкций способы, напр. гидравлич., пневматич. и паровые пробы давления котлов и резервуаров

или проба нагрузкой стальных конструкций, оказались недостаточными. Даже неудовлетворительная С. обычно с успехом выдерживает подобные пробы, и недостатки ее выявляются лишь после длительного периода работы. Вследствие этого для сварных конструкций был предложен целый ряд специальных б. или м. целесообразных способов испытания. Первым в этом ряду способом является осмотр сварочного шва и анализ наружного его состояния. Наличие в шве пережогов, пор и шлаков часто отражается на внешнем виде шва и может быть установлено невооруженным глазом или при помощи лупы. На основании большей или меньшей степени чистоты шва опытный инженер зачастую в состоянии сделать правильный вывод относительно внутренних свойств шва. Но не исключено, что внешне безукоризненный шов по своим внутренним качествам может все же оказаться неудовлетворительным. Поэтому дополнением к суждению по внешнему виду может служить определение твердости шва по способу Бринеля; по твердости с достаточной точностью можно подсчитать также и сопротивление сварочного шва на растяжение. Но и с этой дополнительной пробой испытание по наружному виду все же недостаточно надежно, в связи с чем возникли другие способы испытаний. Университетом в Висконсине предложено устраивать вокруг шва маленький гребешок из замазки, а затем полить его керосином. Жидкость проникает насквозь через пустоты в поры шва и дает т. о. представление относительно его плотности, но это не позволяет судить о степени крепости шва. Затем американцами Доусоном и Кинцелом был предложен а к у с т и ч е с к и й с п о с о б. При помощи слухового инструмента, подобного стетоскопу, в случае наличия дефектных мест воспринимается разница в тонах при постукивании шва молотком. Этот способ оказался успешным при испытании котлов, труб и плит, но в других случаях он не дал требуемых результатов. На магнитных свойствах шва базируется способ, предложенный Ру. Сварочный шов помещают в магнитной цепи, покрывают куском бумаги, на к-рый насыпают железные опилки. В шве с дефектами они скапливаются над пустотами, шлаковыми включениями и плохо сваренными местами, т. к. именно в этих частях шва магнитный поток встречает сопротивление и рассеивание увеличивается, вызывая местные скопления опилок (вкл. л., 2). Способ этот надежен, но применим только для горизонтальных швов. Для немагнитных изделий этот способ совершенно непригоден. Сперри предложил электрич. способ испытания (фиг. 44). Посредством двух контактных



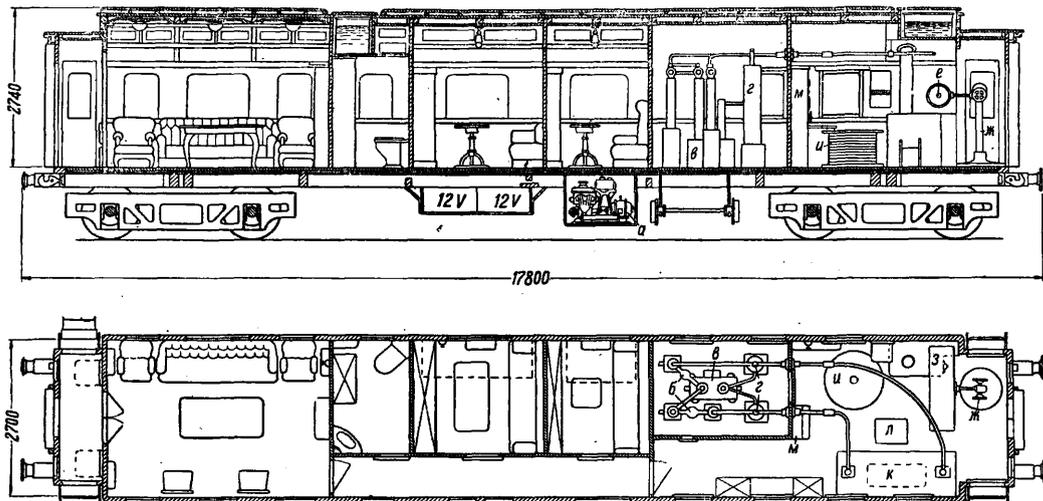
Фиг. 44.

щеток а и б, скользящих по сваренному предмету, через последний пропускается переменный ток. Между этими контактами находятся три щетки в, г и д, которые соединены с катушками е и ж. Последние представляют первичную цепь трансформатора, вторичную цепь которого образует катушка з. Катушки е и ж имеют противоположно направленные обмотки, благодаря чему индуктирующие их действия при равенстве сопротивлений на отрезках в—г и г—д уничтожаются. В случае же наличия в шве дефектного

места (увеличение сопротивления) между двумя контактными щетками (из трех) соответствующая катушка возбуждается сильнее другой и результирующая индукция возбуждает ток в катушке з, усиливаемый затем усилительной установкой и приводящий в действие измерительный инструмент. Описанный способ дает хорошие результаты при исследовании сваренных рельсов. Наиболее однако надежным способом исследования сварочных швов, впервые примененным в Германии на жел. дор., оказалось просвечивание швов рентгеновыми лучами. Этот способ базируется на высокой способности рентгеновых лучей проникать через металл. Предметы даже значительной толщины. При просвечивании шлаковые включения в шве, пустоты или дефекты в структуре получаются на фотографической пластинке темными, а на световом экране или на снимке—светлыми (вкл. л., 1). Глубина, на к-рой находятся дефектные места, вполне отчетливо устанавливается при помощи просвечивания под углом или при помощи стереоскопич. снимков. Равным образом просвечивание под углом с успехом применяется и для выявления непровара на скошенных кромках в V-образных и X-образных швах. На рентгенограмме ясно отмечаются также и трещины, вызываемые внутренними напряжениями и усадкой. Рентгеновые трубки (см.) в настоящее время уже настолько усовершенствованы, что для проб рентгеновыми лучами требуются лишь короткие промежуточные времена. Для листов нормально применяемых в технике толщин б. ч. представляется возможным немедленное получение картины просвечивания на экране. Если при этом обнаруживаются дефекты, их фиксируют на рентгенограмме. Длительность просвечивания для разных металлов различна и зависит от их плотности. Легче всего поддается просвечиванию алюминий, за ним последовательно идут чугун, сталь, лагунь и наконец медь, к-рая оказывает рентгеновым лучам наибольшее сопротивление. Для установления объема дефектного места лучше всего пользоваться получившим развитие в Германии денсографич. методом испытаний. Невооруженным глазом б. ч. нельзя произвести точных измерений, так как чувствительность к восприятию степени освещения у наблюдателей различна и подвержена внешним влияниям. Денсографич. метод базируется на том, что снятый и проявленный фильм рентгенограммы проводится перед источником света, лучи к-рого направлены на помещенный с другой стороны фильма светозащитный элемент (из селена). В зависимости от степени освещения этого элемента сила тока в цепи элемента изменяется соответственно разнице в освещении этих мест на фильме, и в результате на зеркальном гальванометре получаются более сильные или более слабые отклонения стрелки. Показания гальванометра регистрируются фотографич. путем в виде наглядной кривой, позволяющей установить как протяжение дефектного места, так и его положение внутри шва. Рентгеновы установки строятся в настоящее время как стационарными, так и передвижными, в связи с чем исследования рентгеновыми лучами можно производить в любом месте (фиг. 45—рентгеноиспытательный вагон герм. ж. д.); на фигуре: а—генератор тока, б—выпрямители, в—масляный трансформатор, г—конденсаторы, е—рентгенова. трубка, ж—штатив для нее, з—защитный футляр для нее, и—кабель высокого напряжения (для работ вне ва-

гона), к—стол для просвечивания, л—распределительный щит высокого напряжения, м—то же низкого напряжения. Рентгеновы установки дали прекрасные результаты при исследовании С. в котлах, зданиях и мостах, и лучшего метода исследования сварочных швов без разрушения пока не существует. К сожалению до сих пор не найдено метода для определения при помощи рентгеновых лучей внутренних напряжений. Т. к. однако этот способ испытания обходится еще довольно дорого, в более простых случаях часто довольствуются проба-

чается, что место С. либо совсем не участвует в удлинении либо участвует только в незначительной мере. В связи с этим для установления пластичности С. целесообразнее прибегать к пробе на загиб, к-рую можно произвести в тисках, но лучше применять для этого какое-либо простое приспособление. Сначала загибают образец до тех пор, пока не появится первая трещина; при этом определяют соответствующий угол загиба, который служит характеристикой пластичности. Затем образец доводят до полного излома, после чего производят исследова-



Фиг. 45.

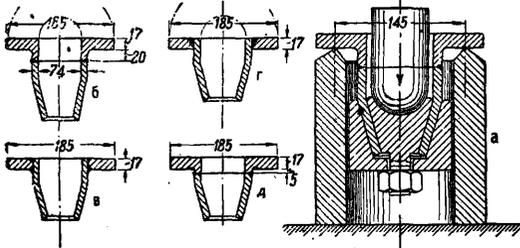
ми на выборку с частичным разрушением шва: высверливают или вырезают отверстие в подозрительных местах, к-рое затем протравливают для исследования макроструктуры. После испытания отверстия снова завариваются.

Вторую группу составляют испытания С. с разрушением шва для выявления искусства сварщиков или качества материалов. При этих испытаниях пользуются обычными методами металловедения, каковы испытания растяжением, проба ударом, на разрыв и пр., а также металлографического исследования. Следует однако при всех этих испытаниях учитывать, что сваренный предмет имеет три зоны (наваренный и основной металл и переходная зона) с различными свойствами и что часто незначительные и неопасные недостатки сильно влияют на результаты испытаний. Так, испытание растяжением дает показательные результаты только в том случае, когда разрыв имеет место по сварочному шву. Для достижения этого утолщения в месте С. обычно удаляют до получения равномерной толщины по всей длине образца. В СССР размеры и способ изготовления образца для испытаний С. растяжением устанавливает ОСТ 2406. Для получения разрыва в месте С. целесообразно несколько ослабить сечение шва в образце. Правильное определение величины удлинения места С. при пробе на разрыв возможно только при помощи самых точных измерительных инструментов и при большом навыке. Зона самого шва, имеющего литую структуру, удлиняется совершенно иначе, нежели переходная зона с грубо кристаллич. структурой, а эта зона в свою очередь имеет иное удлинение, нежели материал в зоне основного материала свариваемого предмета. Б. ч. полу-

ние структуры либо невооруженным глазом либо лупой и отмечают встречающиеся недостатки. Толщина изгибающего штампа обычно берется вдвое больше толщины изгибаемых листов, а расстояние между опорными роликами равняется пятикратной толщине листа. Пробы образцов, сваренных газовым пламенем, в зависимости от рода основного и присадочного материалов должны допускать загиб до первой трещины на угол в $150 \div 180^\circ$, а образцы электродуговой С.—в $75 \div 90^\circ$. Для определения удлинения внешних волокон после загиба на наружной стороне образца наносят отметки керном. В тех случаях, когда важно выяснить поведение С. в горячем состоянии, можно рекомендовать испытание на горячий загиб. Пробы на удар надрезанного образца и на разрыв ударом мало пригодны для испытания С., т. к. незначительные поры могут вызвать преждевременный излом и т. о. привести к результатам более плохим, чем это соответствует действительным свойствам шва. Отличные результаты можно, наоборот, получить при помощи металлографич. исследования. Образец распиливают, изготовляют шлиф, шлифуют, полируют его и затем протравливают. Уже при помощи осмотра шлифа лупой зачастую возможно обнаружить большинство дефектов. Исследование макроструктуры при малых увеличениях и микроструктуры с помощью микроскопа (вкл. л., 3, 4, 5 и 6) при больших увеличениях позволяет вывести заключение о характере структуры и косвенное заключение о механич. свойствах С.

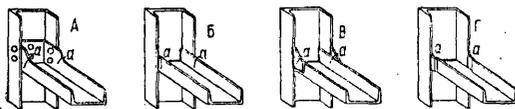
Третью группу способов, применяемых для исследования готовых сварочных швов, составляют испытания пробных конструкций с разрушением таковых. Сопоставление нескольких способов

выполнения данного сварочного соединения позволяет конструктору выбрать наиболее подходящий и установить размер допустимой для конструкции нагрузки. Затем при помощи длительных испытаний, подвергая образец действию колебательных или ударных нагрузок, можно установить также и влияние возникающих с течением времени явлений старения и утомляемости. Изыскания подобного рода произведены во всех странах в самых разнообразных видах и при сопоставлении сварных конструкций с клепаными эти испытания всякий раз подтверждали превосходство С. над клепкой.



Фиг. 46.

Простейшими испытаниями этого рода являются пробы с повышающейся нагрузкой, доведенные до излома и служащие для установления той максимальной нагрузки, которую в состоянии выдержать конструкция. В качестве примеров такого рода испытаний можно привести испытание приварки фланцев, для производства которого в условиях близких к работе соединения на практике было сконструировано особое приспособление (фиг. 46, а). При этом выяснилось, что временное сопротивление фланцев, приваренных по способам фиг. 46, б, в, г и д, относилось как 100 : 95 : 70 : 45. Особенно показательными являются испытания сварных конструкций посредством специальной вибрационной машины, которая может развить в сооружении благодаря резонансу колебательные напряжения, доводящие до разрушения. Так, на фиг. 47



Фиг. 47.

приведен ряд конструкций крепления поперечины к лонжерону автомобильной рамы, которые испытывались при помощи особой машины, создававшей знакопеременные напряжения изгиба в месте присоединения обеих балок. В результате выяснилось, что наименьшей стойкостью обладала клепаная конструкция (фиг. 47, А), у которой после 2 000 колебаний нагрузки соединение совершенно распалось и появились трещины а; сварочные соединения типов фиг. 47, Б и В выдержали до появления следов разрушения соответственно 5 400 и 6 500 переменных нагрузок, тогда как конструкция фиг. 47, Г разрушилась после сравнительно ничтожного числа колебаний. Более простыми являются пробы на удар или бросание сваренной детали с некоторой высоты. Многочисленные испытания и исследования, проведенные в различных странах этими способами, указали на бесспорное преимущество С. по сравнению с клепкой. В большинстве случаев соединения на заклепках быстро расшатывались и прикрепленные

части отрывались, сварные же соединения выдерживали напряжения в течение времени, во много раз большего.

Механические свойства С. Многочисленные испытания пробных сварных конструкций свидетельствуют о том, что при правильной выполненной сварке можно получить шов с сопротивлением, равным по крайней мере 80—90% сопротивления основного материала свариваемых предметов. В отдельных случаях, например в швах с утолщением или в особенно толстых галтельных швах, сопротивление шва может оказаться даже большим, нежели в основном металле. Т. к. качество швов при С. плавлением в значительной мере зависит от надежности и искусства сварщиков и нельзя рассчитывать на то, что последние всегда стоят на должной высоте, то при подсчете механич. свойств сварочных швов целесообразно брать за основу сопротивление их не выше 70% сопротивления основного материала, а в изделиях со значительной нагрузкой следует ограничиваться даже меньшим процентом. В СССР по единым нормам строительного проектирования при применении дуговой электросварки для соединения частей металлич. конструкции из стали и торгового железа установлены следующие допускаемые напряжения. а) При расчете сварного шва допускаемые напряжения для материала шва принимаются согласно табл. 16.

Табл. 16.—Допускаемые напряжения сварных швов при статической нагрузке.

Род напряжений	*1	*2
Сжатие	1 000	1 200
Растяжение	900	1 100
Срезывание	720	870

*1 При учете действия одних основных нагрузок, кг/см². *2 При учете совместного действия всех нагрузок, кг/см².

б) При действии на сооружение регулярной колебательной нагрузки, вызывающей переменную знакопеременную нагрузку (напр. фундаменты под машины), допускаемые напряжения для материала сварных швов независимо от учета динамич. коэффициента надлежит принимать согласно табл. 17.

Табл. 17.—Допускаемые напряжения сварных швов при колебательной знакопеременной нагрузке.

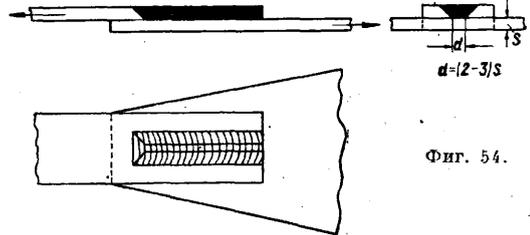
Род напряжений	*1	*2
Сжатие	670	800
Растяжение	600	730
Срезывание	480	530

*1 При учете действия одних основных нагрузок, кг/см². *2 При учете совместного действия всех нагрузок, кг/см².

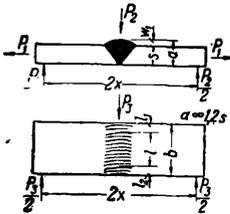
в) Для швов, изготовленных способом потолочной С., при действии как статической, так и колебательной нагрузки допускаемые напряжения для материала сварных швов надлежит назначать согласно табл. 17. Материал сварного шва при этом должен обладать следующими качествами: временное сопротивление на растяжение 3 000 кг/см², на срезывание 2 400 кг/см². Если временное сопротивление на растяжение наплавленного металла не удовлетворяет этим

требованиям, но во всяком случае не меньше $2\ 500\ \text{кг/см}^2$, то допускаемые напряжения изменяются в отношении: $\frac{R_1}{R}$, где $R = 3\ 000\ \text{кг/см}^2$, а R_1 — определенное для данной С. временное сопротивление растяжению нормальных кон-

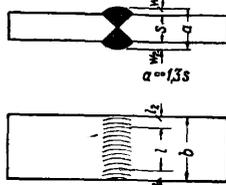
расчетную толщину сварочного шва a принимают действительную толщину $a = s + w$ (фиг. 48)



Фиг. 54.



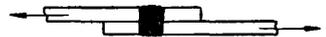
Фиг. 48.



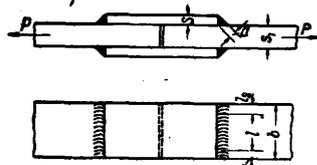
Фиг. 49.

трольных образцов (ОСТ 2406). С., дающая временное сопротивление растяжению меньше $2\ 500\ \text{кг/см}^2$, считается неудовлетворительной и не допускается для соединения частей металлич. конструкций. При расчете сварных конструкций: 1) соединения встык (фиг. 48 и 49)

или $a = s + w_1 + w_2$ (фиг. 49), ограничивая условием: для V-образных швов $a \leq 1,2\ s$, для X-образных — $a \leq 1,3\ s$. По ширине шва всегда откидывают крайние участки длиной $l_1 = l_2 = 0,8\ \text{см}$; т. о. расчетная ширина $l = b - l_1 - l_2 = b - 1,6\ \text{см}$. Расчет ведут по следующим ф-лам: 1) V-образный (фиг. 48) и X-образный (фиг. 49) швы — на растяжение



Фиг. 55.



Фиг. 50.

рассчитываются на растяжение, сжатие или изгиб, причем за расчетную толщину a С. принимают наименьшую толщину s свариваемых листов; 2) лобовые швы (фиг. 50 и 51) рассчитываются на растяжение, сжатие или изгиб, причем за расчетную высоту a шва принимается наименьшая высота тр-ка, вписанного в поперечное сечение шва; 3) фланговые швы (фиг. 52) рассчитываются на срезывание,

на изгиб в плоскости, перпендикулярной шву,

$$M_b = \frac{P_2 x}{2} = \frac{l a^2}{6} k_b;$$

на изгиб в плоскости шва

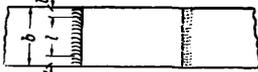
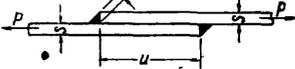
$$M_b = \frac{P_3 x}{2} = \frac{a l^2}{6} k_b;$$

2) галтельный шов с двумя накладками (фиг. 50) — на растяжение

$$P = \sqrt{2} (a - 0,1 s) l k_2;$$

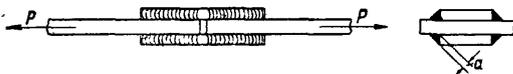
3) галтельный шов внахлестку (фиг. 51) — на растяжение

$$P = \frac{2(a - 0,1 s) l h_2}{1 + \frac{s}{u + 3a}}$$



Фиг. 51.

Следует иметь в виду, что дуговая С. дает более высокое сопротивление, нежели газовая С., но с меньшим удлинением, а из способов газовой С. обратная С. дает швы лучшего качества, нежели поступательная С. без проковки. Поступательная же С. с последующей проковкой дает лучшие результаты в отношении удлинения. При С. вертикальных швов приходится ставить более низкие требования, нежели при С. швов в горизонтальном направлении. Значительно понижаются качества швов при поточной С. Т. к. газовая С. сопровождается большим нагревом основного материала и возникновением больших напряжений, то в связи с этим целесообразно применять электросварку во всех тех случаях, где подобные напряжения могут стать опасными или могут затруднить выполнение С., напр. при галтельных швах, и, наоборот, следует предпочесть газовую С., когда особое значение имеет пластичность, напр. в швах, к-рые предназначаются для работы на изгиб. На фиг. 56 представлены основные типы соединений и для газовой С. и для электродуговой; здесь а и б — обычные стыковые швы; соединение внахлестку по типам с—f для газовой С. не рекомендуется вследствие возможности коробления. Также и для электродуговой С. не рекомендуются соединения внахлестку по типам с и е, а нужно применять типы d и f. Угловые соединения по типам г—о выполняются как для газовой, так и для электродуговой С., причем типы г—i нельзя применять для резервуаров, подверженных внутреннему давлению;



Фиг. 52.

причем расчетная высота принимается такая же, как для лобовых швов; 4) электрозаклейки (фиг. 53), прорезы (фиг. 54) и пробочные соединения (фиг. 55) рассчитываются на срезывание в плоскости передачи усилия. В Германии общепринят несколько отличный способ расчета. Допускаемые напряжения принимаются равными в % от прочности основного материала: а) для стыковой С. на растяжение—60%, на сжатие—70%, на изгиб в зоне растяжения—60%, то же в зоне сжатия—75%, на срезывание—50%; б) для галтельных швов для всех видов напряжения—50%. За

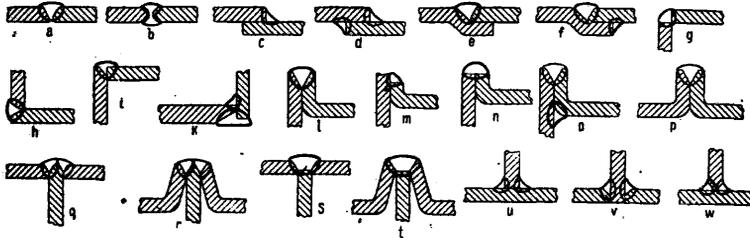


Фиг. 53.

а) для стыковой С. на растяжение—60%, на сжатие—70%, на изгиб в зоне растяжения—60%, то же в зоне сжатия—75%, на срезывание—50%; б) для галтельных швов для всех видов напряжения—50%. За

здесь более подходящими являются соединения по типам к—п и наилучшим—соединение по ти-

к поперечным балкам; сварочные швы обозначены толстыми линиями. На фиг. 62 представлен электросварной паровой котел со специальными усилительными сварными накладками Хена. На фиг. 63 изображена цельносваренная балка пролетом 12 м для железнодорожного моста.



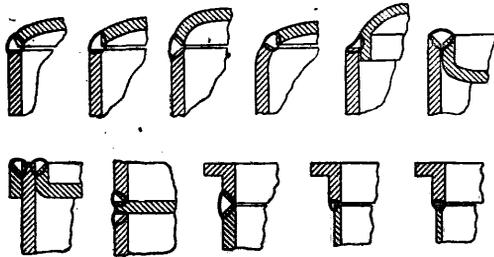
Фиг. 56.

пы о. Из представленных далее на фиг. 56 соединений впрыток, составляющих тавровые конструкции, наиболее совершенными являются ти-



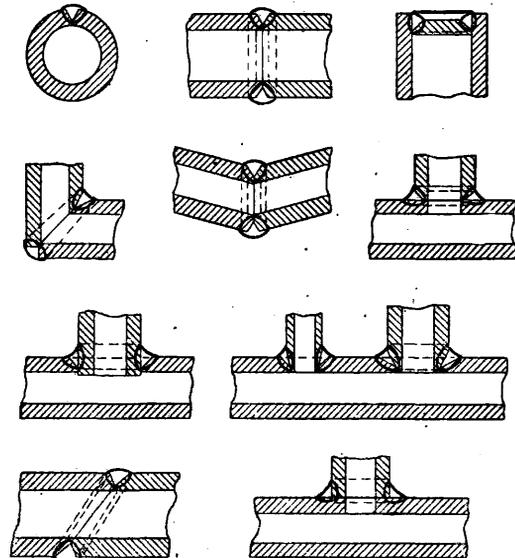
Фиг. 57.

пы q и u. Типы электродуговых сварных соединений повышенной крепости представлены на фиг. 57, а—d. На фиг. 58 даны типы сварных



Фиг. 58.

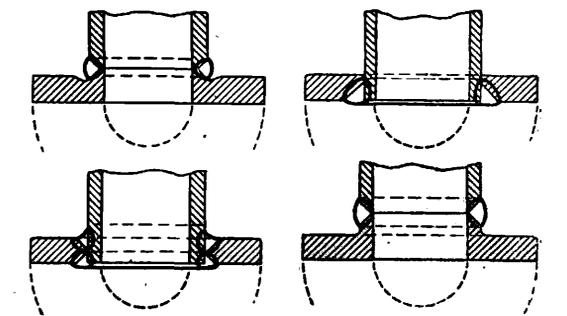
соединений для цилиндрич. сосудов, на фиг. 59—трубные соединения, на фиг. 60—типы сварных фланцев. На фиг. 61 показаны детали конструкции сварного шоссеного моста: А—узел



Фиг. 59.

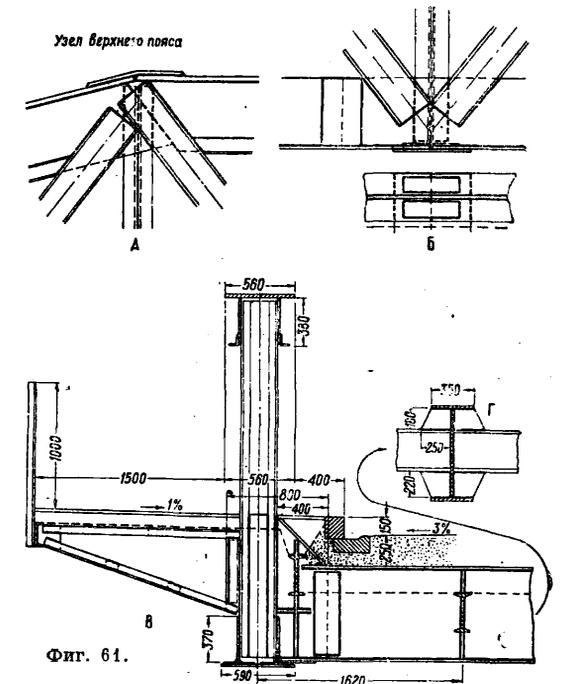
верхнего пояса, Б—узел нижнего пояса, В—поперечный разрез и Г—крепление прогонов

к поперечным балкам; сварочные швы обозначены толстыми линиями. На фиг. 62 представлен электросварной паровой котел со специальными усилительными сварными накладками Хена. На фиг. 63 изображена цельносваренная балка пролетом 12 м для железнодорожного моста.



Фиг. 60.

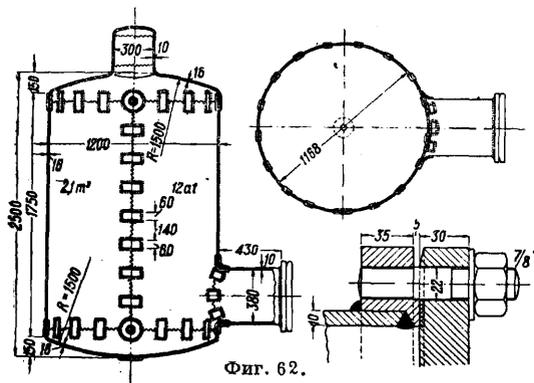
но экономия на материале во всех случаях настолько велика, что расходы на заработную плату, энергию, машины, % на капитал и амортизацию отступают на задний план. На экономич.



Фиг. 61.

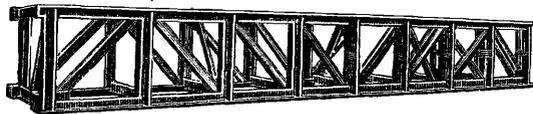
сторону С. в еще большей мере, чем на ее механич. качества, влияют особенности присадочных материалов и способов С., положение шва, типы машин и аппаратов и наконец местные

условия. В зависимости от всех перечисленных факторов получаются и весьма различные стоимости С. Так, покрытые электроды удорожают стоимость работы даже в том случае, когда С. производится переменным током, который сам по себе дает большую экономию по сравнению



Фиг. 62.

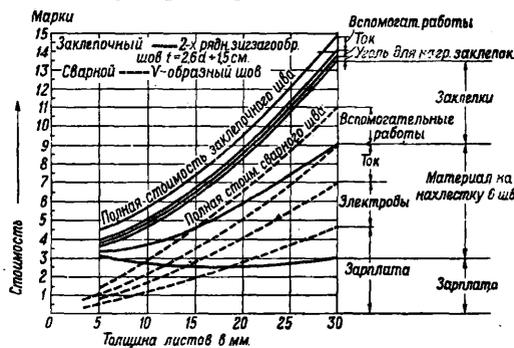
с постоянным током, в связи с меньшей стоимостью установки и ухода за ней. Поэтому покрытые электроды из экономич. соображений следует применять только там, где они дают значительные преимущества в технич. отношении. Наиболее дешевой является дуговая С., т. к. она требует наименьших расходов на энергию. Также и расходы на рабочую силу при дуговой С. тонких листов меньше, чем при газовой С., т. к. работа ведется с большей скоростью. При С. же более толстых листов газовая С. обратным методом по стоимости очень близко подходит к дуговой С. Сопоставление обратной газовой С. с поступательной согласно новейшим изысканиям Испытательного института на герм. ж. д. выяснило, что поступательная С. более выгодна для тонких листов толщиной до 5 мм; обратная С. при листах толщиной в 6 мм дает выигрыш во времени ок. 22,5%, а при листах толщиной до 100 мм—даже почти 60%; при еще более толстых листах экономия во времени понижается, напр. для листов в 16 мм составляет ок. 45%. Положение шва влияет на стоимость С. в том смысле, что скорость С. вертикальных или потолочных швов ниже скорости С. швов горизонтальных. При выполнении потолочных швов (над головой) можно работать максимум с вдвое меньшей производительностью, нежели при С. швов в горизонтальном положении. Расходы на энергию при электросварке всегда ниже, чем при газовой С.; при



Фиг. 63.

газовой С. наибольшие расходы вызывает применение диссугаза, наименьшие—при получении газа из больших генераторов. Стоимость установки для дуговой С. выше, чем для газовой, т. к. электрич. сварочные машины стоят дороже газовых генераторов и горелок. Соответственно этому выше и расходы на капитал и амортизацию. Указанная разница в затратах особенно возрастает, если машины используются не полностью, причем большую роль играет длительность использования.

Техника безопасности. С. больше, чем всякая другая технич. работа, связана с опасностями, могущими вызвать тяжелые повреждения не только для самого сварщика, но и для всех, находящихся по соседству, а кроме того, могущими повлечь и значительные материальные повреждения. Несчастные случаи гл. образом являются следствием ненадлежащего обслуживания и ухода за установкой. Источниками опасностей служат также недочеты в работе самих сварщиков, нек-рые свойства свариваемых материалов и те условия, при к-рых часто приходится выполнять сварочные работы. При обслуживании газогенераторных установок постоянную угрозу представляет возможность образования смесей газа с воздухом или газа с кислородом, могущих привести к взрывам в генераторах, рабочих помещениях и баллонах. Наличие взрывчатых смесей само по себе еще не означает обязательной опасности взрыва. Такая опасность возникает только в том случае, если в какой-либо части установки может последовать воспламенение смеси, напр. вследствие порчи водяного затвора при обратном ударе пламени. Причиной воспламенения может служить также накалившая карбидовая пыль. В старых установках без предохранительных приспособлений взрывы часто происходили из-за образования искры при ударе находящихся в карбиде металлч. примесей о металлч. части генератора. Чрезвычайно опасным сле-



Фиг. 64.

дует считать и пользование огнем вблизи ацетиленовых аппаратов. Много случаев взрывов имело место при отоплении замерзших аппаратов. В них почти всегда имеется горючая смесь газа с воздухом, т. к. замерзшая в генераторе вода всегда б. или м. насыщена ацетиленом. Отогревание огнем или при помощи сварочной горелки или пробивка слоя льда раскаленной железной штангой ведет к взрыву. Поэтому необходимо, чтобы замерзшие аппараты оттаивались сами собой в нагретых помещениях. Ускорение оттаивания при помощи горячей воды пара или горячей тряпки опасно. Взрывы могут произойти в тех случаях, когда аппараты пропускают газы или недостаточно герметичны, вследствие чего воздух в рабочих помещениях может насытиться ацетиленом до опасных размеров; также возможны взрывы на складе, если карбид недостаточно защищен от доступа к нему сырости. Взрывы баллонов могут произойти либо из-за трещин в самом баллоне либо из-за взрыва содержащегося в нем газа. Трещина может появиться либо вследствие сильного искусственного или естественного нагрева либо вследствие сотрясения. Вследствие нагрева и расширения газа давление может возрасти в баллоне в

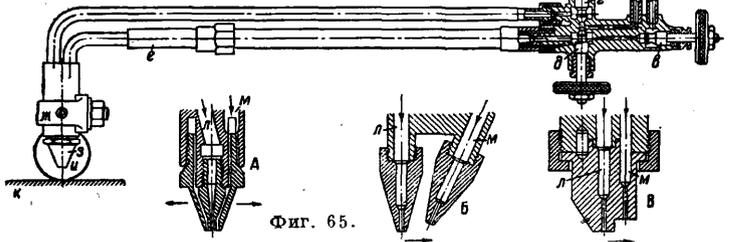
такой мере, что может вызвать разрыв последнего. Постоянные изменения в давлении при заполнении баллона и его опораживании, а также вследствие изменений t° вызывают в стенках баллона явления усталости, понижающие силу их сопротивления. Стальные стенки ослабляются также вследствие ржавления внутренних поверхностей. Для взрыва внутри баллона требуется образование в нем взрывчатой смеси и ее воспламенение. Причиной таких взрывов в первую очередь может явиться неправильное использование баллонов в отношении рода газа, воспламенение может возникнуть при выгорании редукционных вентилей или из-за загрязнения запорного вентиля баллона жирами. В этом случае для вспышки достаточно потока кислорода высокого давления. При чистке генераторов следует продувать трубы воздухом под давлением, притом всегда в направлении от генератора к горелке, чтобы в генератор не могли попасть какие-либо взрывчатые смеси.

Меньше опасностей имеется при электр. С. Несчастные случаи при этом способе б. ч. могут произойти либо из-за коротких замыканий в машине либо из-за контакта с землей через части низкого напряжения. Но подобная опасность грозит только при холостом ходе машины, т. к. напряжение при нагрузке понижается до неопасных уже размеров. В связи с этим применение агрегатов постоянного тока связано с меньшими опасностями, нежели применение трансформаторов переменного тока. Для избежания в данном случае опасности требуется, чтобы вся изоляция находилась постоянно в хорошем состоянии и чтобы все голые токопроводящие части были надлежащим образом прикрыты, и тем устранена была для сварщика опасность соприкосновения с ними. Затем д. б. обращено внимание на должное заземление корпуса машины и свариваемого предмета. Не следует помещать свариваемый предмет на подкладках с большим переходным сопротивлением в отношении земли, нежели у тела сварщика. Целесообразно, чтобы последний был сам изолирован от земли, что достигается при помощи деревянной обуви или кожаных башмаков на деревянных подошвах или при помощи деревянных подкладок. Если приходится вести С. в котлах, резервуарах, на железных подмостках и т. п., не следует пользоваться переменным током. Во время самого процесса С. как сварщику, так и окружающим его могут причинить повреждения отлетающие искры и световые лучи, а в некоторых случаях и излучаемое свариваемым предметом тепло. Для защиты от разбрызгиваемых искр необходимо снабжать персонал соответствующей спецодеждой, к-рая в некоторых случаях служит и для предохранения от излучаемого жара. Она состоит из не слишком широкого, не стесняющего движения огнестойкого костюма, кожаных башмаков на деревянных подошвах и перчаток из кожи или асбеста. Особая защита требуется для глаз. Газовый сварщик пользуется для этого очками с темными стеклами, защищающими глаза как от ослепляющих световых лучей, так и от искр и от металлич. брызг. Для электро-сварки предпочтительно пользоваться предохранительным щитом. Т. к. у электросварщика при С. одна рука свободна, то управление щитом не представляет для него никаких затруднений. Если требуется предохранить еще и лицо от излучаемого тепла, то вместо очков или щита лучше пользоваться защитной маской. Она д. б. устроена т. о., чтобы искры или лучи не

могли попасть в глаза с боков. Кроме того для избежания ожогов в них не д. б. никаких металлических частей, к-рые непосредственно соприкасались бы с кожей. Щит приготавливается из изоляционных материалов и должен прикрывать все лицо. Вставленные в него стекла должны защищать глаза не только от видимых, но и от невидимых ультрафиолетовых и инфракрасных лучей, могущих вызвать воспаление глаз и ожоги. Для предохранения тела от этих лучей служит спецодежда. Вредных последствий для здоровья, как при работе с рентгеновыми лучами, в данном случае лучи не приносят. Неприятных последствий при С. в связи с высокой t° можно избежать при помощи тщательного покрытия свариваемого предмета защитными экранами и путем частого отвода тепла. Т. к. образующиеся при С. пары затрудняют работу, то необходимо принимать меры к устройству соответствующих приспособлений для их отсаживания. Ядовитыми являются только пары, выделяющиеся при С. лагуны, бронзы, олова, цинка и свинца; для защиты от них сварщик должен пользоваться респираторами. Подобные же опасности могут возникнуть при С. предметов, окрашенных свинцовыми красками, поэтому такую окраску перед сваркой или резанием надо тщательно удалять. Опасности иного порядка грозят при работе с резервуарами, содержащими минеральные масла, бензин или газы. В таких случаях в значительной мере грозит опасность взрыва. Подобные резервуары перед С. следует освобождать промыванием или вывариванием от имеющихся в них остатков, а все затворы во время С. следует держать открытыми. Сварочное ацетиленовое пламя также может вызвать образование взрывчатых смесей, что может стать опасным при производстве С. в резервуарах. При подобных работах следует принять меры к обильной подаче воздуха или кислорода. В СССР при пр-ве сварочных работ надлежит руководствоваться обязательным постановлением НКТ СССР от 17/III 1930 г., № 116; хранение карбида кальция, устройство, установка и уход за аппаратурой для газовой С. регламентируются обязательным постановлением НКТ СССР от 14/I 1926 г.

Газовая резка металлов. Газовая, или автоматная, резка, изобретенная в Германии в 1905 г., быстро получила повсеместное применение. При ее помощи можно быстро и экономично делить металлич. предметы на части с чистым тонким пазом между ними. Для этой работы применяют специальные резаки. Можно разрезать предметы на части и при помощи пламени вольтовой дуги, но в этих случаях в сущности получается не разрезание, а проплавление, и паз получается широким и нечистым. Газовая резка основана на том, что сталь, нагретая до t° вспышки, быстро сгорает в струе кислорода. Поток кислорода, развивающий благодаря движению через соответствующие сопла большую скорость и выходящий в виде струи, служит также и для удаления сгоревших частиц железа. Т. о. процесс газовой резки состоит из следующих трех отдельных процессов: 1) нагрева железа до t° воспламенения; 2) сгорания железа в струе кислорода; 3) удаления струей кислорода сгоревших частиц железа. Газовая резка применима вполне только для стали и стального литья и частично для чугуна. Предпосылкой для применимости газовой резки является условие, что t° сгорания материала лежит ниже его $t^\circ_{пл.}$ в противном случае, напр.

для чугуна, имеет место только проплавление, а никак не разрезание металла. Затем также t° вспышки образующегося окисла не должна лежать выше точки вспышки негоревшего еще материала, т. к. в противном случае процесс резки затруднился бы. Кроме того окисел должен отличаться жидкоплавкостью и степеню теплопроводности его не д. б. слишком высока. Практически всем этим требованиям удовлетворяет только сталь, резка же чугуна является в сущности проплавлением его. Некоторые присадки к стали затрудняют процесс резки. Легированные углеродистые стали обыкновенно можно резать лишь после значительного подогрева; содержание марганца облегчает резку железных сплавов. Аустенитовая марганцовистая сталь разрезается легко, тогда



Фиг. 65.

как она не может быть обрабатываема строганием, фрезерованием и т. п.

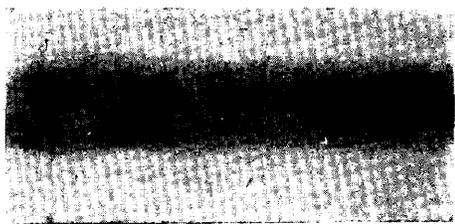
Для подогрева при резке требуется горючий газ в смеси с кислородом, а для резки—кислород высокой чистоты. Обычно в качестве горючего газа применяется ацетилен, но встречаются установки, в которых для подогрева применяется водород, бензол или светильный газ. Более низкая стоимость подогрева светильным газом или бензолом перекрывается большим расходом кислорода. Кроме того светильный газ и бензол пригодны только для резки листов незначительной толщины. Скорость резания при этом меньше и требуется больше времени для подогрева.

Резак представляет комбинацию сварочной горелки со специальным приспособлением для подвода кислорода для резки (фиг. 65): а—приток горючего газа, б—приток кислорода, в—вентиль для регулировки горючего газа, г—вентиль для регулировки кислорода для резки, д—вентиль для регулировки кислорода для подогревающего пламени, е—смесительная камера, ж—наконечник, з—сопло, и—колесики для направления резака, к—разрезаемый предмет, л—канал для кислорода для резки, м—канал для горючей смеси для подогревающего пламени; возможное направление резки обозначено стрелками. Пламя сварочной горелки подогревает разрезаемый предмет до t° вспышки; вытекающий из соседнего сопла под высоким давлением кислород служит для выполнения самой резки. Каждый резак имеет т. о. два сопла, к-рые расположены либо последовательно один за другим (фиг. 65, Б и В) либо концентрически друг к другу (фиг. 65, А). В первом случае сопло для подогрева помещается перед резаком, а во втором случае подогревательное сопло охватывает резак кольцеобразно. Последнее устройство имеет то преимущество, что горелку при резке можно передвигать в любом направлении, и таким образом является возможным легко производить резку и по кривым линиям. В связи с этим кольцеобразные горелки почти полностью вытеснили горелки с последовательно

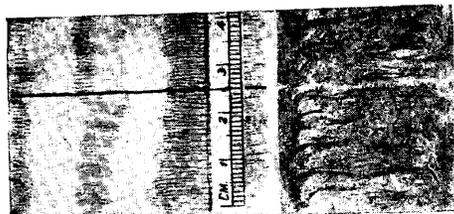
расположенными соплами, хотя при пользовании ими приходится особенно заботливо следить за правильной установкой пламени для подогрева, чтобы избежать карбонизирующего действия на металл. К горелке помимо горючего газа приходится подводить кислород как для подогрева, так и для резки, притом под разными давлениями. В связи с этим первоначально горелки снабжались отдельными трубопроводами для каждого вида кислорода, т. о. для каждого аппарата требовалось три шланга. Впоследствии перешли к горелкам с двумя шлангами, так как три шланга затрудняли работу. При таком устройстве кислород как для подогревания, так и для резки поступает через один шланг. При этом получается известное взаимодействие обоих потоков кислорода, которое при установке подогревательного пламени при выключенном кислороде для резки следует учитывать, давая небольшой избыток кислорода. При устройстве резательных машин вернулись к системе с тремя шлангами. На практике применяется целый ряд резаков, отличающихся друг от друга в зависи-

мости от рода применяемого горючего газа и назначения; по способу же работы они в основном совершенно сходны друг с другом. Так, имеются ацетиленовые резаки, водородные, бензольные или работающие светильным газом. С другой стороны, резаки изготовляются для продольной или специальной резки, для вырезывания дыр, для выжигания отверстий, для заклепок или труб, для работы под водой и для резки чугуна. Чем спокойнее ведут резаки, тем чище получаются линии разреза. Т. к. подача резака машинным путем всегда происходит равномернее, чем при ручной работе, то уже давно перешли к постройке резательных машин, тем более что они имеют преимущество в отношении производительности. Подобные машины настолько в настоящее время усовершенствованы, что при их помощи можно вырезывать конструктивные части достаточно чисто и дальнейшей обработки для них уже не требуется. Резку всегда начинают у кромки изделия. Если же это не представляется возможным, то следует выжечь дыру, от к-рой и начинать резку. Загрязнение сопла влечет за собой неровности в линии разреза. Не представляется возможным разрезать одновременно несколько наложенных друг на друга листов, т. к. находящиеся между ними слои воздуха действуют изолирующим образом. Поэтому листы следует резать один за другим. Резка круглого железа затруднительнее, нежели предметов с прямыми кромками. В настоящее время автогенный резак сделался необходимым инструментом в целом ряде областей металлообработки и нередко его предпочитают ножницам и пилам.

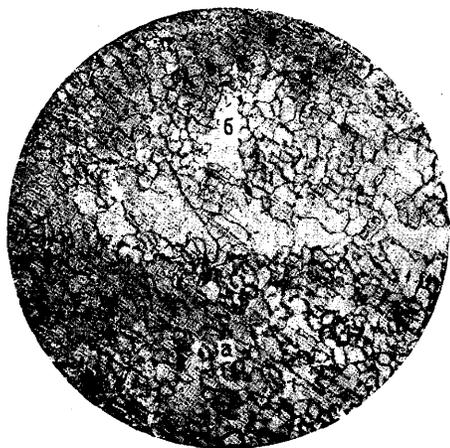
Области применения С. Применение С. вносит коренной переворот в дело металлообработки и металлич. конструкций. В машиностроении С. вытесняет литые детали, заменяя их сварными; в металлич. конструкциях, в мостах, в котлах и в резервуарах сварной шов идет на смену старому заклепочному соединению, создавая новые формы, более простые, более целесообразные и более легкие. Успех С. обеспечивается тем, что С. дает экономию в метал-



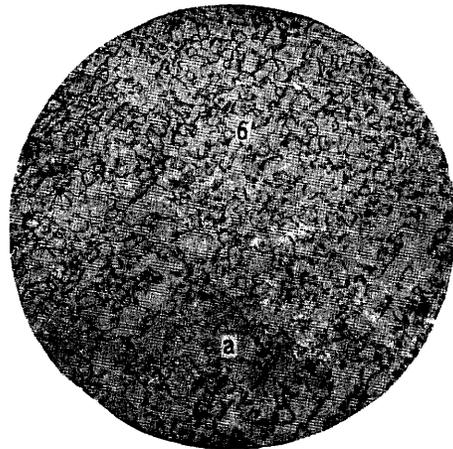
1



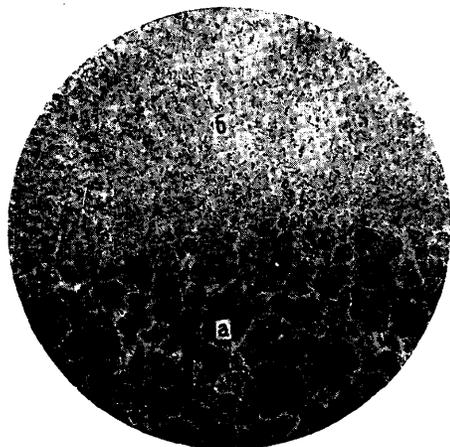
2



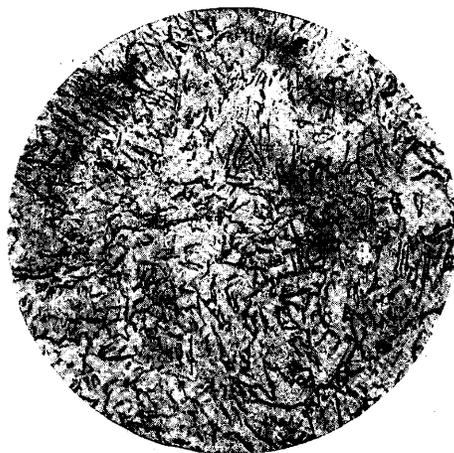
3



4



5



6

1. Рентгеновский снимок электросварного шва. 2. Магнитный спектр электросварного шва. 3. Микроструктура шва газовой сварки малоуглеродистой стали в зоне перехода ($\times 100$): а—основной металл, б—наплавленный металл. 4. Микроструктура шва электродуговой сварки в зоне перехода ($\times 100$) при одинаковом составе электродов и основного металла: а—основной металл, б—наплавленный металл. 5. Микроструктура шва электродуговой сварки в зоне перехода при равном составе электродов и основного металла ($\times 100$): а—основной металл, б—наплавленный металл. 6. Игольчатые включения нитридов в шве электродуговой сварки ($\times 100$).

ле 15—30%, экономию в рабочей силе до 40%, значительное сокращение времени работы на изготовление металлоизделий и вместе с тем дает конструкции более прочную, чем посредством клепки или литья. Первые шаги практич. применения С. относились к ремонтным работам и поэтому в этой области С. успела уже завоевать прочное положение, давая громадную экономию народному хозяйству. В этом отношении на первом месте стоит транспорт, к-рый в особенности широко применяет С. при ремонте подвижного состава. Работы по резке железа и стали при ремонте в большинстве случаев производятся посредством газового резака. При постройке нового подвижного состава применение С. неуклонно расширяется. Уже имеются примеры цельносваренных стальных и медных паровозных топок, цельносваренных вагонных рам и кузовов, большегрузных цистерн, паровозных тендеров. Другие области транспортного хозяйства также широко используют С. В путевом деле термитная С. рельсовых стыков уже применяется не только на станционных, но и на главных путях. Имеются также примеры С. мостов пешеходных, шоссеиных и железнодорожных. Судоремонт и судостроение также перешли к практич. применению С. Постройка металлич. резервуаров, трубопроводов, различного рода сосудов и аппаратов для заводских целей, деталей электрич. машин, авто- и авиастроения также неуклонно перекладывается на С., к-рая т. о. произведет коренной переворот в технике ближайшего будущего.

Лит.: B a r d t k e P., Gemeinfassliche Darstellung d. gesamten Schweisstechnik, B., 1931; K a u t n y Th., Handbuch d. autogenen Metallbearbeitung, 3 Aufl., Halle a/S., 1927; K a u t n y Th. u. H o l l e r, Leitfaden f. Azetylen-schweißer, 10 Aufl., Halle a/S., 1930; Z e m k e P., Autogenes Schweißen u. Schneiden, 2 Aufl., Lpz., 1927; K i r c h n e r M., Taschenbuch d. gesamten Schweisstechnik, Lpz., 1927; W u n d r a m O., Die elektr. Lichtbogenschweißung, ihre Hilfsmittel u. ihre Anwendung, Hamburg, 1925; N e u m a n n A., Elektrische Widerstandsschweißung u. Erwärmung, Lpz., 1927; M e l l e r K., Elektrische Lichtbogenschweißung, Lpz., 1925; S c h i m p k e P. u. H o r n H., Praktisches Handbuch d. gesamten Schweisstechnik, B. 1—2, B., 1926—28; G o l d m a n n, Von heutigen Stand u. d. weiteren Entwicklung d. elektr. Widerstandsschweißung, «Techn. Ztbl.», B., 1930; S c h r ö d e r, Die elektr. Widerstandsschweißung verschiedener Metalle, ibid., 1929, 20; R o t h, Über den heutigen Stand d. elektr. Widerstandsschweißung, ibid., 1929, 3; R i m a r s k i, K a n t n e r, S t e r b, Der Einfluss d. Sauerstoffreinheit beim Schneiden mittels Sauerstoff u. Azetylen, «Autogene Metallbearbeitung», B., 1928, 1; F r i e d r i c h D., Sicherheitsvorlagen bei Gasschweißanlagen, «Schmelzschweißung», 8 Jg., 7, 8, 10; W a l l i c h s u. M u e s, Das Verhalten d. Schweissbrenner bei Änderungen des Druckverhältnisses zwischen Sauerstoff u. Azetylen, «Autogene Metallbearbeitung», B., 1929, 11; K a n t n e r, Schutzbrillen f. Schweissarbeiten, ibid., 1929, 11; R a p a t z, Schweissen legierter Stähle, «Techn. Ztbl.», B., 1929, 20; R a p a t z, Metallurgische Betrachtungen über die Schmelzschweißung, «St. u. E.», 1931, 9; B u n g, Versuche mit dem Oszillographen zur Erforschung d. Vorgänge im elektr. Schweißlichtbogen, «Elektrotechnik u. Maschinenbau», B., 1928, 22; Z i e m, Die Schweißbarkeit des Kupfers, «Technisches Ztbl.», B., 1929, 20; C a n z l e r u. H o l l e r, Die Schweißbarkeit von Messing u. Bronze, ibid., 1929, 20; P o t h m a n n, Über die Schweißung von Aluminium u. Leichtlegierungen, «Autogenschweißer», W., 1928, 1—3; H o l l e r, Bemerkenswertes über die Aluminiumschweißverfahren u. ihre technische Bedeutung, «Autogene Metallbearbeitung», 1928, 4, 5; R o s t o s k y, Löten u. Schweißen von Aluminium, «Metallkunde», B., 1923, p. 196; R o s t o s k y, Das Löten u. Schweißen d. Leichtmetalle, «Metallwirtschaft», B., 1930, 24; S c h e u e r, Die Schweißbarkeit d. Aluminiumlegierungen in Abhängigkeit vom Legierungstypus, «Schmelzschweißung», Hamburg, 1930, p. 178; W o e h l e r s, Über Schweißen von Nickel, «Techn. Ztbl.», B., 1929, 20; L e h m a n n, Gasschmelzschweißen von Zink, ibid., 1930, 5; N e e s e, Das Schweißen von Monel, ibid., 1929, 20; B e r t h o l d, Neuere autogene Schweißmaschinen, ibid., 1929, 3; H o r n, Die Laschenschweißung im Kesselbau, «Schmelzschweißung», Hamburg, 1929, 4; W u n d r a m, Elektrisch geschweißte Krane, «Techn. Ztbl.», B., 1931, 2; H o r n, Schweisstechnische Streifzüge,

«Schmelzschweißung», Hamburg, 1930, 6; M ü n t e r, Das kombinierte autogen-elektrische Schweißverfahren Arcogen, «Autogene Metallbearbeitung», B., 1930, 22, 23; L o t t m a n n, Einiges über Schruppfungen, Spannungen u. Verwerfungen beim Lichtbogenschweißen, «Schmelzschweißung», Hamburg, 1929, 8; S c h m u c k l e r, Schweisstechnik im Stahlbau, «Elektroschweißung», Brschw., 1930, 12; B a r d t k e u. M a t t i n g, Vergleichende Untersuchung d. Vorwärts- u. Rückwärtsschweißung, «Autogene Metallbearbeitung», B., 1931, 11, 12; K e m p e r, Kritische Betrachtung d. Prüfverfahren f. Schweissnähte, ibid., 1930, 13—16; K a n t n e r, Neueste Versuche mit Röntgenstrahlen in d. Schweisstechnik, «Elektrotechnik u. Maschinenbau», W., 1928, 22; H i l p e r t, Werkstoffänderungen d. mit Schneidbrennern bearbeiteten Baustähle, «Z. d. VDI», 1931, 21; K a l i s c h, Neuere Untersuchungen über das Brennschneiden von Gusseisen, «Autogene Metallbearbeitung», B., 1930, 4; E v a n s E. M. a. O u t c a l t F. G., Welding Pipe Systems for Steamheating, «Power», N. Y., 1930, v. 72, 5; H u t c h i n s o n E. C., Scientific Control in Welding of Boiler Drums, ibid., 1930; W a t t s T. R., Magnetography Inspection of Weld, «Welding Engineers», Chicago—N. Y., 1930, v. 15, 10; New Wilson Factory-Arc Welded, ibid., 1930, v. 15, 10; S e f e r i a n M., Die Kosten von Schweissnähten, «Revue de la Soudure Autogène», P., 1930, 201; Welded Steel Construction in the Machine Tool Trade, «American Machinist», N. Y., 1929, März; High Daily Output of Electrically Welded Pipes, «Iron Age», N. Y., 1929, 11 Juli; K i b b e n F., L i s t A., Of Welded Structures, «Mechanical a. Welding Engineers», 1929, v. 3, 1; Testing of Welds, «Power», N. Y., 1929, Sept., p. 464; Safety Rules for Gas Equipment with Special Reference to Welding, «Mechanical Engineer», N. Y., 1930; B o u t t e, «Revue de la Soudure Autogène», P., 1929, p. 1711; L e f r i n g N., Einfluss d. Schweißstrombedingungen bei d. elektrischen Lichtbogenschweißung von welchem Flussstahl, «Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens», B., 1930, H. 332; B a u m g ä r t e r K., Untersuchungen über den Einfluss von Umwicklungen d. Schweissstähle auf die mechanische Festigkeitseigenschaften der Schweisse, ibid., B., 1930, H. 336; Ausgewählte Schweisskonstruktionen, B. 1, Stahlbau, bearbeitet v. O. Bondy, B., 1930; Ausgewählte Schweisskonstruktionen, B. 2, Maschinenbau, bearbeitet v. K. Haas, B., 1931; «Oxy-Acetylene Tips», N. Y., 1928, Sept.; «Die Schmelzschweißung», Hamburg; «Autogene Metallbearbeitung», B.; «Ztschr. f. Schweisstechnik», Basel; «Der Autogenschweißer», W.; «Die Elektroschweißung», Brschw.; «Technisches Ztbl.», B.; «Welding Engineers», Chicago—N. Y.; «Journal of the American Society of Welding Engineers», N. Y.; «Journal of the Acetylen Welding», Chicago; «Acetylene a. Welding», Chicago; «Acetylene a. Welding Journal», L.; «Industrial Gases», L.; «Oxy-Acetylene Tips», New York; «Acetylene Journal», New York; «Revue de la Soudure Autogène», Paris; «Journal de l'Acétylène», Paris.

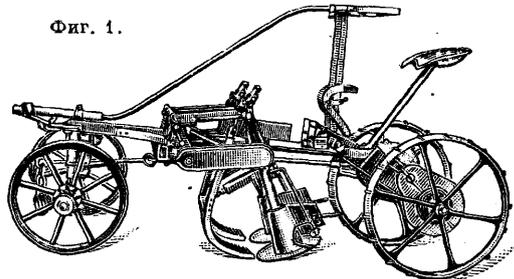
П. Бардтке.

СВАРКА ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ, см. Сварка.

СВАРОЧНАЯ МАШИНА, см. Сварка.

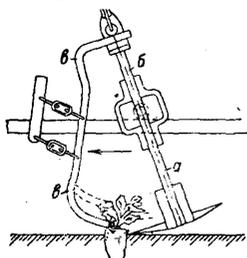
СВЕКЛОУБОРОЧНЫЕ МАШИНЫ механизмируют все операции при уборке сахарной свеклы: копку корней, очистку их от земли и ботвы (включая и верхнюю часть самого корня, не идущую на переработку в сахар). Большинство С. м. построено на основе разделения операций по уборке между двумя машинами. Предварительно ботва срезается срезателем (фиг. 1),

Фиг. 1.



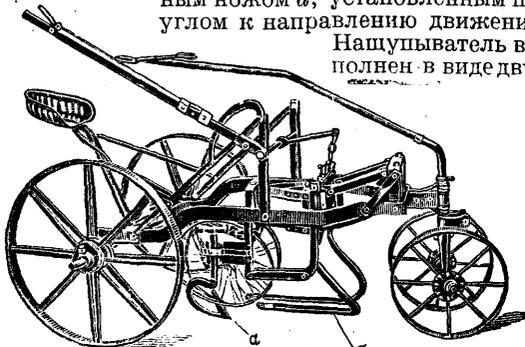
а затем идущий вслед копатель производит копку корней и их очистку от земли. Срез производится дисковым ножом, укрепленным на вертикальном валу и приводимым во вращательное движение от ходовых колес, помощью системы передач. Вал а диска (фиг. 2) благодаря продольной направляющей шпонке может свободно перемещаться во втулке нижней конич. шестерни, передающей движение ножу. Верхний конец вала б соединен с нащупывате-

л е м в. Корни свеклы расположены в почве неравномерно по высоте. Нащупыватель, скользя по рядку свеклы впереди ножа, при встрече с корнем поднимается на него и поднимает вал с режущим диском, регулируя таким образом высоту среза. Требуемая высота среза может меняться системой регулировочных гаек и винтов, так же как и угол наклона диска к горизонту. Срезанная ботва щитками, помещенными над дисками, отбрасывается в сторону или на



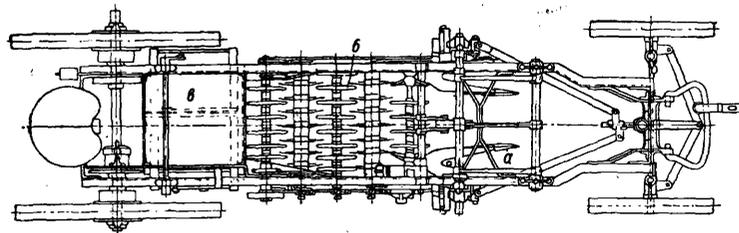
Фиг. 2.

наклонный планчатый элеватор, отводящий ее в бок. Срезатели этого типа строят одно- и двухрядные. В срезателях другого типа (фиг. 3) срез производится неподвижным горизонтальным ножом а, установленным под углом к направлению движения. Нащупыватель выполнен в виде двух



Фиг. 3.

изогнутых прутьев б. В момент среза ботва зажимается двумя легкими колесами велосипедного типа, поставленными под углом. Рабочие органы а свеклокопателя (фиг. 4) имеют хомутообразную замкнутую форму, благодаря чему корень легко скользит по ним и поднимается на наклонный элеватор б. Последний образуется рядом поперечных валиков, на к-рых укреплены шайбы с пружинными вилками. Валики приводятся во вращение и вилки,

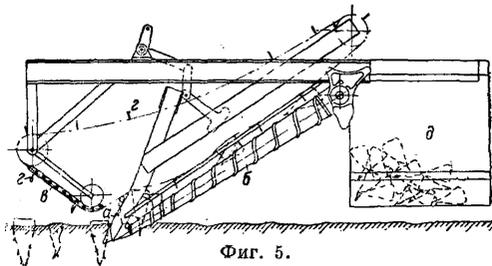


Фиг. 4.

перемещая корни вверх, в то же время очищают их от прилипшей земли. Очищенные корни собираются в ящике в, из к-рого они периодически выгружаются на поверхность поля при помощи педали. Машина устанавливается на требуемую глубину работы специальным рычагом. В соответствии со срезателями копатели строятся одно- и двухрядные. В американском копателе (фиг. 5) выкопанные рабочими органами а корни попадают на два вращающихся конических валика б, снабженных спиральными выступами и установленных под углом к горизонту. Сверху валиков движется бесконечная цепь в с

направляющими зубцами г. Поднимаясь, корни очищаются от земли и попадают в сборный ящик д, периодически выгружаемый.

Конструкции свеклоборочных машин еще не получили развития, обеспечивающего работу требуемого качества. Мало совершенна работа срезателей, механизм регулирования к-рых не обеспечивает достаточной точности среза при различном положении корней в почве. Данные испытания показывают, что работа срезателей с ротационными ножами лучше, чем с неподвижными, но и они требуют перераспределения части выкопанной свеклы. Недостаточно



Фиг. 5.

совершенны и механизмы для очистки корней от земли, в работе часто забивающиеся. Разделение операций между двумя машинами нерационально, т. к. срезы корней замазываются землей и правильное направление по рядкам идущего вслед копателя затруднено, что вызывает значительный пропуск корней. Отдельными фирмами делались попытки соединить обе машины в одну (комбайн), но конструкции получались громоздкими и мало пригодными к работе. Часто практикуется прицеп обеих машин, одна за другой, к одному трактору, что несколько улучшает их работу. Поскольку очистка корней от ботвы и земли требует большой затраты рабсилы (48 человеко-дней из 70, требуемых в среднем на полную уборку одного га), то С. м. нашли себе применение и за границей и у нас. В то же время, в частности в СССР, идет интенсивная работа по разработке новых принципов и созданию новых конструкций С. м., отвечающих требованиям крупного хозяйства.

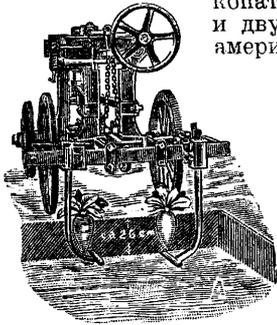
Среднее тяговое сопротивление срезателя с элеватором 325—350 кг, копателя 580—600 кг (оба двухрядные). Производительность срезателя 2,2—2,4 га, копателя 1,7—2,0 га за 10-час. рабочий день.

Свеклокопатели, орудия, механизмирующие копку сахарной свеклы. Рабочей частью является клин, обычно круглый, укрепленный на ножевидной стойке, в нижней части отогнутой в сторону (к рядку). По числу клиньев, работающих в каждом рядке, свеклокопатели делятся на свеклоподъемники—рядок обрабатывается одним клином—и свеклокопатели—два клина на рядок. В первых клин устанавливается под корнем (на глубину 22—26 см) и при движении орудия нарушает связь корня с почвой, оставляя его в земле; во вторых два клина устанавливаются на половину длины корня (11—13 см) по обе стороны последнего и при движении орудия выжимают корень на поверхность (фиг. 6а и 6б). В этом случае требуется немедленный сбор корней, т. к. иначе они быстро вьнут. В некоторых свеклоподъемниках клинья выполнены в виде небольших отвалчиков, обеспечивающих лучшее скольже-

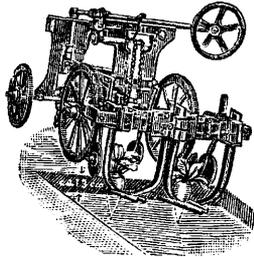
рабатывается одним клином—и свеклокопатели—два клина на рядок. В первых клин устанавливается под корнем (на глубину 22—26 см) и при движении орудия нарушает связь корня с почвой, оставляя его в земле; во вторых два клина устанавливаются на половину длины корня (11—13 см) по обе стороны последнего и при движении орудия выжимают корень на поверхность (фиг. 6а и 6б). В этом случае требуется немедленный сбор корней, т. к. иначе они быстро вьнут. В некоторых свеклоподъемниках клинья выполнены в виде небольших отвалчиков, обеспечивающих лучшее скольже-

ние корня при его выкопке. Свеклокопатели имеют регулировку установки рабочих органов на глубину, в зависимости от величины корней сахарной свеклы.

Свеклокопатели строят для живой (лошади и вола), тракторной и канатной тяги. Свеклокопатели живой тяги—одно- и двухрядные; выпускаемые америк. фирмами снабжены

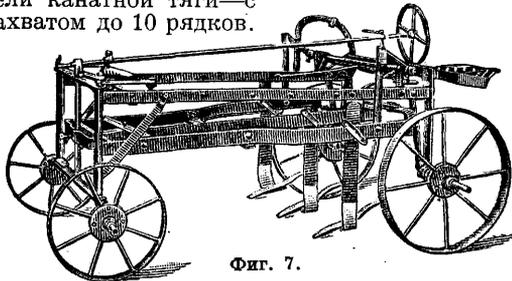


Фиг. 6а.



Фиг. 6б.

сиденьями для рабочих. Свеклокопатели тракторной тяги конструируют на 3 и 5 рядков и снабжают механизмами для автоматического включения и выключения (фиг. 7). Свеклокопатели канатной тяги—с захватом до 10 рядков.



Фиг. 7.

Все свеклокопатели м. б. приспособлены для работы на различной величине междурядий путем перестановки рабочих органов и ходовых колес. Тяговое сопротивление свеклокопателя варьирует в широких пределах в зависимости от почв, глубины работы и т. д.; ориентировочно можно считать 230—250 кг на рядок. Производительность трехрядного тракторного свеклокопателя ок. 4—4,5 га за 10-час. рабочий день.

Лит.: В а с и л е н к о А. А., Комбайн для уборки сахарной свеклы, «С.-х. машина», М., 1931, 4, 5; В е р н с т е й н Р., Die Reinigung der Zuckerrüchte auf dem Felde u. das maschinelle Aufladen der Wurzelfrüchte, «Die Technik in der Landwirtschaft», В., 1930, 6; В е р н с т е й н Р., Grundsätze für die Gestaltung des Kopfmechanismus an Rübenerntemaschinen, ibid., 1939, 6; В е р н с т е й н Р., Untersuchung u. Prüfung der Rübenernteverfahren, «Die Landmaschine», В., 1927, 5, 6; В е р н с т е й н Р., Zuckerrüben-Erntemaschinen, «Ztschr. d. VDI», В., 1929, В. 7, 39; В е р н с т е й н Р., Implements u. Machines for the Sugar-beet Grower, «The Implement and Machinery Review», L., 1930, November; Н а н с е н А., Tekniske Hjoelsmiddel ved Optaning af Sukkerrøgt, «Jordbrugs-Teknik», 1929, Oktober, December; Р е м е р Т., Свекловодство, перевод с немецкого, 2 издание, Москва, 1930; А р т о б о л е в с к и й С. И., Машины и орудия для уборки сахарной свеклы (свертала), С. Артоболовский.

СВЕРЛА, режущие инструменты с вращательным движением резания и осевым движением подачи, предназначенные для просверливания отверстий в толще цельного материала.

Условия резания при сверлении. С. для металла представляет собой двух-, реже однорезцовый инструмент. режущая кромка которого $A-B$ (фиг. 1) образована прямой, проходящей на нек-ром расстоянии a от оси OZ . Т. о. ур-ие поверхности резания м. б. представлено в виде:

ной скоростью v и одновременно совершает аксиальное движение подачи со скоростью s . Образующая при этом в просверливаемом материале поверхность представляет собой нек-рую неразвертываемую винтовую поверхность, к-рая при малых значениях s по сравнению с v м. б. заменена поверхностью однополлого гиперболоида вращения, образуемого прямой $A-B$ при вращении ее около оси OZ . Т. о. ур-ие поверхности резания м. б. представлено в виде:

$$x^2 + y^2 - z^2 \operatorname{tg}^2 \varphi = a^2. \quad (1)$$

Для произвольной точки P на режущей кромке с координатами x_1, y_1, z_1 ур-ие плоскости касательной к поверхности резания будет:

$$x_1 x + y_1 y - z_1 z \operatorname{tg}^2 \varphi - (x_1^2 + y_1^2 - z_1^2 \operatorname{tg}^2 \varphi) = 0.$$

Заменяя координаты x_1, y_1, z_1 более удобными для практич. исследования r, a и $\operatorname{tg} \varphi$, причем

$$x_1 = \sqrt{r^2 - a^2} = a \sqrt{n^2 - 1}, \quad \text{где } n = r : a; y_1 = a;$$

$$z_1 = \frac{\sqrt{r^2 - a^2}}{\operatorname{tg} \varphi} = \frac{a \sqrt{n^2 - 1}}{\operatorname{tg} \varphi},$$

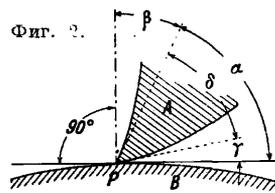
имеем

$$x \sqrt{r^2 - a^2} + a y - z \sqrt{r^2 - a^2} \operatorname{tg} \varphi - a^2 = 0$$

или

$$x \sqrt{n^2 - 1} + y - z \sqrt{n^2 - 1} \operatorname{tg} \varphi - a = 0 \quad (2)$$

Условимся в дальнейшем называть α, β, γ и δ истинные значения углов резания, переднего, заднего и угла острия в данной точке лезвия, т. е. значения углов между плоскостями, касательными к граням лезвия в этой точке, и плоскостью, касательной к поверхности резания в той же общей точке P , как это изображено на фиг. 2, представляющей собой сечение острия A и обрабатываемого предмета B плоскостью, нормальной к лезвию в данной точке. Для тех же углов, измеряемых на инструменте, введем обозначение $\alpha_n, \beta_n, \gamma_n$ и δ_n ; те же углы, измеряемые в направлении движения резания, т. е. углы в плоскости, перпендикулярной касательной плоскости к поверхности резания в данной точке и заключающей в себе направление резания, обозначим через $\alpha_p, \beta_p, \gamma_p$ и δ_p .

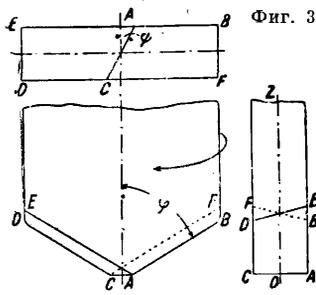


Для нахождения истинного значения последних углов при работе С., т. е. при наличии одновременных вращательного и аксиального движения, из этих последних углов д. б. вычтен угол подачи χ , определяемый из соотношения:

$$\chi = \arccos \frac{s}{1000v} = \arccos \frac{s}{2\pi nr} = \arccos \frac{s'}{2\pi r}, \quad (3)$$

где s —подача в мм/мин, v —скорость резания в м/мин, n —число об/м. С., r —радиус исследуемой точки лезвия в мм, s' —подача в мм за 1 оборот С. Как видно из этих ф-л, χ меняется вдоль лезвия, начиная с малой величины вблизи внешнего края и приближаясь к 90° по мере уменьшения r до нуля. В первом С. простейшей формы, представленном на фиг. 3, передние грани лезвий AB и CD образованы плоскостями, параллельными OZ . Обозначим грани лез-

вия С. аналогично граням нормального реза: *ABE* и *DCF*—передние грани, *ACFB* и *ACDE*—задние, или затылочные, грани; рабочекромки *AB* и *CD*—главные лезвия С., ребро *AC*—побочное, или поперечное, лезвие С. Для простого перового С. упомянутого типа уравнение передних граней имеет вид $y = a$, в соответствии с чем угол



резания выражается следующей формулой:

$$\cos \alpha = \frac{-a}{\sqrt{r^2 + (r^2 - a^2) \operatorname{tg}^2 \varphi}} = \frac{-1}{\sqrt{n^2 + (n^2 - 1) \operatorname{tg}^2 \varphi}} \quad (4)$$

Как видно из ур-ия (4), α не остается неизменным вдоль рабочего лезвия, но меняется, начиная с 180° при $r = a$, уменьшаясь по направлению к периферии, но оставаясь всегда больше 90° . Изменение угла α для различных значений $\frac{r}{a}$ при углах $\varphi = 45^\circ$ и 58° приведены в табл. 1 и на фиг. 4.

Табл. 1.—Значения углов резания плоского перового С. при различных n .

$n = r : a$	1	1,5	2	3	4	5	6
α при $\varphi = 45^\circ$	180°	$122^\circ 20'$	$112^\circ 10'$	104°	$100^\circ 20'$	$98^\circ 15'$	$96^\circ 50'$
α при $\varphi = 58^\circ$	180°	$118^\circ 20'$	107°	$100^\circ 40'$	$97^\circ 50'$	$96^\circ 16'$	$95^\circ 30'$

С. такой формы по всей рабочей грани не режет материала, для чего α д. б. $\leq 90^\circ$, а лишь скоблит и мнет его, причем особо невыгодными условия резания становятся вблизи острия С. при значениях n , близких к единице. В предельном случае при $n = 1$, $\alpha = 180^\circ$; следовательно эта часть сверла лишь мнет и выдавливает материал. К счастью наличие заднего угла γ , отличного от нуля, ослабляет этот недостаток, т. к. в этом случае рабочая кромка оканчивается при значении $r > a$, причем это значение r_{min} определяется из положения побочного лезвия по ур-ию $r_{min}^n = a : \sin \psi$, где ψ —угол, образованный побочным лезвием с *OX* и определяемый из уравнения:

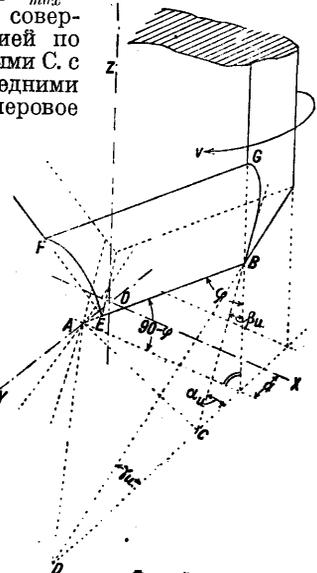
$$\operatorname{tg} \psi = \frac{ctg \gamma_u}{\operatorname{tg} \varphi} \quad (5)$$

Значения угла ψ и $r_{min} : a$ при различных значениях заднего угла γ_u при употребительном $\varphi = 58^\circ$ приведены в следующей таблице.

γ_u	2°	4°	6°	8°	10°
ψ	$83^\circ 48'$	$83^\circ 35'$	$80^\circ 25'$	$77^\circ 20'$	$74^\circ 15'$
$r_{min} : a$	1,002	1,003	1,015	1,025	1,038

γ_u	12°	15°	20°	25°	30°
ψ	$71^\circ 15'$	$66^\circ 50'$	$59^\circ 50'$	$53^\circ 10'$	$47^\circ 10'$
$r_{min} : a$	1,065	1,039	1,155	1,23	1,47

Для получения весьма часто применяемого угла наклона побочного лезвия в 55° , на к-рый рассчитаны обычно калибры для контроля правильности заточки С., надлежит (при $\varphi = 58^\circ$) сделать угол $\gamma_u = 23^\circ 36'$; при этих условиях $r_{min} : a = 1,22$ и угол $\alpha_{max} = 142^\circ 30'$. Более совершенной конструкцией по сравнению с первыми С. с параллельными передними гранями является перовое С. с положительным передним углом β (фиг. 5). Этого достигают заточкой передней грани по цилиндрич. поверхности *BEFG*, одной из образующих к-рой является режущая грань *EB*. Касательная к этой поверхности вдоль режущей грани плоскость *ABC* определяет углы резания. На реальном инструменте легче всего измерению подвергается угол β_u , составляемый с основной плоскостью



передней грани следом поверхности рабочей грани на плоскости *DBC*, параллельной *YOZ*. Ур-ие передней плоскости лезвия имеет вид:

$$x \operatorname{tg} \beta_u - y \operatorname{tg} \varphi - z \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \beta_u + a \operatorname{tg} \varphi = 0, \quad (6)$$

ур-ие задней плоскости:

$$x - y \operatorname{tg} \gamma_u \operatorname{tg} \varphi - z \operatorname{tg} \varphi + a \operatorname{tg} \gamma_u \operatorname{tg} \varphi = 0. \quad (7)$$

Истинные углы, составляемые обеими этими поверхностями с плоскостью, касательной к поверхности резания в точке *P*, находящейся на лезвии в расстоянии r от оси вращения С., выражаются ф-лами:

$$\cos \beta = \sin \alpha = \frac{(1 + \operatorname{tg}^2 \varphi) \operatorname{tg} \beta_u \sqrt{n^2 - 1} - \operatorname{tg} \varphi}{\sqrt{[n^2 + (n^2 - 1) \operatorname{tg}^2 \varphi] (\operatorname{tg}^2 \beta_u + \operatorname{tg}^2 \varphi + \operatorname{tg}^2 \varphi \operatorname{tg}^2 \beta_u)}} \quad (8)$$

$$\cos \gamma = \frac{(1 + \operatorname{tg}^2 \varphi) \sqrt{n^2 - 1} - \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \gamma_u}{\sqrt{[n^2 + (n^2 - 1) \operatorname{tg}^2 \varphi] (1 + \operatorname{tg}^2 \varphi \operatorname{tg}^2 \varphi + \operatorname{tg}^2 \varphi)}} \quad (9)$$

Изменение величины этих углов вдоль лезвия от $r = a$ до $r = 10a$ дано для $\varphi = 58^\circ$, $\beta_u = 20^\circ$ и $\gamma_u = 12^\circ$ в табл. 2 и графически на фиг. 6.

Как видно из сравнения табл. 1 и 2, заточка передней поверхности перового С. влечет за собой значительное ухудшение условий работы режущей кромки. Основными недостатками этого рода С. являются: 1) неудобство заточки, к-рая должна производиться по обеим граням—передней и задней,—причем совершенно не обеспечено получение правильных углов лезвия; 2) плохой отвод получающейся стружки и 3) плохое направление С. в отверстии, к-рое осуществляется лишь двумя сравнительно короткими

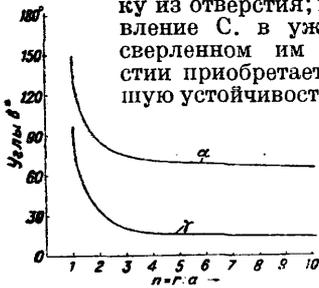
Табл. 2.—Значения углов резания α и задней заточки γ для заточенного перового сверла.

n	1,0	1,5	2	3	4	5	6	8	10	∞
α	157°	92°10'	83°45'	76°20'	74°30'	73°0'	71°50'	70°40'	69°45'	66°45'
γ	100°10'	41°50'	29°0'	20°50'	18°10'	16°30'	15°30'	14°30'	13°50'	—

боковыми поверхностями С., лежащими по образующим отверстия, что обеспечивает устойчивость С. лишь в плоскости, заключающей эти грани. Для уменьшения этих недостатков были созданы спиральные С. (фиг. 7), у которых заточка производится лишь по задней поверхности, причем правильные значения переднего угла обеспечиваются углом наклона канавки. Отвод стружек облегчается наличием винтовой поверхности канавки, которая при вращении С. выводит стружку из отверстия; направление С. в уже просверленном им отверстии приобретает большую устойчивость, т. к.

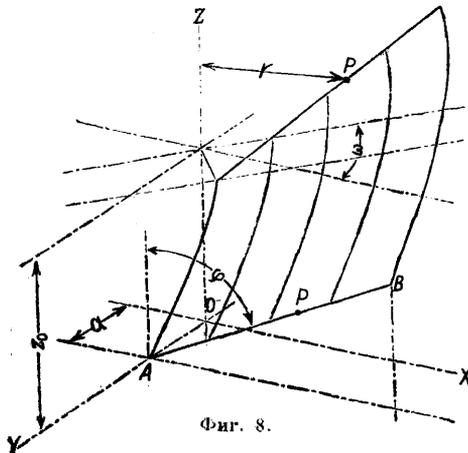


Фиг. 7.



Фиг. 6.

касание С. со стенками отверстия имеет место не по образующей, а по винтовой линии, чем и обеспечивается отсутствие возможных перемещений по всем направлениям, кроме осевого. Рабочая поверхность канавки спирального С. нормального типа определяется из следующих условий: 1) лезвие должно представлять собой прямую линию, проходящую на расстоянии a от оси С. и составляющую с ней угол φ ; 2) шаг винтовой поверхности д. б. неизменным по данному поперечному сечению. Этим обоим условиям удовлетворяет винтовая неразвертываемая поверхность, образованная винтовым движением лезвия АВ (фиг. 8) вокруг оси ОZ, при-



Фиг. 8.

чем перемещению отрезка вдоль оси на z_0 соответствует вращение на угол $\omega = \frac{2\pi}{H} z_0$, где H —шаг винтовой поверхности в данном сече-

нии. Выбирая за параметры расстояние r точки P от оси OZ и угол поворота ω , получаем ур-ия винтовой поверхности в виде:

$$\left. \begin{aligned} x &= \sqrt{r^2 - a^2} \cos \omega + a \sin \omega, \\ y &= a \cos \omega - \sqrt{r^2 - a^2} \sin \omega, \\ z &= \sqrt{r^2 - a^2} \operatorname{tg} \varphi + \frac{H}{2\pi} \omega, \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

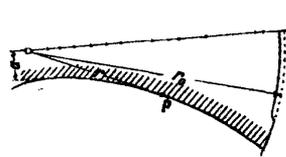
или же, заменяя эти параметры через $n = \frac{r}{a}$ и z_0 , получим те же ур-ия в виде:

$$\left. \begin{aligned} x &= a \left(\sqrt{n^2 - 1} \cos \frac{2\pi z_0}{H} + \sin \frac{2\pi z_0}{H} \right), \\ y &= a \left(\cos \frac{2\pi z_0}{H} - \sqrt{n^2 - 1} \sin \frac{2\pi z_0}{H} \right), \\ z &= a \sqrt{n^2 - 1} \operatorname{tg} \varphi + z_0. \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

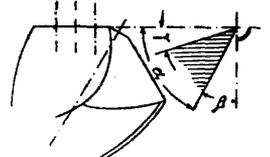
В пересечении плоскостью, перпендикулярной OZ , эта поверхность дает кривую, выражаемую ур-иями:

$$\left. \begin{aligned} x &= a \left[\sqrt{n^2 - 1} \cos \left(\frac{2\pi a}{H} \sqrt{n^2 - 1} \operatorname{tg} \varphi \right) - \right. \\ &\quad \left. - \sin \left(\frac{2\pi a}{H} \sqrt{n^2 - 1} \operatorname{tg} \varphi \right) \right], \\ y &= a \left[\cos \left(\frac{2\pi a}{H} \sqrt{n^2 - 1} \operatorname{tg} \varphi \right) + \right. \\ &\quad \left. + \sqrt{n^2 - 1} \sin \left(\frac{2\pi a}{H} \sqrt{n^2 - 1} \operatorname{tg} \varphi \right) \right]. \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

Форма полученной кривой для частного случая $\varphi = 58^\circ$, $r_0 = 8a$ и $\chi_0 = 30^\circ$ изображена на фиг. 9



Фиг. 9.



Фиг. 10.

(r_0 —наружный радиус С., χ_0 —угол наклона винтовой линии на внешней поверхности С. к OZ). Получающиеся при этом относительные значения ординат $\frac{x}{a}$ и $\frac{y}{a}$ приведены в табл. 3.

Табл. 3.—Ординаты поперечного сечения передней поверхности канавки спирального сверла для разных значений $r: a = n$.

n	1,0	1,2	1,5	2	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0
$x: a$	0,0	0,633	1,07	1,65	2,18	2,68	3,65	4,56	5,41	7,08
$y: a$	1,0	1,02	1,056	1,113	1,23	1,35	1,66	2,05	2,53	3,76

Проводя ряд сечений, перпендикулярных к режущему ребру лезвия (фиг. 10), получим истинные значения переднего угла в Φ -и величин, определяющих винтовую канавку (фиг. 11), по ур-ию:

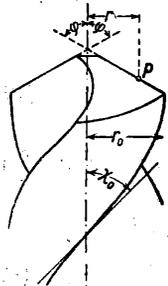
$$\beta = \epsilon \operatorname{rg} \operatorname{tg} \left[\frac{\operatorname{tg} z_0 \sqrt{r^2 - a^2}}{r_0 \sin \varphi - a \operatorname{tg} z_0 \cos \varphi} \right]. \quad (13)$$

Изменение угла β вдоль лезвия нормального спирального С. ($r: a = 10,0$; $\varphi = 60^\circ$; $\chi = 30^\circ$) в Φ -и $n = r: a$ приведено в табл. 4. Задав-

Табл. 4.—Значения β для нормального спирального сверла в функции отношения $r : a = n$.

n	1,0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0
β	3°50'	7°40'	14°55'	21°50'	28°0'	33°40'

шись требованием неизменности угла β вдоль лезвия, мы можем спроектировать соответствующую форму канавки и режущей кромки. При условии, чтобы проекция кромки на плоскость, перпендикулярную OZ , изображалась прямой линией (фиг. 12), пользуясь упрощенной формой ур-ия (13), получаем:

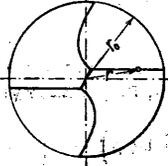


$$\sin \varphi = r \frac{\operatorname{tg} \chi_0}{r_0 \operatorname{tg} \beta} = rk,$$

$$\text{где } k = \frac{\operatorname{tg} \chi_0}{r_0 \operatorname{tg} \beta}.$$

Это ур-ие представляет собой закон изменения угла наклона режущей кромки к OZ при условии постоянства угла β ; замечая, что

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{rk}{\sqrt{1-r^2k^2}} = \frac{dz}{dr},$$

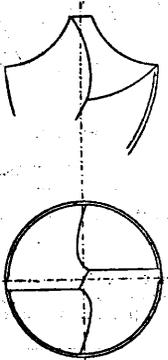


Фиг. 11.

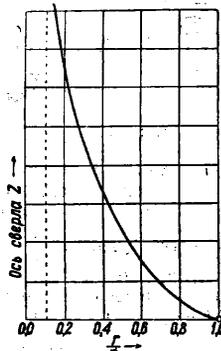
получаем следующее выражение для z :

$$z = - \int \sqrt{\frac{r^2k^2}{1-r^2k^2}} dr = \frac{1}{k} \left\{ \ln \left[\frac{1}{kr} \pm \sqrt{\left(\frac{1}{kr}\right)^2 - 1} \right] \pm \pm \sqrt{1-r^2k^2} \right\} + C. \quad (14)$$

Получающаяся при этом форма лезвия изображена на фиг. 13; как видим из фигуры, лезвие

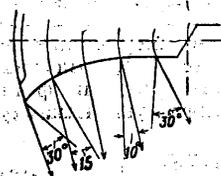


Фиг. 12.

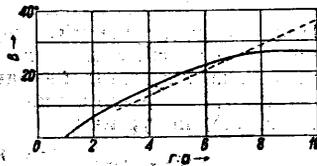


Фиг. 13.

получается чрезвычайно вытянутой у острия формы. Непрочность острия и крайнее неудобство заточки такого S . заставляют отказаться



Фиг. 14.



Фиг. 15.

от этой теоретически несомненно, очень интересной формы лезвия. Значительного улучше-

ния углов резания вдоль режущей кромки лезвия можно достигнуть, отказавшись от условия прямолинейности проекции кромки на плоскость XOY . Делая ее вогнутой (фиг. 14) и

изменяя одновременно углы χ и φ (в данном случае приняты $\chi = 45^\circ$ и $\varphi = 45^\circ$), получим изменение угла β в ф-ии $n = r : a$ согласно фиг. 15, где пунктиром изображено изменение того же угла для нормального S . с прямолинейным острием и с углами $\chi_0 = 30^\circ$ и $\varphi = 60^\circ$.



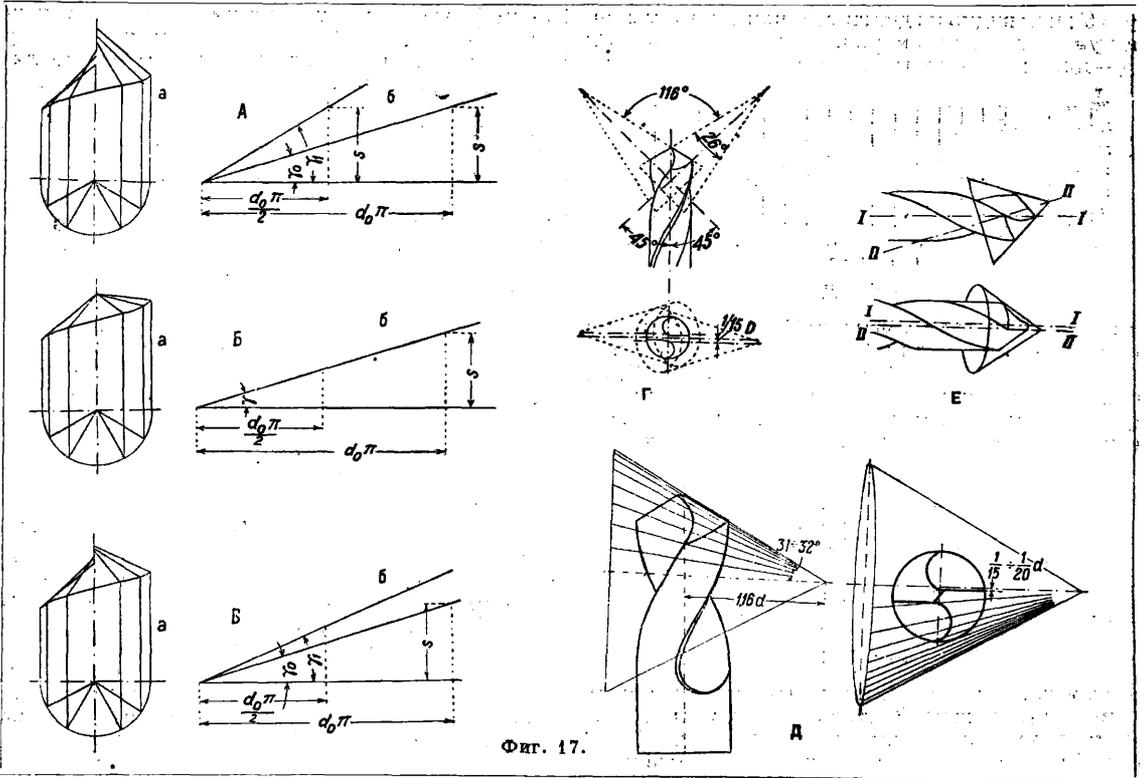
Фиг. 16.

При работе S . каждая точка лезвия описывает в металле свою винтовую линию, угол ζ наклона к-рой к плоскости XOY определяется из ур-ия $\zeta = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{s}{2\pi r}$, где s —подача S . за один оборот. Условием, необходимым для того, чтобы режущая кромка сверла могла вообще снимать стружку, является $\zeta < \gamma_p$, где γ_p —задний угол по цилиндрической поверхности сечения на соответственном радиусе r . Изменение угла подачи ζ по длине лезвия изображено на фиг. 16, а соответствующие числовые значения даны в табл. 5.

Табл. 5.—Значения (β') угла подачи ζ в функции n для $s \cong 0,05 r_0$.

n	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0
$\operatorname{tg} \zeta$	0,008	0,00533	0,004	0,00277	0,002	0,0016	0,00133	0,001	0,0008
ζ	27,8	18,4	13,8	9,2	6,9	5,5	4,6	3,45	2,75

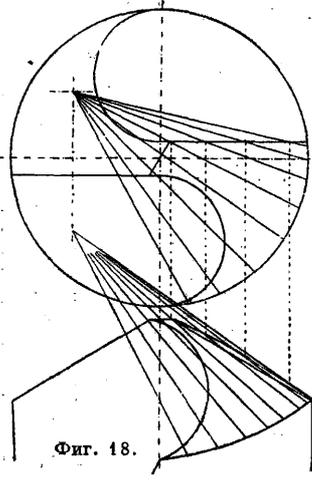
Как видно из табл. 5, значения ζ для общепотребительных величин подачи весьма невелики и мало влияют на величину угла задней заточки. Для получения б. или м. равномерно или, что лучше, возрастающего к середине S . угла задней заточки у существует несколько систем образования заточечной поверхности S ., изображенных схематически на фиг. 17. Одним из способов заточки является заточка по винтовой поверхности (фиг. 17; А, Б и В), причем возможны 3 варианта: 1) постоянный шаг (фиг. 17, А, а)—при этом способе угол γ возрастает от периферии к центру, как это явствует из фиг. 17, А, б; 2) постоянный угол (фиг. 17, Б, а)—при этом методе заточки угол γ остается постоянным (фиг. 17, Б, б), но шаг должен изменяться по диаметру S . Последнее условие вносит нек-рое усложнение в конструкцию шлифовальных станков для заточки. Наконеч третий способ заточки, представляющий собой комбинацию обоих первых (фиг. 17, В, а), является наиболее правильным, т. к. увеличение угла γ к оси S . остается в допустимых границах (фиг. 17, В, б). Очень распространены способы заточки задней поверхности по конусу, причем существуют три основных способа: способ Уолшерна (фиг. 17, Г), при к-ром задняя поверхность является частью поверхности конуса с углом при вершине в 26° и с осью, наклонной к оси S . под углом 45° , причем ось конуса смещена относительно оси S . в плоскости, параллельной режущей кромке на $1/15 d$, а вершина конуса находится на расстоянии $s = 2,64 d$ от оси S . При этих условиях, как это изображено в преувеличенном виде на фиг. 18, режущая кромка образована не одной образующей конуса, а пересечением целого ряда их.



Фиг. 17.

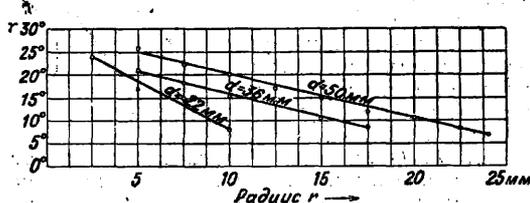
передней поверхностью спиральной канавки С. Вследствие этого рабочая кромка при этом способе имеет слегка выпуклую форму, что невыгодно отзывается на распределении величины заднего угла вдоль кромки.

Второй способ — Вейскера — удобнее в том отношении, что не требует перестановки станка по размеру С.; при нем задняя поверхность (фиг. 17, Д) образована конусом с углом при вершине, равным $180^\circ - 2\varphi$ (обычно 64°), с вершиной, лежащей на $1,16 d$



Фиг. 18.

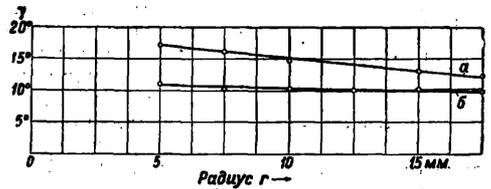
ниже оси С. и с осью, перпендикулярной к оси С. и лежащей на $(\frac{1}{15} - \frac{1}{20}) d$ впереди



Фиг. 19А.

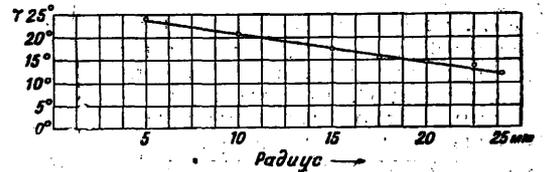
режущей кромки лезвия. По третьему способу задняя поверхность является поверхностью ко-

нуса (фиг. 17, Е) со смещенной осью и вершиной, лежащей впереди острия. Распределение углов



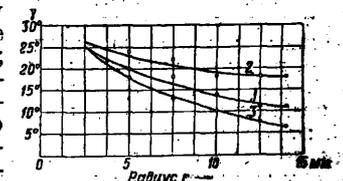
Фиг. 19В.

задней заточки, смещенных на цилиндрич. концентрич. поверхностях радиуса r при различ-



Фиг. 19В:

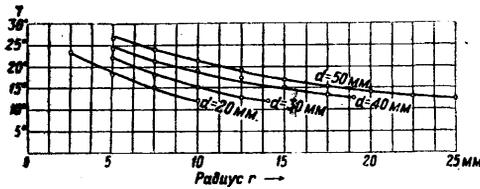
ных способах заточек, изображено на фиг. 19, а именно: А — заточка по винтовой поверхности ближе к первому типу; Б — то же по третьему типу; В — сложное движение по винтовой и отчасти по конусной поверхности; Г — заточка по методу Уолберга с тремя различными установками: 1 — с нормальным $\gamma_0 = 12^\circ$, 2 — с увеличенным $\gamma_0 = 18^\circ$ и 3 — с уменьшенным



Фиг. 19Г.

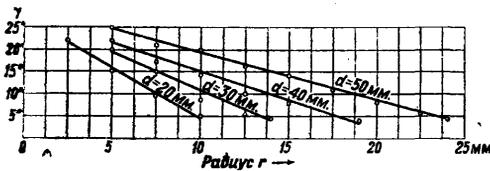
9

$\gamma_0 = 6^\circ$; как видно из диаграмм, влияние установки уменьшается по мере приближения к оси С.; Д—тоже при нормальной установке, для С. че-



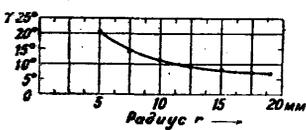
Фиг. 19Д.

тирех различных диаметров; Е—для заточки по системе Вейскера для С. различных размеров и Ж—для способа, изображенного на фиг. 17, Е, причем в этом случае значение угла зависит только от расстояния точки от оси С., но не зависит от диаметра самого С. Типы шлифовальных



Фиг. 19Е.

машин для заточки С. по упомянутым методам описаны в ст. *шлифовальные станки* (см.). Элементы нормального спирального С. (фиг. 20) для обработки стали и других вязких среднетвердых материалов следующие: угол острия $2\varphi = 116-118^\circ$; угол подъема винтовой поверхности на



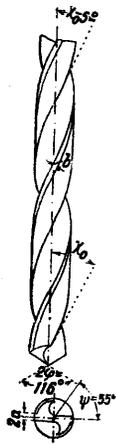
Фиг. 19Ж.

внешней поверхности С. $\chi_0 = 30^\circ$, угол наклона побочного лезвия $\varphi = 55^\circ$; угол задней заточки лучше брать не особенно большим: $6-8^\circ$ на

внешней окружности С., увеличивая до $20-25^\circ$ к внутреннему концу лезвия; для уменьшения трения боковые наружные поверхности витков стачиваются на несколько десятых мм и оставляют только направляющую фаску шириной b , равной:

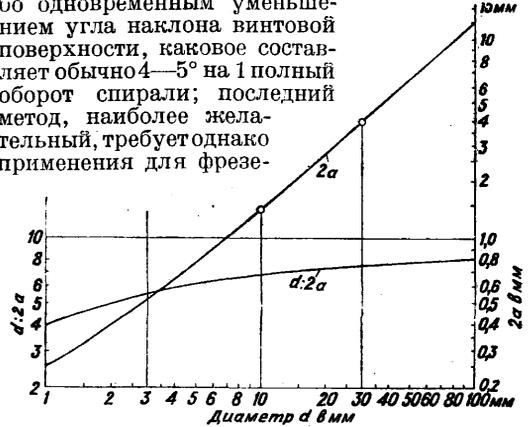
b , мм. . . 10 20 30 40 50 60 80 100
 b , мм. . . 1,3 2,0 2,8 3,0 3,4 3,6 3,8 4,0

Наружный диаметр С. суживается к заднему концу для предупреждения заклинивания С. в работе и уменьшения трения о стенки отверстия. Сужение составляет $0,1-0,15$ мм на 100 мм длины С. Сердечник С., т. е. средняя часть, соединяющая оба лезвия, делается настолько тонкой, насколько это возможно, не ослабляя излишне С.; у нормальных С. толщину сердечника, равную $2a$, делают у рабочего конца нового (т. е. не укоротившегося еще) С. равной $(0,13-0,15) d$ для крупных С. диам. больше 30 мм; для более малых С. это отношение увеличивают, доходя до $0,25 d$ при $d=1$ мм. Графически зависимость $d:2a$ и $2a$ в ф-ии диаметра С. изображена на фиг. 21. По направлению к хвосту сверла толщина сердечника увеличивается, причем увеличение достигает $30-35\%$; этого достигают либо простым под-



Фиг. 20.

емом фрезера, т. е. только уменьшением глубины канавки, что однако нежелательно в виду уменьшения площади прохода стружки, либо одновременным уменьшением угла наклона винтовой поверхности, каковое составляет обычно $4-5^\circ$ на 1 полный оборот спирали; последний метод, наиболее желательный, требует однако применения для фрезе-



Фиг. 21.

рования канавок специальных станков, автоматически производящих указанное изменение угла наклона при фрезеровании канавки. Для обработки необычных материалов применяют С. с отличными от нормальных параметрами. Изменению подвергают гл. обр. углы φ и χ_0 ; как общее правило для хрупких и твердых материалов применяют большие углы φ и малые углы χ_0 , по мере возрастания вязкости и мягкости материала угол φ уменьшают, а угол χ_0 увеличивают; значения этих углов по данным различных з-дов и исследователей сведены в табл. 6.

Табл. 6.—Значения углов φ и χ_0 сверл, предназначенных для работы в различных материалах.

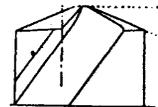
Обрабатываемый материал	Герм. данные		Америн. данные	
	φ	χ_0	φ	χ_0
Нормальная мягкая сталь	58°	$25-30^\circ$	$59-60^\circ$	$28-30^\circ$
Строительная сталь	—	—	$60-62^\circ$	25°
Бронза и медь	—	—	60°	13°
Латунь	65°	16°	—	—
Медь	65°	45°	—	—
Алюминий и дуралюмин	70°	45°	60°	35°
Склерон	50°	45°	—	—
Электрон	50°	40°	—	—
Силумин	70°	40°	45°	35°
Мрамор, тролит	45°	18°	—	—
Эбонит, банелит	15°	17°	30°	16°

Для сверления очень твердой марганцовистой стали было предложено скашивать от руки оселком режущую кромку С. т. о., чтобы $\beta_u = 0$ (фиг. 22).

Форма фрезера для фрезерования винтовой канавки спиральных С. должна удовлетворять тому условию, чтобы ее меридиональное сечение было одинаково с сечением канавки С. плоскостью $X'OY$ (фиг. 23), перпендикулярной средней винтовой линии канавки на наружной поверхности С. Плоскость эта в ранее принятых обозначениях выражается ур-ем:

$$x + z \operatorname{tg} \chi_0 = 0.$$

Решая это ур-ие совместно с системой трех



Фиг. 22.

ур-ий (11), определяющих рабочую поверхность винтовой канавки, получаем систему ур-ий, выражающих линию пересечения ее с наклонной плоскостью (кривая б, фиг. 23). Совмещая плоскость X'OY с XOY, получаем искомую кривую в ее неискаженном виде (кривая в), причем она определяется в ф-ии угла поворота ω системой двух ур-ий:

$$\begin{cases} x = \frac{a}{\cos \chi_0} \left[\frac{\operatorname{tg} \varphi (n_0 \omega + \operatorname{tg}^2 \chi_0 \sin \omega) \cos \omega}{\operatorname{tg} \chi_0 + \operatorname{tg}^2 \chi_0 \operatorname{tg} \varphi \cos \omega} - \sin \omega \right] \\ y = a \left[\cos \omega + \frac{\operatorname{tg} \varphi (n_0 \omega + \operatorname{tg}^2 \chi_0 \sin \omega) \sin \omega}{\operatorname{tg} \chi_0 + \operatorname{tg}^2 \chi_0 \operatorname{tg} \varphi \cos \omega} \right] \end{cases} \quad (15)$$

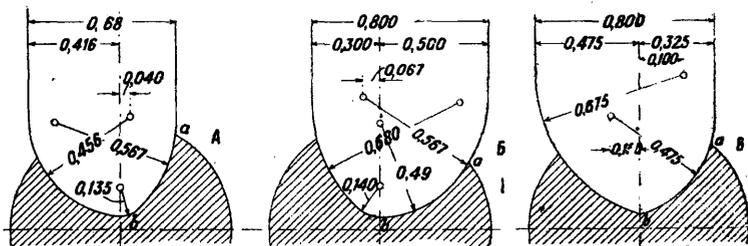
где $n_0 = \frac{r_0}{a}$, причем r_0 —внешний радиус С. На фиг. 23 система прямых 0—0, 1—1, 2—2, ... 0'—0', 1'—1', 2'—2', ... определяет собой рабочую поверхность винтовой канавки спирального С. Числовые значения n , $\frac{x}{a}$ и $\frac{y}{a}$ для нормального С. с параметрами $r_0 = 7a$, $\varphi = 58^\circ$, $\chi_0 = 30^\circ$ приведены в табл. 7.

Табл. 7.—Координаты кривой нормального сечения рабочей поверхности винтовой канавки сверла.

ω	0°	-2°	-5°	-10°	-15°	-20°	-25°	-30°	-35°
n	1,000	1,065	1,362	2,105	2,98	3,92	4,90	5,96	7,12
$\frac{x}{a}$	0,000	0,388	0,954	1,905	2,83	3,71	4,54	5,32	6,02
$\frac{y}{a}$	1,000	1,012	1,072	1,307	1,69	2,21	2,94	3,81	4,87

Эта кривая с достаточной для практич. целей точностью м. б. заменена дугами окружностей одного или двух различных радиусов. Формы фрезеров для обработки канавок нормальных ($n_0 = 7$, $\chi_0 = 30^\circ$, $\varphi = 58^\circ$) спиральных С. изображены в соединении с их установкой относительно оси С. на фиг. 24, где А—фрезер германского типа, Б—фрезер предложенной автором формы, В—фрезер америк. типа. Понятно, что фрезеры этой формы при других параметрах лезвия не дадут точной формы режущей кромки а-б; при измененных параметрах режущая кромка получается слегка вогнутой, что, как мы видели, благоприятно отзывается на величине угла резания; поэтому обычно применяют и в этих случаях нормальные фрезеры.

Условия резания при сверлении несколько отличаются от таковых при снятии стружки реза-



Фиг. 24.

ми (см. Резание). Главное отличие обусловлено тем, что каждая точка лезвия обладает собственной окружной скоростью; вследствие этого явление скалывания стружки происходит неодновременно по длине лезвия, чем и объясняется отсутствие дрожания лезвия при сверлении. Этому преимуществу сверления однако противостоит ряд недостатков, обусловленных несовершенством отвода тепла, развивающегося при резании, и затрудненным отходом стружки. Оба эти фактора заставляют применять при сверлении значительно меньшие скорости резания и величины подачи, чем при резании свободно стоящими резами. Сопротивление сверлению складывается из двух величин—вращаю-

щего момента M_d , необходимого для вращения сверла, и усилия подачи P_d . Мощность сверления в НР:

$$A_d = \frac{1}{7500} (M_d \omega + P_d v_s) = \frac{n}{450000} (2\pi M_d + P_s),$$

где ω—угловая скорость С. в ск.⁻¹; M_d —вращающий момент в кгсм, P_d —усилие подачи в кг, v_s —скорость подачи в см/сек, n—число об/м. С., s—подача в см за 1 оборот С. Момент сопротивления С. рабочему движению м. б. рассмотрен как образованный двумя горизонтальными составляющими сопротивления резанию P_p (фиг. 25), действующими на плече в 0,5d. У данного С. и обрабатываемого материала величина P_p , а следовательно и M_d подвержена тому же логарифмическому закону, что и в случае резов; в общем случае

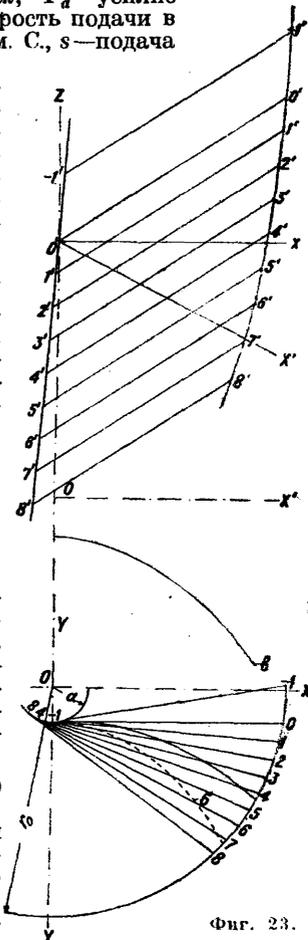
$$M_d = K'_p s^{\epsilon_1} d^{\epsilon_2}. \quad (16)$$

Усилие подачи P_d , образуемое осевыми составляющими сопротивления резанию, сложными с усилием на промежуточное лезвие, выражается в зависимости от сечения стружки ф-ией вида

$$P_d = K''_p s^{\epsilon_3} d^{\epsilon_4}. \quad (17)$$

Значения K'_p и K''_p настолько различны для разных материалов и форм С., что привести их абсолютные величины весьма затруднительно, лучше всего определять их для каждого конкретного случая отдельно, тогда как величины показателей у различных исследователей имеют довольно сходные значения. Так, для сименс-мартееновской стали по данным германских ис-

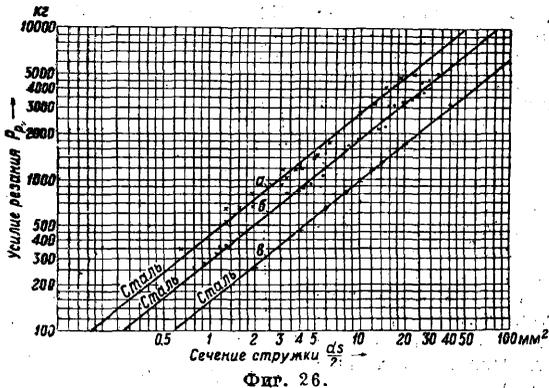
следователей $\epsilon_1 = 0,8$, $\epsilon_2 = 1,8$, $\epsilon_3 = 0,8$, по американским данным $\epsilon_1 = 0,78$, $\epsilon_2 = 1,8$, $\epsilon_3 = 1,0$; для чугуна по германским данным $\epsilon_1 = 0,75$, $\epsilon_2 = 1,75$, $\epsilon_3 = 0,70$, по америк.— $\epsilon_1 = 0,6$, $\epsilon_2 = 2,0$, $\epsilon_3 = 1,0$. Графически зависимость рабочего момента и усилия подачи для сименс-мартееновской стали и чугуна приведена на фиг. 26 и 27.



Фиг. 23.

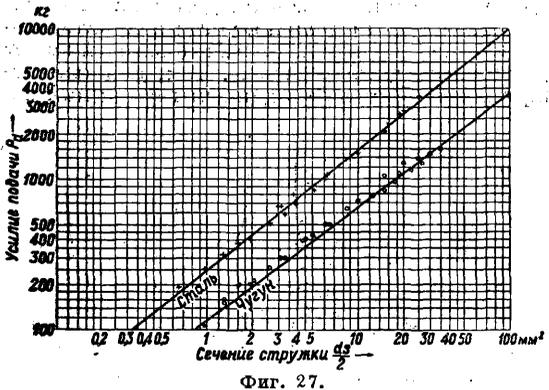
Кривые *a* и *б* (фиг. 26) представляют результаты двух разных серий опытов сверления в цельном материале, тогда как кривая *в* относится к сверлению отверстий по предварительно просверленному отверстию diam. 0,2 *d*. Вопрос об экономических параметрах для С. как оптимуме из сопоставления требования наименьшего расхода энергии на сверление и наибольшей устойчивости лезвия за отсутствием достаточного опытного материала остается до настоящего времени открытым. Равным образом весьма недостаточен имеющийся материал о размерах и точности формы отверстий, обработанных нормальными С.

Типы С. Простейшим типом С. является дрельное С. (фиг. 28), работающее одинаково при вращении его в обе стороны, что объясняется симметричностью его лезвия относительно диаметральной плоскости. Т. к. при этих условиях углы резания получаются зна-



Фиг. 26.

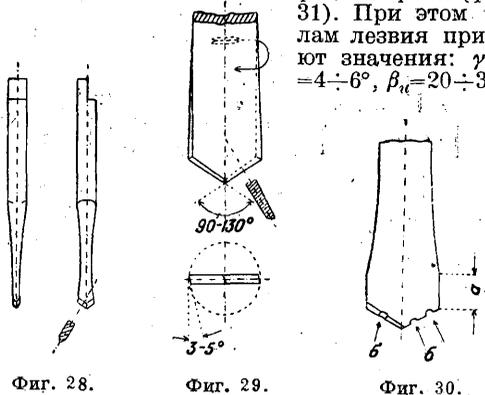
чительно больше 90°, то здесь имеет место не резание, а скобление материала, чем обуславливается малая производительность этих С. Более совершенным является перовое С., элементы которого даны на фиг. 29; более тупые углы ϕ заострения лезвия дают для сверления твердых материалов, более острые — для мягких и вязких. Недостатком С. этого типа является



Фиг. 27.

их плохое направление в просверленной части отверстия; для улучшения направления крупные С. снабжают отшлифованными цилиндрическими направляющими поверхностями *a* (фиг. 30), лежащими по бокам режущих граней. Для облегчения отвода стружки крупные перовые С. снабжают стружкообразователями *б*, *в*, причем по-

следние, лежащие на двух лезвиях, д. б. смещены один относительно другого. Дальнейшее улучшение условий работы перового С. может быть достигнуто заточкой канавки на его передней грани (фиг. 31). При этом углы лезвия принимают значения: $\gamma_{л} = 4-6^\circ$, $\beta_{л} = 20-30^\circ$;



Фиг. 28.

Фиг. 29.

Фиг. 30.

скашивая слегка заднюю нерабочую поверхность С. (фиг. 31, *a*), достигают утончения поперечного лезвия и как следствие этого более легких условий резания. Направляющие по бокам такого С. делают длиной $l = 0,5 - 1,0d$. В такой форме перовое С. является достаточно удобным и экономичным инструментом, особенно для сверления крупных отверстий диаметром более 30 мм. При перовых С. крупного диаметра рекомендуется применение вставных пластинок из быстрорежущей стали, зажатых в борштангу из нормальной сименс-мартеповской стали (фиг. 32). Укрепление пластинок производится б. ч. при помощи конич. штифта.

Для сверления глубоких отверстий необходимо обеспечить как подведение струи охлаждающей жидкости к лезвию, так и отвод ее вместе с получающимися стружками. Конструкция борштанги для глубокого сверления изображена на фиг. 33; пластинка из быстрорежущей стали *a* укреплена в прорезе борштанги *б* двумя винтами *в*, *в*; разветвляющийся канал *г*, *г* служит для подвода охлаждающей жидкости, тогда как канавки *д* предназначены для отвода стружек; упорка *е* служит для показания достижения требуемой глубины сверления. При вырезании пластинок из полосы необходимо выбирать их положение по отношению к направлению вальцевания стальной полосы согласно фиг. 34, т. к. иначе при снятии большой стружки пластинки легко трескаются. Для сверления отверстий с плоским дном применяют центровое С. типа, изображенного на фиг. 35; центр *a* служит для сообщения направления С. в начале сверления отверстия; значения углов лезвия приведены на фигуре. Недостатком перовых С. для глубокого сверления является недостаточность направления, вследствие чего их сверления глубоких отверстий применяют пре-



Фиг. 31.

скаживая слегка заднюю нерабочую поверхность С. (фиг. 31, *a*), достигают утончения поперечного лезвия и как следствие этого более легких условий резания. Направляющие по бокам такого С. делают длиной $l = 0,5 - 1,0d$. В такой форме перовое С. является достаточно удобным и экономичным инструментом, особенно для сверления крупных отверстий диаметром более 30 мм. При перовых С. крупного диаметра рекомендуется применение вставных пластинок из быстрорежущей стали, зажатых в борштангу из нормальной сименс-мартеповской стали (фиг. 32). Укрепление пластинок производится б. ч. при помощи конич. штифта.

Табл. 8. — Размеры инструментальных конусов Браун и Шарп (фиг. 47) в мм.

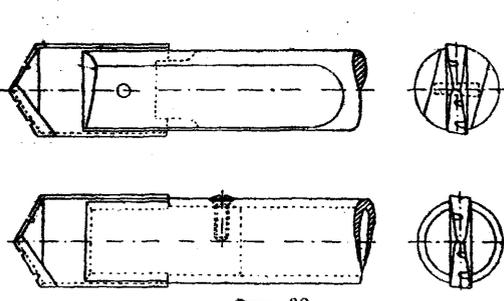
№	D	d	l ₁	l ₂	l ₃	l ₄	l ₅	a	b	c	h
1	6,07	5,08	23,81	26,99	23,81	32,54	30,16	4,76	3,18	3,43	9,53
2	7,59	6,35	30,16	33,34	29,77	40,48	38,10	6,35	3,97	4,22	12,70
3	9,53	7,93	38,10	41,28	37,31	50,01	47,63	7,94	4,76	5,00	15,88
3	9,78	7,93	44,45	47,63	43,66	56,36	53,98	7,94	4,76	5,00	15,88
3	10,03	7,93	50,80	53,98	50,01	62,71	60,33	7,94	4,76	5,00	15,88
4	10,21	8,89	31,75	34,93	30,56	44,45	42,07	8,73	5,56	5,79	17,46
4	10,67	8,89	42,86	46,04	41,67	55,56	53,18	8,73	5,56	5,79	17,46
4	13,28	11,43	44,45	47,63	42,86	57,95	55,56	9,53	6,35	6,60	19,05
5	13,54	11,43	50,80	53,98	49,21	64,30	61,91	9,53	6,35	6,60	19,05
5	13,69	11,43	53,98	57,15	52,39	67,47	65,09	9,53	6,35	6,60	19,05
5	15,22	12,70	60,33	63,50	58,34	75,41	73,03	11,11	7,14	7,39	22,23
6	16,13	12,70	82,55	85,73	80,57	97,63	95,25	11,11	7,14	7,39	22,23
7	19,48	15,24	101,60	104,78	99,22	117,48	115,10	11,91	7,91	8,18	23,81
8	22,81	19,05	90,49	93,67	87,71	107,95	104,78	12,70	8,73	8,97	25,40
8	23,29	19,05	101,60	104,78	98,83	119,07	115,89	12,70	8,73	8,97	25,40
9	27,10	22,86	101,60	104,78	98,43	120,65	117,48	14,29	9,53	9,78	28,58
9	27,36	22,86	107,95	111,13	104,78	127,00	123,83	14,29	9,53	9,78	28,58
10	32,01	26,53	127,00	130,18	123,04	148,41	145,26	16,67	11,11	11,35	33,34
10	32,74	26,53	144,47	147,64	140,50	165,90	162,72	16,67	11,11	11,35	33,34
10	33,33	26,53	157,96	161,14	153,99	179,40	176,22	16,67	11,11	11,35	33,34
11	38,05	31,75	150,82	153,99	146,85	172,25	169,08	16,67	11,11	11,35	33,34
11	38,89	31,75	171,46	174,63	167,49	192,89	189,71	16,67	11,11	11,35	33,34
12	45,85	38,10	180,98	184,16	176,22	204,80	201,62	19,05	12,70	12,95	38,10
13	52,66	44,45	198,86	200,03	192,09	220,67	217,50	19,05	12,70	12,95	38,10
14	59,54	50,80	208,56	212,73	204,00	235,75	232,58	21,43	14,29	14,53	44,45
15	66,42	57,15	222,26	225,43	216,70	248,45	245,28	21,43	14,29	14,53	44,45
16	73,28	63,50	234,96	238,13	228,61	263,53	260,36	23,81	15,88	16,13	47,63
17	80,17	69,85	247,66	250,83	—	—	—	—	—	—	—
18	87,05	76,20	260,36	263,53	—	—	—	—	—	—	—

Сужение у всех конусов (за исключением № 10) $\lambda=1:24=0,0416667$, у конусов № 10 $\lambda_1=1:231/4=0,0430108$.

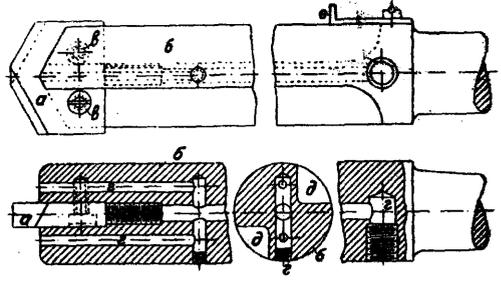
имущественно однорезцовые С. типа пушечных С. Простейшие типы пушечных С. изображены на фиг. 36 (А и Б); часть б, показанная на фиг. 36 Б пунктиром, служит для обточки, шлифовки и фрезерования С.; перед заточкой она отпиливается. Более совершенным инструментом является С., изображенное на фиг. 37; лезвие из быстрорежущей стали и наваривается или наплавляется медью на фасонную трубку д сименс-мартеповской стали. Направление С. совершается по трем фаскам а, б и в; фаска а делается не более 0,5 мм шириной, круто подрезается с нерабочей стороны и должна плотно прилегать к стенкам просверленного отверстия. Поперечное сечение лезвия представлено на фиг. 37А, а способ заточки острья — на фиг. 37Б. Затылочный угол равен у этих С. 4—6°. Для глубокого сверления особотонких отверстий применяют двухрезцовые С. с прямыми канавками типа, изображенного на фиг. 38; заточка острья производится тем же способом, что и у спиральных С. Несколько типов америк. С. для глубоких отверстий изображено на фиг. 39, 40, 41; на фиг. 39 изображено однорезцовое С. со ступенчатым резов а из быстрорежущей стали для сверления отверстий значительного диаметра; по окружности тела С. впущены 5 стальных закаленных шпонок б, к-рые шлифуются по диаметру отверстия. Фиг. 40 изображает проходное С. для чистой расточки больших глубоких отверстий. Тело а С., соединяемое конич. хвостовиком б с борштангой, делают из чугуна, направляющие деревянные щеки в, в — из дуба или тополя, пропитанного животным (львовым) маслом, резы г, г, изображенные в более крупном масштабе на фиг. 40, А, — из инструментальной стали высшего качества. Рабочие концы резов заточены на конус 1:10, далее следует прямой участок длиной ок. 25 мм. Подвод масла совершается по трубкам д, д. Американский тип С. для глубоких отверстий малого диаметра изображен на фиг. 41. Пустотелые штанги для этих С. готовятся след. обр.: болванка из инструментальной или быстрорежущей стали просверливается по всей длине, отверстие плотно забивается особым составом, концы отверстий закрываются пробками, и затем болванка нагревается и подвергается прокатке в желаемую форму. По окончании горячей обработки состав из отверстия удаляется жидкостью под сильным давлением. Этим способом можно получать пустотелые штанги небольших сечений и весьма значительной длины. Для сверления глубоких отверстий очень крупного диаметра (напр. каналы орудий крупного калибра) применяют л о ж е ч н ы е С., к-рые вынимают только кольцевую канавку вдоль стенок отверстия, оставляя в середине отверстия б. или м. тол-

стый нетронутый сердечник. Двухрезцовое ложечное С. изображено на фиг. 42; резы а и б, из коих один снабжен стружкоразбивателями, а другой гладкий, привернуты к телу в из сименс-мартеповской стали, последнее скреплено стружкой г, служащей одновременно оправкой и каналом для охлаждающей жидкости. Бронзовые или из твердого дерева шпонки д служат для направления С. Сердечник или отламывается время от времени клином или подрезается особым резовом, вводимым вместе со С. в отверстие, напр. типа, изображенного вместе с четырехрезцовым ложечным С. на фиг. 43; С. с повернутым в сторону резовым рычагом а вводится в просверленное отверстие, после чего, поворачивая валик б подрезного реза, отрезают сердечник; сверлильные резы в, в в этом С. закрепляются конич. штифтами г, г. Форма четырех резов показана на фиг. 43 сверху.

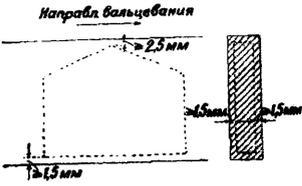
Для отделки высверленных описанными С. отверстий крупного диаметра применяют однорезцовые С., т. н. к л ы к и, типа, изображенного на фиг. 44А; шпонки а, а служат для направления С. Отделочное С. более совершенной конструкции изображено на фиг. 44Б, где а — резы, б — тело С. из сим.-март. стали, в — направляющие деревянные щеки, г — крышка, удерживающая щеки, д и е — гайки и контргайки, зажимающие щеки, жс — конич. штифты, зажимающие резы, з — каналы для смазки. Наиболее совершенным типом С. в настоящее время являются с п и р а л ь н ы е С. (фиг. 45), к-рые делают как с конич. хвостовиками, так и с цилиндрическими; последний тип употребителен для С. малого диаметра, зажимаемых в патронах. В американских и английских станках и С. применяют конуса Морзе (Morze) и Браун и Шарп (B&S); в европейских странах в последнее время вводят наряду с конусами Морзе метрические конуса. Размеры конусов приведены в табл. 8 и 9.



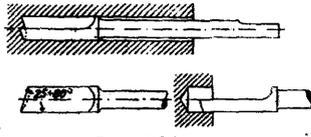
Фиг. 32.



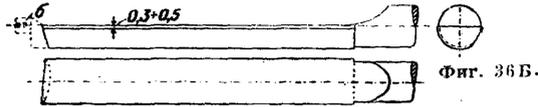
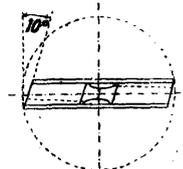
Фиг. 33.



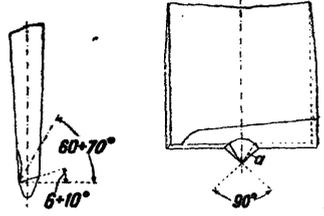
Фиг. 34.



Фиг. 36А.



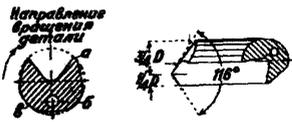
Фиг. 36Б.



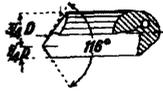
Фиг. 35.



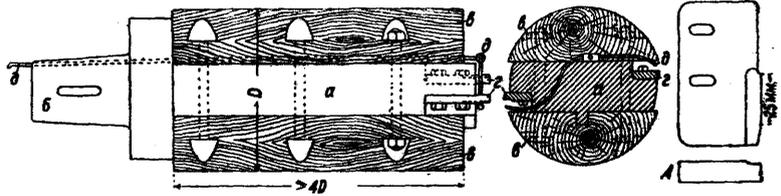
Фиг. 37.



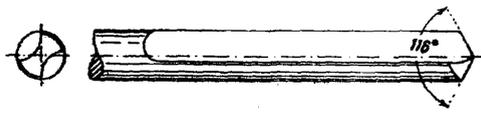
Фиг. 37А.



Фиг. 37Б.



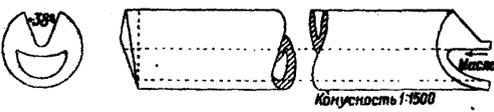
Фиг. 40.



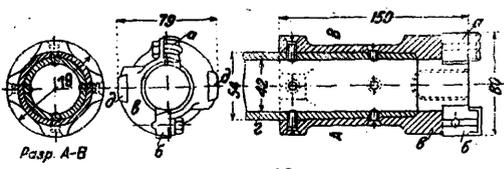
Фиг. 38.



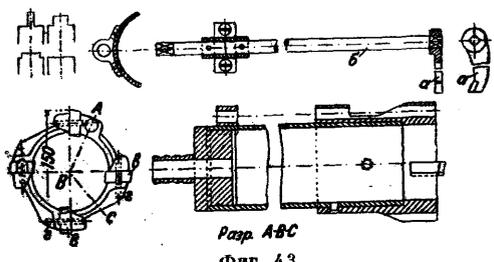
Фиг. 39.



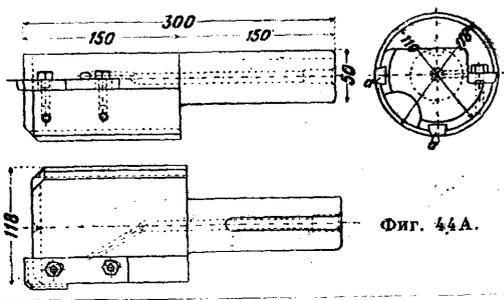
Фиг. 41.



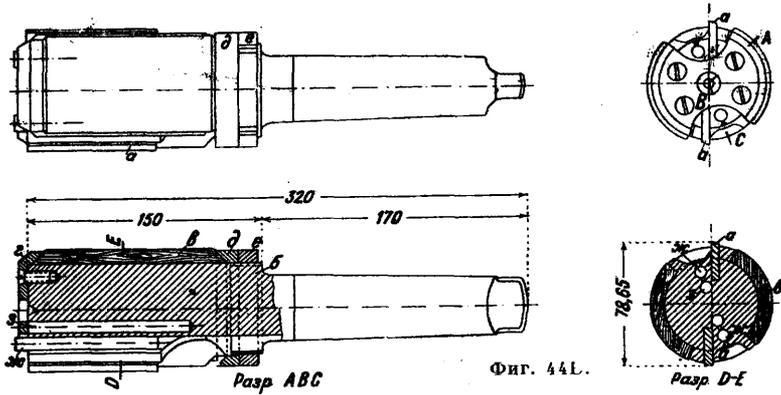
Фиг. 42.



Фиг. 43.



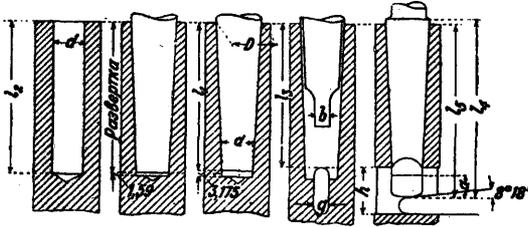
Фиг. 44А.



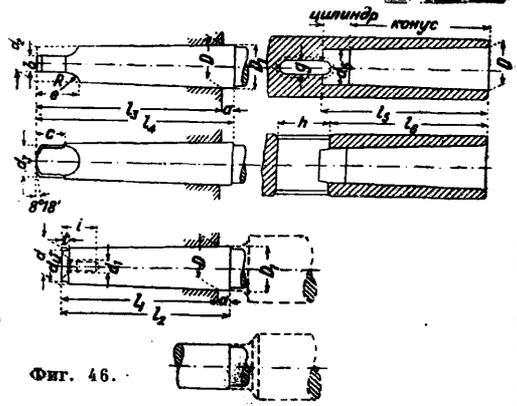
Фиг. 44L.



Фиг. 45.



Фиг. 47.



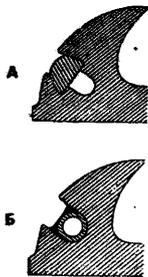
Фиг. 46.



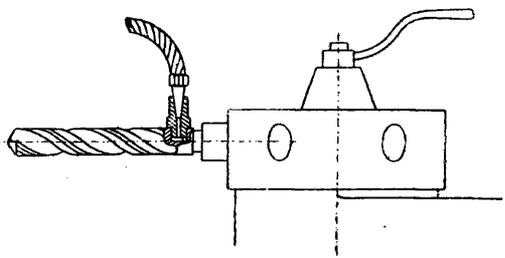
Фиг. 48А.



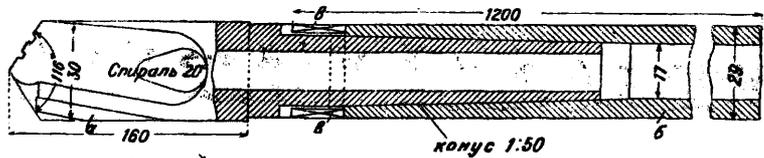
Фиг. 48Б.



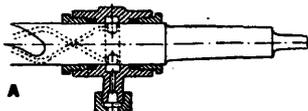
Фиг. 49.



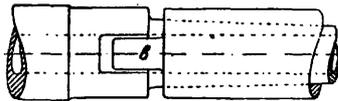
Фиг. 50.



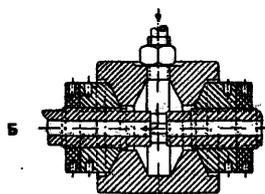
конус 1:50



А

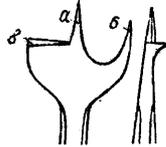


Фиг. 52.



Б

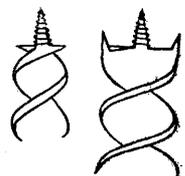
Фиг. 51.



Фиг. 53.



Фиг. 54.



Фиг. 55.

Табл. 9. — Размеры инструментальных конусов Морзе и метрических (фиг. 46).

Система конуса	Энн-Энн-Энн-Энн	D	D ₁	d	d ₁ *1	d ₂	d ₃	d _n	l ₁	l ₂	l ₃	l ₄	a	b	c	e	t	R	r**2	l	d _t	l ₅	l ₆	g	h	Сужение конуса λ*	
Метрич.	4	2,85	4,1	2,85	—	—	—	2	23	25	—	—	2	—	—	—	—	—	—	0,5	2,2	3,0	25	21	2,5	8	1:20=0,05000
	6	4,4	6,15	4,4	—	—	—	3,5	32	35	58,3	—	3	—	—	—	—	—	—	0,5	2,5	4,6	31,9	29	3,5	12	1:20=0,05000
	8	6,401	9,015	6,401	—	—	—	5,5	50,8	51	58,3	—	3,2	—	—	—	—	—	—	0,5	2,5	6,7	34,9	49	4,1	11,5	1:19,212=0,048205
Морзе	0	12,065	12,339	9,271	—	—	—	8,7	6	57,5	69	—	3,5	—	—	—	—	—	—	1,25	3	9,7	53,5	52	5,4	18,5	1:20,048=0,04888
	1	17,981	14,534	11,0	M6	—	—	14,080	66	69	74,5	—	4,5	—	—	—	—	—	—	1,5	4	14,9	66,9	63	6,6	22,5	1:20,050=0,04995
	2	23,826	19,760	1/2	M10	—	—	19,133	81	85,5	93,5	—	4,5	—	—	—	—	—	—	1,5	4	20,2	83,2	78	8,2	27,5	1:19,922=0,050196
Метрич.	4	31,269	31,514	25,909	3/8	—	—	25,166	103,2	108,5	117,7	—	5,5	—	—	—	—	—	—	2,5	6	26,5	105,7	88	12,2	32	1:19,922=0,050196
	5	44,401	44,732	37,470	3/4	—	—	36,549	138,7	148,2	158,5	—	6,5	—	—	—	—	—	—	3,5	6	38,2	134,6	125	16,2	37,5	1:19,002=0,0529265
	6	50,25	50,25	42,9	1	—	—	42	142	147	160	—	5	—	—	—	—	—	—	3,5	6	44,9	145	136	17,3	40	1:20=0,05
Морзе	6	63,350	63,762	53,752	1 1/8	—	—	59,422	181,1	192	209,6	—	7,5	—	—	—	—	—	—	4	7	54,8	187,1	177	19,3	47,5	1:19,160=0,052138
	8	80,40	80,40	70,2	1 3/8	—	—	69	204	229	242	—	8	—	—	—	—	—	—	4	8	71,4	210	186	26,8	52	1:20=0,05
	7	83,061	83,555	69,859	1 3/8	—	—	69,859	205	228	242	—	8	—	—	—	—	—	—	4	8	71,4	210	186	26,8	52	1:20=0,05
Метрич.	100	100,0	100,0	88,4	2	—	—	85	263,5	285,5	300	—	9,5	—	—	—	—	—	—	5	8	88,9	237	202	32,9	60	1:20=0,05
	120	120,0	120,0	106,4	2 1/8	—	—	103	312	328	342	—	10	—	—	—	—	—	—	5	10	108,9	274	254	38,3	68	1:20=0,05
	140	140,0	140,0	124,8	3	—	—	121	364	380	398	—	11	—	—	—	—	—	—	5	11	125,9	310	286	44,3	76	1:20=0,05
Морзе	160	160,0	160,0	143,8	3 1/8	—	—	139	418	436	456	—	12	—	—	—	—	—	—	5	12	145,9	317	321	50,3	81	1:20=0,05
	180	180,0	180,0	161,2	3 3/8	—	—	157	469	494	514	—	13	—	—	—	—	—	—	5	13	163,9	381	355	56,3	89	1:20=0,05
	200	201,0	201,0	179,4	4	—	—	177	521	542	564	—	14	—	—	—	—	—	—	5	14	182,4	420	388	62,3	100	1:20=0,05

*1 Резьба дюймовая Витворта за исключением конусов Морзе 1 и 2, у которых резьба метрическая (по DIN). *2 Радиус закругления верхнего угла захватной пилки.

*3 Сужение конуса λ = D-d / l₁

В странах английской культуры принято обозначение диам. мелких С. до № и литерам; соответствующие им значения в десятичных долях дм. и в мм приведены в табл. 10. По Табл. 10.—Перевод английских и американских номеров обозначений сверл (в дм. и мм).

Обозначение	Диам. в 10 ⁻⁴ дм.	Диам. в мм	Обозначение	Диам. в 10 ⁻⁴ дм.	Диам. в мм
Z	4 180	10,49	25	1 495	3,80
13/32"	4 062	10,32	26	1 470	3,73
Y	4 040	10,26	27	1 410	3,66
X	3 970	10,08	28	1 406	3,57
25/64"	3 906	9,92	29	1 360	3,45
W	3 860	9,80	30	1 285	3,26
V	3 770	9,58	31	1 250	3,18
3/8	3 750	9,52	32	1 245	3,17
U	3 680	9,35	33	1 200	3,05
23/64"	3 593	9,13	34	1 160	2,95
T	3 580	9,09	35	1 130	2,87
S	3 480	8,84	36	1 100	2,79
11/32"	3 437	8,73	37	1 094	2,78
R	3 390	8,61	38	1 065	2,71
Q	3 320	8,48	39	1 040	2,64
21/64"	3 281	8,33	40	1 015	2,58
P	3 230	8,20	41	995	2,53
O	3 180	8,08	42	980	2,49
5/16"	3 125	7,94	43	960	2,44
N	3 020	7,67	44	938	2,38
19/64"	2 987	7,54	45	935	2,37
M	2 950	7,49	46	890	2,26
L	2 900	7,37	47	860	2,18
9/32"	2 812	7,14	48	820	2,08
K	2 810	7,13	49	810	2,06
J	2 770	7,04	50	785	1,99
I	2 720	6,91	51	780	1,98
H	2 660	6,76	52	730	1,85
17/64"	2 656	6,75	53	700	1,78
G	2 610	6,63	54	670	1,70
F	2 570	6,53	55	655	1,61
E, 1/4"	2 500	6,35	56	625	1,59
D	2 460	6,25	57	595	1,51
C	2 420	6,15	58	550	1,40
B	2 380	6,05	59	520	1,32
15/64"	2 344	5,95	60	469	1,19
A	2 340	5,94	61	465	1,18
1	2 280	5,79	62	430	1,09
2	2 210	5,61	63	420	1,07
7/32"	2 188	5,56	64	410	1,04
3	2 130	5,41	65	400	1,02
4	2 090	5,31	66	390	0,99
5	2 050	5,22	67	380	0,97
6	2 040	5,18	68	370	0,94
13/64"	2 031	5,16	69	360	0,91
7	2 010	5,11	70	350	0,89
8	1 990	5,06	71	330	0,84
9	1 960	4,98	72	320	0,81
10	1 935	4,92	73	313	0,79
11	1 910	4,85	74	310	0,78
12	1 890	4,80	75	292	0,74
3/16"	1 875	4,76	76	280	0,71
13	1 850	4,70	77	260	0,66
14	1 820	4,62	78	250	0,64
15	1 800	4,57	79	240	0,61
16	1 770	4,50	80	225	0,57
17	1 730	4,39	81	210	0,53
11/64"	1 719	4,37	82	200	0,51
18	1 695	4,31	83	180	0,46
19	1 660	4,22	84	160	0,41
20	1 610	4,09	85	150	0,40
21	1 590	4,04	86	145	0,37
22	1 570	3,99	87	140	0,36
5/32"	1 563	3,97	88	135	0,34
23	1 540	3,91	89	130	0,33
24	1 520	3,86	90	125	0,32

способу производства различают спиральные С. с выфрезерованными канавками (фиг. 45) и со скрученным винтом стержнем из полосовой (фиг. 48А) или фасонной стали (фиг. 48Б); тогда как вторые не обладают прочностью первых, последние в виду правильного расположения неперезрезанных канавками волокон материала даже превосходят обычные С. по прочности и упругости. Для подвода охлаждающей жидкости к режущему лезвию иногда снабжают спиральные С. каналами. Существует два способа устройства этих каналов: либо выфре-

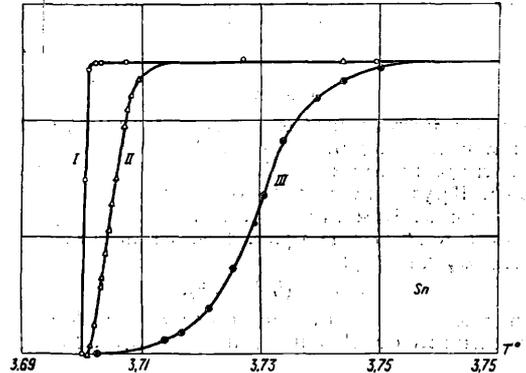
ровывают канавку в форме ласточкиного хвоста с углублением на дне (фиг. 49, А) и зачеканивают в паз медную проволоку либо приваивают медную трубочку (фиг. 49, Б) в вырезанную канавку. Подвод охлаждающей жидкости при сверлении на токарном или револьверном станке очень несложен, так как С. при этом не вращается, и жидкость подводят по шлангу либо сбоку С. (фиг. 50) либо сзади через отверстие в хвостовике. При подводе охлаждающей жидкости к вращающемуся С. приходится пользоваться свободно сидящими на С. уплотненными муфтами, причем уплотнение производится либо сальниками (фиг. 51, А) либо конусами, металл по металлу (фиг. 51, Б). Для сверления глубоких отверстий применяют спиральные С. типа, изображенного на фиг. 52; короткое С. а входит полым конич. хвостовиком в стальную трубу б, служащую оправкой и каналом для отвода охлаждающей жидкости вместе со стружкой. Захват С. совершается двумя кулачками в, в, входящими в тело С. Для дерева применяют два рода С.—центровые С. (фиг. 53), у которых направление С. осуществляется острием, или центром а; нож б подрезает волокна дерева по окружности отверстия; тогда как лезвие в снимает стружку со дна отверстия. При точке этих С. должно наблюдать, чтобы конец ножа б лежал примерно на середине высоты центра, а радиус С. со стороны б был на 0,5—0,8 мм больше, чем со стороны в; при этих условиях эти С. при диаметрах, начиная от 6—8 мм, доставляют очень чистые отверстия. Для сверления мелких отверстий применяют перовые и ложечные С. (фиг. 54), которые однако (особенно в мягких породах дерева) дают очень нечистые отверстия. Для сверления глубоких отверстий очень хороши американские спиральные бурава (фиг. 55); действие режущей части их аналогично центральному С. с той лишь разницей, что центр снабжен винтовой нарезкой и таким образом осуществляет осевую подачу С., а винтовые канавки выводят из отверстия образовавшуюся при сверлении стружку.

Лит.: Диннебир И., Сверление, пер. с нем., Л., 1927; Соколов М., Инструментальное дело, 2 изд., Л., 1926; Шухардт и Шютте, Справочник металлиста, пер. с нем., М.—Л., 1927; Режущий инструмент для обработки металлов со снятием стружки, «Труды О-ва герм. инженеров производственников», пер. с нем., М., 1928; Орга-Справочник, 2 изд., т. 2, М., 1926; Мигай В., Теория резания металлов, М.—Л., 1932; Савин Н., Резание металлов и инструменты, М.—Л., 1926; Панин А., Резание металлов на станках, М.—Л., 1929; Кроненберг М., Grundzüge d. Zerspanungslehre, В., 1927; Sommerfeldt R., über den Hinterschliff v. Spiralbohrern, «Mitt. Forsch.», В., 1914, Н. 161; Кеснер, Die Prüfung d. Bearbeitbarkeit d. Metalle u. Legierungen, ibid., В., 1918, Н. 208; Берк С. Е., Der Deutsche Werkmeisterkalender, Band. «Schneidwerkzeuge u. Vorrichtungsbau», Lpz., 1923; Machinery's Encyclopedia, v. 2, N. Y., 1917—25; Machinery's Handbook, 6 ed., N. Y., 1927; Hütte, Taschenbuch f. Betriebsingenieure, 3 Aufl., В., 1928; Kurrejn M., Die Bearbeitbarkeit d. Metalle in Zusammenhang m. d. Festigkeitsprüfung, «Werkstatztechnik», В., 1927, Jg. 21; Patkay St., Bearbeitbarkeit, Bohrarbeit u. Spiralbohrer, ibid., 1928, Jg. 22, Н. 24; Vogelsang P., Wie weit haben sich Formen u. Arbeitsbedingungen von Spiralbohrern u. Fräsern an die genormten Werkstoffe angepasst, ibid., 1928, Jg. 22, Н. 5; Кроненберг М., Wissenschaft u. Praxis beim Bohren, «Werkzeugmaschine», В., 1929, Jg. 33, Н. 12; Bearbeitung von Leichtmetallen mit spanabhebenden Werkzeugen, ibid., В., 1930, Jg. 34, Н. 22; Stoeber H. J., Wirtschaftliches Bohren und Fräsen, «Maschinenbau», В., 1931, В. 10, Н. 4; Schlesinger G., Bohrarbeit u. Bohrmaschine, «Werkstatztechnik», В., 1928, Jg. 22, Н. 24; Poliakoff R., Twist Drill Dynamometer, «American Machinist», L., 1919, v. 50, p. 1132; Boston O. W. and Oxford C. J., ibid., 1930, v. 71; Gawein H., Das Spanwinkelproblem des Spiralbohrers, «Maschinenbau», В., 1931, В. 10, Н. 13; Schallbroch H., Schnittkräfte beim Boh-

ren in Gusseisen und Stahl, ibid., В. 1930, В. 9, Н. 7; Osenberg W., Untersuchungen über den Zerspanungsvorgang mittels Holzbohrern beeinflussenden Faktoren, В. 4, Ausgewählte Arbeiten des Lehrstuhles f. Betriebswissenschaften in Dresden, В., 1927; Schmitz O., Bohrer, Senker u. Reibahlen, В. 3, Schriften d. Arbeitsgemeinschaft deutscher Betriebsingenieure, hrsg. v. J. Reindl., В., 1925.

СВЕРЛИЛЬНЫЕ СТАНКИ, см. Станки сверлильные.

СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ, способность проводить электрич. ток практически без омич. сопротивления; явление открыто в Лейдене Каммерлинг-Оннесом в 1911 г. Изучая t -ный ход электросопротивления Hg при очень низких t , он обнаружил, что Hg при t ниже $4,22^\circ$ К практически теряет сопротивление. В дальнейшем эти исследования велись в специальных низкотемпературных (криогенных) лабораториях в Берлине, Торонто (Канада) и Вашингтоне. Оказалось, что при крайне низких темп-рах це-

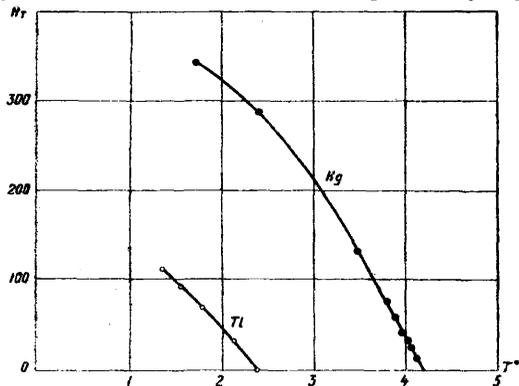


Фиг. 1.

лый ряд веществ обладает сопротивлением, по крайней мере в 10—12 раз меньшим, чем при комнатной t . Если создать ток в замкнутом контуре из сверхпроводников, то этот ток продолжает циркулировать и при отсутствии источника эдс. Токи Фуко в сверхпроводнике сохраняются очень долгое время и не затухают из-за отсутствия Джоулева тепла. Оказалось, что токи до 300 А продолжали течь много часов подряд. Изменение силы тока составляло не более $\frac{1}{10000}$ в час, т. е. практически она не менялась. Джоулево тепло не выделялось вовсе. Изучение происхождения тока через ряд различных сверхпроводников показало, что сопротивление контактов между сверхпроводниками также равно нулю. Отличительным свойством С. является отсутствие в ленин Холла. В то время как в обычных проводниках под влиянием магнитного поля ток в металле смещается, т. е. меняется распределение тока, в сверхпроводнике это явление отсутствует. Ток в сверхпроводнике как бы закреплён на своем месте.

С. исчезает: 1) под влиянием повышения t , 2) под действием достаточно сильного магнитного поля и 3) при достаточно большой плотности электрич. тока в образце. С повышением t до нек-рой T_c почти внезапно появляется заметное омич. сопротивление. Переход от С. к обычной проводимости тем круче и внезапнее, чем однороднее образец и наиболее крут он в монокристаллах (фиг. 1), напр. в олове в мелкокристаллич. агрегате (кривая I) область перехода составляет $0,03^\circ$, при наличии в образце олова нескольких крупных зерен область перехода (кривая II) равна $0,01^\circ$, в монокристал-

лах (кривая III)— $0,002^\circ$. Для идеального монокристалла она путем экстраполяции вычисляется равной $0,0005^\circ$. Следовательно практически переход этот осуществляется мгновенно и резко. Точка T_k не зависит от ориентации кристалла по отношению к электрич. току. При

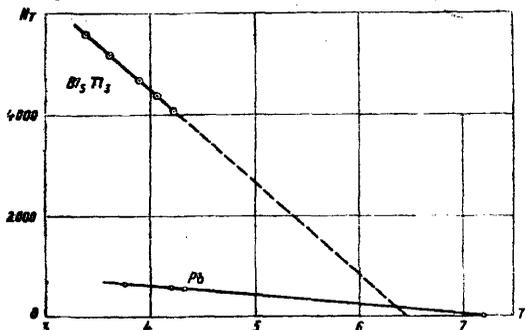


Фиг. 2.

действию постоянного магнитного поля T_k сдвигается в сторону низших t° . С повышением силы поля до нек-рой H_T С. исчезает круто и внезапно. Крутизна и здесь особо велика в монокристаллах. Чем ниже t° , тем больше H_T . Зависимость H_T от t° (фиг. 2 и 3) подчиняется опытному закону:

$$H_T = a(T_k^2 - T^2).$$

Для нек-рых веществ повидимому имеет место зависимость от T в первой степени. При дей-



Фиг. 3.

ствии магнитного поля на С. наблюдается особого вида гистерезис, а именно: если, повышая магнитное поле, уничтожить С. при $H = H_T$, то с понижением интенсивности поля С. появится вновь при поле $H_T' < H_T$, $\Delta H = H_T - H_T'$ меняется от образца к образцу и обычно составляет около 10% H_T . Повышение силы тока в образце также приводит к исчезновению С., т. е. при этом понижается T_k . Чем ниже t° , тем больше та предельная сила тока i_T , при к-рой С. уступает место обычной проводимости. Т. о. при определении истинной T_k приходится на опыте определять T_k для различных значений силы измерительного тока, а затем экстраполировать ре-

зультаты измерений к нулевой силе тока. Было показано, что влияние силы тока по существу сводится к действию на образец магнитного поля, создаваемого самим током. Оказалось, что T_k м. б. несколько понижена, если через сверхпроводник пропускать переменный ток; чем выше частота (до 10^7), тем сильнее понижение T_k . Причина этого явления невыяснена. Весьма возможно, что оно объясняется тем обстоятельством, что при высокой частоте ток концентрируется в тонком поверхностном слое (скинэффект), и здесь плотность тока должна возрастать с частотой, и поэтому ранее достигается предельная плотность тока.

С. наблюдается как у элементов, так и у сплавов и металлич. соединений. Из элементов следующие оказались несомненно способными приходить в состояние С. Hg, Sn (белое), Pb, Tl, In, Ga, Ta, Th, Ti, Nb. В некоторых опытах С. обнаруживал Cd. Некоторые авторы полагают, что все металлы при достаточной очистке—сверхпроводники, однако это не соответствует опытным данным. Исследования сплавов весьма неполны, но уже намечены характерные черты. В эвтектиках, в к-рых один из компонентов сам м. б. сверхпроводником, ток повидимому пробегает по зернам этого компонента, и константы T_k , характеризующие сплав, идентичны константам данного компонента. В твердых растворах и соединениях С. появляется нередко. Характерны соединения из веществ, которые сами по себе не становятся сверхпроводниками, таковы напр.: CuS, VN, ZnN, WC, MoC, Mo₂C и сплав Au—Bi. Т. о. не чистота элемента необходима для появления С., а особые условия строения, появившиеся при определенных сочетаниях атомов. Сплав Au—Bi становится сверхпроводником при нек-рых концентрациях, но носителем С. здесь является какая-то одна еще не выделенная окончательно фаза. Наблюдаемые T_k пока не превосходят 11° К. Наблюдаемые H_0 у элементов порядка нескольких сот гауссов у сплавов доходят до 30 000 гауссов (сплав Pb—Bi при 35% Bi).

Теории С. еще не существует вовсе. Все попытки создать ее не увенчались успехом. Повидимому электроны, несущие ток, проходят в сверхпроводнике, не сталкиваясь с атомами. Поэтому с наступлением С. электроны повидимому перестают участвовать в теплопроводности. Параллелизм между тепло- и электропроводностью, характерный для металлов (закон Видемана-Франца), исчезает при С. При наступлении С. не меняется ни теплоемкость ни кристаллич. структура. Вещества, могущие становиться сверхпроводимыми согласно работ Госуд. физико-технич. ин-та, повидимому даже

Сверхпроводящие вещества (температура в $^\circ$ К).

Вещество	T_k	Вещество	T_k	Вещество	T_k	Вещество	T_k
Hg	4,22	ZrN	3,2	Sn—Bi	2,8	PbAu	7,0
Sn	3,71	WC	2,8	Sn—Cd	3,6	PbLi	7,2
Pb	7,2	MoC	7,7	Sn—Zn	3,65	PbS	4,1
Tl	2,37	Mo ₂ C	2,4	Tl—Ag	2,65	TiZr	1,3
In	3,37	Bi ₅ Tl ₃	6,5	Tl—Cd	2,41	Pb—Sn—Bi	8,5
Ga	1,05	Sb ₅ Tl ₇	5,5	Tl—Au	1,8	Pb—Sn—Bi—Cd	8,2
Ta	4,4	Na ₂ Pb ₅	7,2	Pb—Bi	8,8	Pb—As—Bi	9,0
Th	1,5	TiN	1,1	Pb—Sb	0,6	Pb—Bi—Sj	8,9
Ti	1,75	TiC	1,1	Pb—Cd	7,2		
Nb	8,2	TaC	9,2	Pb—As	8,4		
Au—Bi	1,84	NbC	10,1	Pb—P	7,8		
Cu—S	1,0	Sn—Sb	4,0				
VN	1,3						

при комнатной t° обнаруживают очень малый холл-эффект, что свидетельствует о характерном для них движении электронов. Применение С. в технике принципиально могло бы произвести полную революцию в деле передачи и канализации электроэнергии (без омич. потерь). Малость наблюдаемых T_k (11°K , т. е. -262°) является сейчас непреодолимым практич. препятствием. Неизвестно можно ли получить С. при более высоких t° . Выше приведена таблица сверхпроводящих веществ и их T_k .

Лит.: Хвольсон О., Курс физики том дополнит., ч. 2. М.—Л., 1926; Conductibilité électrique des métaux, IV conseil de physique de l'Institut International de physique Solvay 1924, P., 1927; Voogd J., Leidsche Onderzoekingen over den suprageleidenden Toestand van Metallen 1927—1930, Amsterdam, 1931; Meisser W., Der Stand d. Forschung über die Supraleitfähigkeit, «Metallwirtschaft, Wissenschaft u. Technik», B., 1931, Jg. 10, 15, 16; «Communications from the Physical Laboratory of the University of Leiden», Leiden, ab 1911; «Transactions of the Royal Society of Canada», Section III, Ottawa, ab 1929. Я. Дорфман.

СВЕТ, электромагнитное явление, обнаруживающееся как форма материи, движущейся с предельной скоростью в пространстве между частицами вещества, в к-рых С. возникает и, поглощаясь, уничтожается как таковой. Более конкретное определение С. может быть дано на основании его эмпирич. свойств, излагаемых ниже. Теория, последовательно и без затруднений объясняющей все свойства С., до сего времени не существует. Часто под названием С. подразумевают более узкий круг явлений, соответствующий обычной причинезрительным ощущений. В дальнейшем говорится о С. в широком смысле слова в соответствии с данным определением и свойствами, перечисляемыми ниже.

Свойства С. Распространение света связано с переносом энергии и количества движения. Поглощаясь в веществе, свет производит нагревание, химич. реакции и прочие изменения и оказывает давление на вещество. Только по этим действиям, обусловленным энергией и количеством движения С., можно вообще судить о его реальности и свойствах. По своей природе С. есть явление динамическое; покоящегося С. не существует, и скорость есть его основное свойство. Никаких теоретич. оснований для расчета скорости С. не существует: эта величина находится эмпирически. Скорость С. определена с большою точностью земными и астрономич. методами. Наиболее достоверная цифра, полученная для скорости С. в пространстве, лишенном вещества, по измерениям Майкельсона составляет $299\,796 \pm 1$ км/сек. Эта величина получена в условиях опыта на земной поверхности и для видимого С. Нет однако оснований сомневаться, что для межзвездных пространств и других видов С. скорость имеет то же значение. Наблюдения над переменными звездами, удаленными от земли на колоссальные расстояния, показывают, что по крайней мере для видимого С. скорость в пустом пространстве с громадной степенью точности не зависит от цветности. Менее точные измерения с радиоволнами и лучами Рентгена показывают, что их скорость (в пределах ошибок опыта) совпадает с цифрой Майкельсона. В веществе скорость С. зависит от цветности, как обнаруживают явления дисперсии (см. *Дисперсия света*). Теоретически показателем преломления

$$n = \frac{c}{c'}, \quad (1)$$

где c и c' —скорость С. в пустоте и веществе. Измерения Майкельсона и других показали

однако, что c' в (1) не совпадает со скоростью, измеряемой непосредственным опытом; изменение n с цветностью происходит иначе, чем изменение скорости света в веществе, измеряемой прямым опытом. Релей выяснил причину этого расхождения. В формуле (1) фигурируют скорости перемещения фазы идеальной (монокроматической) волны (фазовая скорость). Если волны различной длины движутся с различной фазовой скоростью, т. е. имеется дисперсия, то фазовая скорость становится математич. фикцией, физич. смысл приобретает т. н. групповая скорость:

$$u = c - \lambda \frac{dc}{d\lambda} \quad (2)$$

(λ —длина волны). В областях, удаленных от полосы поглощения вещества, групповая скорость u совпадает со скоростью распространения энергии волны, т. е. с действительной измеряемой скоростью. Для пустого пространства групповая скорость совпадает с фазовой, т. к. в этом случае

$$\frac{dc}{d\lambda} = 0.$$

Скорость С. не зависит от движения источника, как доказывают наблюдения над двойными звездами. В случае зависимости скорости С. от скорости звезды законы движения двойных звезд являлись бы искаженными, чего не наблюдается. Земных опытов в этом отношении до сих пор не производилось. Измеряемая скорость С. не только независима от движения источника, но также (в случае инерционного движения) и от скорости системы, в которой производится измерение. Это заключение основано главным образом на отрицательных результатах интерференционного опыта Майкельсона, имевшего целью обнаружить влияние движения земли в пространстве на измеряемую скорость С. Отсутствие ожидаемого эффекта послужило одним из поводов к созданию специальной теории относительности (см. *Относительности теория*), выводом которой является утверждение о совпадении скорости света с максимальной (предельной) скоростью переноса энергии, допускаемой специальной теорией относительности. Общая теория относительности, трактующая случай ускоренных движений, предусматривает изменчивость измеряемой скорости света. Опыты Саньяка с вращающимся интерферографом и опыт Майкельсона с суточным вращением земли обнаружили в согласии с этим сложение скорости С. со скоростью ускоренного движения системы. По общей теории относительности скорость света должна зависеть от гравитационного потенциала пространства, в котором происходит распространение С. Этот вывод подтверждается наблюдениями отклонения световых лучей в поле тяготения солнца (см. *Относительности теория*). Поток С., какова бы ни была его интенсивность, не оказывает никакого влияния на другой световой поток, распространяющийся в том же пространстве; освещенности, создаваемые обоими пучками, арифметически складываются; в этом состоит свойство суперпозиции и интенсивностей С., отличающее поток света от потока вещества (два потока вещества, встречаясь, частично рассеиваются). Свойство суперпозиции с громадной точностью подтверждается наблюдением над солнечными пучками огромной интенсивности, пересекающимися вблизи поверхности солнца.

Суперпозиция интенсивностей всегда выполняется для световых пучков, исходящих из двух различных самосветящихся точек (некогерентные пучки). Наоборот, пучки, идущие от одной светящейся точки и пересекающие друг друга вследствие отражений, преломлений и пр., вообще говоря, не подчиняются принципу суперпозиции интенсивностей. Они интерферируют друг с другом (см. *Интерференция света*), обнаруживая в некоторых областях пространства резкое нарушение суперпозиции в одну и другую сторону. Существование чередующихся светлых и темных мест в поле интерференции при наличии стационарного движения света показывает, что состояние света в каждой данной точке пространства есть функция времени t , т. е. что C , распространяясь в пространстве, изменяется во времени. Встречая малые препятствия и отверстия, C огибает их, обнаруживая при этом интерференционные и другие явления (см. *Диффракция*). В полном соответствии с опытом эти свойства C математически описываются волновым дифференциальным ур-нем:

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} = c^2 \left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} \right) = c^2 \nabla^2 \varphi, \quad (3)$$

где φ —световая функция, средний квадрат которой пропорционален измеряемой на опыте энергии C , c —скорость C , x, y, z —координаты. Ур-ие (3) м. б. получено из ур-ий упругой среды или электромагнитного поля из представлений о C как об упругих или электромагнитных возмущениях, но при несомненной недостаточности этих представлений оно должно рассматриваться только как математический эквивалент результатов опыта, с большой точностью отображающий законы распространения C . Общее решение ур-ия (3) для расстояния r от светящейся точки имеет вид:

$$\varphi = f_1 \left(t - \frac{r}{c} \right) + f_2 \left(t + \frac{r}{c} \right), \quad (4)$$

где f_1 и f_2 —некоторые функции указанных аргументов, соответствующие возмущениям, распространяющимся в двух противоположных направлениях. Ограничиваясь одним направлением и разлагая φ в тригонометрический ряд, можно написать:

$$\varphi = \sum A_i \sin 2\pi \nu_i \left(t + \frac{r}{c} + \delta_i \right). \quad (5)$$

В предельном (фиктивном) случае

$$\varphi = A \sin 2\pi \nu \left(t + \frac{r}{c} + \delta \right) \quad (6)$$

(δ —фаза), т. е. имеет вид ур-ия гармонической волны. Амплитуда A связана с энергией C , частота световых колебаний—с его цветностью. Разлагая свет источников в спектральных приборах, пропуская его через светофильтры, или пользуясь избирательными поглотителями (например глазом), можно выделить участки, соответствующие б. или м. узким интервалам частот $\Delta\nu$. Точная монохроматизация C невозможна, так как процесс излучения всегда конечен и синусоиды ограничены во времени, т. е. не являются точными синусоидами. Поэтому излучение всякого реального источника C соответствует конечному интервалу $\Delta\nu$, и выделенные строго монохроматич. C , было бы возможным только с бесконечно малой энергией. Шкала световых волн, обнаруженных на опыте, простирается от чрезвычайно длинных радиоволн до исчезающе коротких γ -волн радия (см. *Лучи световые*). Природа космических лу-

чей (см.) окончательно не выяснена до настоящего времени; есть однако основания считать их корпускулярной, а не световой радиацией.

Решение различных задач о распространении C может быть осуществлено при помощи уравнения (3) при соответственном задании граничных и начальных условий. В частности из уравнения (3) выводятся вспомогательные принципы оптики, принцип Гюйгенса, принцип Ферма, принцип прямолинейного распространения C для однородной среды и различные другие положения геометрической оптики (см. *Гюйгенс принцип, Ферма принцип*). Явления, наблюдаемые при отражении, рассеянии, распространении C в анизотропных средах, доказывают для всей шкалы светового спектра поперечность световых возмущений (см. *Поляризация света*). Световые колебания в изотропной среде происходят в плоскости, перпендикулярной к линии распространения. Свойства электромагнитных волн, излучаемых искусственными электрическими системами—*радиостанциями* (см.), *вибраторами Герца* (см.),—вполне совпадают с перечисленными свойствами C , т. е. распространяются с той же скоростью, поперечны и описываются ур-нем (3). На этом основании и по косвенным подтверждениям, получаемым из явлений взаимодействия C и вещества, можно утверждать, что природа любых световых волн электромагнитная. При этом световой вектор, определяющий действия C на вещество, есть вектор электрический, что доказано опытами со стоячими световыми волнами при фотохимическом действии (Винер) и при возбуждении флуоресценции (Друде и Нерст).

Изложенный комплекс свойств C полностью охватывает все особенности законов его распространения. Совершенно иные свойства, не укладывающиеся в волновую схему, обнаруживаются в явлениях излучения и поглощения C веществом. Действия C и спектральные закономерности показывают, что энергия C , по крайней мере в момент излучения и поглощения, сосредоточена в некоторых центрах, т. н. световых квантах, или фотонах, с энергией $h\nu$, где h —универсальная постоянная, равная $6,55 \cdot 10^{-27}$ эрг-сек. Наиболее естественно предположение, что и распространение C происходит в виде отдельных корпускул (фотонов), хотя эта гипотеза принципиально не м. б. вполне доказана на опыте, т. к. для экспериментального изучения особенностей распространения необходимо заставить C действовать на вещество, т. е. поглотиться. Попытки воздействовать C на C , именно обнаружить столкновения фотонов при пересечении интенсивных свойств пучков, дали отрицательный результат. Фотоны либо совершенно свободно проникают друг через друга либо чрезвычайно малы (размеры менее 10^{-20} см). Воздействия сильных электрич. и механич. полей на C также не оказывают никакого заметного влияния на распространение C , т. е. фотоны (если таковые существуют при распространении C) не обладают заметными магнитными и электрическими моментами. Известные до сих пор свойства фотонов ограничиваются энергией $h\nu$ и количеством движения $\frac{h\nu}{c}$.

Предполагается также, что фотон обладает угловым моментом вращения, «спином», величины $\pm \frac{h}{2\pi}$. Ось спина направлена параллельно

или антипараллельно движению фотона. То или иное направление определяет по этой гипотезе характер поляризации С. По Дираку плоско поляризованный свет состоит из фотонов, у которых вероятность параллельных и антипараллельных спинов одинакова. В эллиптически поляризованном С. вероятности спинов обоих типов различны. Раман рассматривает некоторые особенности поляризации при молекулярном рассеянии С. как экспериментальное доказательство существования спина фотонов. Доказательность этих опытов (в смысле однозначности) однако подвергается сомнению. Распределение фотонов в световом пучке беспорядочно статистическое, как можно судить по флуктуациям действия в ионизационных камерах или при фотоэлектрическом эффекте достаточно жестких (рентгеновых) лучей при малой интенсивности. Порог периферич. зрения человеческого глаза соответствует в спектральной области максимальной чувствительности нескольким десяткам фотонов в сек. По утверждениям некоторых наблюдателей при этом заметны на-глаз флуктуации в интенсивности источника. «Если бы,—пишут Б. Барнес и М. Черни,—глаз был приблизительно в десять раз чувствительнее, чем он есть на самом деле, то флуктуации были бы столь отчетливыми, что С. наиболее слабых звезд казался бы капающим с неба и судьба корпускулярной теории С. была бы совершенно иной». Поглощаясь в веществе, фотоны увеличивают энергию и соответственно массу вещества, но вместе с тем прекращают свое существование в виде независимых единиц. Наоборот, при излучении С. энергия и масса вещества убывают и возникают фотоны. Затруднения в вопросе об источниках энергии солнца и звезд вынуждают предполагать, что составные частицы вещества, электроны и протоны, при некоторых неизвестных нам условиях внутри звезд могут полностью превращаться в фотоны, теряя заряд. Возможность превращений такого рода является впрочем совершенно гипотетической и не следует из теоретических соображений или из непосредственного опыта. Поскольку энергия фотона пропорциональна частоте ν , квантовая структура С. резко проявляется на опыте только в жестких лучах с большими значениями ν . В области радиоволн с незначительными частотами квантовое строение практически незаметно, но принципиально не подвергается никакому сомнению.

Теория С. Возвращения на природу С. и теория световых явлений непрерывно менялись по мере выяснения основных свойств С. Неизменность простых монохроматич. цветов при отражении, рассеянии и преломлении («атомизм» С.), прямолинейность распространения, отсутствие каких-либо прямых опытных доказательств существования механической среды (эфира) между небесными телами и возможность поляризации световых лучей («твердая» структура) являлись для Ньютона основой для развития корпускулярной теории С. Ньютон полагал С. состоящим из потока твердых, неизменных частиц, испытывающих внутренние периодич. изменения («приступы»). Теория Ньютона была развита в применении к широкому кругу оптич. явлений Бошповичем, Лапласом, Био и др. Изучение явлений двойного преломления в кристаллах, интерференции и дифракции привело, с другой стороны, Гука, Гюйгенса, Эйлера и позднее Юнга, Френеля и дру-

гих к развитию механической волновой упругой теории С. Почти до конца 19 в. волновая упругая теория С. являлась господствующей, охватывая математически все основные известные тогда свойства С. и находя затруднения только в попытках построения механич. эфира, к-рый должен был быть «твердым» (поперечные колебания) и вместе с тем чрезвычайно разреженным. Создание теории электромагнитного поля Максвеллом и открытие электромагнитных волн Герцем, выяснившие не механическую, электромагнитную природу С., заставили перейти к развитию электромагнитной волновой теории, сохранившей свое значение в основном и до настоящего времени. Согласно этой теории С. является электромагнитным возмущением, распространяющимся в пространстве при изменении электромагнитного состояния вещества. В основе теории лежат ур-ия поля Максвелла, которые для изотропной непроводящей среды с магнитной проницаемостью, равной 1, и диэлектрич. постоянной ϵ имеют в векторной форме следующий вид:

$$\operatorname{rot} \mathbf{H} = \frac{\epsilon}{c} \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}; \quad \operatorname{rot} \mathbf{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t}. \quad (7)$$

При отсутствии свободных электрических и магнитных зарядов кроме того

$$\operatorname{div} \mathbf{E} = 0; \quad \operatorname{div} \mathbf{H} = 0. \quad (8)$$

Ур-ия Максвелла не выведены из каких-либо более простых или механических представлений, они являются математической экстраполяцией законов электромагнетизма, оправдывающейся совпадением с опытом. Как указано выше, световым действующим вектором является электрический вектор \mathbf{E} . Для исключения магнитного вектора \mathbf{H} из уравнений (7) и (8) дифференцируем первое ур-ие (7) по t и применяем операцию rot ко второму ур-ию (7):

$$\operatorname{rot} \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t} = \frac{\epsilon}{c} \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2}, \\ \operatorname{rot} \operatorname{rot} \mathbf{E} = -\frac{1}{c} \operatorname{rot} \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t}.$$

Исключая $\operatorname{rot} \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t}$, получаем:

$$\operatorname{rot} \operatorname{rot} \mathbf{E} = -\frac{\epsilon}{c^2} \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2}. \quad (9)$$

Воспользуемся векторным тождеством:

$$\operatorname{rot} \operatorname{rot} \mathbf{E} = -\nabla^2 \mathbf{E} + \operatorname{grad} \operatorname{div} \mathbf{E}, \quad (10)$$

где ∇^2 —оператор Лапласа $\sum_{x, y, z} \frac{\partial^2}{\partial x^2}$. Подставляя (10) и (8) в (9), находим:

$$\nabla^2 \mathbf{E} = \frac{\epsilon}{c^2} \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2}, \quad (11)$$

т. е. волновое ур-ие, совпадающее с ур-ием (3), являющимся математич. выражением эмпирич. законов распространения С. Сравнивая ур-ия (11) и (3), находим, что скорость распространения возмущения в среде

$$c' = \frac{c}{\sqrt{\epsilon}}.$$

Иначе, показатель преломления

$$n = \sqrt{\epsilon}. \quad (12)$$

Этот вывод теории Максвелла очевидно неверен, если считать ϵ постоянной величиной, не зависящей от частоты С. Электронная теория вещества восполняет этот пробел формальной электромагнитной теории С. и дает на основании представления об элементарных электромагнитных резонаторах правильную зависимость ϵ от n (см. *Дисперсия света*). Из

уравнений (6) следует, что электромагнитные возмущения поперечны (см. *Поляризация света*), и т. о. теория Максвелла полностью описывает все особенности распространения С. Обобщение теории на случай распространения С. в движущихся системах дано теорией относительности, с развитием которой фактически прекратились дальнейшие попытки построения механич. теорий С. на основе представления об упругом эфире.

Квантовые свойства С., обнаружившиеся при изучении спектров и действий С., не объяснимы теорией Максвелла. Для создания единой теории С., обнимающей как законы распространения, так и процессы излучения и поглощения С., необходима новая квантовая электродинамика. Отсутствие таковой заставило наряду с волновым представлением о С. пользоваться во многих случаях видоизмененной корпускулярной теорией С. Помимо объяснения спектральных закономерностей и действий С. теория фотонов совместима с рядом явлений, которые ранее рассматривались как очевидное доказательство волновой природы С. При этом необходимо помимо квантовых соотношений пользоваться выводами теории относительности. Примером может служить классический опыт Фуко, доказавший, что вопреки корпускулярной механич. теории Ньютона скорость С. в веществе меньше, чем в пустоте. Если корпускула Ньютона с массой m и скоростью c падает под углом i на границу раздела пустоты и среды и, преломляясь под углом r , движется со скоростью u , то тангенциальная составляющая количества движения корпускулы должна остаться неизменной при переходе границы, откуда следует, что

$$mc \sin i = mu \sin r, \text{ т. е. } n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{u}{c}$$

в противоречии с опытом Фуко. По теории световых квантов фотон между частицами вещества вообще не может двигаться со скоростью, отличной от c , сохраняя при этом всегда свою энергию $h\nu$. Наблюдаемое замедление фотона должно толковаться как последовательные поглощения и излучения его частицами вещества. В результате при условии постоянства скорости между частицами фотон может только замедляться в общем продвижении. Другим примером корпускулярного объяснения как будто бы чисто волнового свойства С. служит эффект Доплера (см. *Доплера эффект*). Пусть частица вещества с массой m , двигавшаяся со скоростью v_1 в направлении движения фотона $h\nu_0$, поглотила последний. При этом она испытывает со стороны фотона давление величины $\frac{h\nu}{c}$ и соответственно меняет скорость до v_2 .

Применяя к этому процессу законы сохранения энергии и количества движения, найдем, опуская для упрощения релятивистские поправки:

$$h\nu_0 + \frac{mv_1^2}{2} = h\nu + \frac{mv_2^2}{2},$$

$$\frac{h\nu}{c} + mv_1 = mv_2.$$

Обозначим среднюю скорость $\frac{v_1 + v_2}{2} = v$, тогда из обеих ур-ий найдем:

$$\frac{v_0 - v}{v} = \frac{v}{c},$$

т. е. в первом приближении (при мало отличающихся скоростях v_1 и v_2) ф-лу Доплера.

Применение формул теории относительности при этом выводе дает совершенно точное релятивистское выражение для эффекта Доплера.

В свое время одним из доказательств волновой теории С. считалось совпадение экспериментально определенной величины светового давления, равной для случая давления на черную пластинку $\frac{E}{c}$ (E —энергия, падающая в 1 ск.), с вычисленной из теории волн. Для корпускул Ньютона давление, производимое частицами с массой m и скоростью c , равно изменению количества движения:

$$P = Nmc$$

(N —число частиц). Энергия частиц $E = \frac{Nmc^2}{2}$, откуда

$$P = \frac{2E}{c},$$

т. е. вдвое больше, чем получается на опыте. Применяя релятивистские формулы, можно и в этом случае получить правильный вывод. По теории относительности общая энергия частицы, движущейся со скоростью v и имеющей покоящуюся массу m_0

$$E = \frac{Nm_0c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

С другой стороны, количество движения

$$P = \frac{Nm_0v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Вставляя выражение P в ф-лу для E и полагая в пределе $v = c$, находим

$$P = \frac{E}{c}$$

в согласии с опытом.

Присоединение к представлениям о фотонах законов квантовой механики (в форме Бора) позволяет в простейших случаях подойти и к формальному объяснению явлений дифракции. Пусть на дифракционную решетку с постоянной a падает под углом α фотон $h\nu$, рассеиваясь под углом β . Ударяясь о решетку, фотон сообщает ей нек-рое количество движения. Решетка с массой M приобретает скорость v . В соответствии с основным постулатом Бора (см. *Кванты*) момент количества движения системы, имеющей периодич. структуру с периодом a (дифракционная решетка), должен подчиняться квантовому условию

$$\int_0^a Mv \, dl = kh,$$

где k —целое число. Напишем закон сохранения количества движения для его тангенциальной компоненты:

$$h \frac{\lambda}{a} \sin \alpha = Mv + h \frac{\lambda}{a} \sin \beta$$

(ничтожным изменением λ при рассеянии пренебрегаем). Пользуясь постулатом Бора, находим отсюда

$$a (\sin \alpha - \sin \beta) = k\lambda,$$

т. е. обычную ф-лу дифракционной решетки.

Это формальное объяснение дифракции, равно как все представления о фотонах, вынуждают к интерпретации основного ур-ия распространения (3) или (11) как закона статистического, справедливого только при одновременном действии очень большого числа фотонов. В каждый данный момент волновая концепция мож-

но сказать и выполняется и нарушается: она выполняется потому, что фотон попадает только в места, разрешаемые теорией волн, т. е. уравнением (3), она нарушается потому, что вопреки уравнению (3) фотон не может одновременно попасть во все места дифракционной картины. Эта картина создается только постепенно, частями, за большой промежуток времени, в результате действия огромного числа фотонов. Интерпретация световой функции как вектора электрической напряженности также становится обоснованной только для большого числа фотонов. Электрическое и магнитное поля соответствуют в физике вакуума примерно тому же, что упругость и скорость течения в физике газа. Если в рассматриваемом газовом объеме имеется огромное количество молекул, то газ можно считать упругой непрерывной средой и говорить об ее упругости и потоке. В более точной теории обе величины становятся только вспомогательными средствами статистического расчета огромного числа элементарных молекулярных процессов. Они теряют смысл для отдельной молекулы. Точно так же электрическое и магнитное поля могут считаться непрерывными только при наличии в объеме огромного числа фотонов. В более точной теории будущего эти поля должны приобрести значение только статистических величин; они теряют всякий смысл для отдельного фотона (Г. Ми).

Если волновая теория С. встречает непреодолимые затруднения при объяснении квантовых свойств С., то теория фотонов связана с меньшими трудностями при попытке пространственно-временного каузального понимания явлений интерференции. Рассмотрим простейший интерференционный опыт с двумя щелями, из к-рых выходят когерентные лучи, дающие, например в области встречи, темную полосу. Этот опыт удастся при чрезвычайно слабых интенсивностях света: применяя фотографирование, можно получить интерференционные полосы при падении в среднем одного фотона в ск. на фотографическую пластинку. Вероятность встречи двух фотонов исчезающе мала: каждый фотон проходит фактически всегда в отсутствие другого. Между тем, если одну щель закрыть, то интерференция исчезает. Формальное явление интерпретируется так: при закрытии одной из щелей «волна вероятности», соответствующая закону статистики фотонов, меняется, направляя фотон в прежнее темное место; при обеих открытых щелях в это место не попадает ни одного кванта. Трудность этого формализма состоит в том, что, представляя С. состоящим из фотонов, в к-рых сосредоточены все свойства С., нельзя понять, каким образом изменение чего-то, не связанного с фотоном и не действующего на него, может вызвать изменение его движения; «волна вероятности» играет в этой формальной картине роль нематериального агента.

Невозможность создания последовательной, до конца исчерпывающей свойства С. теории на основе представления о волнах или корпскулах являлась стимулом построения новой волновой квантовой механики (см. *Механика квантовая*). Открытие электронных и атомных волн дало прочную базу новой теории и обобщило двойственность корпскулярных и волновых свойств и на вещество. Новая теория отказывается от наглядного представления о волнах и корпскулах, сливая их в единой

слитной сущности, не поддающейся в общем модельной конкретизации. В частном случае невозмущенного движения материи приближенно можно представлять себе частицы как «волновые пакеты», т. е. как результат интерференции волн несколько отличающейся длины, распространяющихся с различными скоростями. Скорость движения частиц при этом соответствует групповой скорости волн. Последовательное проведение этого образа однако не удается. Математическая теория света, основанная на принципах новой квантовой механики (Дирак), построена по следующей схеме. Вещество и С. рассматриваются как единая система, энергия которой состоит из трех частей: энергии вещества, энергии электромагнитного поля и энергии связи вещества и поля. Для этой системы, заключенной для упрощения задачи в некоторую конечную полость, составляется функция Гамильтона, при помощи к-рой получаются ур-ия Гамильтона для данной системы, аналогичные ур-ям Гамильтона классич. механики. Далее производится переход от «лучевого» ур-ия Гамильтона к квантовому волновому уравнению, аналогичный такому же переходу в теории Шредингера (см. *Механика квантовая*). Получающееся уравнение заменяет ур-ие (11) классич. теории Максвелла и охватывает в основном все известные свойства С. в соответствии с тем, что при выводе использованы как волновые, так и квантовые законы. Теория Дирака связана однако с непреодоленными до сих пор трудностями, касающимися структуры электрона; для собственной энергии электрона получаются бесконечно большие значения. Эти затруднения до нек-рой степени обходятся установлением соответствия классических и квантовых выводов при применении дираковского метода квантования поля.

Взаимодействия вещества и С. Вещество оказывает различные влияния на распространение света, меняя его направление, скорость, состояние поляризации и частоту. Формальная теория Максвелла, характеризующая вещество только материальными константами (диэлектрической постоянной и проводимостью), не в состоянии объяснить этих влияний или же объясняет их только вплоть до нек-рых постоянных, остающихся в теории нерасшифрованными. Электронная теория вещества, даже в ее наиболее общем, не детализированном виде в сочетании с электромагнитной теорией света значительно расширяет круг явлений, поддающихся классич. объяснению (см. *Отражение света, Дисперсия света, Вращение плоскости поляризации, Поляризация света, Рассеяние света*). Основой этого объяснения является представление об элементарных электромагнитных резонаторах, из которых построено вещество, взаимодействующее со световыми волнами. Квантовые свойства вещества и С. ограничивают однако точность выводов классической теории С. и в этой области. Это проявляется особенно отчетливо в явлениях рассеяния С. и при расчете констант, характеризующих распространение С. в веществе. Наиболее резко квантовые свойства С. проявляются однако в его действиях на вещество. Виды действий С. могут быть различными в зависимости от conglomerata вещества, на к-рый действие производится. Элементарные частицы (электроны и протоны) могут испытывать только механич. действие—световое давление. Величина этого давления определяется количеством движения

фотона $\frac{h\nu}{c}$, что экспериментально подтверждается т. н. эффектом Комптона (см. *Рассеяние света*). Более сложные образования вещества (ядра и атомы) могут испытывать и другие действия С. помимо механич. давления. Поглощаясь в атоме или ядре, фотон прекращает свое существование как таковой, увеличивая энергию системы, т. е. производя в ней изменение. Это изменение может выразиться нек-рой перегруппировкой частей атома, т. н. возбуждением. Возбужденный атом, даже изолированный от других, обычно пребывает в этом состоянии только конечное время, по истечении которого он спонтанно возвращается в нормальное состояние, возрождая фотон в виде излучаемого С. (см. *Люминесценция*). Энергия возбуждения м. б. также отнята при столкновениях с другими атомами, превращаясь в тепловую, кинетическую энергию («удары второго рода») или в энергию возбуждения других атомов. Если энергия фотона достаточно велика, возбуждение сопровождается вылетом электрона за пределы атома, происходит фотоионизация, или фотоэлектрический эффект. Наиболее характерной особенностью фотоэлектрического эффекта является независимость скорости вылетающего электрона от интенсивности света; эта скорость определяется только энергией фотона и связями электрона в атоме. Молекулы вещества при поглощении фотона помимо давления света, возбуждения и фотоионизации могут химически распадаться на составные части: происходит фотодиссоциация и я (см. *Фототемия*). Закон фотодиссоциации снова определяется квантовыми свойствами С. Если фотодиссоциация происходит, то на каждый поглощенный фотон приходится одна распавшаяся молекула (закон Эйнштейна). Более сложные агрегаты вещества (коллоидальные мицеллы, целые кристаллы) могут вероятно также при поглощении фотонов претерпевать своеобразные изменения как целое. Наряду со световым давлением, возбуждением, фотоэффектом и фотохимия. процессами в таких агрегатах иногда наблюдаются изменения под действием С., характерные для всей системы (возникновение анизотропии при освещении поляризованным С., дихроизм, оптич. активность при освещении кругополяризованным С.). Эти явления, открытые Вейгертом, теоретически еще недостаточно выяснены. Световое давление, оказываемое на большой агрегат молекул,

$$P = \sum \frac{h\nu}{c} = \frac{E}{c}$$

в согласии и с теорией фотонов и с теорией волн. Классич. теория, равно как и теория фотонов, предусматривает кроме того pondermоторное действие С., связанное с моментом вращения в кругополяризованном луче. Такой луч, падая на зеркало, должен сообщить ему момент вращения (эффект Садовского). Явление в виду его малости до сих пор не обнаружено.

Возникновение С. По классич. электромагнитной схеме С. возникает при ускорении движения электр. заряда. Энергия, излучаемая зарядом e в единицу времени, в первом приближении равна

$$\frac{2}{3} \frac{e^2}{c^3} \left(\frac{dv}{dt} \right)^2.$$

Классич. теория дает при этом определенный ответ относительно всех свойств излучаемого С., его спектрального состава, поляризации,

амплитуд и фаз. В теории квантов частоты излучаемого С. определяются условием частот Бора:

$$\nu = \frac{E_1 - E_2}{h},$$

где E_1, E_2 — энергия в начальном и конечном состоянии излучающей системы. Теория атома новой квантовой механики определяет также вероятности излучения фотонов (соответственно амплитудам классич. теории), поляризацию и ширину излучаемых спектральных линий (см. *Спектры*). В условиях внешних магнитных и электрич. полей состояние элементарных систем вещества изменяется, что сопровождается изменениями свойств излучаемого С. (см. *Магнетооптика* и *Электрооптика*).

Лит.: Общие курсы оптики и справочники. Хвольсон О., Курс физики, т. 2 и 5, Берлин, 1923; Müller, Pouillet Lehrbuch der Physik, 11 Auflage, B. 2, т. 3, Bruchw., 1929; Born M., Optik, B., 1933; Bruchat G., Cours d'optique, B., 1931; Försterling K., Lehrbuch d. Optik, Lpz., 1928; Wood R., Physical Optics, N. Y., 1921; Preston T., The Theory of Light, 4 ed., L., 1912; Handbuch d. Physik, hrsg. v. H. Geiger u. K. Scheel, B. 20, 21, B., 1928—29; Handbuch d. Experimentalphysik, hrsg. v. W. Wien u. F. Harms, B. 18, Lpz., 1928; Schuster A., An Introduction to the Theory of Optics, L., 1909; Drupe P., Lehrbuch d. Optik, 3 Aufl., Lpz., 1912; Лафурт И., Cours de physique, t. 2, P., 1931; Теория С. Ньютон И., Оптика, пер. с англ., М.—Л., 1927; Дирак П., Основы квантовой механики, Л.—М., 1932; Fresnel A., Ouvres, Lorenz H., The Theory of Electrons, Lpz., 1916; Maxwell I. C., Scientific Papers, Cambridge, 1890; Poincaré H., Mathématique Théorie des Lumière, B., 1894; Neuman J., Mathematische Grundlagen d. Quantenmechanik, B., 1932; Rosenfeld L., La théorie quantique des champs, «Annales de l'Institut H. Poincaré», 1932, v. 2, fascicule 1, p. 25; Rosenfeld L., Ueber die quantentheoretische Behandlung d. Strahlungsprobleme, «Convegno di fisica nucleare», Roma, 1931. **Е. Вавилов.**

СВЕТИЛЬНИК, осветительный прибор, предназначенный для ближнего действия, т. е. находящийся в непосредственной близости (не далее 40—50 м) от освещаемых предметов. В зависимости от заключенных в С. источников света (см.) и их питания С. разделяются на электрические, керосиновые, газовые, ацетиленовые и т. п. В современной осветительной технике наибольшее значение принадлежит электрическому С.; роль газовых С. с каждым годом уменьшается почти во всех странах за исключением Англии, где газовое освещение во многих случаях продолжает успешно конкурировать с электрическим. Керосиновое освещение имеет пока еще большое значение, но повсеместно оно вытесняется электрич. освещением. Область применения ацетиленовых, карбидных и других С. весьма ограничена; ацетиленовые С. имеют важное значение лишь в эксплуатации морских маяков, если питание их электрическим током из-за отсутствия соответствующих генераторов невозможно. О светильниках для керосинового, газового, спиртового освещения см. *Освещение*. Ниже излагаются сведения об электрическом С.

С. состоит из двух частей: источника света (лампы) и осветительной арматуры, предназначенной для следующих целей: 1) укрепление лампы, 2) подвод тока или горючего, 3) перераспределение нужным образом светового потока лампы, 4) защита глаз от непосредственного действия ярких частей лампы, 5) защита лампы от механич. повреждений, пыли, сырости и т. п., 6) прикрытие и предохранение частей лампы, имеющих высокую t° , и 7) в некоторых случаях также для того, чтобы в той или иной степени изменять спектральный состав излучений лампы. Осветительная арматура должна не только удовлетворять указанным выше утилитарным требованиям и определен-

ным эксплуатационным условиям, но и гармонировать с архитектурой и отделкой тех помещений и пространств, где она применяется. Каждая арматура состоит из основных светотехнических элементов и вспомогательных деталей. В зависимости от рода физич. явлений, происходящих в светотехнич. элементах арматуры, эти элементы называются отражающими, преломляющими или рассеивающими; во многих случаях в светотехнич. элементах осветительных арматур имеют место одновременно явления отражения, преломления или рассеяния.

Классификация. До сих пор еще нет международной системы классификации С. Обычно их классифицируют: 1) на основе их назначения и тех эксплуатационных условий, для которых они предназначаются (утилитарная клас-

могут быть далее разделены на подклассы в зависимости от их конкретного назначения. Так, С. класса А могут служить для освещения жилых помещений, помещений общественного пользования (административного, коммерческого, культурно-просветительного, торгового, лечебного и других назначений), производственных помещений, подземных выработок и помещений специального освещения. Аналогично С. остальных классов предназначаются: класс Б—для освещения транспортных и торговых пространств (улицы, дороги, парки, склады, рынки, пристани), пространств промышленного назначения (открытые разработки, карьеры, земляные работы); класс В—для освещения подвижного состава железных и электрических дорог, автотранспорта, воздушного, морского и речного транспорта. С. класса Г могут приме-



сификация), и 2) на основе их светотехнич. особенностей (светотехнич. классификация). При одновременном указании характеристик С. на основе обоих методов классификации получают основные данные для суждения о С. Утилитарная классификация предусматривает в основном деление С. на 3 основных класса: А) для освещения внутренних помещений, Б) для освещения открытых пространств и В) для освещения транспортных средств. Кроме этих трех основных классов установлен класс Г, в который включены С., либо имеющие совершенно специальное назначение, не позволяющее их причислить к классам А, Б и В, либо применяемые в одинаковой мере в тех трех основных случаях практики, для которых предназначаются С. классов А, Б и В (аккумуляторные переносные фонари и т. п.). С. каждого из классов

входят в самых различных случаях практики. В целях уточнения характера этих С. целесообразно указывать, имеет ли С. самостоятельный источник питания (аккумулятор, сухая батарея) или предназначен для присоединения к сети. Подразделения С. каждого класса на группы соответственно тому, для каких случаев практики они предназначаются, не всегда дают уточнение характеристик и особенностей С., напр. многие С., вполне пригодные для освещения рабочих помещений, применяются для освещения помещений общественного пользования и т. д. Поэтому указание конкретных областей применения С. является желательным, но не вполне уточняющим моментом в номенклатуре изделий.

С. каждого класса разделяются на типы в зависимости от способа их установки и конструк-

тивного выполнения. В зависимости от способа установки различают С. следующих типов: подвесного (фиг. 1), потолочного (фиг. 2), настенного (фиг. 3), настольного (фиг. 4), напольного (фиг. 5), вешающегося (фиг. 6) и ручного (фиг. 7). Возможны такие конструктивные выполнения С., что они одновременно будут настольными и настенными и т. п. Такие универсальные С. могут устанавливаться различным образом без каких-либо конструктивных изменений. С. вешающегося типа составляют верхнюю часть колонны или столба, служащего для их поддержания. В зависимости от характера выполнения и оформления различают С. обыкновенные и архитектурные; кроме того по своей плотности и непроницаемости они м. б.: уплотненные пыленепроницаемые, уплотненные влагонепроницаемые, герметические огне- и взрывобезопасные. На основании приведенных принципов классификации С. должен иметь полное наименование, состоящее из: а) типа С., б) его выполнения и в) указания класса, напр. на фиг. 8 подвесной С., обыкновенного выполнения, класса А для промышленного освещения; на фиг. 9 ручной герметический взрывобезопасный С. класса А (при обозначении оформления слова «обыкновенного выполнения» надлежит опускать). Под архитектурным оформлением подразумевают специально художественное оформление изделия для сочетания его с архитектурой и отделкой тех помещений, где они будут применяться.

Светотехническая классификация основывается на распределении светового потока светильника.

Одним из главных требований является строго определенное местоположение светового центра в С., т. е. с изменением его светотехнич. свойства С. меняются. Под световым центром источника света подразумевается место, в которое нужно было бы поместить весьма малую фиктивную поверхность, с таким же распределением светового потока, как и данный источник. Для малых светящихся поверхностей световой центр близко совпадает с геометрич. центром источника, в частности для газонаполненных ламп с кольцевым расположением спирали световой центр практически принимается в геометрическом центре окружности, образуемой светящимся кольцом. Место С., в котором должен находиться световой центр лампы, называется световым центром С.

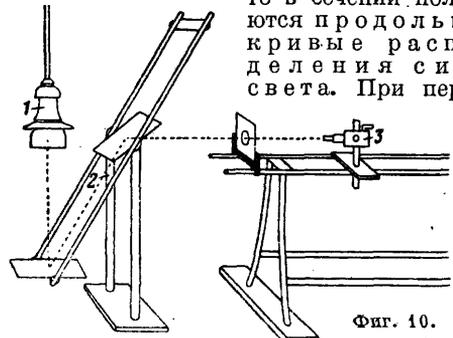
Сила света С. изображается исходящими из светового центра радиусами-векторами; направление их указывает направление, в котором сила света изменяется, а длина равна силе света в свечах при соблюдении заранее избранного масштаба. Геометрич. место концов таких радиусов-векторов, проведенных по всем направлениям пространства из светового центра, называется фотометрической поверхностью, а ограниченный ею объем—фотометрическим телом С. В частном случае фотометрич. поверхность С. может быть поверхностью вращения, ось к-рой совпадает с осью С.; в этом случае С. называется симметричным; если фотометрич. поверхность не является поверхностью вращения, то С. называется несимметричным. Светотехнич. классификация предусматривает деление С. на симметричные (табл. 1) и несимметричные. Дальнейшие их подразделения находятся в связи с формой фотометрич. поверхности. Для определения формы ее служит схема, изображенная на фиг. 10, где 1—С., 2—зеркальный аппарат, 3—фотометр. Поворачивая систему зеркал вокруг горизонтальной оси, а С. вокруг вертикальной, определяют силу света С. в любом направлении и строят его фотометрич. поверхность. Если фотометрич. поверхность пересечь вертикаль-

Табл. 1.—Характеристики симметрич. С.

Класс	Наименование	Характеристика	Подкласс	Характеристика
II	Прямое света	Не менее 90% всего светового потока излучается в нижнюю полусферу: $0,9 F_e \geq F_e \geq 0,1 F_e$	Пк*1	Концентрированного светораспределения ($0,5 F_e$ излучается внутри зоны не более $0-40^\circ$)
			Пс	Среднего светораспределения ($0,5 F_e$ излучается внутри зоны не более $0-50^\circ$)
			Пш	Широкого светораспределения ($0,5 F_e$ излучается внутри зоны более $0-50^\circ$)
O	Отраженного света	Не менее 90% всего светового потока излучается в верхнюю полусферу: $0,9 F_e \geq F_e \geq 0,1 F_e$	Ок*2	Концентрированного светораспределения ($0,5 F_e$ излучается внутри зоны не более $0-40^\circ$)
			Ос	Среднего светораспределения ($0,5 F_e$ излучается внутри зоны не более $0-50^\circ$)
			Ош	Широкого светораспределения ($0,5 F_e$ излучается внутри зоны более $0-50^\circ$)
P	Рассеянного света	Световой поток в обеих полусферах распределяется так, что в одну из полусфер излучается более 10% и в другую менее 90% F_e	Рп	Преимущественно прямого света при $0,1 F_e < F_e < 0,9 F_e$
			Ро	Преимущественно отраженного света $0,1 F_e < F_e < 0,9 F_e$
			Рр	Равномерного светораспределения $F_e - F_e \leq 0,1 F_e$

*1 Для этого типа должен указываться угол рассеяния, т. е. угол при вершине конуса, внутри к-рого сила света не ниже $0,1 I_{max}$. *2 Для этого типа д. б. указан угол рассеяния, т. е. угол при вершине такого конуса, внутри к-рого сила света не ниже $0,1 I_{max}$.

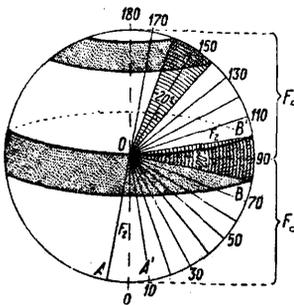
ными плоскостями, проходящими через ось С., а следовательно и через его световой центр, то в сечении получаются продольные кривые распределения силы света. При пересече-



Фиг. 10.

чении фотометрич. поверхности горизонтальной плоскостью, проходящей через световой

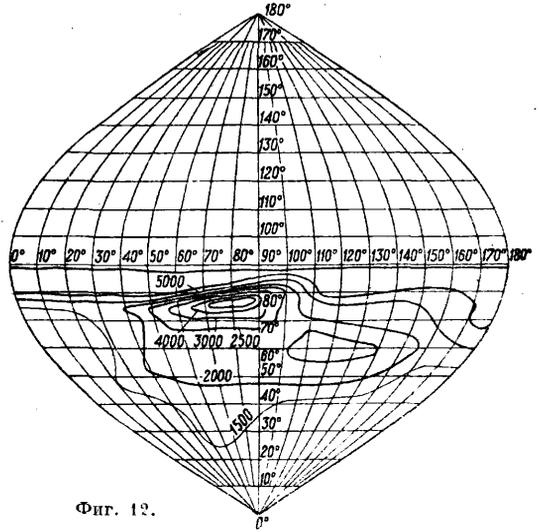
центр светильника, получают поперечную кривую распределения силы света. У идеально симметричных относительно оси C . все продольные кривые распределения силы света одинаковы, а поперечная кривая—окружность. Идеально симметричных относительно оси C . на практике не бывает: все они явно несимметричны или в большей или меньшей степени приближаются к симметричным. Поэтому в последующем под симметричными C . следует подразумевать лишь практически симметричные относительно оси, т. е. такие, у которых продольные кривые распределения силы света (отклонения до $\pm 15\%$) мало разнятся друг от друга, а поперечная кривая распределения силы света приближается к окружности. Все прочие C . носят общее название несимметричных. Если проведем через световой центр C . горизонтальную плоскость, она разделит световой поток на две части: часть, излучаемую выше горизонтальной плоскости (идущую в верхнюю полусферу) и называемую верхним полусферич. световым потоком ($F_{\text{в}}$), и часть, излучаемую ниже горизонтальной плоскости (идущую в нижнюю полусферу) и называемую нижним полусферич. световым потоком ($F_{\text{н}}$). Световой поток внутри конусов AOA' , BOB' и пр. (фиг. 11) называется зональным световым потоком



Фиг. 11.

внутри сферы таким образом, что его световой центр совмещен с центром сферы, а фотометрическая поверхность расположена внутри сферы в таком положении, к-рое соответствует своему обычному положению на практике. Нанесем на поверхность сферы меридианы и параллели и в точках их пересечения обозначим силу света в направлениях, определяемых этими точками (метод Бенфорда). Соединив непрерывными кривыми точки с равными силами света, получим изоэвечы (линии равных свечей) для данного несимметричного C . Для перенесения изосвечей с поверхности сферы на плоскость Бенфорд предложил синусоидальную диаграмму (фиг. 12). Классификация несимметричных C . основывается на следующих соображениях. 1) Световой поток может распределяться так, что фотометрич. тело не будет иметь плоскости симметрии. Такие C . называют всесторонне несимметричными (Нв). Обозначать более точно их светораспределение можно по отдельным квадрантам в зависимости от преимущественного характера фотометрич. тела и продольной кривой в разных квадрантах. Светотехнич. характеристики несимметричных C . вообще, а в особенности всесторонне несимметричных, трудно поддаются описанию и обозначению; их следует определять непосредственно из диаграммы изосвечей. 2) C ., фотометрич. поверхность к-рых находится

в большей своей части по одну сторону от вертикальной плоскости, называют односторонне несимметричными (Но). У них



Фиг. 12.

не менее 90% светового потока распространяется по долготе не более, чем на 180° . Давая угол рассеяния в поперечной и продольной плоскостях и направление максимальной силы света, мы определим в основном светотехнические особенности светильника. 3) Несимметричными двусторонними (Нд) называют C ., которые имеют продольную плоскость симметрии и световой поток, разделенный на два основных пучка, занимающих по широте не более 90° каждый и идущих в диаметрально противоположных направлениях. В каждом из пучков заключается не менее 40% всего потока C . Угол рассеяния и направление I_{max} определяет: светораспределение, светотехнич. характеристики и следовательно область применения C . 4) Несимметричными четырехсторонними (Нч) C ., в которых световой поток делится на 4 одинаковых пучка, попарно идущих в диаметрально противоположных направлениях. В каждом из пучков заключается $20-22\frac{1}{2}\%$ всего светового потока C .; по долготе каждый пучок должен занимать ок. 45° . Уточненная характеристика дается указанием направления I_{max} и угла рассеяния в вертикальной и горизонтальной плоскостях. 5) Несимметричными боковыми C . (Нб) называют C ., у которых световой поток излучается преимущественно в пределах $0-90^\circ$ долготы.

Определение. Пограничной линией C ., имеющего полупрозрачный или непрозрачный колпак (фиг. 13), называют прямую, проходящую от края светящегося тела через противоположный край колпака. Защитным углом — угол α между пограничной линией и горизонтальной линией, проходящей через световой центр лампы. Коэффициентом использования C . на какой-либо поверхности — отношение светового потока, падающего на эту поверхность, ко всему световому потоку C . Кнд C . — отношение светового потока, выходящего из C ., к полному световому потоку голый лампы. Если оптич. система C ., объемлющая источник света, состоит из двух материалов с разными светотехнич. характеристиками

ками: I— e_1 , τ_1 , α_1 и II— e_2 , τ_2 , α_2 , где e —коэф. отражения, τ —коэф. пропускания, α —коэф. поглощения, то для кпд С. может быть дано следующее выражение:

$$\eta_c = \tau_1 \left\{ \zeta + \frac{\vartheta [e_1 \zeta + (1 - \zeta) e_{e1}]}{1 - [e_1 \vartheta + (1 - \vartheta) e_{e1}]} \right\} + \tau_2 \left\{ 1 - \zeta + \frac{(1 - \vartheta) [e_1 \zeta + (1 - \zeta) e_{e2}]}{1 - [e_1 \vartheta + (1 - \vartheta) e_{e2}]} \right\}.$$

Здесь ζ —доля всего светового потока лампы, попадающая на поверхность I; $(1 - \zeta)$ —доля потока лампы, попадающая на поверхность II; ϑ —доля потока, отраженная от поверхности I и вновь на нее попавшая при вторичном или последующих отражениях; $(1 - \vartheta)$ —доля потока, отраженная от поверхности I и попавшая при вторичном или последующих отражениях на поверхность II. Из этого общего выражения для η_c получаются следующие частные значения:

1) закрытый С., колпак непрозрачный ($\tau_1 = 0$)

$$\eta_c = \tau_2 \left\{ 1 - \zeta + \frac{(1 - \vartheta) [e_1 \zeta + (1 - \zeta) e_{e2}]}{1 - [e_1 \vartheta + (1 - \vartheta) e_{e2}]} \right\};$$

2) открытый колпак из непрозрачного материала ($\tau_1 = 0$, $\tau_2 = 1$, $e_2 = 0$)

$$\eta_c = 1 - \frac{\zeta (1 - e_1)}{1 - \vartheta e_1};$$

3) открытый колпак из пропускающего свет материала ($\tau_2 = 1$, $e_2 = 0$)

$$\eta_c = 1 - \frac{\zeta (1 - \tau_1 - e_1)}{1 - \vartheta e_1};$$

4) замкнутый колпак из пропускающего свет материала ($\tau_1 = \tau_2$ и $e_1 = e_2$)

$$\eta_c = \frac{\tau}{1 - e}.$$

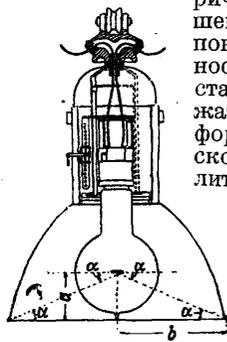
По Тиходееву коэффициент полезного действия эмалированных С. определяется по следующей формуле:

$$\eta_1 = \frac{1 - k_0 + e (k_0 - k)}{1 - e k},$$

где k_0 —отношение светового потока, падающего на рефлектор, к полному потоку лампы, e —коэффициент отражения рефлектора, k —коэффициент формы колпака. Для колпаков со смешанным отражением Тиходеев дает следующую формулу:

$$\eta_2 = \frac{1 - k_0 [1 - (e_1 + e_2)] - e_1 k - e_1 e_2 k_0 k}{1 - e_1 k},$$

где e_1 —коэф. рассеянного отражения, e_2 —коэф. зеркального отражения. Коэф. формы для сферич. рефлектора равен отношению площади, отражающей поверхность шара, часть которого составляет данный сферич. отражатель. Если рефлектор имеет форму, отличную от сферической, то его поверхность делится на отдельные пояса, настолько малые, чтобы их можно было считать частями шаровой поверхности. Если обозначим световой поток, падающий на такой малый пояс, через F_i , а коэффициент формы пояса через k_i , то коэффициент формы k рефлектора будет



Фиг. 13.

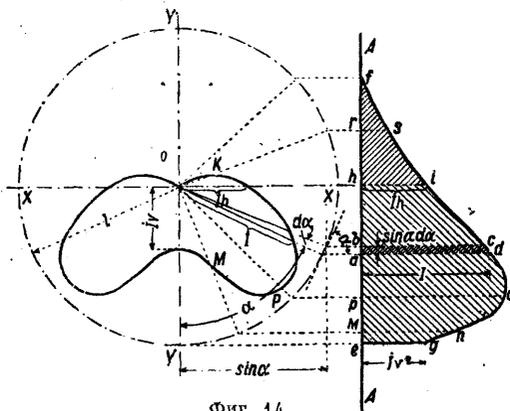
формы k рефлектора будет

$$k = \sum_1^n F_i k_i; \sum_1^n F_i.$$

Фотометрические вычисления. Основные светотехнич. данные о С. даются для симметрич-

ных С. в виде продольных кривых распределения силы света, а для несимметричных С.—в виде диаграммы изосвечей. Пользуясь этими данными, можно определить другие светотехнические характеристики С. Практически бывает нужным определить по кривым распределения силы света зональные, полусферические и полные световые потоки, кпд С. и освещенности горизонтальную и вертикальную.

Построение Руссо. Проведем (фиг. 14) из светового центра окружности радиусом $r=1$,



Фиг. 14.

отложим прямую AA', параллельную вертикальному диаметру YY' окружности, и построим силы света в прямоугольных координатах, откладывая $eg = I_0$, $mn = OM$, $pq = OP$, $ad = I$, $hi = I_h$, $rs = OK$ и т. д. Полулученная кривая $egnqdcisf$ называется кривой Руссо. Световой поток на поверхности сферы радиуса =1 внутри телесного угла $d\omega = 2\pi \sin a da$ будет

$$dF = I d\omega = I \cdot 2\pi \sin a da$$

и полный световой поток

$$F = 2\pi \int_0^\pi I \sin a da.$$

Выражение $\int_0^\pi \sin a da$ представляет собой полную площадь, ограниченную кривой Руссо. Нижний полусферич. поток:

$$F_{\text{н}} = 2\pi \int_0^{\frac{\pi}{2}} I \sin a da = 2\pi \cdot \text{пл. } ehig;$$

аналогично верхний полусферич. светов. поток:

$$F_{\text{в}} = 2\pi \int_{\frac{\pi}{2}}^\pi I \sin a da = 2\pi \cdot \text{пл. } hfi.$$

Для любой зоны $\alpha_1 - \alpha_2$ световой поток будет

$$F_{(\alpha_2 - \alpha_1)} = \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} 2\pi I \sin a da = 2\pi \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} I \sin a da.$$

Соответственно получим:

$$I_{\text{н}} = \frac{F_{\text{н}}}{2\pi} = \text{пл. } ehig,$$

$$I_{\text{в}} = \frac{F_{\text{в}}}{2\pi} = \text{пл. } hfi,$$

$$I_{\text{с}} = \frac{F_{\text{с}}}{4\pi} = \text{пл. } \frac{efg}{2}.$$

Т. о. при построении кривой Руссо определе-

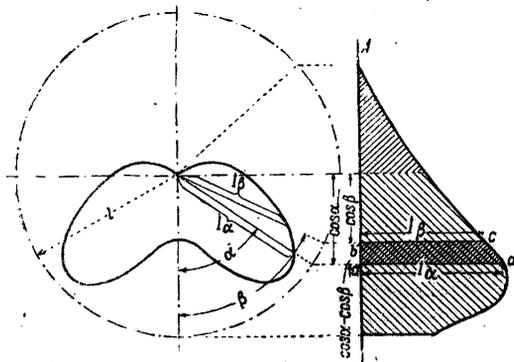
ние потоков сводится к измерению площадей, ограниченных кривой Руссо или ее частью. Для ускорения подсчет потоков вместо измерения площадей ведется аналитически на основе следующих соображений (фиг. 15). Допустим, что F_α и I_β — силы света под углами α и β ; проекция отрезка дуги $\beta - \alpha$ окружности радиуса, равно-го r , на прямую AA' будет равна $\cos \alpha - \cos \beta$.

Трапеция $abcd$ имеет площадь $\frac{I_\alpha + I_\beta}{2} (\cos \alpha - \cos \beta)$. Умножив на 2π , получим $F_{(\alpha-\beta)}$. Если разделим нашу сферу на зоны по 5° , то для каждой зоны световой поток можно исчислить следующим образом:

$$F_{0-5^\circ} = 2\pi \cdot \frac{I_{0^\circ} + I_{5^\circ}}{2} (\cos 0^\circ - \cos 5^\circ),$$

$$F_{5-10^\circ} = 2\pi \cdot \frac{I_{5^\circ} + I_{10^\circ}}{2} (\cos 5^\circ - \cos 10^\circ) \text{ и т. д.}$$

Обычно кривые распределения силы света являются плавными кривыми, и внутри зон, соответствующих плоским углам в 5° или 10° продольной кривой светораспределения, можно без



Фиг. 15.

особой погрешности для технич. расчетов принять изменение силы света по закону прямой.

Тогда $\frac{I_\alpha + I_\beta}{2}$ можно принять равной силе света под углом $\frac{\alpha + \beta}{2}$, т. е. проходящего через середину зоны. При этом условии:

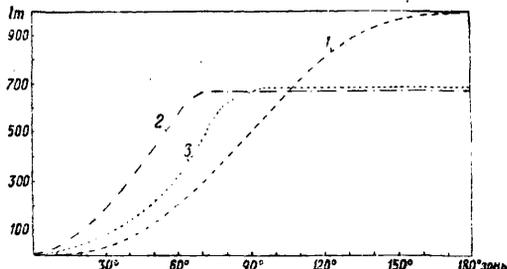
$$F_{\alpha-\beta} = 2\pi \cdot \frac{I_{\frac{\alpha+\beta}{2}}}{2} (\cos \alpha - \cos \beta) = \frac{I_{\frac{\alpha+\beta}{2}}}{2} \cdot k,$$

где переводный множитель $k = 2\pi (\cos \alpha - \cos \beta)$. Чаще всего кривые распределения силы света строятся при промерах силы света через 10° , т. е. под $0^\circ, 5^\circ, 15^\circ$ и т. д. В этом случае силу света под углом 5° принимают за среднюю для зоны $0-10^\circ$, силу света 15° — среднюю для зоны $10-20^\circ$ и т. д. Поправочные коэф-ты k даны в табл. 2.

Табл. 2.—Значения поправочного коэффициента k .

α	β	k	α	β	k
0	10	0,095	90	100	1,091
10	20	0,233	100	110	1,058
20	30	0,463	110	120	0,992
30	40	0,628	120	130	0,897
40	50	0,774	130	140	0,774
50	60	0,897	140	150	0,628
60	70	0,992	150	160	0,463
70	80	1,058	160	170	0,233
80	90	1,091	170	180	0,095

Для облегчения определения светового потока S внутри любой зоны принято строить кривую световых потоков, отнесенных к условной лампе в 1 000 lm (фиг. 16) или же в % от полного потока, излучаемого S . Кривая 1 — голая



Фиг. 16.

лампа, 2 — арматура для освещения мастерских, 3 — плоская арматура. Кривые распределения силы света и диаграммы изосвечей строят также для условной лампы в 1 klm.

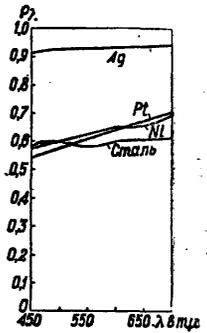
Материалы для построения S . Можно разбить на следующие основные категории: 1) строительные материалы, служащие для оформления S , соединения отдельных его элементов, установки S или для придания ему нек-рых особых свойств (прочности, плотности или безопасности); 2) электротехнич. материалы, служащие для подведения тока к источнику света и его питания, а в некоторых случаях и для трансформирования тока; 3) светотехнич. материалы, составляющие оптич. систему S и перераспределяющие световой поток при отражении, преломлении или пропускании света. Строительные материалы чрезвычайно разнообразны. Наибольшим распространением пользуются металлы черные (листовое железо, чугунные отливки) и цветные (латунь, алюминий, медное, бронзовое литье, антикоррозийные сплавы). Металлич. светильники благодаря многочисленным способам внешней отделки и возможности придания всевозможных художественных форм и надежной защиты от коррозии составляют наиболее многочисленную группу S . В некоторых конструкциях в качестве строительных материалов применяется дерево. Художественно исполненные деревянные подделки могут до нек-рой степени служить для замены металла, главным образом в S для освещения бытового, клубов и других помещений общественного пользования. Однако применение дерева для S ограничено вследствие совершенного несоответствия этого материала для построения некоторых групп S (для наружного освещения, помещений и мест сырых), т. к. конструкции S состоят б. ч. из тонкостенных деталей, что не всегда м. б. достигнуто в случае применения дерева; кроме того деревянные S в целях прочности их должны изготовляться довольно массивными при одновременной их сравнительной легкости по весу. В последнее время получили значительное распространение S из майолики и фарфора. Эти материалы являются очень подходящими для построения S , предназначенных для службы в сырых помещениях, особенно в помещениях с едкими парами (травилки, отбельные), интенсивно разъедающими металл. Возможность придания фарфоровым и майоликовым деталям разных форм привела к тому, что в настоящее время выпускается довольно много таких S для освещения жилых

помещений (фиг. 17). Майоликовым и фарфоровым С. можно придавать любую художественную форму и разнообразную расцветку, что способствует их распространению. В светотехнической практике были попытки изготовления С. из разного рода дешевых материалов (папемаше, пластические массы: бакелит, карболит, галалит и пр.). Однако эти попытки не привели к сколь-либо заметным достижениям в области построения С. Тем не менее применение пластич. масс открывает много возможностей в области конструирования С. (фиг. 18—германский С. из пластических масс, предназначенный для массового потребления). Эти С. вполне удовлетворяют светотехническим, эстетическим и конструктивным требованиям, отличаясь при этом дешевизной. Пластические массы позволяют очень широко разнообразить внешнее оформление С., давая одновременно прочное, достаточно массивное и недорогое по цене изделие.

Электротехнические материалы являются составными частями С.; в основном к этой группе материалов относятся *провода* (см.) и патроны для ламп. В некоторых более сложных конструкциях в самом С. устанавливается или трансформатор (напр. в С. для наружного освещения, предназначенных для последовательного включения ламп накаливания по 20 А) или источник питания током (батарея, аккумулятор). Провода, применяемые для электрич. С., согласно действующим правилам безопасности и правилам устройства для электротехнических сооружений сильного тока низкого и высокого напряжений, утвержденных IX Всесоюзным электротехнич. съездом, должны иметь оболочку из вулканизированной резины, по качеству соответствующей применяемому напряжению. Наименьшее сечение применяемых для зарядки проводов 0,75 мм². Прокладка проводов внутри и вне armатуры С., соединение их и разветвление регламентируются также упомянутыми правилами. Самые провода, применяемые для зарядки С., должны отвечать по качеству общесоюзному стандарту. Для зарядки С. допускаются патроны винтовые или штыковые, по качеству и исполнению отвечающие общесоюзному стандарту.

Светотехнические материалы служат для изготовления тех элементов С., к-рые перераспределяют световой поток С. Эти материалы можно разделить на две основные группы: а) непросвечивающие и б) просвечивающие. Непросвечивающие материалы являются поверхностями, дающими явление отражения светового потока при частичном, большем или меньшем поглощении. Изготовленные из непрозрачных материалов отражающие элементы С. носят название отражателей, или рефлекторов. Просвечивающие материалы могут создавать перераспределение светового потока путем преломления (рефракторы, или призмателы) или путем рассеяния при прохождении через материал (рассеиватели). Отражатели зеркальные. Наиболее простой случай отражения света имеет место в случае нахождения по пути распространения света полированных металлич. поверхностей. При этом происходит зеркальное отражение света по законам геометрич. оптики. Пользуясь отражающими поверхностями, можно создавать любое перераспределение светового потока. Из металлических зеркальных отражателей имеют практич. применение полированные отражатели: серебряный, нике-

лированный, хромированный, алюминиевый. Реже применяются золоченые отражатели и оловянные (оловянная полированная фольга). Металлич. отражатели обладают избирательным поглощением падающего на них светового потока, т. е. поглощают неодинаково различные части спектра падающего света. На фиг. 19



Фиг. 19.

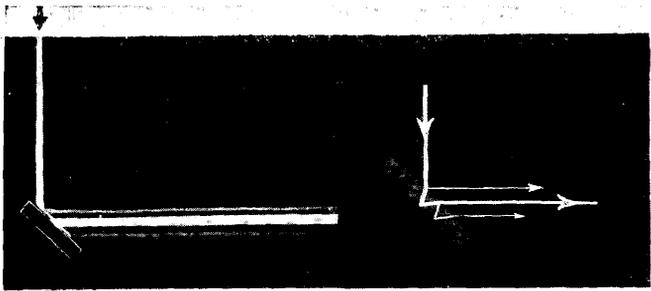
представлены коэф-ты отражения ρ для видимых излучений различной длины волны от полированного серебра, никеля, платины и стали. Кривая для зеркальной хромированной поверхности очень близко подходит к кривой для никеля. Аналогичного характера явление происходит при отражении света от стеклянного зеркала, имеющего зеркальный слой на той поверхности стекла, на к-рую падает свет; в этом случае свет отражается от зеркального слоя, не проходя через самое стекло, и физическое явление отражения такое же, как в случае металлического полированного зеркала. Если же металлический слой в стеклянном зеркале нанесен на противоположной (внешней) поверхности стекла, то свет достигает отражающей поверхности по прохождении через стекло; при этом будут иметь место дополнительные явления (вкл. л., 1). Если зеркальная поверхность (наружная или внутренняя) не ровная, а с выбоинами, выступами, углублениями, канавками и т. п., то при отражении от такой зеркальной поверхности свет будет в большей или меньшей степени рассеян (вкл. л., 2). Такого рода неровные зеркальные поверхности применяются в качестве отражателей во многих С. (тип X—Ray и др.). Применением зеркальноотражающих поверхностей можно получить самые разнообразные перераспределения светового потока. Зеркальные отражатели могут рассчитываться теоретически для случая точечного источника света и достаточно точно для обычно применяемых ламп накаливания, имеющих тело накала, по форме отличное от светящейся точки. На практике зеркальные симметричные и несимметричные С. имеют большое распространение. Табл. 3 дает в % значения коэф-та отражения для различных зеркальных поверхностей.

Табл. 3.—Значения коэффициента отражения для различных зеркальных поверхностей.

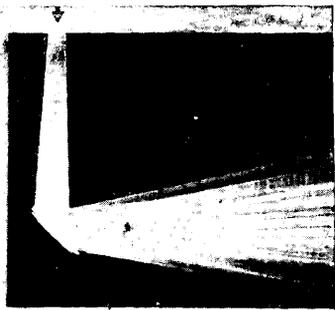
Наименование поверхности	A[1]	B[2]	B[3]	Г[4]
Стеклозное зеркало	82—88	70—85	—	80—85
Полирован. серебро	92	90—92	90,5	85
» хром	65	61—62	64	60
» никель	55	53—55	63,5	—
» олово	63	69	—	—
» сталь	60	—	—	57—60
» алюминий	62	67—70	68	76 *
Никеллоид	—	—	71	—
Монель-металл	—	—	49	—
Полирован. кадмий	—	—	64	—

* Данные для A1 в графе Г относятся к специально обработанному металлу.

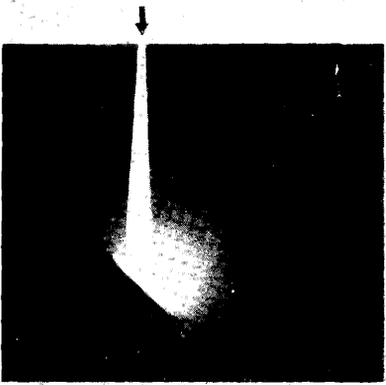
Непросвечивающие материалы с диффузным отражением являются идеальными рассеивателями светового потока



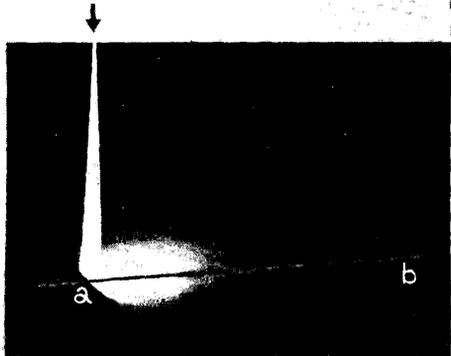
1



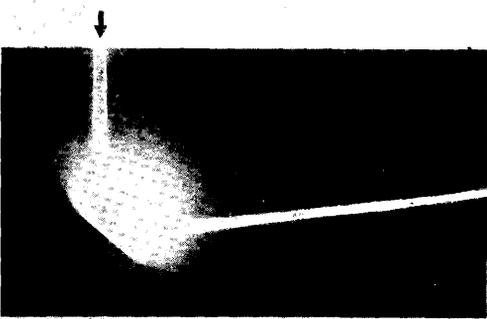
2



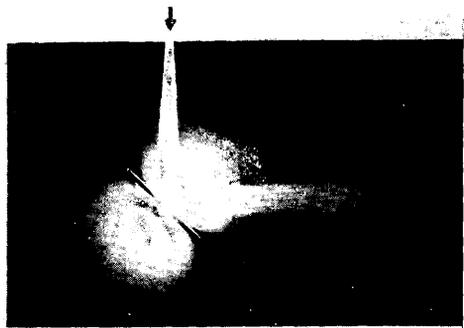
3



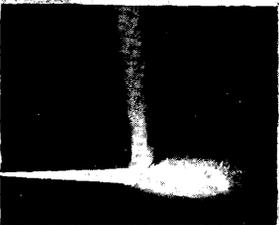
4



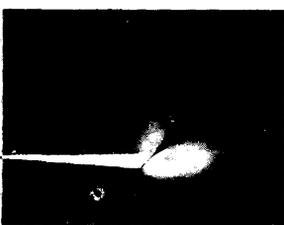
5



6



7



8



9

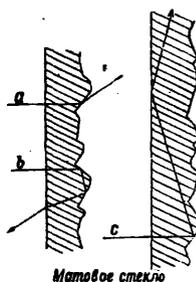
и дают отражение по Ламберту: «Под каким бы углом на такую поверхность ни падал пучок света, фотометрическая поверхность отраженного потока будет шар». Очень близко к идеальному рассеивателю подходят нек-рые белые матовые поверхности: гипс, алебастр, ватманская бумага (вкл. л., 3—отражение света от ватманской бумаги). На практике применение таких поверхностей, дающих только рассеянное отражение света, ограничено. В отношении расчета отражающих диффузных поверхностей можно сказать, что перераспределение светового потока, ими производимое, не зависит от формы (кривизны) самой поверхности.

Поверхности со смешанным отражением. В практич. светотехнике большое значение имеют непрозрачные поверхности со смешанным отражением, дающие отраженный поток, к-рый состоит из двух компонент: одна—зеркально отраженная часть светового потока и вторая—диффузно отраженная. В зависимости от преобладания той или иной компоненты, поверхности со смешанным отражением приближаются по своему действию к зеркальным или диффузным отражателям. На практике из материалов, дающих смешанное отражение, наибольшее распространение имеют поверхности матовые, металлические и эмалированные (покрытые белой фарфоровой эмалью). Матовая (неполированная) металлич. поверхность или какая-либо поверхность, покрытая алюминиевой краской, может рассматриваться как состоящая из бесчисленного множества отдельных отражающих частиц, расположенных на одной и той же поверхности, но образующих различные углы падения с отдельными частями одного и того же падающего пучка. Пучок света, падающий на такую поверхность, при отражении разобьется на большое число отдельных лучей, которые отразятся под разными углами, давши однако явно выраженное усиление в направлении, соответствующем зеркальному отражению всего падающего луча (вкл. л., 4—отражение света от пластинки, крытой алюминиевой краской; по *ab* указано направление зеркального отражения). Белую фарфоровую эмаль, нанесенную на черный металл, можно рассматривать как пластинку белого (молочного) стекла, наложенного на непрозрачное основание. Т. о. в фарфоровой эмали будут иметь место те явления, к-рые происходят при прохождении света через белое стекло, с отражением прошедшего через стекло светового потока от металла (вкл. л., 5—отражение света от пластинки, покрытой фарфоровой эмалью; в этом случае имеется явно выраженная зеркальная составляющая). Соотношение между зеркальной и диффузной составляющими при отражении света от фарфоровой эмали не постоянно, а зависит от угла падения. При больших практически достижимых углах падения зеркальная составляющая доходит до 50% падающего потока. На фиг. 20 дана зависимость (в %) между зеркальной составляющей отраженного потока (коэф. зеркального отражения ρ) и углом φ падения. По исследованию Всесоюзного электротехнич. ин-та зеркальное отражение, происходящее на поверхности эмали, подчиняется закону Френеля для отражения на границе диэлектриков. В случае применения поверхностей со смешанным отражением возможность желательного перераспределения светового потока по сравнению со случаем зеркальных отражателей гораздо более ограниче-

ны. Чем больше диффузная компонента при отражении от материала, тем практически меньше влияние на перераспределение оказывает форма поверхности.

Просвечивающие материалы. К этой категории относятся разные сорта стекла, имеющие громадное значение в современной светотехнике, некоторые ткани (шелк, сатин и пр.), бумага, синтетич. материалы, гипс и др. Обычное хрустальное, т. е. бесцветное светлое, стекло не производит перераспределения светового потока: проходит через такое стекло, свет не меняет своего направления, теряя от поглощения в стекле 3—10% в зависимости от толщины и степени бесцветности. Поэтому бесцветное хрустальное стекло применяют в качестве защитных стекол. Прессованное призматич. хрустальное стекло является одним из важных светотехнич. материалов (см. Голофаны); преломлятели из этого стекла имеют большое применение в качестве элемента оптич. системы С. Преломлятели позволяют в широких пределах изменять светораспределение лампы. Потери света на поглощение в стекле преломлятелей лежат в указанных выше пределах для хрустального стекла.

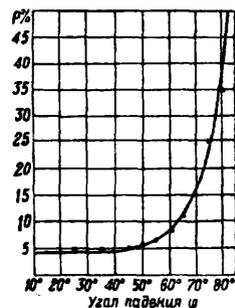
Рассеивающие свет материалы. Наиболее важное значение из них имеют матовые и мутные стекла как в виде плоских и гнутых листов, так и в виде различных фасонных колпаков. Матовое стекло состоит из хрустального стекла, у к-рого обе или одна сторона сделаны шероховатыми при помощи химич. и механич. средств. Такая шероховатая поверхность состоит из отдельных малых элементарных поверхностей, обладающих различными углами наклона по отношению к гладкой поверхности. Луч света *a*, падающий на матовую, шероховатую с одной стороны пластинку перпендикулярно с гладкой стороны, после прохождения через толщу стекла попадает на элементарную поверхность с матовой стороны и преломляется (фиг. 21). Это отклонение луча и вместе с тем



Матовое стекло

Фиг. 21.

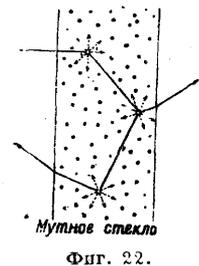
рассеяние света имеет место лишь до тех пор, пока наклон поверхности не более примерно 41° (для $n = 1,53$); при большем наклоне луч отражается. Отразившись при этом внутрь, луч может попасть на второй элемент матовой поверхности, но выйти наружу сможет лишь только в том случае, если этот второй элемент сильно наклонен. В общем случае луч *b* вторично отразится и выйдет через внутреннюю сторону стекла. Этим объясняется сравнительно высокое отражение матовых стекол, достигающее до 16%, в то время как у нематированных стекол оно достигает ~8%. При угле наклона элементарной матовой поверхности между 41° и 45° отраженный от нее луч с так косо падает на внутреннюю гладкую поверхность, что он от нее отразится вторично. В связи с большим путем, проходимым лучом в стекле, находится силь-



Фиг. 20.

ное поглощение матовых стекол. Отражение становится больше, а потери на поглощение меньше, если свет падает не на гладкую поверхность стекла, а на матовую, т. к. в последнем случае критич. значения угла наклона поверхности для полного отражения больше. Характерным для матовых стекол является то, что несмотря на рассеивание всего падающего на них светового потока их рассеивательная способность сравнительно невелика. На вкл. л., 7 и 8 представлены явления, происходящие при прохождении света через матовое стекло: к источнику света (вкл. л., 7) обращена гладкая поверхность (матировка наружная), к источнику света (вкл. л., 8) обращена матированная поверхность (внутренняя матировка).

В противоположность чисто поверхностному эффекту матовых стекол в мутных стеклах (белое, опаловое и т. п.) наблюдается объемный эффект. Мутное стекло состоит из бесцветного хрустального стекла, к-рое имеет вкрапления чрезвычайно большого количества мельчайших частиц с различными оптическими константами. Рассеяние света в этих стеклах происходит потому, что лучи света, попавшие в стекло, меняют свое направление вследствие преломления, отражения или отклонения от этих мельчайших частиц. В большинстве употребляемых мутных стекол эти частицы являются кристаллами, размеры которых так малы, что отклонение является преобладающим эффектом. Если луч попадет в такую среду, то он отклонится от какой-либо частицы и разобьется на мелкие лучи по всем направлениям. Каждый из образовавшихся лучей вновь может встретить на своем пути такие кристаллы и вновь даст такой же эффект: Если же образовавшиеся лучи на своем пути не встретят кристаллов, то они выйдут наружу с соответствующим преломлением (фиг. 22). Характерным для мутного стекла является то, что при слишком большой мутности часть падающего света выйдет без какого-либо значительного изменения направления, вследствие чего стекло кажется полупрозрачным, в то время как остальная часть потока сильно рассеивается. Если мутность стекла велика, то прозрачность исчезает, рассеяние становится очень большим, отражение при этом



повышается, достигая 80% и более. Оптич. свойства мутных стекол потому так сложны, что размер частиц имеет основное значение. Этим размером определяется не только отклонение различной длины волн (короткие волны сильнее отклоняются, чем длинные), но и общее рассеяние стекла. На вкл. л., 6 и 9 показаны явления, происходящие при направлении света на мутные стекла; на вкл. л., 6 в случае густого белого стекла («молочного стекла») и на вкл. л., 9 в случае негустого белого стекла, имеющего больше, чем в предыдущем случае, пропускание света («опаловое стекло»). В табл. 4 приведены в % данные о коэф-тах отражения, пропускания и поглощения нек-рых непрозрачных материалов с диффузным смешанным отражением, а также пропускающих свет материалов [1].

Данные, приведенные в табл. 4 для белого стекла и эмали, являются ориентировочными средними. Эти значения подвержены значительным

Табл. 4.—Коэффициенты отражения, пропускания и поглощения для непрозрачных и просвечивающих материалов.

Название материалов	Коэф. отражения		Коэф. пропускания	Коэф. поглощения
	зерк.	дифф.		
Хрустальное гладкое стекло	8—10*1	—	80—85	5—10
Хрустальное внутреннее матовое стекло	4—5	5—10	70—85	5—15
Хрустальное наружн. матовое стекло	—	8—12	72—87	5—15
Белое стекло густое	4—5*1	10—20	55—75	8—12
» » негустое	3—4	10—20	55—75	10—15
» » густое	4—5*1	40—70	10—45	10—20
Белая фарфор. эмаль	4—5*1	60—70	—	25—35
Матовый алюминий	—	62*2	—	38
Алюминиевая краска	—	60—65*2	—	35—40
Гипс	—	90—95	—	5—10
Ватманск. бумага мат. » глинян.	—	80—85	—	15—20
» » глинян.	4—5*1	75—80	—	15—20
Оксид магнезия матовая	—	98—99	—	1—2

*1 Зависит от угла падения луча; приведенные значения действительны при углах падения 0—15°. *2 Не дают резко выраженного зеркального отраженного пучка; максимальная сила отраженного света идет в направлении зеркального отражения.

колебаниям в зависимости от толщины стекла, характера замутняющего вещества, режима варки стекла и т. д. Светотехнич. свойства прочих материалов, имеющих применение в светотехнике, еще далеко не полно исследованы. В табл. 5 приводятся светотехнич. характеристики нек-рых из этих материалов [2].

Табл. 5.—Светотехнические свойства различных материалов.

Название материалов	Толщина, мм	Коэф. отражения	Коэф. пропускания	Коэф. поглощения
Орнаментное стекло	3,2—5,9	7—24	57—80	3—21
Мрамор полированный	7,3—10,0	30—71	3—8	24—65
Алебастр (гипс)	11,2—13,4	49—67	17—30	14—21
Шелк белый	—	28—38	61—71	1
» цветной	—	5—24	13—54	27—80
» с бел. подкладкой	—	33—43	7—31	27—57
Цветное красен. стекло красное	2—3	64—69	2—4	29—34
Цветное красен. стекло оранж.	2—3	63—63	6—10	22—31
Цветное красен. стекло зеленое	2—3	60—86	3—9	30—31
Цветное красен. стекло синее	2—3	67	1	32
Целлюлоид бесцветный прозрачный	0,5	8	79	13
Целлюлоид бесцветный мутный	1—0,3	55	17	28
Пергамент бесцветный	—	48	42	10

Принципы построения С. О т р а ж а т е л и.
В случае отражателей, дающих совершенно диффузное отражение света, контур поверхности практически не будет оказывать влияния на светораспределение, даваемое рефлектором, и на характер нити в лампе накаливания. Кривая распределения силы света будет весьма мало отклоняться от окружности (фиг. 23). Поэтому при построении профиля отражателя в этом случае можно гл. обр. учитывать технологич. сторону вопроса, упрощая форму отражателя в соответствии с условиями производства. Это же положение в основном остается до нек-рой степени справедливым и для поверхностей со смешанным отражением, имеющим

диффузную и зеркальную компоненты. Как выше было указано, зеркальная компонента может достигнуть значительной величины лишь при углах падения, превосходящих 45° ; в этом случае возможно оказывать при посредстве зеркальной составляющей влияние на светораспределение С., что и имеет место например в отражении (фиг. 24 и 25). На практике однако затруднительно придавать профилю отражателя такие очертания, чтобы угол падения для большинства падающих лучей был больше 45° , т.к.

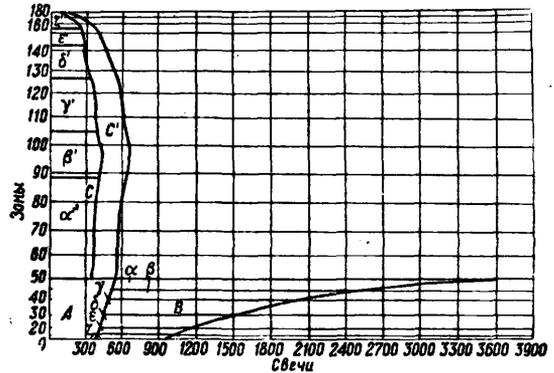
в этом случае размеры самих отражателей получились бы слишком большими. Поэтому в симметричных колпаках со смешанным отражением приходится ограничивать размеры колпака в соответствии с соображениями технологического порядка, искусственно сокращая область, в которой углы падения превосходят 45° . Так, форма эмалированного колпака RLM, являющегося стандартным типом в Англии и Америке (фиг. 8), получилась при следующем построении. Исходя из необходимости усилить силу света в зоне от 15° — 45° при помощи зеркальной компоненты, нужно отражающей поверхности придать форму abc (фиг. 26), при к-рой углы падения больше 45° , а отраженные лучи имеют нужное направление. По условиям технологического порядка приходится уменьшить диаметр колпака, придав ему форму abd , к-рая и является профилем стандартного колпака RLM. При зеркальных колпаках конструктор имеет возможность получить то светораспределение, к-рое по заданию требуется, пользуясь законами зеркального отражения света от колпаков.

Расчет симметричных колпаков с зеркальным отражением является вполне разработанным и проверен в заграничной практике. Метод расчета зеркальных колпаков несимметричных более сложен и упрощается в том случае, если несимметрич. колпак можно представить состоящим из отдельных элементов, каждый из которых есть часть симметричного колпака. Общий ход расчета симметричных зеркальных колпаков ведется из заданного распределения освещенности на освещаемой поверхности; пользуясь законом квадратов расстояний, устанавливают зональные световые потоки и кривую распределения силы света С.

$$I_i = \frac{E_i \cdot H^2}{\cos^2 \alpha_i},$$

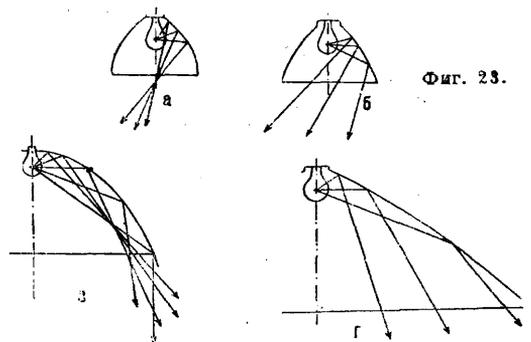
где I_i — сила света в данном направлении, E_i — освещенность поверхности, H — высота светового центра над освещенной поверхностью, α_i — угол между выбранным направлением и вертикалью. На основе кривой распределения силы света устанавливают защитный угол С., и сле-

довательно можно подсчитать, какой из стандартных типов ламп можно поместить в С., чтобы после потерь на поглощение при отражении и соответствующего перераспределения света С. получить выбранную кривую С. Для лампы накаливания и зеркального отражателя строим кривую Руссо (фиг. 27), в к-рой площадь А соот-



Фиг. 27.

ветствует световому потоку, исходящему от лампы без отражения, т.е. свободно выходящему из рефлектора. Площадь С соответствует световому потоку, перераспределенному посредством отражения. Наконец площадь $A+B$ соответствует световому потоку, к-рый выходит из С. Очевидно, что поток В д. б. равен потоку С, умноженному на коэф. отражения поверхности отражателя. Если площадь C' соответствует световому потоку лампы, потерянного при отражении, т.е. $C' = \rho \cdot C$, то $B = C - C'$. Т.о. задача расчета сводится к тому, чтобы зональные потоки лампы, соответствующие площади $C - C'$ диаграммы Руссо, перенести в другие зоны, соответствующие площади В диаграммы Руссо; эта задача м. б. решена, если мы зададимся схемой отражения. Таких схем м. б. много, но практически применяются следующие 4 схемы отражения (фиг. 28): а) отраженные лучи пересекают вертикальные плоскости, проходящие через ось С., причем световые потоки верхних зон лампы становятся световыми потоками нижних зон С., а световые потоки нижних зон лампы становятся световыми потоками верхних зон С., б) отраженные лучи пересекают вертикальные плоскости, проходящие через ось С., при-

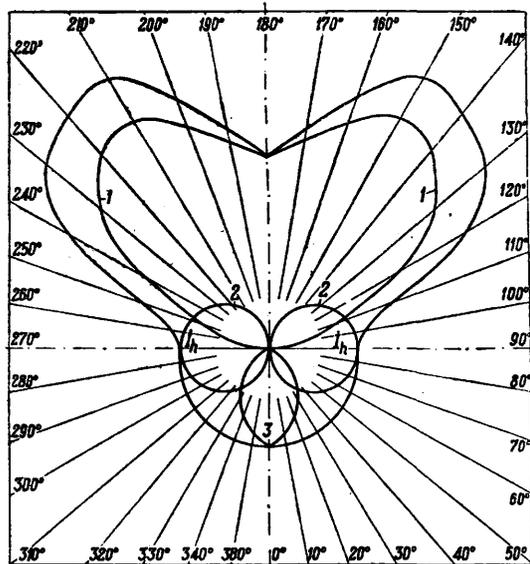


Фиг. 28.

чем световые потоки верхних зон лампы переходят в верхние же зоны С., а нижних зон лампы в нижние зоны С., в) и г) аналогичны случаям а) и б), но отраженные лучи не пересекают вертикальных плоскостей, проходящих через ось С. Допустим, что мы хотим сконструировать

колпак, дающий отражение по схеме а): делим площадь B (фиг. 27) на зоны $0-10^\circ$, $10-20^\circ$ и т. д. горизонтальными прямыми; получим площади $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ и т. д., световые потоки в k -рых д. б. нами получены из площади $C-C'$. Откладываем на площади $C-C'$ последовательно сверху площади $\alpha', \beta', \gamma', \delta'$ и т. д. соответственно равным площадям $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ и т. д. Площади $\alpha', \beta', \gamma', \delta'$ и т. д. ограничат некоторые зоны светового потока лампы, падающего на отражатель и получающего из каждой этой зоны отражение в зоны $\alpha, \beta, \gamma, \delta$; т. о. мы получаем направление падения того или иного луча лампы и направление отражения этого луча. Эти два условия позволяют построить элемент самой отражающей поверхности. Подобное построение производится в предположении, что источник света точечный; при всяком ином источнике света, в том числе при лампах накаливания, светящее тело будет отличаться от точки. На изменения в светораспределении S , k -рые происходят вследствие отличия формы светящегося тела от точки, вносятся поправки.

Коэффициент использования светового потока учитывает все потери, которые световой поток имеет на своем пути от источников света до места его использования. Коэф. использования



Фиг. 29.

зависит от 1) типа осветительного прибора (учитывая потери световой энергии в осветительных колпаках и рефлекторах и распределение светового потока в нижней и верхней полупространства); 2) коэф-тов отражения потолка и стен помещения; 3) геометрич. размеров освещаемого помещения и высоты подвеса источников света. Определение величины коэффициентов использования светового потока в различных установках и выяснение влияния упомянутых факторов были предметом многих экспериментальных работ (Гаррисон и Андерсен) [2]. В результате установлены приемы, позволяющие определять коэф-ты использования для различных случаев путем расчета. Любой осветительный прибор является комбинацией трех фиктивных приборов: одного для направленного света, второго для вполне отраженного света; кроме того Гаррисон и Андерсен ввели понятие о третьем фиктивном приборе «гори-

зонтного» света, имеющего кривую светораспределения в виде двух касающихся в начале координат окружностей (фиг. 29). Для трех фиктивных приборов Гаррисон и Андерсен определили постоянные коэф-ты использования и указали метод получения коэф-тов использования для любого прибора, светораспределение k -рого составляется из трех вышеуказанных светораспределений фиктивных приборов. Метод определения величин коэффициентов использования для общего случая, когда данный осветительный прибор дает световой поток во все стороны, таков: если (фиг. 29) провести две касающиеся в начале координат окружности, диам. k -рых равен горизонтальной силе света, I_h данного прибора, и радиусы-векторы начерченной окружности вычтеть из радиусов-векторов данной фотометрической кривой, получим три фиктивные кривые: одна 1 для отраженного света, вторая 2 для горизонтального света и третья 3 для направленного света. Т. о. мы уподобляем конкретный осветительный прибор комбинации трех приборов, вполне эквивалентных по действию исследуемому прибору, и очевидно, что коэф. использования суммарного светового потока составляется из коэф-тов использования трех фиктивных световых потоков исследуемого осветительного прибора. Величину светового потока, даваемого воображаемым прибором с горизонтальной кривой светораспределения, исследователи определяют эмпирически в виде:

$$F'_h = \pi^2 I_h = 9,87 I_h \approx 10 I_h,$$

причем световой поток в равных долях заимствуется из верхней и нижней полусфер; т. о. $F'_{h\uparrow} = F'_{h\downarrow} \approx 0,5 F'_h$. Если известны световые потоки F'_{\uparrow} и F'_{\downarrow} конкретного осветительного прибора, легко получить потоки двух остальных фиктивных приборов с кривыми направленного и отраженного светораспределения (F'_{\uparrow} и F'_{\downarrow}), т. е.

$$F'_{\uparrow} \approx F'_{\uparrow} - 0,5 I_h$$

и

$$F'_{\downarrow} \approx F'_{\downarrow} - 0,5 I_h.$$

Коэф-ты использования для фиктивных потоков горизонтального и отраженного света даны в основных таблицах Гаррисона и Андерсена. Коэф. использования фиктивного светового потока нижней полусферы зависит от характера распределения светового потока в нижней полусфере. В этом отношении осветительные приборы разделены на три группы: широкого, среднего и концентрированного светораспределения в зависимости от величины фиктивного светового потока внутри зоны $0-40^\circ$, отнесенной к величине всего фиктивного потока нижней полусферы. Если это отношение заключается в пределах $0,35-0,40$, то светораспределение широкое; если между $0,40-0,45$ — среднее и если между $0,50-0,55$ — концентрированное. Для каждой из этих трех групп также даны коэффициенты использования в основных таблицах Гаррисона и Андерсена. В табл. 6 приведены в качестве образца значащие коэффициенты использования для одного S . в зависимости от коэф-тов отражения потолка и стен и т. н. индексов помещения α . Индексом квадратного помещения называются отношения: $\frac{b}{2h}$ для S . прямого света и $\frac{3b}{4h}$ для S . отраженного и рассеянного света, где b — сторона помещения в m , h — высота подвеса ламп над полезной плоскостью в m , h' — высота помещения

Табл. 6.—Коэффициенты использования для осветительного прибора «Универсаль» с полуматовым затенителем.

Коэф-ты отражения	потолок в %		10				30				50				70			
	стен в %		10	30	50	70	10	30	50	70	10	30	50	70	10	30	50	70
Индексы помещения		Коэффициенты использования																
0,50	18	19	23	28	18	19	23	28	18	19	20	23	29	18	20	23	29	
0,60	23	24	27	32	23	24	28	33	23	26	28	33	23	26	29	31	31	
0,70	26	27	31	36	27	28	32	36	27	29	32	37	27	29	32	36	36	
0,80	30	31	33	38	30	31	34	39	30	31	34	39	30	32	35	40	40	
0,90	32	32	34	39	32	33	36	40	32	34	36	40	32	34	37	41	41	
1,00	34	34	36	40	34	35	37	41	34	35	37	41	33	35	38	42	42	
1,10	35	35	37	41	35	36	38	42	35	37	39	43	35	37	39	43	43	
1,25	36	37	39	42	36	37	39	43	36	38	40	44	36	38	41	45	45	
1,50	38	40	41	44	38	40	41	45	38	40	42	46	38	41	43	47	47	
1,75	40	41	43	45	40	41	44	46	41	42	44	47	41	42	45	49	49	
2,00	42	43	44	46	42	43	45	48	42	44	46	49	42	44	46	50	50	
2,25	44	45	46	48	44	45	47	49	44	45	47	50	44	46	48	51	51	
2,50	45	46	47	49	45	46	48	50	45	47	49	51	45	47	50	52	52	
3,00	46	47	49	49	46	47	49	51	46	48	50	52	46	49	51	53	53	
3,50	47	48	49	51	47	49	50	52	48	49	50	53	48	50	52	54	54	
4,00	48	49	50	51	48	49	51	52	49	50	52	54	49	51	53	55	55	
5,00	49	50	51	52	49	50	52	54	50	51	53	55	50	52	54	56	56	

в.м. Если помещение имеет в плане вид прямоугольника шириной b м и длиной l м, то из таблицы определяются коэф-ты использования η_b и η_l , соответствующие квадратным помещениям со сторонами b и l . Для данного прямоугольного помещения индекс получится по ф-ле:

$$\eta_{b,l} = \eta_b + \frac{\eta_l - \eta_b}{3}$$

Полные таблицы коэф-тов использования С. содержат данные, относящиеся к различным комбинациям потолков и стен с коэф-тами отражения 0,10—0,30 (темные), 0,30—0,50 (средние) и 0,50—0,70 (светлые).

Запыление и загрязнение С. Загрязнение осветительных арматур и ламп является весьма значительным фактором, влияющим на изменение освещенности; при этом, как показали опыты Ключелла [6], загрязнение самих ламп имеет меньшее значение, чем загрязнение осветительных арматур (табл. 7).

Табл. 7.—Влияние загрязнения арматур и ламп на изменение освещенности.

Наименование данных	Конторские помещения		Фабричные помещения			
	низкие*1	высокие*2	низкие*3	средние*4	высокие*5	
Потолок	Светлый		Темный	Светлый	—	
Стены	Светлые		Темные	Светлые	Темные	
Рабочие места	Канторки		Машины	Верстаки	—	
Лампы	Арматура	Освещенность в % от начальной				
Загрязненные	Загрязненная	58*1	83*2	72*3	71*4	60*5
Чистые	Чистая	61*1	85*2	73*3	76*4	70*5
•	Чистая	100	100	100	100	100

*1 Чистка происходит каждые 14 недель. *2 Каждые 17 недель. *3 Каждые 9 недель. *4 Каждые 11 недель. *5 Каждые 13 недель.

Уменьшение кпд С. от загрязнения зависит от типа С. и от свойств пыли, копоти и т. д. Кетч и Андерсен [7], поставившие опыты с наиболее распространенными типами осветительных при-

боров и в наиболее характерных помещениях в отношении условий загрязнения, нашли, что наиболее чувствительными к загрязнению являются С. для рассеянного и вполне отраженного света, особенно открытые сверху; менее чувствительны С. для прямого света, закрытые сверху; среднее положение между этими двумя группами занимают закрытые арматуры для рассеянного света. Если С. прямого света снабдить светорассеивающими стеклами, то в одних и тех же условиях загрязнения и за один и тот же срок их кпд понижается более значительно, чем при отсутствии светорассеивающего стекла. С., имеющие отверстия для вентиляции и улучшения охлаждения ламп, загрязняются быстрее. В течение первых 4—5 недель отмечается резкое уменьшение кпд приборов; после этого срока прибор приходит в такое состояние, что дальнейшее загрязнение гораздо меньше сказывается на кпд. Эти данные вполне подтвердились исследованиями светотехнич. станции фирмы Осрам [8].

Табл. 8.—Изменение кпд С. от загрязнения по неделям в %.

Тип С.	е д е л я						
	4	5	6	7	8		
Прямого света . . .	100	93	90	88	87	87	86
Рассеянного света . .	100	84	75	59	65	65	64
Вполне отраженного света	100	83	73	53	61	61	60

Практич. значение имеет вопрос о величине среднего кпд осветительных приборов в случае регулярной чистки их через определенные промежутки времени. Данные для характеристики этого положения представлены в табл. 9.

Табл. 9.—Среднее значение (в %) кпд С. при периодической регулярной чистке их.

Тип С.	Ежедневно	1 раз в неделю	1 раз в 2 недели	1 раз в месяц
Прямого света	100	97	92	90
Рассеянного света . .	100	96	86	78
Вполне отраженного света	100	91	82	73

Блескость С. Под названием блескости принято подразумевать свойство светящихся поверхностей, находящихся в поле зрения и резко в нем выделяющихся своей яркостью, препятствовать спокойному зрению и вызывать нарушение нормальных зрительных функций глаза. Блескость вызывает особое напряжение глаза и ведет к быстрому утомлению зрения. Ее устранение является совершенно обязательным условием для рациональности осветительного устройства. Влияние блескости на зрительный процесс количественно изучено, хотя имеется еще ряд обстоятельств, в этом вопросе не получивших полной ясности. Одним из важнейших действий блескости является понижение контрастной чувствительности глаза. По осветительному кодексу США установлены следующие блескости, с которыми сравнивается блескость С.: матовые шары \varnothing 6 дм. (150 мм) с помещенными в них лампами мощностью 10—150 W; при этом установлены след. степени блескости:

A. . . с лампой в 10 W	E. . . с лампой в 50 W
B. . . » » 15 W	F. . . » » 60 W
C. . . » » 25 W	G. . . » » 100 W
D. . . » » 40 W	H. . . » » 150 W

Кроме того установлены степени I, J и K, эталонами для которых являются лампы мощностью 300, 500 и 1000 W с матовой колбой. Степень блескости определяется путем сопоставления блескости испытуемого С. с эталоном блескости. Кодекс США устанавливает следующие предельные степени блескости, допустимые в различных условиях (практически рекомендуется иметь блескость на одну или две степени ниже). С точки зрения америк. эталонов блескости (табл. 10) обычные источники света и С. д. б.

Табл. 10.—Предельные степени блескости.

Высота подвеса над полом		Дороги и улицы	Складские помещения	Производствен. помещения		Короткие магазины и т. п.	
фт.	м			*1	*2	*1	*2
до 6,5	до 19,0	—	F	D	D	C	C
6,5—7,5	19,0—23,25	—	G	F	F	—	—
7,5—9	23,25—26,6	H	H	H	G	G	F
9—11	26,6—32,2	I	I	I	H	H	G
11—13	32,2—38,8	J	J	J	I	I	H
13—16	38,8—47,7	J	J	J	I	I	H
16—20	47,7—58,8	K	K	K	J	J	I
20 и выше	58,8 и выше	K	K	K	K	K	J

*1 Короткие. *2 Помещения, у которых длина не менее двойной высоты подвеса С. над полом. Прочие помещения считаются короткими.

Табл. 11.—Степени блескости ламп накаливания.

Тип лампы	Мощность в W					
	40	60	100	150—200	300	500—1000
Голая	G	H	I	J	J	K
Матовая	D	F	G	H	I	J—D
Молочная	C	E	F	—	—	—

отнесены к следующим степеням блескости: солнце открытое—J; солнечный свет в призматич. стекле J; облачное северное небо С; ртутные трубки G. Степени блескости ламп накаливания приведены в табл. 11, а С. производства ВЭО в табл. 12.

По правилам освещения производственных помещений, изданных НКТ СССР, за исходные величины для оценки блескости принимаются: 1) защитный угол α (фиг. 13), в пределах которого луч зрения защищен от чрезмерной яркости

Табл. 12.—Степени блескости С. производства ВЭО.

Тип С.	Мощность ламп в W						
	25	50	75	100	150—200	300	500—1000
«Люцетта» прямого света	—	D	F	G	H	I	J—K
«Люцетта» отраженного света	—	C	E	E—F	G	H	I
Глубокоизлучатели «Универсаль» без затенителя; арматура с прозрачным стеклом; нить не видна	—	B	B	D	D	E	G
То же, нить видна	—	G	H	I	J	J	K
«Альфа», нить не видна	A	B	—	—	—	—	—
«Альфа», нить видна	F	G	—	—	—	—	—

светящегося тела лампы, и 2) высота подъема С. Для защитного угла устанавливаются правила следующие значения в связи с возможностью проверки их: 64° при $a : b = 2$; 45° —при $a : b = 1$; 27° —при $a : b = 0,5$; 14° —при $a : b = 0,25$ и 10° —при $a : b = 1/6$. Для устранения блескости высота подвеса светильника должна быть выбрана по табл. 13.

Табл. 13.—Минимальная высота подвеса светильников в м.

Способы прикрытия и заслонения светящегося тела	Помещения		
	*4	*5	*6
1) Светящееся тело и все части источников света *1 не видны или их яркость не больше яркости рабочих поверхностей для лучшей зрения под углами: а) 64° и менее над горизонтом б) 10° » » » »	*7	—	—
2) Светящееся тело не видно или заслонено густой светорассеивающей оболочкой *2 для лучшей зрения под углами: а) 64° и менее над горизонтом б) 45° » » » » в) 27° » » » » г) 14° » » » » *3	3,2	2,8	3,5
	3,7	3,3	3,5
	4,3	3,8	3,5
	3,7	3,3	4,0

*1 А также их принадлежностей (колпаны, лампы). *2 Оболочка из густого молочного стекла, сквозь которое нить не просвечивает, т. е. вся оболочка кажется одинаково светящейся. *3 При условии, если для лучшей зрения под углами 14° — 64° над горизонтом светящееся тело также заслонено рассеивающей свет оболочкой, хотя бы и менее густой. *4 Работы I и II разряда правил. *5 Прочие. *6 Снаружи здания. *7 Не огранич. *8 См. п. 2.

Температура С. Проблема t° С. имеет интерес: а) с точки зрения влияния ее на продолжительность службы ламп накаливания при наличии или отсутствии вентиляции С. и б) с точки зрения влияния ее на провода внутри С., цоколь лампы и патрон. В настоящее время при конструировании С. имеется тенденция ослаблять их вентиляцию или совершенно ее не делать, получая при этом ослабление запыления и загрязнения С. Однако вопрос этот не получил сколько-нибудь законченного научного исследования и является не вполне определенным. Что касается влияния t° внутри С. на продолжительность службы лампы, то центр тяжести здесь заключается не в том, что при окружении лампы горячим воздухом ухудшаются условия охлаждения вольфрамовой нити, а в том, что при этих условиях стекло колбы нагревается до 200° и начинает выделять газы и пары воды, в нем заключенные, от которых ускоряется износ вольфрамовой нити; поскольку вентиляция С.

может ослабить нагрев стекла, она является бесспорно желательным элементом. Провода вводятся в патрон в верхней части С., где t° выше, чем в других его частях. Пересыхание изоляции, отпадение ее отдельных кусков у места ввода провода в патрон являются вполне обычным явлением, нередко вызывающим короткое замыкание в сети. Вентиляция С. уменьшает t° у ввода проводов в патрон не более, чем на $5-10^\circ$, однако в отдельных случаях и это действие имеет значение для функционирования С. Влияние высокой t° на ламповый цоколь и патрон сказывается гл. обр. в том, что от перегрева лампа отделяется от цоколя вследствие нарушения связи мастики со стеклом, либо расплавляется припой у концевого контакта цоколя. В обоих случаях функционирование С. нарушается. В конструкциях С., изготовляемых на заводах СССР, как правило вентиляция устраивается. Практика показала, что некоторые С. утопленного типа (архитектурные) до устройства вентиляции действовали весьма неудовлетворительно. Проблема вентиляции и нагрева С. требует обстоятельного изучения.

Некоторые типы С. для фабрично-заводского освещения. С. типа RLM (фиг. 8) является стандартным колпаком Англии и США, сконструирован и стандартизован на основе соглашения

между фабрикантами ламп и рефлекторов (Reflector and Lamp Manufacturers) и имеет во всех странах чрезвычайно большое распространение для освещения фабрично-заводских помещений высотой не более 8—10 м. По этому же типу сконструирован в СССР С. для фабричного освещения

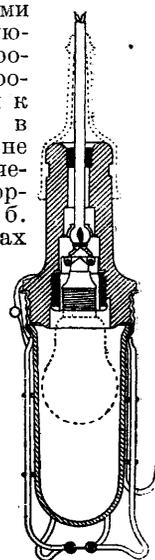
«Универсаль» (фиг. 30). По британскому и американскому стандартам в С. RLM нормированы внешние размеры, толщина материала, кпд, защитный угол и кривая светораспределения. Колпак RLM штампуется из одного куска листового железа, покрывается поверх слоя грунтовой эмали двумя слоями белой покровной эмали с внутренней стороны и слоем цветной эмали снаружи. Изготавливается он совершенно определенных размеров для каждой мощности по стандарту. Защитный угол нормирован в 20° и кпд (минимум) установлен в 0,60. Характер кривой светораспределения нормирован следующим образом: максимальная сила света внутри зоны $0-15^\circ$ не должна превосходить больше, чем на 35%, среднее арифметическое сил света под углами 25° , 35° и 45° . Арматура ВЭО «Универсаль» в основном близка по своим свойствам к колпакам типа RLM и мало отклоняется от заграничного стандарта на RLM. В целях полного устранения блескости как С. RLM, так и «Универсаль» применяются с затеняющим стеклом (фиг. 31). В англ. и америк. торговой номенклатуре такие С. носят название «Glassteel»; затеняющее белое стекло способствует лучшему рассеянию света и совершенно устраняет блескость. Кпд такого С. понижается до 0,50. В производствах, где является недопустимым оседание выделяющейся горючей пыли на открытую горячую лампу, С. «Glassteel» или «Универсаль» с затенителем являются весьма удовлетворительными в эксплуатации. Для общего освещения фабрично-заводских помещений имеют большое распространение зеркальные С., напр. стеклянные колпаки типа Цейсс (фиг. 32 и 33), типа X-Ray (фиг. 34 и 35), а также металличе-



Фиг. 30.

ские зеркальные хромированные колпаки. В помещениях, где высота подвеса превосходит 10 м, только при посредстве зеркальных колпаков можно рационально с экономич. и технич. точек зрения разрешить проблему освещения. Зеркальные колпаки строятся для самых различных распределений сил света и поэтому являются группой С., имеющих чрезвычайно разнообразное распространение. Кроме различных С. симметричного светораспределения на практике промышленного освещения большое значение имеют несимметричные С. На фиг. 36 показан кососвет ВЭО, на фиг. 37—американский уплотненного типа с защитным стеклом и фарфоровым держателем, предназначенный для сырых помещений. На фиг. 38 изображен эмалированный колпак «Альфа» ВЭО, являющийся типичным колпаком для местного освещения. Ручные переносные С. в СССР имеют общесоюзный стандарт и конструктивно должны выполняться так, чтобы исключить возможность возникновения в них короткого замыкания и как следствие электрич. удара. Стандарт содержит ряд обязательных условий, без соблюдения которых переносный ручной С. не м. б. безопасным. Корпуса ручных переносных С. должны делаться из огнестойких, теплостойких и сыростойких изолирующих материалов большой механич. прочности. Патрон д. б. прочно прикреплен к корпусу С. и не должен иметь вращения при завинчивании и вывинчивании лампы накаливания. Патрон д. б. настолько глубоко помещен в корпус или так защищен его ребрами, чтобы при завинченной до отказа лампе накаливания цоколь ее оказывался совершенно недоступным для прикосновения. Металлич. предохранительные сетки, крючки или дужки для подвешивания ручных С. не должны иметь

сообщения с токоведущими частями и должны крепиться на изолирующих частях или надежно изолироваться от токоведущих частей. Проводники должны присоединяться к патронам ручных С. так, чтобы в местах присоединения провода не испытывали натяжения или кручения. Места ввода проводников в корпус ручных переносных ламп д. б. устроены так, чтобы в этих местах устранялась возможность излома или перетирания проводников даже при недостаточном осторожном обращении с лампой. Ручные переносные С. должны подвергаться специальному электрич. опробованию, к-рое заключается в выдерживании в воде в течение $\frac{1}{2}$ ч. С., отобранных для образцов, вместе с подводящим шнуром и вилкой, и электрич. испытанию под переменным током напряжения 1 000 В; в течение 1 мин. образцы не должны обнаруживать пробоя или разрядных явлений при подведении тока к разным их местам. На фиг. 39 изображен в разрезе ручной переносный С., отвечающий требованиям стандарта; на фиг. 9 изображен взрывобезопасный ручной переносный С. фирмы Бекманн (Гамбург), в котором лампа включается после нагнетания внутрь С. воздуха. В случае поломки защитного стекла или неплотности С. воздух из него выйдет, давление снизится и лампа автоматически выключится.



Фиг. 39.

Настольные С. изготавливаются разных типов. На фиг. 4 и 18 представлены рациональные типы настольных С. На настольные С. существует ОСТ. Для освещения подземных выработок, в частности газовых шахт в каменноугольной промышленности, применяются специальные взрывобезопасные, или уплотненные, С. (см. *Освещение*).

Для освещения открытых пространств применяются обыкновенные арматуры прямого света и рассеянного преимущественно прямого с призматич. преломлятелями типа «Голофан» или без них (фиг. 40 и 7) или рассеянного типа и зеркальные С. Для освещения школ, библиотек, контор и других помещений большое распространение получили разнообразно светорассеивающие стеклянные С. «Люцетты» и т. п. С. для жилых помещений представляют видоизменение люстр и канделябр, применявшихся прежде со свечами или с газовыми розжками. Лишь в самое последнее время началась реконструкция С. для освещения жилых помещений на основе сочетания в них художественных моментов со светотехнич. требованиями.

Стандартизация и нормализация С. в СССР.

Заграничный ассортимент С. отличается большим разнообразием, объясняемым не столько действительной потребностью этих типов С. для практики, сколько условиями конкуренции между отдельными производителями. В СССР в условиях социалистич. производства ассортимент С. строят, исходя из действительной потребности для практики рационального освещения на основе строгой нормализации и стандартизации. В настоящее время в СССР действуют обязательные стандарты (ОСТ): на стеклодержатели и опорные ободы для стекол, на настольные С., на лампы накаливания, на ручные переносные С. Кроме того существуют ведомственные стандарты (ВЭСТ) на потолочный вагонный С., классификацию С., автомобильную фару и автомобильный сигнальный фонарь. В последнее время (1933 г.) разработан ОСТ на взрывобезопасный шахтный С. и установочный материал к нему. Отдельные детали С. (вводные дюбеля, вешалки, барашки и др.) изготавлиются по нормам завода «Электросвет».

Лит.: 1) Harrison a. Stanley, Fundamentals of Illumination, Cleveland, 1927; 2) Summeger E., Licht-technische Baustoffe, «ETZ», 1930, 43; 3) Journ. of the Franklin Institute, Philadelphia, 1928, p. 567; 4) Jolley L., Waldram J., Wilson G., The Theory a. Design of Illuminating, p. 644, L., 1930; 5) «Transactions of the Illuminating Engineering Society», N. Y., 1916, 6, p. 67—91, 1920, 3, p. 97—124; 6) Clewelly, Factory Lighting, «Transactions of the American Institute of Electrical Engineers», N. Y., 1912, p. 46; 7) Anderson E. A., Ketch J. M., «Transactions of the Illuminating Engineering Society», N. Y., 1924, 1, p. 55—86; 8) «Licht u. Lampe», B., 1926, 7, p. 556—557. — З е л е н ц о в М. Е., Световая техника, стр. 291—331, Л., 1925; С и р о т и л с к и й Л., Основы техники электрич. освещения, стр. 166—192, М., 1924; С о к о л о в И. И., Электрич. светильники, М., 1930; Освещение промышленных предприятий, М., 1930; Otto W., Einrichtung elektrischer Beleuchtungs-Anlagen, Lpz., 1923; Harrison a. Stanley, Fundamentals of Illumination, Cleveland, 1927; Sylvester C. a. Ritchie T., Modern Electrical Illumination, L., 1927; Fuchs T., Stage Lighting, Boston, 1929; Walsh G. W., Photometry, L., 1926; Barrows W., Light, Photometry a. Illuminating Engineering, N. Y., 1925; Bohle H., Electrical Photometry a. Illumination, 2 ed., L., 1925; Jolley L., Waldram J., Wilson G., The Theory a. Design of Illuminating Engineering Equipment, L., 1930; Luckiesh M., Lighting Fixtures a. Lighting Effects, N. Y., 1925; Ziegenberg R., Die elektrische Taschenlampe, B., 1929; Bloch L., Lichttechnik, B., 1924; d'Allemagne H. R., Histoire du luminaire, P., 1891; Schmidt G., Beleuchtungskörper-Stilkunde, B., 1924; Vom Kienspan bis zum künstlichen Tageslicht, Stg., 1925; «Светотехника», 1932, «Труды I и II Всесоюзных светотехнических конференций», Ленинград, 1930 и 1931, вып. 1—4.

Л. Больмид.

СВЕТИЛЬНЫЙ ГАЗ, общее название газов, применяемых для освещения (улиц, зданий), отопления и т. п. Название свое С. г. получил вследствие того, что сначала применялся исключительно для целей освещения. В прежнее время под С. г. понимали только лишь *каменноугольный газ* (см.). В США для освещения применяют карбюрированный *водяной газ* (см.), в Европе применяют смесь из каменноугольного и водяного газов (10—25%). В Германии многие города для освещения применяют ацетилен, нефтяной и воздушный газы. Тем не менее важнейшим газом для вышеуказанных целей до сих пор остается каменноугольный газ. О методах получения С. г., его очистке и прочие подробности—см. *Газовое производство*. Сравнительные данные наиболее часто применяемых газов приведены в табл. 1.

Табл. 1.—Сравнительные данные о наиболее применяемых газах.

Наименование газа	Выход м ³ газа из т угля	Теплопроизводительность, cal/м ³	Уд. в. (по воздуху)
Светильный	300	5 000	0,48
Коксовый	300—150* = 150	4 500	0,42
Двойной	1 560	3 200	0,57
Водяной	1 500	2 800	0,52

* 150 м³ газа требуется для собственных нужд коксовых печей.

Рентабельность добычи газа зависит не только от свойств самого газа, но и от побочных продуктов, к-рые получаются при выработке газа, т. к. от получаемых побочных продуктов и от того сырья, которое используется при его добыче, зависит стоимость газа и следовательно возможность его конкурирования с другими видами топлива и б. или м. пригодность газа для широкого потребления. Нижеприводимая табл. 2 (из доклада т. Борисова на Всесоюзной топливной конференции, происходившей в г. Москве в июле 1932 г.) характеризует способы добычи газа, его назначение, сырье и получаемые побочные продукты.

Применение С. г. для освещения домов и улиц началось в конце 18 и начале 19 вв., когда независимо друг от друга во Франции Лебон и в Англии Мердак организовали производство С. г. и применили его для освещения жилых и фабричных зданий и улиц. Производство и потребление С. г. за границей быстро развивалось и достигло значительных размеров, особенно в США. В России применение газа для освещения началось лишь в 1831 г. в Петербурге и в 1865 г.—в Москве. Газовая пром-сть в России не получила широкого распространения сравнительно с европ. странами. Особенно большого развития потребление газа достигло после того, как он стал применяться в обогревательных приборах (газовые плиты, печи, ванны и т. д.). В пром-сти С. г. потребляется в незначительном проценте по отношению ко всему потреблению; по данным, доложенным на Международной топливной конференции в Лондоне в 1928 г., в Англии из всего потребленного в стране газа лишь 10% потребляет пром-сть; в других европ. странах отношение примерно такое же; в Америке потребление газа пром-стью достигает 28% от всего потребленного газа. Непомышленное потребление газа в городах

Табл. 2.—Данные о способах добычи газа и о побочных продуктах.

Приборы, на к-рых вырабатывается газ	Употребляемый материал	Получаемый основной продукт	Побочные продукты
Ретортные и камерные печи	Твердый уголь	Светильный газ	Кокс, бензол, смола, аммиак
Консковые печи	»	Металлургич. кокс	Консковые газы, смола, бензол, аммиак
Обычные газогенераторы	»	Воздушный газ для подогрева печей	Не улавливаются
Газогенераторы для водяного газа	Кокс	Водяной газ для химичес. производств, сварки и специальных печей	Газ очищается, причем получается смола и сера
Газогенераторы для двойного газа (сист. Штрахе)	Разные виды углей	Светильный газ (двойной газ)	Смолы
Доменные печи	Древесн. уголь, минеральный кокс	Металл	Доменный газ для обогривания печей и газогенераторов
Швеллгаз	Уголь с большим содержанием летучих	Светильный газ	Смола, жидкое топливо, полукокс
Крекинг-установки	Нефть	Бензин	Светильный газ

слагается из потребления на бытовые нужды и на освещение улиц. Соотношение количества потребляемого газа между этими потребителями видно из табл. 3.

Табл. 3.—Производство и потребление газа в отдельных городах Европы.

Города	Годы	Общее потребление в тыс. м ³	В том числе на освещ. улиц в тыс. м ³	% освещ. улиц ко всему потребл.
Вена	1925	238 676	10 625	4,4
Будапешт	1924	95 826	3 894	4,0
Базель	1924	20 315	487	2,4
Милан	1923	7 879	525	6,6
Рига	1924	73 899	5 191	6,9
Лодзь	1924	7 193	976	13,5
Стокгольм	1924	45 755	2 999	6,5

Как видно из таблицы, потребление газа на освещение улиц составляет незначительный процент (максимум в 13,5%). Газовое освещение улиц вытесняется с конца прошлого века электрическим освещением, которое оказалось значительно дешевле и удобнее. Сравнительная стоимость в СССР различного вида освещения улиц видна из табл. 4.

Табл. 4.—Сравнительная стоимость различного вида освещения улиц.

Вид освещения	Сила света в свеч.	Стоим. 1 ч. света (в коп.)
Электрич. дуговое	1 700	0,012
» ламп накаливания	200	0,0122
Газовое инвентарное	229	0,0227
» с горелкой Ауэра	55	0,0487
Керосино-каильное	604	0,0292
Керосиновое простое	18	0,1410

В 1920 г. в СССР в городах число электрич. фонарей составляло 5,2%, газовых и проч. 5,9%, керосиновых 88,9%; в 1923 г. электрических фонарей уже было 90,2% и газовых 0,4%.

В Европе однако и до сих пор употребление С. г. имеет значительное распространение, и в Берлине например часть улиц все еще освещается газом. Сравнительная экономичность потребления газа и электричества в нагревательных приборах иллюстрируется табл. 5.

Применение электричества в быту и в коммунальном хозяйстве не вытеснило применения газа, и газовая промышленность развивается параллельно с развитием добычи электрич. энергии. Особенно характерны в этом отношении данные Швейцарии, обладающей колоссальными запасами для получения дешевой электрич. энергии и не имеющей никаких собственных ресурсов для выработки газа. Несмотря на это, в 1928 г. в Швейцарии было 98 газовых в-дов с

выработкой 170 млн. м³ газа, причем добыча газа в этом году повысилась сравнительно с 1913 г. на 39%. Нужно также иметь в виду, что в развитии газовой промышленности в Европе и Америке немаловажную роль играет и то обстоятельство, что в сохранении этой промышленности заинтере-

Табл. 5.—Сравнительная экономичность электрических и газовых нагревательных приборов.

Аппараты	Варочные аппараты		Нагревательные аппараты	
	*1	*2	*1	*2
Электрич.	0,90	0,778	1,0	0,7
Газовые	0,65	0,247	0,8	0,2

*1 Кпд. *2 Расход угля в кг на 1 000 полезн. cal.

сованы мощные акционерные общества и управления городов, вложившие значительные капиталы в газовую промышленность и затрачивающие вследствие этого много усилий на удешевление и усовершенствование добычи и потребления газа. Дальнейшее развитие газовой промышленности определяется двумя основными проблемами: проблемой удешевления добычи и проблемой дальнего снабжения газом.

Только при дешевой цене газ может конкурировать с другими видами топлива. С. г. требует в качестве сырья высокосортных, часто дальнепривозных каменных углей, причем при его производстве в виде остатка получается кокс, к-рый по своим качествам значительно ниже кокса, получаемого в специальных установках, а потому и должен продаваться дешевле последнего. Эти обстоятельства делали С. г. слишком дорогим для широкого применения. В последнее время была сконструирована газогенераторная печь Штрахе, к-рая позволила 1) употреблять в качестве исходного материала для получения газа низкосортные каменные угли, бурые угли и торф; 2) при производстве газа в виде остатка получать не кокс, а пер-

вичные смолы и сульфат аммония. Полученный в этих печах двойной газ, составляющий смесь газа сухой перегонки с *водяным газом* (см.), хотя и обладает меньшей калорийностью, чем чистый С. г., но благодаря своей дешевизне и возможности использовать худшие сорта угля он имеет значительные перспективы дальнейшего развития, особенно при организации дальнего снабжения. Проблема дальнего снабжения играет большую роль также и при внедрении в потребление газа коксовых печей. Разрешение этой проблемы особенно нужно для Германии, где чрезвычайно важно найти потребителя для использования избыточного газа коксовых печей Рурской обл. Поэтому в Германии развивается дальнейшее газоснабжение, связанное с объединением в одну цепь газовых сетей отдельных городов. Осенью 1929 г. в Германии пущена в эксплуатацию газопроводная сеть высокого давления, охватывающая район длиной 300 км с З. на В. и 170 км с С. на Ю. Расход газа по этой сети равнялся 1 млрд. м³. Значительно развилось за последнее предкризисное время дальнейшее снабжение газом и США.

Динамика потребления высококалорийного газа в европ. странах и США видна из табл. 6.

Табл. 6.—Общее количество выработанного и потребленного газа (в млн. м³).

Страны	1913 г.	1925 г.	1928 г.	% 1928 г. к 1913 г.
США	6 230	11 356	13 025	209
Великобритания и Ирландия	6 357	8 036	8 461	133
Германия	2 806	3 156	3 663	131
Франция	—	1 638	1 772	—
Бельгия	—	—	487	—
Голландия	469	498	570	122
Швеция	89	116	149	166
Норвегия	—	—	40	—
Италия	333	393	449	135
Швейцария	147	168	204	139
Австрия	225	284	349	155
Чехо-Словакия	—	80	96	—
Венгрия	—	96	100	—
Югославия	—	10,3	12,5	—
Япония	143	353	—	—

Душевое потребление (на 1 городского жителя) составляло в 1927 г. (в м³):

Англия	200—400	Бельгия	150—220
Германия	100—170	Италия	80—100
Голландия	100—130		

Среднегодовое душевое потребление газа за первые десятилетия текущего столетия в м³: в Лондоне—400, в Ньюкастле—300, в Бирмингеме—300, в Глазго—200, в Берлине—170, в Кельне—100, в Гамбурге—100, в Роттердаме—100, в Гааге—130, в Амстердаме—130, в Брюсселе—220. В Америке в городах потребляется преимущественно карбюрированный водяной газ. В 1927 г. там было городами потреблено (в млн. м³):

Каменноугольного газа	2 042
Карбюриров. водяного газа	7 600
Газа коксовых углей	2 380
Масляного газа	994

Потребление газа в СССР значительно отличается от потребления в капиталистич. странах. В последнее перед революцией время в России ок. 20 городов имели газовые з-ды. Перед войной 29 крупных газовых з-дов общественного пользования вырабатывали около 100 млн. м³. Из этих заводов после революции остался лишь один завод в Москве, к-рый в 1920 г. вырабатывал около 3 млн. м³. Рост и деятельность Московского газового завода видны из табл. 7.

Табл. 7.—Динамика потребления газа в Москве (в тыс. м³).

Годы	1925/26	1926/27	1927/28	1928/29	1929/30
Домашн. надобн.	8 300	10 000	13 000	16 500	19 500
% от общ. потр.	51,2	54,3	54,9	57,3	56
Промышленные надобности	5 100	6 000	7 800	9 100	12 400
% от общ. потр.	31,5	31,7	32	31,6	35,4
Уличн. освещен.	2 800	2 600	3 100	3 200	3 000
% от общ. потр.	17,3	13,9	13,1	11,0	8,6

Лит.: Материалы Всесоюзной топливной конференции М., 1932 г.; М о л о т о в А., Газификация в социалистическом строительстве, М., 1931; С а з о н о в Н., К вопросу о путях реорганизации энергоснабжения Ленинграда, Л., 1931; Р о к о т я И., Проблема газоснабжения Москвы и области, М., 1931; И в а н о в Н., Перспективы бытового газоснабжения Москвы, М., 1932; Л о х а н с к и й И., Значение газовой промышленности в народном топливном хозяйстве, «Журнал химич. промышленности», 1927, 12; Энциклопедия местного управления и хозяйства, М.; Gasindustrie, Handwörterbuch der Staatswissenschaft, B. 4, 1927; Die wirtschaftlichen Kräfte der Welt, H. P. H. P.

СВЕТОВОЙ ПРИБОР, устройство, излучающее свет и предназначенное для каких-либо осветительных целей, в соответствии с чем С. п. разделяются на осветительные (светильники и прожекторы), проекционные, лечебные (используют световой поток в видимой и невидимой частях спектра для лечебных целей) и сигнализационные. См. *Проектор, Светильник, Фонарь проекционный, Электрическая сигнализация.*

СВЕТОКОПИРОВАЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО, размножение технич. чертежей при помощи специальных фотографич. процессов. Обычные фотографич. способы копирования для этой цели неприменимы 1) по своей дороговизне и 2) в виду сложности и длительности процесса изготовления копий; для размножения копий с технич. чертежей, исполняемых обычно на плотняной или бумажной кальке, восковке или пергаменте, пользуются поэтому более упрощенным методом, известным под названием с в е т о к о п и р о в а н и я и основанным на свойстве солей окиси железа в соединении с каким-либо органич. веществом под влиянием солнечного или электрич. света переходить в закиси железа и изменять свою окраску. Так, если бумагу пропитать раствором красной кровяной соли (FeC₄K₄), то она приобретает светочувствительность. После нескольких часов освещения на солнце или при посредстве другого источника света на бумаге, светочувствительной красной кровяной солью, можно получить вполне отчетливую копию, промыв к-рую водой, можно фиксировать; прибавив в воду для промывки небольшую дозу нитросульфита, можно укрепить образовавшуюся при освещении копии берлинскую лазурь на волокнах бумаги. Если бумагу пропитать раствором лимоннокислого железа или лимоннокислого аммиачного железа, то она, высохнув, примет зеленовато-желтую окраску; при соответствующем освещении она становится цвета охры и даже светлосерой. Но если после самого непродолжительного освещения бумагу, пропитанную раствором лимоннокислого аммиачного железа, промыть в 10%-ном растворе красной кровяной соли, то на освещенных местах копии, т. е. на местах, к-рые на чертеже (кальке) не заполнены чертёжом или надписями, получится осадок берлинской лазури; на этих местах окиси железа переходят в соли закиси железа, которые нерастворимы и плотно укрепляются на волокнах

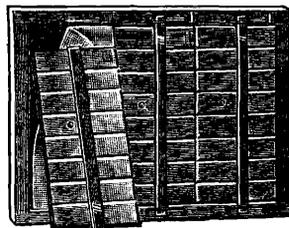
бумаги. На неосвещенных местах, т. е. местах, к-рые на чертеже заполнены рисунком или надписями, соли окиси железа под действием красной кровяной соли не изменяются и, будучи легко растворимыми при промывании водой, смываются, и таким путем эти места остаются белыми. Следовательно при указанном методе копирования копия получается негативная, т. е. белыми линиями на темносинем фоне. Такое же действие красная кровяная соль оказывает на бумагу, светочувствительную растворами шавелевокислого или виннокислого железа или же их вторичных солей.

В практике С. п. применяются более совершенные и удобные методы изготовления светочувствительной бумаги, дающие возможность быстрого и простого способа копирования чертежей. Самая чувствительная эмульсия для светоконирования м. б. получена при помощи шавелевой к-ты в форме шавелевокислого аммиачного железа. Можно светочувствительную бумагу смесями шавелевокислого аммиачного железа и красной кровяной соли; в этом случае при печатании освещенные места также получают синюю окраску, как и при отдельных растворах. В смешанных растворах из шавелевокислого или лимоннокислого аммиачного железа с красной кровяной солью на первый компонент нужно смотреть, как на основную светочувствительную часть, а на второй, — как на производящий только второстепенное синее окрашивание получившейся при печатании соли закиси железа. Простейший практич. способ приготовления светочувствительной бумаги (цианотипной бумаги) следующий: бумагу покрывают смесью равных частей нижеследующих двух растворов: а) воды 375 см^3 , хлорного железа (45°Вé) 8 см^3 , раствора аммиака 175 см^3 , виннокаменной кислоты 95 г ; б) воды 375 см^3 , красной кровяной соли 80 г . Бумагу высушивают в темноте, затем копируют под чертежом, пока не появится рисунок, проявляют в чистой воде и высушивают. Кроме цианотипного способа светоконирования существует большое количество различных способов, из которых укажем следующие: 1) П о з и т и в н ы й с п о с о б П е л л е р о, дающий рисунок синими линиями на белом фоне. Светочувствительная эмульсия готовится из 20 см^3 20%-ного раствора аравийской камеди, 8 см^3 50%-ного раствора виннокаменной кислоты и 5 см^3 50%-ного раствора хлорного железа. Образуется густая смесь, к-рая наносится на бумагу и высушивается. Копирование производят до появления рисунка белыми линиями на темном фоне, после чего копию промывают 20%-ным раствором желтой кровяной соли. При проявлении линии принимают интенсивную синюю окраску, а фон становится белым. Фиксируют копию в 10%-ном растворе соляной к-ты, растворяющей и удаляющей с бумаги остатки солей. После фиксирования отпечаток промывают и сушат. 2) А н и л и н о в о е п е ч а т а н и е по Вильяму Виллису основано на том, что на неосвещенных местах бумаги, покрытой двуххромовокислым калием и фосфорной к-той, при проявлении посредством паров анилина образуются анилиновые краски, дающие четкий рисунок зеленого, синего или красного цветов, в то время как на освещенных местах цветы краски не образуются и фон остается белым. 3) Ф е р р о г а л л о в ы й, и л и ч е р н и л ь н ы й, способ, основанный на переходе солей окиси железа под влиянием освещения в соли закиси железа

и образования под действием танина на неосвещенных местах чернильного осадка, дающего четкий черный рисунок на белом фоне. 4) Весьма значительный интерес представляет т. н. о з а л и д о в а я б у м а г а; печатание на ней основано на переходе фенолов, входящих в состав эмульсии, под действием паров аммиака в азокраски (путем образования диазосоединений). Отпечатанная светокония на озалидовой бумаге подвергается действию паров аммиака, и через несколько минут на копии появляется четкий рисунок на белом фоне. Окраска линий темносиняя, темнофиолетовая или же темнокоричневая. Эта бумага имеет то ценное преимущество, что проявление ее производится совершенно сухим способом, что имеет большое значение в смысле сохранения точных размеров копии относительно оригинала, в то время как др. бумаги, требующие применения воды или растворов для проявления, имеют свойство в той или иной степени деформировать.

В наших условиях наибольшее распространение имеет цианотипный способ светоконирования, а также аммиачный, в основном вполне сходный с описанным выше озалидовым способом, с той лишь разницей, что проявление копий производится не парами аммиака, а смачиванием 10%-ным раствором двууглекислой соды. Фон и окраска аммиачной бумаги такие же, как и у озалидовой, равным образом эта бумага не деформируется, так как смачивание производится самое незначительное, и бумага тотчас же высушивается. Копирование светоконий производится при посредстве светоконировальной рамы (фиг. 1). На стекло светоконировальной рамы накладывают оригинал (калька) лицом книзу, на кальку кладут светочувствительную бумагу (светочувствительным слоем книзу), оригинал и бумагу покрывают толстым войлоком и закрывают крышкой, после чего раму выставляют под действие солнечных лучей или дневного света. Прижатие кальки и светоконировальной бумаги к стеклу достигается в обычных рамах с помощью листовых пружин, помещающихся на запирающих крышку брусках; очень удобный способ, дающий более легкие рамы, изображен на фиг. 2, здесь прижатие осуществляется натяжением матерчатой крышки на заднюю сторону вогнутого стекла; по этому же принципу делают очень легкие светоконировальные рамы, у которых чертежи прижимаются к выпуклой деревянной крышке натяжением целлюлозного листа, заменяющего собой стекло. Для определения достаточной степени экспозиции открывают часть крышки рамы, отгибают войлок и смотрят светобумагу. В пневматич. светоконировальных рамах (фиг. 3) между крышкой и стеклом выкачивается воздух, вследствие чего бумага и оригинал плотно прижимаются к стеклу, чем достигается большая точность копии.

Пользование для целей светоконирования солнечным светом представляет значительные неудобства, т. к. не позволяет производить копирование в закрытом помещении, а также при отсутствии солнца (копирование при обычном

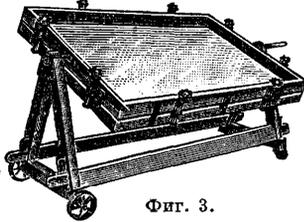


Фиг. 1.

дневном свете происходит слишком долго). Поэтому для копирования чертежей удобнее всего

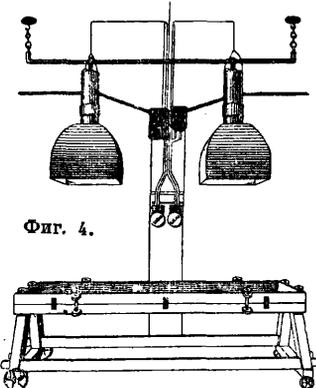


Фиг. 2.

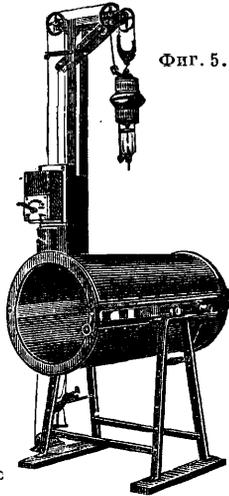


Фиг. 3.

пользоваться электрич. светом, в частности светом электромагнитных дуговых фонарей. На фиг. 4 показана установка, состоящая из светокопиральной рамы и двух дуговых фонарей с абажурами, свет к-рых направлен на раму и под действием к-рого происходит печатание копии, продолжающееся несколько минут в зависимости от степени прозрачности оригинала, светочувствительности бумаги и силы света фонарей. Вторым этапом механизации светокопирального дела является вертикальный цилиндр, состоящий из двух зеркальных полуцилиндров, стоящий в металлич. раме. Стекла закрываются и застегиваются крышкой из брезента. Для закладывания светочувствительной бумаги и оригинала цилиндр поворачивается на своей оси и ставится в горизонтальное положение (фиг. 5). Оригинал накладывают на стек-



Фиг. 4.

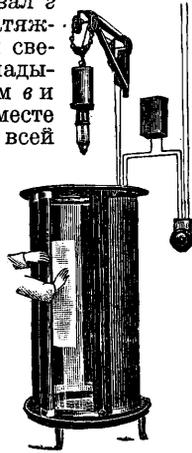


Фиг. 5.

ло, на него кладут светочувствительную бумагу и затягивают крышкой. Затем заправляют вторую сторону цилиндра. Для печатания цилиндр ставят в вертикальное положение и сверху опускают дуговой фонарь, к-рый проходит вовнутрь цилиндра и освещает копии. Опускание фонаря производится при помощи часового механизма, имеющего специальное приспособление для регулирования скорости опускания.

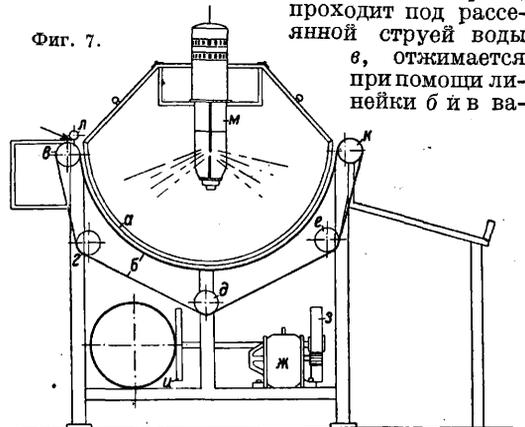
Более совершенный тип вертикального аппарата представляет собой изображенный на фиг. 6 светокопиральный аппарат «Феникс». В этом аппарате, снабженном электромотором, цилиндр вращается вокруг своей оси. По своей вертикальной плоскости цилиндр охвачен бесконечной лентой из брезента, к-рая при вращении цилиндра также вращается в противоположную сторону на двух валиках. Оригинал и светочувствительная бумага закладываются между стеклом цилиндра и транспортером из брезента, по мере их вращения проходят по всей плоскости стекла, подвергаясь действию света

от дугового фонаря, и выходят в отпечатанном виде с другой стороны транспортера. Наиболее удобным и мощным по своей производительности является изображенный на фиг. 7 и 8 светокопиральный аппарат горизонтального типа. В этом аппарате полуцилиндрическое зеркальное стекло *a*, укрепленное в металлич. раме с войлочными прокладками, расположено выгнутой своей плоскостью вниз и по всей поверхности охвачено транспортером *b* из бесконечной ленты прорезиненного брезента. Транспортер вращается на четырех деревянных валах *в*, *г*, *д*, *е*, приводимых в движение электромотором *ж*, соединенным при посредстве шкива *з* и дисковой переменной передачи *и* с ведущим (выходным) валом *к*. Натяжной вал *л* служит для регулирования натяжки транспортера. Оригинал и светочувствительная бумага закладываются между передним валом *и* и направляющим валиком *м* и вместе с транспортером проходят по всей поверхности стекла, подвергаясь при прохождении действию света дуговых фонарей *н*, установленных внутри аппарата и количество которых определяется от двух до четырех фонарей на аппарат. Скорость прохождения в аппарате не превышает одной минуты и обуславливается степенью плотности оригинала и светочувствительностью бумаги. Производительность горизонтального светокопирального аппарата достигает свыше 100 м² светокопий в час. Проявление отпечатанных светокопий производится в специальной ванне. Промытые светокопии развешиваются в сушилке. Вопрос полной механизации С. п. разрешен универсальным промычно-сушильным аппаратом сист. Беневоленского (фиг. 9). В указанном аппарате, соединенном со светокопиральным аппаратом цепной передачей и работающем на одном рабочем ходу, рулон светочувствительной бумаги, отпечатанный на светокопиральном аппарате, непосредственно заправляется в тяговые вальцы, *a* промычно-сушильного аппарата,



Фиг. 6.

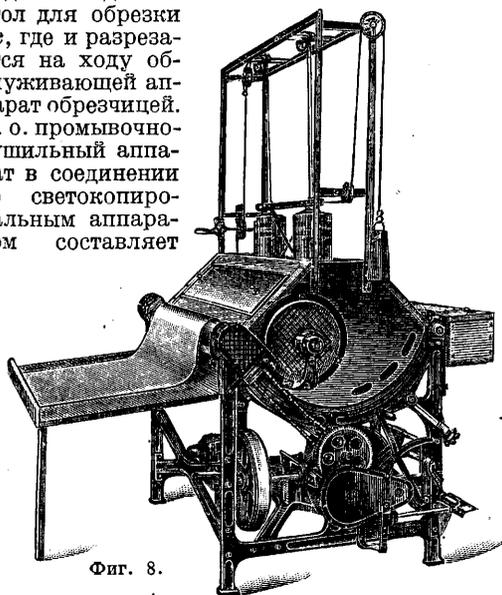
проходит под рассеянной струей воды *в*, отжимается при помощи линейки *б* и в вальцах *г* и поступает на транспортер *д*, представляющий собой две бесконечные цепи Галля, перемежаемые шестернями и соединенные между собой поперечными медными прутья-



Фиг. 7.

ликах и поступает на транспортер *д*, представляющий собой две бесконечные цепи Галля, перемежаемые шестернями и соединенные между собой поперечными медными прутья-

ми. Вместе с транспортером бумага проходит через сушильную камеру *д*, отапливаемую электронагревательным прибором *е* мощностью до 7 kW и в проявленном и высушенном виде выходит на стол для обрезки *ж*, где и разрезается на ходу обслуживающей аппарат обрезчицей. Т. о. промывочно-сушильный аппарат в соединении со светокопироваальным аппаратом составляет



Фиг. 8.

единый агрегат, работающий по принципу конвейера и дающий вполне законченную продукцию. Для получения готовой копии требуется 1—1½ минуты. Указанные аппараты применяются на светокопироваальной ф-ке в Москве.

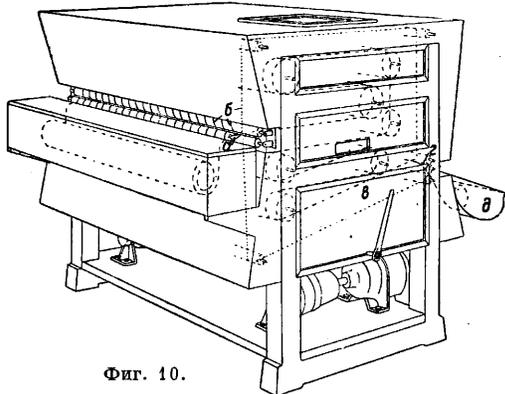
На фиг. 10 показан специальный аппарат для проявления светокопий на озалидовой бумаге. В этом аппарате отпечатанная озалидовая светокопия закладывается между вальцами *а* и захватывается транспортерными нитями *б* и вместе с ними проходит через камеру *в*, наполненную парами аммиака, где и проявляется, и в готовом виде через выходные валики *г* выходит в приемный желоб *д*. Процесс проявления озалидовых светокопий длится 3—4 мин. Изготовление светочувствительной бумаги, т. е. пропитка бумаги светочувствительной эмульсией, в



Фиг. 9.

фабричном масштабе производится при помощи специальных машин (фиг. 11), где *А* — роль бумаги, *Б* — направляющий валик, *В* — намазывающий валик, *Г* — валики для регулирования намазывания, *Д* — прибор для сглаживания слоя эмульсии, *Е* — валики для направления, *Ж* — сушильная камера, справа — прибор для наматывания готовой продукции. Бумага идет с роля через направляющие валики к намазывающему валику *В*, к которому она прижимается двумя-тремя никелированными валиками *Г*, устроенными т. о., что их можно переставлять выше и глубже для регулирования намазывания в зависимости от потребной чувствительности бумаги (нанесение более густого слоя эмульсии обуславливает высокую светочувстви-

тельность бумаги и наоборот). Намазывающий валик погружен в лоток со светочувствительной эмульсией и вращается в противоположную сторону хода бумаги со скоростью, превышающей скорость хода бумаги в 4—6 раз. Привод намазывающего валика устроен так, что при посредстве ступенчатых шайб имеется возможность изменять скорость вращения валика, каковая необходимость вызывается различной способностью всасывания у различных сортов бумаги, степень же намазывания зависит от скорости вращения намазывающего валика. По направляющим валикам бумага ведется наверх и проходит по сглаживающему прибору *Д*. Этот прибор состоит из стеклянной линейки и двух валиков. Бумага проходит между линейкой и валиками и обратной своей стороной прижимается валиками к линейке, к-рая снимает с лицевой стороны бумаги излишки светочувствительной эмульсии. Сглаживатель вдавливается в пространство между двумя валиками, к-рые дают опору бумаге. Более сильный или слабый нажим сглаживателя регулирует количество накладываемой эмульсии. Взятый бумагой излишек эмульсии придерживается сглаживателем, и пропускается только такое количество, к-рое бумага успела впитать в себя. Через ведущий валик *Е* бумага протягивается к сушильной камере *Ж*. Длина сушильной камеры при скорости прохождения бумаги 10—12 м/мин равна 5—6 м. Нагревание производится электронагревательным прибором мощностью до 25 kW.



Фиг. 10.

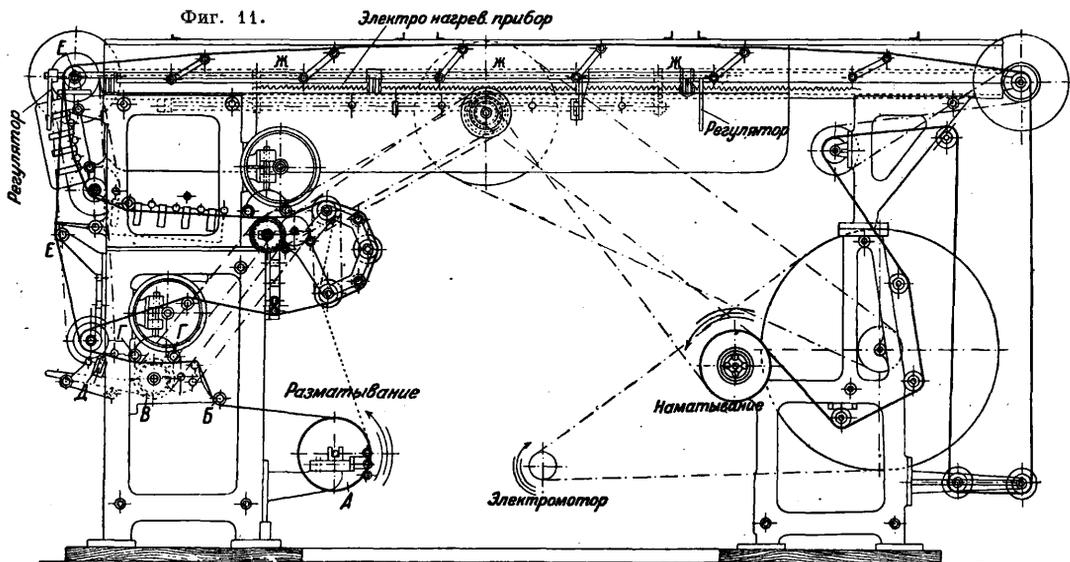
После прохода сушильной камеры бумага в готовом виде поступает на прибор для наматывания. Роль снимается с машины и поступает на особый прибор, на к-ром приводом от электромотора бумага перематывается в рулоны нужной длины (10—20—40 м). Длина наматываемого рулона светочувствительной бумаги отсчитывается механически при помощи специально устроенного автомата, к-рый выключает в нужный момент электромотор, бумага отрезается и рулон завертывается в сорочку из пергамента для предохранения бумаги от порчи. На указанных машинах можно производить пропитку различных сортов бумаги, за исключением феррогалловой, для пропитки к-рой применяются специально устроенные машины.

Методом светокопирования пользуются также путем печатания с цинковых или алюминиевых пластин. Этот способ, именуемый с в е т о г р а ф и е й, имеет то ценное преимущество, что дает возможность размножения любого оригинала, исполненного на прозрачной кальке или восковке, не прибегая к перечерчиванию или переводу оригинала на плор. Для этой

цели цинковые или алюминиевые пластины покрывают светочувствительным раствором; на пластину накладывают оригинал (кальку), который вместе с пластиной закладывают в копировальную раму и выставляют на несколько минут под действие света дуговых фонарей. Для покрытия светочувствительным раствором пластину предварительно промывают водой, затем шлифуют на специальном станке, вытирают на-

СВЕТОКОПИРОВАЛЬНЫЕ АППАРАТЫ, см. *Светокопировальное производство.*

СВЕТОФИЛЬТРЫ, среды, обладающие различной прозрачностью в различных участках оптич. спектра; применяются для изменения спектрального состава излучения, распространяющегося от источника. С. бывают газовые, жидкие и твердые. В том случае, когда прозрачность обусловлена абсорбцией вещества, С.



сухо и покрывают светочувствительным раствором. Раствор готовят из двух составов: а) 100 г белого гуммиарабика в 500 см³ воды и 10 см³ аммиака (уд. в. 0,91); б) 100 г двухромовокислого аммония (NH₄)₂Cr₂O₇ в 500 см³ воды и 10 см³ аммиака до получения светложелтой окраски. Одинаковые части вышеуказанных растворов смешивают и к ним прибавляют небольшое количество виноградного сахара, благодаря чему облегчается проявление. Пластины покрывают светочувствительным раствором, вставляют в закрытую центрифугу, где происходят выравнивание нанесенного слоя и сушка пластины при t°, не превышающей 70°. Светочувствительный раствор, как и приготовленную пластину, необходимо использовать в тот же день, т. к. светочувствительная эмульсия продолжительного хранения не выдерживает. При копировании рисунок резко появляется в коричневых тонах. Пластина затем проявляется в смеси из 50 см³ глицерина и 3 см³ конц. серной к-ты. Проявление производится путем обтирания пластины в указанном растворе до тех пор, пока появятся серебристо-белые линии, после чего протирают 3—4 раза денатурированным спиртом и полотняной тряпочкой. Печатание производится на обычной белой бумаге на специальных станках «Шварц-пресс» либо на обычных литографских машинах со специально приспособленным высоким талером. Этот способ имеет широкое распространение для печатания технич. чертежей, альбомов и пр.

Лит.: Беневоленский С., Светокопировальное производство, Москва, 1932; Eder J. M., Ausführliches Handbuch d. Photographie, B. 4, T. 4, Die Lichtpausverfahren, die Platonotypie und verschiedene Kopierverfahren ohne Silbersalze, Halle a/S., 1929; Wandrowsky H., Die Lichtpausverfahren, Berlin, 1920; Spärl H., Die modernen Lichtpausverfahren, 5 Auflage, Halle a/S., 1927. С. Беневоленский.

носят название абсорбционных; на практике в большинстве случаев употребляются именно такие С.

Абсорбционные С. У всякой светопрозрачной среды коэф. пропускания является ф-ей длины волны: $T = T(\lambda)$ (см. *Поглощение света*). Благодаря этому среда в проходящем белом свете кажется, вообще говоря, окрашенной. Поглощение, особенно сильное в определенном спектральном интервале, носит название избирательного; величина коэф-та поглощения $k(\lambda)$ по длинам волн определяется в классич. теории собственными частотами молекул среды — положением собственных полос поглощения. У ряда веществ $k(\lambda)$ мало изменяется в зависимости от λ на значительном участке спектра, претерпевая резкое изменение на небольшом интервале длин волн. По виду кривых поглощения м. б. дана классификация С. По К. Джибсону все С. делятся на три класса. К л а с с 1. Большое поглощение в области λ , имеющих нек-рое значение λ_c и сильное пропускание в области $\lambda > \lambda_c$. Область $0,002 \mu < \lambda < 0,120 \mu$ не пропускается твердыми телами и жидкостями. Обычное стекло имеет границу пропускания около $\lambda_c = 0,3 \div 0,4 \mu$, вода ок. $\lambda_c = 0,17 \mu$. Из обычных газов Н₂ наиболее прозрачен в этой области. С. с границей пропускания в области 0,2—0,35 μ м. б. получены применением нек-рых органич. жидкостей. В области 0,3—0,7 μ очень удобны растворы многих солей и органических красителей. Весьма употребительно прокрашивание последними желатиновых пленок. В качестве фильтров, пропускающих инфракрасную часть и не пропускающих видимой области, применяются различные лаки, смолы, эбонит, сажа, картон, черная бумага и т. п.

К л а с с 2. Полное поглощение в широкой области спектра, где λ имеет значение λ_c , и большое пропускание в соседней области, где $\lambda < \lambda_c$. В области видимого спектра для отделения инфракрасной части хороший результат дают водные растворы солей Cu (CuSO_4 и др.), полностью поглощающие инфракрасные и обладающие равномерным и большим пропусканием в видимом спектре. Для этого же может служить водный раствор квасцов $[\text{K}_2\text{Al}_2(\text{SO}_4)_4]$. Отделение ультрафиолетовой части от видимой значительно сложнее. До сих пор неизвестен C_2 , задерживающий полностью видимый спектр и пропускающий без заметного ослабления ультрафиолетовую область от 400—250 μ . Для пропуска ближайшего к видимому свету ультрафиолетового спектра 400—330 или 400—290 μ с одновременным задержанием видимых лучей применяются специальные черные стекла, изготавливаемые различными европ. и америк. фирмами и в последнее время также советскими стекловыми заводами. Эти стекла одновременно слабо пропускают крайние красные лучи. Для отделения ближайшего ультрафиолетового спектра от видимого (400—300 μ) могут также служить водные или спиртовые растворы *n*-нитрозодиметиланилина в комбинации с синими увиолевыми стеклами Цейсса. Довольно хороший результат дают тонкие пленки серебра, имеющие большое пропускание в области $\lambda_c = 2315 \mu$ и сильно поглощающие область более длинных и более коротких волн.

К л а с с 3. Большое поглощение всюду за исключением некоторых узких областей спектра. Наиболее трудно выделение узких областей в ультрафиолетовой части, где лучший результат для области $\sim 253 \mu$ дают C_1 и B_7 в газообразном состоянии в кварцевых кюветках. Наиболее удобным C_2 для видимой области спектра являются органические красители, употребляемые в виде растворов в стеклянных кюветках или в виде прокрашенных или желатиновых пленок. Благодаря простоте изготовления область применения желатиновых C_2 очень широка и техника изготовления их очень несложна и доступна всякой лаборатории. В качестве красителей для желатиновых C_2 широко испытанными являются органические красители «AGFA», специально очищенные для C_2 (für Lichtfilter). Наши советские текстильные красители Анилтреста также подходят, но все они (кроме желтых) имеют пологие кривые поглощения и не пригодны для получения монохроматич. C_2 . Кроме того выпускаемый в настоящее время ассортимент красителей Анилтреста не обладает необходимым разнообразием кривых поглощения. Однако для изготовления желтых и красных C_2 соответствующие текстильные красители Анилтреста—конго красный, сафранин, метанил желтый и др.—вполне подходят. Кроме этого ряд лабораторий, напр. Ин-т чистых реактивов и Киевская экспериментальная химич. лаборатория, начал выпускать специально очищенные красители: метилгрюн, нейтральроут, хризоидин, эозин и др. (Ин-т чистых реактивов) и нафтолгрюн, тартрацин, малахитгрюн, аурамин, нафтолоранж и др. (Киевская экспериментальная химич. лаборатория). Эти краски вполне подходят для C_2 , и в нижеприведенных рецептах многие красители «AGFA» м. б. заменены советскими красителями, имеющими ту же кривую пропускания. Употребляемая для C_2 желатина должна обладать возможно большей прозрачностью и наименьшей цветностью

и не должна содержать примесей, способствующих выцветанию красителей. Чрезвычайно вредным веществом в этом отношении является сернистая *k*-та, прибавляемая к желатине в процессе ее производства. Поэтому для C_2 употребляются специально очищенные сорта желатины «без сернистой *k*-ты», она изготавливается Ленинградским желатиновым заводом и московским заводом «Клейтук»; последняя несколько хуже первой. Иногда при изготовлении C_2 к желатине прибавляют алкоголь (3—5%), что способствует лучшему сохранению C_2 . Наилучшей концентрацией желатины при отливке C_2 признана концентрация 8—9%, считая относительно веса листовой желатины, которая при комнатной t° и средней влажности содержит ок. 18% воды.

Отвешенное необходимое количество желатины наливается водой, оставляется некоторое время для набухания и затем расплавляется в водяной бане. Весьма удобно приготовить расплав прозрачной желатины более высокой концентрации, чем 9%, напр. 15%, и дальнейшее разжижение производить раствором краски. Темп-ра плавления 15%-ной желатины 32—35°, t° застудения 9%-ной желатины лежит выше (22—25°). После расплавления к расплаву желатины прибавляется приготовленный заранее в нужной концентрации раствор красителя. Водные растворы некоторых красителей при смешении (напр. кислотно-основного) дают муть или даже осадок, поэтому рекомендуется производить смешение водных растворов красителей в желатине, т. е. при этом в незначительной степени ослабляется, а иногда и совсем устраняется осадок. После смешения красок с желатиной расплав фильтруется и выливается на установленное горизонтально на нивелировочном столике стекло из расчета 1 см² на 10 см² поверхности стекла. Для лучшего растекания при отливке расплав разравнивается. При охлаждении стекла снизу водой C_2 застудивается в 3—5 мин. После этого стекло снимается со столика и ставится вертикально в сушильный шкаф, t° в котором следует держать около 20°, но не выше, так как фильтр может стечь. Шкаф должен быть хорошо защищен от пыли. Желатиновые C_2 употребляются двух видов: с пленкой или без пленки и с пленкой и без пленки. Для съемных C_2 при отливке стекло д. б. высокого качества, напр. зеркальное с хорошей поверхностью. Для удаления жира стекло моется *k*-той или щелочью, потом спиртом и тщательно протирается чистой тряпочкой. После очистки для лучшего отставания пленки от стекла его поверхность специально обрабатывается тальком или вазелином, *k*-рый наносится на стекло очень тонким слоем. После высыхания C_2 , отлитого на стекло, обработанном указанным способом, пленку прорезают по краю и легко снимают со стекла. В тех случаях, когда C_2 не д. б. снят со стекла, обработка поверхности тальком или вазелином не нужна. Для лучшего сцепления желатины со стеклом в расплав рекомендуется прибавить 3—5% сахара. Существует более простой способ изготовления желатиновых C_2 , т. е. с пленкой. Стекланую пластинку, покрытую прозрачным слоем желатины, напр. офтисированную фотографич. пластинку, купают в растворе краски до получения необходимой цветности. Этот способ прост, но весьма несовершенен, т. е. при нем нельзя предварительно рассчитать C_2 .

Поглощение света (см.) C_2 может быть представлено ур-ием Бугера:

$$I = I_0 e^{-kcd}, \quad (1)$$

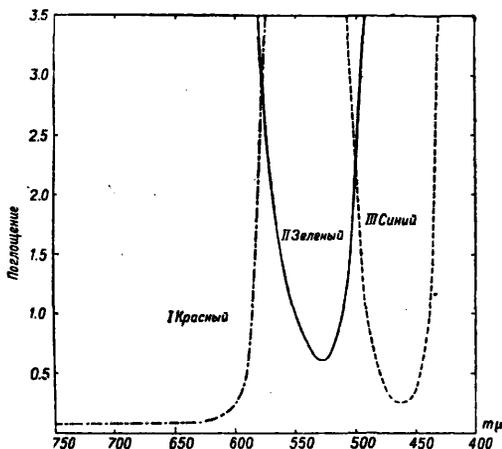
где I_0 —падающий свет, I —пропущенный C_2 . Толщины d с концентрацией c ; k —удельное поглощение, величина, характеризующая краситель. Широко принято, т. е. это значительно удобнее для вычислений, писать ур-ие (1) не в натуральных логарифмах, а в десятичных, кроме того для сухих пленочных C_2 количество красителя относят к единице поверхности, тогда ур-ие (1) упрощается:

$$I = I_0 10^{-k_1 c},$$

где $k_1 = mk$ ($m = 0,4343$), а c —концентрация, отнесенная к единице поверхности. Обычно называют произведение $k_1 c$ оптич. плотностью (density) C_2 , обозначая буквой D . Т. е. при избирательном поглощении $k_1 = k_1(\lambda)$, то и $D = D(\lambda)$; этой ф-ией и характеризуют C_2 , изображая графически зависимость D от λ . D связано с пропусканием T C_2 ($T = I/I_0$) ур-ием:

$$\lg T = -D, \text{ или } \lg \frac{1}{T} = D = \lg O.$$

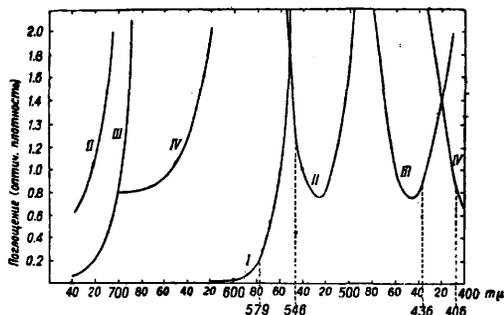
О вводят для удобства и называют непрозрачностью (opacity). Преимущество характеристики поглощающих свойств S . в виде кривой $D(\lambda)$, а не кривой $T(\lambda)$, ясно видно из самого определения $D = k_1 c$. При изменении концентрации c D изменяется пропорционально; при складывании двух S . или смешении хорошо смешивающихся и не реагирующих красителей общая плотность $D = D_1 + D_2 + D_3 + \dots$, т.е. D есть аддитивная ф-ия концентраций и удельного поглощения. Пропускание T , поглощение $1 - T$, или непрозрачность, зависят от k_1 и c значительно сложнее. Для измерения поверхностной концентрации Гюбль (Hübl) ввел величину



Фиг. 1.

ну 1 г краски на 1 м² С.; по предложению Кенита эта величина называется гюбль и обозначается «1Н». В настоящее время величиной 1Н широко пользуются; она весьма удобна для измерения концентрации красителя в С.

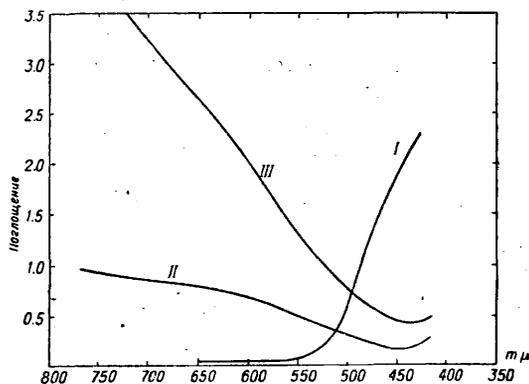
Кроме указанной выше классификации С. большое распространение имеет другая практическая классификация, так же по виду кривой $D(\lambda)$; во многих случаях она удобнее первой. 1. С. монохроматические, совпадающие с прежним третьим классом, выделяют узкую область спектра. На фиг. 1 показаны кривые таких монохроматич. фильтров, предложенных Гюблем для трехцветной фотографии. Приводимые кривые относятся к несколько исправленным фильтрам Гюбля: у зеленого и синего фильтров уничтожена полоса пропускания в красной



Фиг. 2.

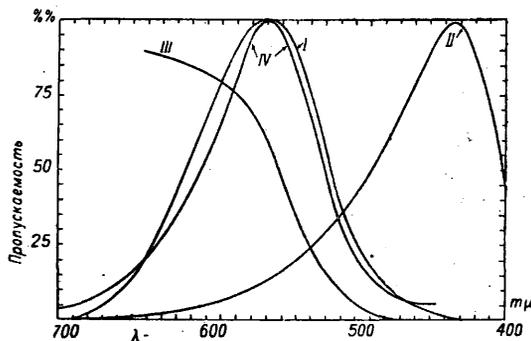
части от 650 мμ, несущественная для фотографии, но благодаря этому эти фильтры имеют более широкое употребление, напр. для деления видимого спектра на 3 части. Рецепты этих

фильтров следующие: I. Красный: 1) Rose bengale (Бенгальская роза)—1,5Н; 2) Tartrazin (тартрацин)—2,0Н. II. Зеленый: 1) Ра-



Фиг. 3.

tentblau (патент синий)—0,7Н; 2) Tartrazin (тартрацин)—2,5Н; 3) Filterblaugrün (сине-зеленый для фильтров)—1,0Н. III. Синий: 1) Säurehodamin (кислый родамин)—1,0Н; 2) Patentblau (патент синий)—1,0Н; 3) Filterblaugrün (сине-зеленый для фильтров)—1,25Н. На фиг. 2 изображены кривые $D(\lambda)$ для группы С., выделяющих из спектра ртутной лампы отдельные линии: 579 мμ, 546 мμ, 436 мμ и 406 мμ; рецепты этих фильтров, разработанные в ГОИ, следующие: I. Для линии 579 мμ: 1) Diodfluorescein Na (диодфлуоресцеин Na)—3Н; 2) Tartrazin (тартрацин)—3Н. II. Для линии 546 мμ: 1) Naphtalingrün (нафталинозеленый)—2Н; 2) Tartrazin (тартрацин)—3Н. III. Для линии 436 мμ: 1) Filterblaugrün (сине-зеленый для фильтров)—3Н; 2) Diodfluorescein Na (диодфлуоресцеин Na)—0,5Н. IV. Для линии 406 мμ: 1) Фуксин—3,2Н; 2) Берлинская лазурь—0,4Н.



Фиг. 4.

2. С. компенсационные, или исправляющие, не выделяя узкой области спектра источника, меняют спектральное распределение источника. На фиг. 2 и 3 даны примеры кривых таких С. (приводимые рецепты этой группы С. разработаны в ВЭИ). Кривая I на фиг. 3 изображает компенсационный фильтр для ортохроматич. эмульсии; служит для исправления передачи цветов фотографии. эмульсией. Рецепт этого С.—Tartrazin 1Н. II изображает кривую неорганической краски берлинской лазури {Fe₄[Fe(CN₆)₃]} . Эта краска является очень неплохим приближением к дневному С.; задачей его является изменить цветную I° лампы на-

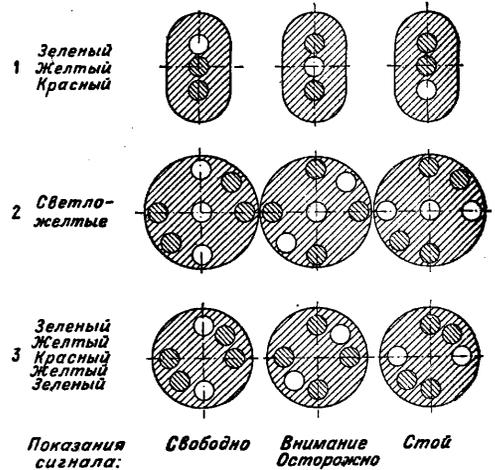
каливания и приравнять распределение энергии в ее спектре к дневному. Эта краска тем более интересна, что она одна из немногих полностью поглощает красную и желтую части спектра. Кривая III изображает берлинскую лазурь, но в двойной (по сравнению с II) концентрации. На фиг. 4 изображено изменение кривой чувствительности калиевого фотоэлемента (обработанного серой) с помощью С. для приравнивания ее к средней кривой чувствительности (видимости) глаза: I—кривая чувствительности глаза, II—спектральной чувствительности фотоэлемента KS, III—пропускания С., IV—кривая чувствительности фотоэлемента со С. Рецепт этого светофильтра: Chrysoidin (хризоидин)—0,34H; Diamantrot (алмазнокрасный)—0,14H; Eosin (эозин)—0,019H.

3. С. субстративные поглощают лишь небольшую область, оставляя без изменения остальной спектр. Примером такого селективного поглощения являются краски группы эозиновых, поглощающие участки спектра 490—560 *м.м.* Меньшее распространение имеют не абсорбиционные С., поэтому мы укажем лишь некоторые типы таких С., т. к. они имеют принципиальный интерес. 1) Монохроматы Христиансена. Истолченное стекло насыпается в плоскопараллельную кюветку и заливается жидкостью с таким же показателем преломления, напр. смесью α -бромнафталина с кедровым маслом. Благодаря разности дисперсий показатели преломлений стекла и жидкости точно совпадают лишь для какой-нибудь определенной длины волны. В обе стороны от этой точки показатели преломления быстро расходятся. Сквозь такую смесь без потерь пройдет свет только той длины волны, для к-рой показатели преломления стекла и жидкости совпадают; все же остальные лучи благодаря многократным отражениям рассеются в стороны, причем рассеяние будет тем больше, чем оно дальше от точки совпадения показателей преломления. В проходящем свете такая среда будет окрашенной. Вейгерт предлагает на этом принципе сделать монохроматор. При нагревании кривая дисперсии жидкости смещается значительно быстрее, чем стекла, поэтому точка пересечения этих кривых, т. е. точка равенства показателей преломления, будет передвигаться по спектру. Благодаря этому пропускаемый монохромом участок спектра будет тоже перемещаться по спектру. Т. к. процесс вполне обратимый, то, окружив смесь электрич. печкой, t° этой печки можно проградуировать на длину волны пропускного света. 2) С., основанные на вращательной дисперсии (см. *Вращение плоскости поляризации*), представляют удобства для плавного переадавания пропускаемого участка по спектру. Между скрещенными николями ставится вещество, обладающее вращательной дисперсией: раствор сахара или кварцевый клин (оптич. ось кварца вдоль хода луча). Двигая клин, т. е. меняя толщину кварца, мы будем менять пропускаемый всем прибором участок спектра. 3) Поляризационный С. сист. Вуда предложен Вудом для отделения двух близких участков спектра: пример разделения двух линий натрия D_1 ($\lambda=5890 \text{ \AA}$) и D_2 ($\lambda=5896 \text{ \AA}$). Свет натриевого пламени пропускают через поляризатор, после этого на пути хода лучей линейно поляризованного света ставят двойкопреломляющую пластинку, напр. кварца (оптич. ось параллельна плоскости пластинки). Вследствие двойного лучепреломления

свет, выходящий из пластинки, будет эллиптически поляризован и при определенных толщинах в частности линейно поляризован. Вследствие дисперсии двойного преломления другая спектральная линия будет при той же толщине иметь другую эллиптич. поляризацию, в частности при определенных толщинах будет также линейно поляризованной, но в плоскости, образующей прямой угол с поляризацией первой спектральной линии. Т. о. плоскости поляризации двух линий по выходе из кристаллич. пластинки повернуты одна относительно другой на прямой угол, и поворотом анализатора можно по желанию пропускать одну или другую спектральную линию. Подбирая толщину пластинки, можно в любой степени ослабить одну из линий, пропуская полностью другую, напр. для линий D_1 и D_2 , чтобы погасить одну из них до 1%, толщина пластинки кварца д. б. 32 *мм.* Это один из наиболее совершенных С. для разделения очень близких линий.

Лит.: Гюбль А., Светофильтры, пер. с нем., М., 1930; Гольдберг Е., Образование фотографич. изображений, пер. с нем., М., 1929; Справочник: Физико-технические таблицы Т. Э., т. V, VI и VII; Гюбль А., Свойства и применение фотографич. фильтров, «Вестн. фотографии», М., 1915; Потапенко Г. В., Теория и техника исследования пленочных светофильтров, «Журн. русск.-химич. о-ва», М., 1916, т. 48, 4; Гинзбург В. и Левин Б., Желатиновые светофильтры советского производства, «Журнал техн. физ.», 1932, т. 2, стр. 1053; Hübl A., Die Lichtfilter, 3 Aufl., Halle a/S., 1917; Weigert F., Optische Methode in d. Chemie, Leipzig, 1927. В. Гинзбург.

СВЕТОФОР, сигнальный прибор, дающий и днем и ночью показания при помощи луча света. Применяются С. на ж. д., городских ж. д., на пересечениях ж.-д. путей с дорогами и на улицах для регулирования движения. С. может применяться как при автоматич. регулировании движения, так и при неавтоматическом. Его лучи должны попадать во все точки, где может находиться человек, к-рый должен воспринять сигнал. Расстояние, на к-ром д. б. виден С., его видимость, зависит от тормозной длины поезда или автомобиля и не д. б. меньше

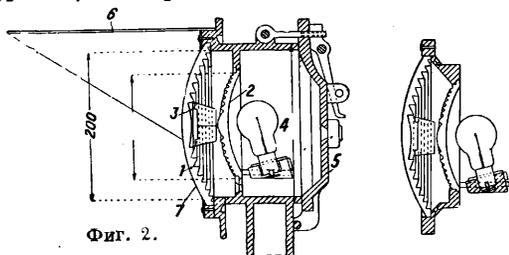


Фиг. 1.

ее. Эта видимость д. б. обеспечена для наиболее светлого дня. В течение всего остального более темного времени видимость будет значительно лучше, в чем и заключается одно из преимуществ С. перед семафорами. Ночью имеется такой большой излишек силы света, что ее можно понизить, уменьшая напряжение. С. виден тем

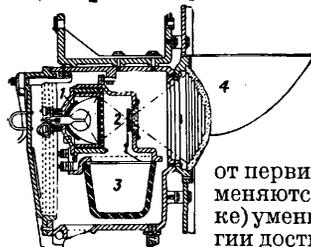
лучше, чем темнее фон, на к-ром он находится. Для уменьшения необходимой силы света огни С. располагаются на сравнительно небольшом черном щите (площадь 1 м^2), служащем ближайшим фоном. Применяются следующие системы светофорной сигнализации: 1) показания даются цветом огня, одного или нескольких; 2) показания даются положением нескольких «белых» огней; 3) показания даются цветом и положением нескольких огней (фиг. 1). В СССР применяется только первая система. Щиты с одним или несколькими фонарями могут быть укреплены на мачте, рядом с путем, на мостике или подвесе над путем и на низком фундаменте рядом с путем. Конструкции мачт, мостиков и т. д. должны исключать возможность отклонения фонаря от первоначально установленного положения.

В качестве примера конструкции semaфорного фонаря для ж. д. рассмотрим линзовый С. (фиг. 2). Фонарь состоит из бесцветной линзы



Фиг. 2.

Френеля 1, цветной линзы Френеля 2, отклоняющейся вставки 3, прецизионной лампы с концентрированной нитью 4, чугунного кожуха 5 и козырька 6. Линзы пресованные. Нить лампы помещена в фокусе линзовой системы, которая дает примерно тысячекратное усиление силы света лампы и рассеяние луча в $\sim 3^\circ$. Во избежание ложных показаний сигнала от отраженных лучей солнца, позади линз нельзя ставить зеркал для усиления силы света. При установке С. на кривых пути такое рассеяние недостаточно. Для его увеличения перед линзами ставится еще рассеивающее стекло 7 с рассеянием 10° или 20° в горизонтальном направлении. В яркий солнечный день видимость такого С. без рассеивающего стекла, при высоком качестве цветного стекла и линз и удельном расходе лампы $\sim 1,2 \text{ W/св.}$, равна: 1200 м при 40 W и 10 V; 1000 м при 18 W и 8 V; 700 м при 10 W и 8 V. С рассеивающим стеклом видимость тем меньше, чем больше рассеяние. Каждый фонарь дает один цвет. Изменение цвета С. производится при помощи реле, включающего тот или другой фонарь.



Фиг. 3.

от первичных элементов (применяются при автоблокировке) уменьшения расхода энергии достигают, применяя прожекторный С. (фиг. 3). Он состоит из эллиптич. зеркала 1, линзы 4, прецизионной лампы с концентрированной нитью, расположенной в одном из фокусов зеркала, сектора 2 с двумя или тремя цветными стеклами, расположенного в другом фокусе зеркала, к-рый совпадает с фокусом линзы, реле 3, устанавливающего положение сектора и цвет огня. Отраженный свет

не может вызвать ложного сигнала. В яркий солнечный день видимость такого светофора: 1200 м при 10 W и 6 V; 575 м при 3 W и 6 V. При установке на кривых применяются также рассеивающие стекла. Для правильной работы светофорные фонари д. б. отрегулированы после монтажа так, чтобы максимальная сила света попала в точку, где впервые д. б. воспринят сигнал. Регулировка производится при помощи brackets с телескопом. С. с меньшей видимостью, напр. уличные, могут иметь более простую оптику и нормальные лампы. С. для регулировки уличного движения состоит из неглубокого параболич. зеркала, нормальной газонаполненной лампы 60 W и 120 V, цветного стекла и рассеивающего стекла.

Лит.: Озолин И. X. и Момма А. А., Светофорная сигнализация, М., 1931; Jolley L. B., Waldram J. M., Wilson G. H., The Theory of Design of Illuminating Engineering Equipment, p. 427—446, L., 1930; B u d e n b e r g, Ueber Lichttages Signale bei der Reichsbahn, «Verkehrstechnische Woche», B., 1939, N. 15—22.

И. Озолин.

СВЕТАЯЩИЕСЯ СОСТАВЫ, люминофоры, искусственно пригодовленные составы, обладающие б. или м. продолжительным свечением (фосфоресценцией), возбуждаемым различными радиациями как световыми, так и корпускулярными (см. Люминесценция).

Получение «светящихся камней» было известно очень давно китайцам (976 г.). В Европе впервые в начале 17 в. на явление фосфоресценции обратил внимание алхимик Виченцо Кашиоролло, к-рый при поисках философского камня прокалял тяжелый шпат из горы Монте-Патерно около Болоньи и получил вещество, названное «болонским камнем»; затем появились другие С. с., а в конце 19 в. Бальмен изобрел состав, к-рый превосходил качеством остальные. Сидо получил С. с. из сульфидов цинка. После установления Вернейлем причины свечения «бальменовской краски» и исследования С. с. Ленардом и его сотрудниками изучение явления фосфоресценции стало на твердую научную базу.

По теории Ленарда свечение С. с. связано с фотоэлектрич. активностью вещества: под действием радиации выделяются электроны и С. с. приобретает положительный заряд, локализованный в отдельных областях—центрах, состоящих из нек-рых молекулярных групп. Электроны, выбрасываемые из металлч. атомов центра, задерживаются атомами серы или другого вещества либо находятся между окружающими атомами. При возвращении электронов получается явление фосфоресценции. Ленард считает, что для каждой полосы спектра свечения имеется ограниченный t^2 -ный участок, на протяжении к-рого происходит фосфоресценция, а вне этого участка оно перестает быть деятельным. Инфракрасные лучи и подогревание увеличивают частоту столкновений в фосфоре и облегчают возвращение электронов, чем усиливается яркость свечения и уменьшается его продолжительность. В нек-рых случаях красные и инфракрасные лучи тушат свечение, т. е. уменьшают его «световую сумму». Необходимым условием возникновения фосфоресцирующего центра является его кристаллич. структура, как следует из данных рентгеновского анализа фосфоров. В теории, недавно предложенной Томашеком, предполагается, что металлч. атом центра внедряется в кристаллич. решетку сульфида (или другого соединения), сильно деформируя ее и разрыхляя. Эта деформированная решетка начинает поглощать свет, являясь т. о. первичным аккумулятором световой энергии в фосфоре. При поглощении света в решетке происходит внутренний фотоэлектрич. эффект. Время, протекающее между выбрасыванием электрона и его возвращением, определяет в основном длительность фосфоресценции. При возвращении электрона в решетку энергия последней передается металлч. атому, к-рый, возбуждаясь, излучает затем через очень короткое время квант света, соответствующий фосфоресценции. Так. обр. до Томашеку поглощающая и излучающая части центра разъединены, причем роль первой играет кристаллич. решетка, роль второй—металлч. атом. В некоторых случаях металлч. атом поглощает свет непосредственно, излучая его через очень короткое время, при этом получается кратковременное свечение (флюоресценция). Изложенные представления являются только качественными гипотезами; до сих пор нет точной теории С. с. несмотря на колоссальный точный экспериментальный материал, касающийся спектров излучения и возбуждения фосфоров, их законов затухания и других особенностей.

Все известные фосфоресцирующие вещества м. б. разделены на два класса: сложные фоборы, фосфоресценция к-рых обзана нали-

чию в основном веществе следов определенных элементов или соединений, и простые С. с., к-рые в чистом виде обладают люминесцирующими свойствами. С. с. первого класса представляют собою твердые растворы, состоящие из оснований—главной массы основного вещества, фосфорогена—ничтожно малого количества активного металла или соединения, присутствие к-рого дает явление свечения, иногда усилителя—небольшого количества редкого металла, усиливающего действия фосфорогена, и плава—вещества, способствующего введению и равномерному распределению фосфорогена и образованию твердого раствора.

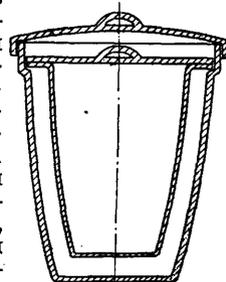
Сила свечения С. с. обладает максимумом, пределы которого зависят от интенсивности, активности падающей радиации и продолжительности ее воздействия. Различные С. с. неодинаково реагируют на различные лучи; одни хорошо возбуждаются от действия дневного света, другие от искусственного; особенно яркое свечение у большинства составов вызывают ультрафиолетовые лучи. Нек-рые составы чувствительны кроме того к катодным, X-лучам или радиоактивным излучениям. Свойства С. с. при данном основании зависят от типа и количества добавок, а также от метода приготовления, что учитывается при подборе рецептуры для определенного назначения. Продолжительность инсоляции различных С. с. при данном источнике света различна; у некоторых возбуждение достигает максимума почти мгновенно, другие требуют нескольких ск. Если состав нанесен на поверхность, то продолжительность инсоляции зависит также от толщины и шероховатости поверхности слоя С. с. Период свечения у различных составов весьма разнообразен. С. с., перенесенный внезапно в темноту, сначала светится очень ярко, затем сила свечения резко падает, а потом постепенно уменьшается до полного угасания; оно наступает у некоторых составов через значительный промежуток времени, измеряемый десятками часов. Нормально у хороших С. с. достаточно яркое свечение при $^{\circ}15^{\circ}$ продолжается 1—2 ч. После угасания С. с., выставленный на свет, опять заряжается на тот же период времени. Все С. с., свечение к-рых продолжается ограниченное время, т. е. требующие периодич. зарядки, называются С. с. временногo действия. Если же состав может возбуждаться от радиоактивных излучений и в него введено радиоактивное вещество в виде механич. примеси, то благодаря постоянному воздействию лучей состав светится непрерывно, не требуя предварительной зарядки. Время свечения такого состава измеряется годами; оно зависит только от периода жизни радиоактивного вещества и от разрушения основания под действием постоянной радиации. Такие С. с. называются радиоактивными, или постоянного действия. Инфракрасные лучи или подогревание оказывают влияние на свечение С. с., изменяя интенсивность (поглощенная световая энергия начинает излучаться быстрее), и поэтому С. с. светит более короткое время, но ярче; когда свечение С. с. почти незаметно для глаз, при подогревании оно вспыхивает вновь за счет выделения остатка световой энергии; вторичное подогревание уже не дает свечения и требуется новая зарядка. В других случаях длинноволновые лучи тушат фосфоресценцию без ускорения высвечивания.

Область применения С. с. сравнительно ограничена несмотря на то, что казалось бы их мож-

но широко применить в различных областях жизни, напр. для освещения помещений холодным светом, для вывесок, надписей и т. д. Однако, так как яркость фосфоресценции сравнительно слаба и кроме того свет виден лишь в ближайшее время после освещения, то после дневной зарядки состав разряжается в период сумерек и к моменту наступления темноты свечение незаметно. С. с. могут быть применены с пользой в тех случаях, когда не требуется длительного и яркого свечения, напр. для спасательных морских кругов, буйков, для надписей в театрах, для театральных эффектов, для украшений и пр. Радиоактивные составы в виду высокой стоимости имеют применение только для приборов, к-рыми приходится пользоваться в темноте (часы, компасы) и для научных приборов.

По химич. составу С. с. первого класса делаются на ряд групп с различными основаниями: 1) с основанием из сульфидов щелочноземельных металлов или их смесей, к-рые дают многочисленные, очень яркие С. с., с разнообразным цветом свечения, возбуждающиеся от дневного искусственного освещения и от ультрафиолетовых лучей; 2) с основанием из селенидов, окисей или углекислых солей тех же металлов; 3) с основанием из сульфида цинка, очень яркие С. с., с зеленым, зелено-голубым, желтым и оранжевым цветом свечения, возбуждающиеся как от световых лучей, так и от радиоактивных излучений; 4) с основанием из кремнекислого цинка, с зеленым, желтым и оранжевым цветом свечения, чувствительные к катодным и X-лучам; 5) борнокислые С. с. с ярким различных цветов свечением, возбуждающиеся световыми лучами. Ко второму классу С. с. относятся: платиново-синеродистый барий и платиново-синеродистый кальций с зеленым свечением, возбуждающиеся от β -, γ - и X-лучей; платиново-синеродистый натрий, дающий светложелтое свечение от β -лучей; платиново-синеродистый литий, чувствительный к X- и β -лучам с красным цветом фосфоресценции, вольфрамвокислый кальций, светящийся от X-лучей и излучения радия голубым цветом. Этот класс светящихся составов обыкновенно применяется для экранов в рентгенотехнике, а также для научных приборов.

Приготовление С. с. В виду того что свечение зависит от наличия следов только определенных элементов, то даже ничтожные загрязнения другими веществами влияют на качество составов, и поэтому весь процесс приготовления должен проходить в условиях возможно большей чистоты, гарантирующей от попадания посторонних элементов как в применяемые реактивы, которые д. б. фотохимически чистыми, так и в приготовленную смесь до окончания процесса прокали. Особенное внимание д. б. обращено на чистоту посуды, тиглей и всей лаборатории в целом. Не рекомендуется пользоваться посудой, бывшей в соприкосновении с различными солями металла, хотя бы даже после мытья. Для всех реактивов и для отдельных процессов должна иметься отдельная маркированная посуда. Вода должна применяться дистиллиро-



Фиг. 1.

ванная в стеклянной или кварцевой аппаратуре. Тигли применяются фарфоровые, шамотные, платинированные и кварцевые, в зависимости от t° прокалики и химич. состава прокаливаемой смеси. Лучше всего состав помещать в двойных тиграх по типу, изображенному на фиг. 1. Что же касается печей, то таковые необходимо иметь отдельные для каждой группы составов, имеющей определенные металл. примеси. Конструкция печи должна быть такова, чтобы она гарантировала равномерный нагрев, а также допускала плавный подъем температуры. Обыкновенно применяются газовые, масляные или электрические муфельные печи. Следует избегать железных и медных частей в печах. Все производство светящихся составов складывается из следующих процессов: получения исходных материалов, приготовления основной смеси, прокалики и измельчения.

С. с. из сульфидов щелочноземельных металлов готовятся след. обр.: для основания берется один или несколько сульфидов; при этом можно взять заранее приготовленные сульфиды и их прокаливать с добавками или, для упрощения производства, смесь составляют так, чтобы образование сульфидов происходило одновременно с прокаликой всей массы. Т. к. фосфоресценция связана с кристаллич. структурой, то t° печи д. б. настолько высока, чтобы молекулы основания стали достаточно подвижными с одновременным образованием центра. Темп-ра для различных оснований и в зависимости от плавней $800 \div 1100^\circ$. Во избежание возгоны отдельных компонентов повышение t° должно происходить равномерно; продолжительность прокалики $\frac{3}{4} + 1\frac{1}{2}$ час., причем в течение полчаса t° поднимается до t° обжига. Количество серы м. б. взято по подсчету для полного образования сульфида с запасом на улетучивание, но в большинстве практически подобранных рецептов серы берется значительно меньше вследствие того, что получаемое основание твердого раствора состоит из смеси сульфида с окисью, к-рая также обладает фосфоресцирующими свойствами. Сера берется дважды перекристаллизованная в сероуглероде или бензоле и растертая в тончайший порошок. Восстановитель в виде органич. вещества вводится в количестве, необходимом для восстановления основания и предохранения от окисления сульфида в сернистую соль. Для равномерного распределения фосфорогена и облегчения кристаллизации вводится плавень, обычно в виде углекислых, хлористых или сернистых солей щелочных металлов. Т. к. металл плавня влияет также на интенсивность отдельных спектральных полос фосфоресценции, то и это д. б. учтено при выборе плавня. Действие плавня заметно даже в небольших дозах, а оптимальное количество определяется в пределах $\approx 10\%$. Во многих практически полученных рецептах вводят несколько плавней, но вообще необходима и достаточна только одна соль. Наиболее часто в виде фосфорогена для щелочноземельных сульфидов применяются металлы: висмут, марганец, медь, свинец и уран. У висмута главная полоса фосфоресценции фиолетовая, у марганца—желтая, а у меди, свинца и урана—зеленые, но это еще не служит основанием для предсказания цвета фосфоресценции, т. к. он зависит также от остальных добавок. Оптимальные количества металлов на единицу веса сульфидов следующие: $0,0001 \div 0,0015$ висмута; $0,002 \div 0,01$ марганца; $0,0001 \div 0,0008$ меди; $0,0001 \div 0,0062$ урана; $0,0001 \div 0,0068$ свинца. Фосфороген вводится в виде спиртового или водного раствора ($0,5 \div 1\%$) азотнокислой или хлористой соли. Во многих случаях добавление второго вспомогательного фосфорогена-усилителя улучшает устойчивость и яркость фосфоресценции, и как таковые применяются редкие металлы: рубидий, торий, тантал, таллий и др. Усилитель вводится в одинаковом или несколько большем количестве с основным фосфорогеном. Наиболее интересные рецепты для приготовления светящихся составов с основанием из сульфидов щелочноземельных металлов приведены ниже в таблицах.

Свечение фиолетового цвета (t° прокалики 750—800°).

CaO, г	100	100	100
S, г	30	31	80
Крахмал, г	10	10,5	—
Сажа, г	—	—	2
Na ₂ S, г	2,5	—	—
Na ₂ SO ₄ , г	—	5,3	—
K ₂ S, г	2,5	—	—
K ₂ SO ₄ , г	—	5,3	—
Li ₂ CO ₃ , г	—	10,5	4
(NH ₄) ₂ S, см ³	—	—	10
0,5%-ный раствор Bi(NO ₃) ₃ , см ³	5	8	10
0,5%-ный раствор RbNO ₃ , см ³	—	4	—
0,5%-ный раствор AuCl ₃ , см ³	—	—	10

Свечение синего и голубого цвета (t° прокалики 800—900°).

CaO, г	50	70	50
SrCO ₃ , г	—	—	50
Ba(OH) ₂ , г	50	—	—
Sr(OH) ₂ , г	—	30	—
S, г	15	22	15
Крахмал, г	5	8	5
Na ₂ SO ₄ , г	2,5	3,5	2,5
K ₂ SO ₄ , г	2,5	3,5	2,5
Li ₂ CO ₃ , г	5	7	5
0,5%-ный раствор Bi(NO ₃) ₃ , см ³	5	7,5	5
0,5%-ный раствор RbNO ₃ , см ³	10	—	5
0,5%-ный раствор TiNO ₃ , см ³	—	7,5	—

Свечение зеленого цвета (t° прокалики 900—1000°).

CaO, г	25	—	50
SrCO ₃ , г	—	—	50
Ca(NO ₃) ₂ , г	25	—	—
MgO, г	—	30	—
SrO, г	50	—	—
Sr(OH) ₂ , г	—	70	—
S, г	15	20	15
Крахмал, г	5	6	5
Li ₂ CO ₃ , г	5	6	2,5
Na ₂ SO ₄ , г	2,5	3	2,5
K ₂ SO ₄ , г	2,5	3	2,5
0,5%-ный раствор Bi(NO ₃) ₃ , см ³	2	6	5
0,5%-ный раствор Ta(NO ₃) ₅ , см ³	2	—	—
0,5%-ный раствор RbNO ₃ , см ³	—	3	10

Свечение желтого цвета (t° прокалики 900—1100°).

SrCO ₃ , г	100	—	100
BaCO ₃ , г	—	100	—
S, г	40	25	40
Крахмал, г	5	5	5
Li ₂ PO ₄ , г	—	2	—
Na ₂ CO ₃ , г	2	—	—
NaF, г	—	—	1
NaCl, г	0,5	—	—
Na ₂ SO ₄ , г	—	—	2,5
MnSO ₄ , г	0,2	—	—
0,5%-ный раствор CuCl ₂ , см ³	—	8	—
0,5%-ный раствор Pb(NO ₃) ₂ , см ³	—	—	10

Свечение оранжево-красное (t° прокалики 1000—1100°).

BaCO ₃ , г	100	100	100
S, г	25	25	25
Крахмал, г	5	5	5
K ₂ SO ₄ , г	—	2	2
Li ₂ PO ₄ , г	2	—	2
Na ₂ SO ₄ , г	—	2	—
Na ₂ VO ₇ , г	2,5	—	2
0,5%-ный раствор Cu(NO ₃) ₂ , см ³	7,5	7	5
0,5%-ный раствор RbNO ₃ , см ³	7,5	7	—
0,5%-ный раствор Pb(NO ₃) ₂ , см ³	—	—	5

Техника приготовления С. с. по вышеуказанным рецептам м. б. в основном сведена к следующему двум способам: а) тщательно очищенные от следов каких-либо примесей все основные сухие компоненты измельчают в порошок, перемешивают в фарфоровой чашке, увлажняют спиртом или сернистым аммонием, затем вливают раствор фосфорогена, тщательно размешивают, высушивают при умеренной t° в закрытом шкафу с фарфоровой облицовкой, после чего размалывают в шаровой фарфоровой мельнице; б) отдельно смешивают плавни с серой, добавляют раствор фосфорогена, высушивают в шкафу и измельчают в мельнице или в ступке. К основным веществам добавляют полученную смесь и восстановитель, увлажняют дистиллированной водой и при легком подогревании тщательно перемешивают. Вновь сушат и измельчают в порошок в шаровой мельнице. Приготовленную смесь плотно насыпают в тигль, сверху добавляют немного серы; закрывают крышкой и прокаливают $\frac{3}{4} - 1\frac{1}{2}$ ч.; после прокалики тигль быстро охлаждают на воздухе с закрытой крышкой. Охлажденную массу вынимают из тигля, очищают в темной комнате при ультрафиолетовом освещении (через черный никелевый светофильтр) от шлаков, ватем раздробляют и измельчают в порошок. Т. к. у нек-рых С. с. сила свечения при сильном измельчении (вследствие разрушения кристаллич. решетки) падает, то крупность порошка для каждого состава определяется опытным путем.

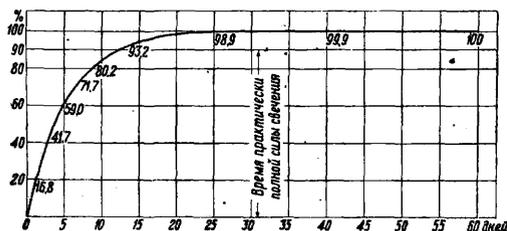
Приготовление С. с. из сульфидов и цинка. На яркость свечения С. с. из сульфида цинка сильно влияет чистота исходных материалов, особенно самого сульфида, приготовление к-рого должно вестись исключительно тщательно. Исходным материалом служит металл. химически чистый цинк, к-рый растворяют в соляной или серной к-те. Во время происходящей реакции большая часть тяжелых металлов остается в виде черного осадка. Затем осаждают сероводородом остатки тяжелых металлов, фильтруют, кипятят для удаления сероводорода, окисляют бромом или перекисью водорода и добавляют в избытке аммиак для осадения железа. После фильтрования добавляют к-ты для получения двойной цинково-

аммониевой соли, из к-рой осаждают сульфид. Полученный сульфид тонко растирают вместе с серой и плавом (хлористый калий или натрий); фосфорогеном служит медь или марганец; первая вводится на 1 г сульфида в количестве 0,00025—0,0001 г, второй 0,0005—0,002 г; другие металлы дают более слабое свечение. С медью получается зеленое свечение, а с марганцем оранжево-желтое. Все цинковые составы очень чувствительны к α -лучам. Кроме того при марганце С. с. дает очень яркую оранжевую триболомлюминесценцию (см. *Люминесценция*). Высушенную массу помещают в пеллаурованный фарфоровый двойной тигль (лучше—внутренний кварцевый), т. к. в этом случае не получается неактивной корки. Т. к. сернистый цинк диморфен и его двумя кристаллич. формами являются цинковая обманка (сфалерит), кристаллизующаяся в кубич. системе, и вурцит, кристаллизующийся в гексагональной системе, то при прокаливании при низкой t° (до 1 000 $^\circ$) получается цинковая обманка, а при t° выше 1 020 $^\circ$ —вурцит, при переходной t° —смесь обеих форм. Фосфоресценция вурцита лучше. Примесь серпистого кадмия, к-рый кристаллизуется только в гексагональной системе (требуют), заставляет принять ту же форму и сульфид цинка, но в этом случае цвет свечения—от желтого до оранжевого. Кадмий оказывает влияние при наличии его 2—25%. Прокаливание готовой смеси ведут в муфельной печи, поднимая постепенно t° 1 $\frac{1}{2}$ ч. до 1 000—1 100 $^\circ$. После быстрого охлаждения на воздухе состав очищается при ультрафиолетовом свете от неактивных частей. Массу кладут в горячую воду, отчего она распадается в мелкий порошок. Практически интересные рецепты:

ZnS, г	100	100	100	100
NaCl, г	7	3	5	3
KCl, г	7	—	—	—
MgF ₂ , г	—	3	—	—
NH ₄ Cl, г	2,8	—	—	—
S, г	14	5	5	5
0,1%-ный раствор CuCl ₂ , см ³	15	5	15	—
1,0%-ный раствор MnCl ₂ , см ³	—	—	—	30

	Желто-зел.	Желт.	Оранжев.	Оранжев.-красн.
ZnS, г	100	100	100	100
CdS, г	5	10	20	25
NaCl, г	5	5	5	5
0,1%-ный раствор CuCl ₂ , см ³	15	15	15	15

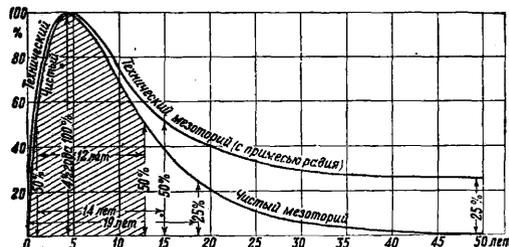
С. с. постоянного действия получают из сульфида цинка путем добавления радиоактивного вещества, для чего состав промывается горячей водой; в отмытый еще влажный состав добавляют нужное количество раствора радиоактивного препарата и высушивают на водяной бане. Из всех радиоактивных веществ практич. применение для активации составов имеют радий, мезоторий и радиоторий как дающие достаточное количество α -лучей; вызывающих свечение. При активации радием свечение начинается немедленно после приготовления состава и достигает практич. максимума



Фиг. 2.

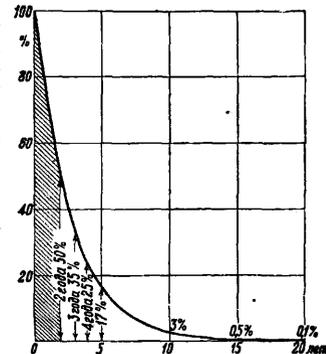
через 30 дн. в соответствии с увеличением α -активности от образующейся эманации (α -излучение самого радия составляет ок. 20% от общего α -излучения); на фиг. 2 изображено нарастание силы свечения от α -активности эманации. Так как жизнь состава определяется не только жизнью радиоактивного вещества, половинное время к-рой у радия 1 750 лет, а также и сопротивлением С. с. разрушающему действию лучей, к-рое в зависимости от количества введенного радия измеряется несколькими года-

ми, то энергия радия не используется полностью. Поэтому более целесообразно и выгодно заменять радий более дешевым мезоторием, к-рый сам излучает только β - и γ -лучи, но продукт его распада—радиоторий—дает α -лучи. Светящаяся краска, активированная чистым мезоторием, сначала почти не светится, если в нем нет примеси радия, но по мере образования радиотория, к-рое достигает максимума через 4 $\frac{1}{2}$ г., свечение соответственно увеличивается, что изображено на фиг. 3. Радиоторий м. б. отделен от



Фиг. 3.

мезотория и использован для активации, но его α -активность все время падает, а соответственно и свечение состава, уменьшаясь через 2 г. до 50%, поэтому он мало пригоден для С. с., предназначенных для ответственных приборов, и применяется для замены постоянного радиоактивного состава в виду своей дешевизны. Падение силы свечения радиоториевого состава показано на фиг. 4. Для активации на 1 г сульфида цинка вводится 0,05—0,20 мг радия, в зависимости от требующейся силы свечения. При введении больших количеств состав быстро разрушается. Мезоторий вводят в том же количестве (на 1 мг эквивалент радия). С. с. постоянного действия наносят на приборы в смеси с прозрачными лаками, не содержащими свободных кислот.



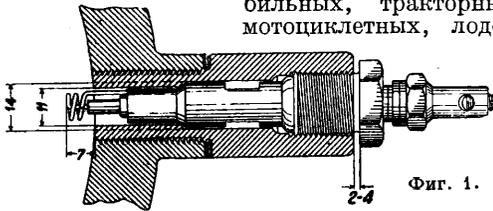
Фиг. 4.

С. с. из цинксилката—яркие фосфоры, легко возбуждающиеся от коротких лучей. Приготавливают их двумя методами—сплавлением и оплавлением. По первому способу смесь из фтористого цинка, полученного из сульфата путем воздействия фтористого аммония с введением как фосфорогена марганца (из расчета 0,0001—0,1 на 1 ч. силиката), смешивают с порошкообразным горным хрусталем в неглазурованном тигле и прокаливают в течение часа при 950 $^\circ$. По второму способу прессуют из смеси окиси цинка и горного хрусталя столбики, к-рые оплавляют на газово-кислородном пламени. Цвет свечения зависит от быстроты охлаждения и м. б. оранжевый, желтый и зеленый, первый—при быстром, последний—при очень медленном охлаждении. Б о р н о к и с л ы е С. с. состоят из б. или м. обезвоженной борной к-ты в виде основания и примеси органич. веществ как фосфорогена. Для приготовления очищают борную к-ту кипячением с азотной к-той от органич. примесей и после перекристаллизации

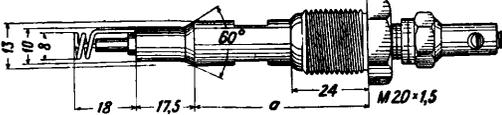
смешивают в ступке с нужным количеством фосфорогена, а затем осторожно прокалывают в платиновой чашке, пока периодически охлаждаемый состав не покажет яркого свечения. В качестве фосфорогена применяются: фенантрен (1 : 100) дает зеленое свечение, ангидрид фталевой к-ты (1 : 500) — голубовато-фиолетовое свечение, натрийфлуоресцеин (1 : 3 000) — голубовато-зеленое свечение и др.

Лит.: Богоявленский Л., Светящиеся составы постоянного действия, П., 1919; Иванов В., Светящиеся краски, П., 1917; Жиров Н., Об изготовлении фосфоресцирующих веществ, «Журнал прикладной химии», Л., 1929—30, т. 2, 3, вып. 1—5; Leonard P., Schmidt P., u. Tomaschek R., Phosphoreszenz u. Fluoreszenz, Handb. d. Experimentalphysik, hrsg. v. W. Wien u. F. Harms, B. 23, T. 1—2, Lpz., 1928; Berndt G., Radioaktive Leuchtfarben, Brschw., 1920; Rhode B., Die technische Herstellung phosphoreszierender Substanzen, «Ch.-Ztg.», 1930, 39, p. 369; Guntz A., Etude sur les sulfures de zinc phosphorescents, «Annales de Chimie», P., 1926, t. 5, 6; Fox J., «The Chemical Trade Journal of a Chemical Engineer», L., 1928, November; Waino L., Leuchtfarben, Ullm. Enz., 2 Aufl., B. 7; Marckwald W., Radioaktivität, ibid., B. 9, 1 Aufl.; Tomaschek R., Über den Phosphoreszenzvorgang, «Sitzungsberichte d. Gesellschaft zur Beförderung d. gesamten Naturwissenschaften zu Marburg», B., 1929, V. 63, H. 4. А. Кучеровский.

СВЕЧИ ЗАЖИГАТЕЛЬНЫЕ (электрические), приборы, служащие для воспламенения горючей смеси в цилиндрах двигателей внутреннего сгорания (авиационных, автомобильных, тракторных, мотоциклетных, лодоч-



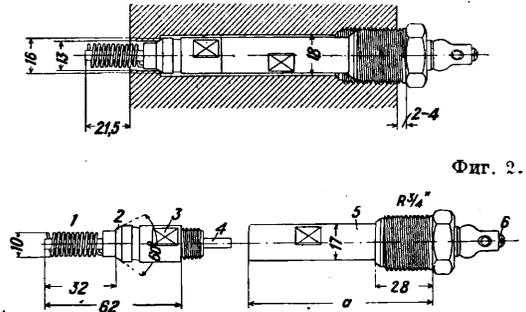
Фиг. 1.



ных и т. д.). Различают 2 основных вида С. з.: калильные и искровые. Зажигательное действие калильных С. з. основано на соприкосновении накаленной части С. з. с горючей смесью. Вследствие соприкосновения частицы горючей смеси, нагреваясь до t° вспышки, воспламеняются, и зажженная так обр. небольшая часть горючей смеси производит зажигание в виде взрыва остальной ее части. В калильных С. з. накаливающим телом служит металлич. проволока в виде спирали; накаливание этой спирали производится посредством электрич. тока. Другим видом источника тепла, могущего производить нагрев горючей смеси до t° воспламенения и зажигать смесь, является искра. Искровая С. з. представляет собою особый вид электрич. разрядника; прикладывая источник высокого напряжения к электродам разрядника, можно получить между ними искру и ею воспламенить горючую смесь, если этот разрядник поместить в камере сгорания. Калильные С. з. применяют гл. обр. для пуска в ход двигателей, работающих на тяжелом (черном) топливе. Искровые С. з. в настоящее время являются основным зажигательным прибором для всех двигателей внутреннего сгорания, работающих на карбюрированном топливе.

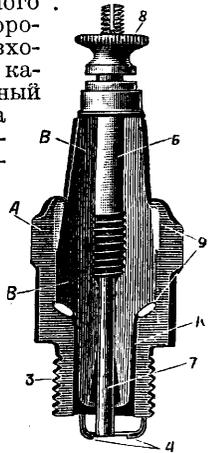
Устройство калильных С. з. Калильная С. з. (фиг. 1) состоит из штифтообразного корпуса, имеющего с одной стороны резьбу и шестигранную головку внутреннего контак-

ного стержня, изолированного от корпуса свечи, контактной головки и спирали, один коней к-рой соединяется с корпусом С. з., а другой с центральным контактным-стержнем. Спираль под действием электрич. тока и горящих газов подвергается сильному нагреву; поэтому во избежание перегорания спираль должна изготовляться из металлов или сплавов, стойких в отношении влияния высоких t° и разрушительного действия газовой коррозии. В качестве



Фиг. 2.

металла для калильной спирали применяют чистый никель, в ответственных же случаях — платину. Калильную С. з. ввертывают в стенку головки цилиндра двигателя. Если стенка цилиндра тонкая, то гнездо для калильной С. з. удлиняется посредством втулки, ввертываемой в стенку цилиндра (фиг. 1). Подвод тока к спирали производится посредством кабеля; кабельный наконечник прикрепляется к головке С. з. при помощи винта; обратным проводником для тока служат корпус С. з. и масса двигателя. На фиг. 2 изображены калильные С. з. штепсельного типа; они состоят из двух частей: штепсельного держателя 5 и калильного штепселя 3. Первая часть калильной С. з. выполнена в виде стальной полой трубки; наружная часть этой трубки с одного края несколько уширена и снабжена резьбой и шестигранником. В полость трубки вставлен изолированный стержень; он имеет с одной стороны головку с шурупом 6 для присоединения кабельного наконечника, а с другой стороны — гнездо, в к-рое должен входить контактный штифт 4 калильн. штепселя 3. Калильный штепсель состоит из корпуса с конич. выточкой 2, проволоочной спирали 1, к-рая одним концом соединяется с корпусом, а другим с контактным штифтом 4. Корпус штепселя ввертывается в штепселедержатель 5. Для удобства ввертывания калильного штепселя в держатель на корпусе штепселя в теле держателя сделаны прямоугольные запылы. В собранном виде калильная С. з. ввертывается в стенку цилиндра двигателя внутреннего сгорания.

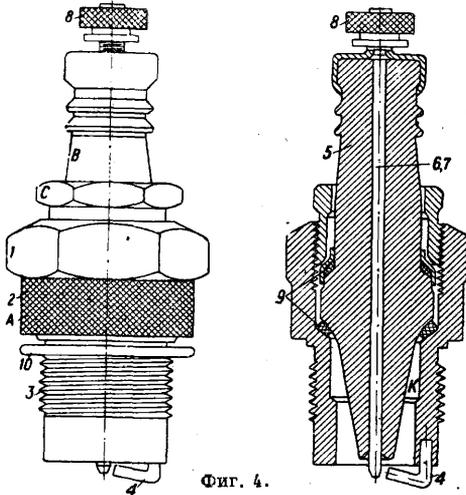


Фиг. 3.

Герметичность достигается путем плотного соприкосновения конич. выточки корпуса штепселя с конич. выточкой в гнезде для С. з. в стенке цилиндра. Питание калильной С. з. осуществляется от аккумуляторной батареи напряжением в 2 или 10—12 В. Потребляемая мощность калильной С. з. составляет 30—200 W. Вес зажи-

гательной свечи колеблется в зависимости от ее размера от 0,1 до 0,35 кг.

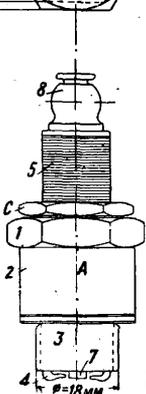
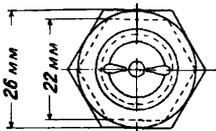
Искровые С. з. Для двигателей внутреннего сгорания, работающих на карбюрированном топливе, применяют исключительно искровые С. з. По своему устройству искровые



Фиг. 4.

С. з. бывают разборные и неразборные. Первые м. б. разобрать без разрушения материала и без нарушения каких-либо постоянных соединений. В этих С. з. внутренняя часть (изолированный центральный электрод) вынимается из корпуса путем отвертывания нипеля, гайки и т. д. В неразборных С. з. внутренняя часть ее (сердечник) закреплен в корпусе наглухо. На фиг. 3—7 приведены чертежи, на основании которых можно получить представление о деталях устройства С. з. На этих фигурах: А—корпус свечи; 1—шестигранник; 2—цоколь; 3—вертная часть; 4—электрод массы; Б—сердечник; 5—изолятор; 6—центральный стержень; 7—центральный электрод; 8—контактная головка свечи; С—нипель; В—уплотнительные кольца шайбы; 9—внутренние; 10—наружное; К—камера свечи.

Корпус С. з. снабжается шестигранником; цоколь корпуса делается цилиндрической формы; в некоторых конструкциях зажига-



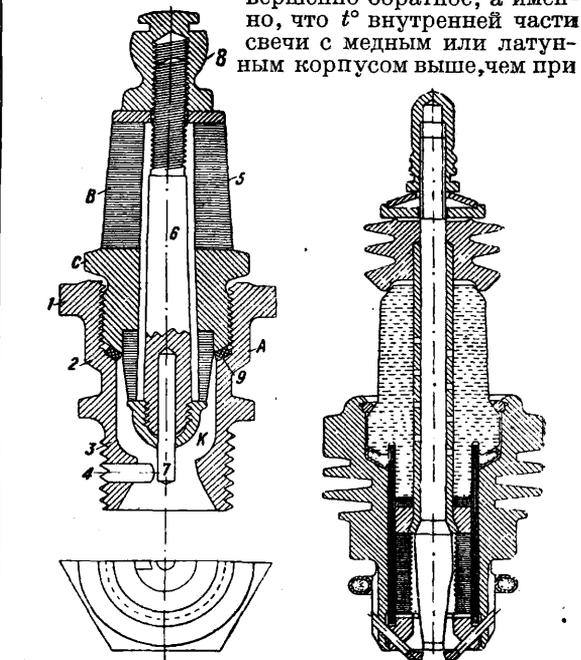
Фиг. 5.

тельных конструкциях зажига-

тельных конструкциях зажига- тельных свечей делают и шестигранник для усиления охлаждения делаются с ребрами. Корпус С. з. имеет внизу резьбу; вертной частью С. з. входит в гнездо цилиндра двигателя. Нормальные размеры диам. резьбы вертной части корпуса С. з. 18 мм и $\frac{7}{8}$,

высота вертной части обычно бывает 12—15 мм. В нек-рых С. з., применяемых гл. обр. для двигателей с небольшой степенью сжатия, вертная часть имеет цилиндрич. удлинение (юбку, см. фиг. 4). Цоколь корпуса в большинстве случаев бывает цилиндрич. формы; для лучшего охлаждения С. з. он также снабжается ребрами или делается рифленным. Высота цоколя нормально 12—15 мм; если же в стенках цилиндра гнезда для ввертывания С. з. утолщены, то высоту цоколя приходится брать большей, до 25 мм. Материалом для корпуса С. з. служит гартованное железо или сталь; кроме того для приготвления корпуса употребляется латунь и медь. Ранее меди и латуни часто отдавалось предпочтение перед сталью в качестве материала для корпуса С. з.; это мотивировалось тем, что при применении меди и латуни, обладающих большей теплопроводностью; можно достигнуть лучше- го охлаждения С. з. Результаты же опытов, приведенных за последние годы, показывают совершенно обратное, а именно, что t° внутренней части свечи с медным или латунным корпусом выше, чем при

стальном. Это явление объясняется тем, что при отводе тепла на пути из более теплопроводного материала получается меньший перепад t° ; т. о. при одной и той же разности t° внутренней части свечи и гнезда для свечи в стенке цилиндра оставшая часть падения t° приходится на изолятор. На основании этого для корпуса свечи более предпочтительно применять не медь и латунь, а сталь. К материалам, идущим на приготовление корпусов, ставится требование в отношении механической прочности. Материал должен иметь твердость по Бринелю 125—250. Наружная поверхность корпуса, если таковой выполнен из стали, д. б. защищена от окисления путем паркеризации, оксидирования, хромирования и т. п.

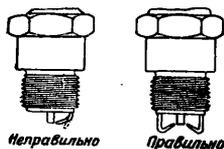


Фиг. 6.

Фиг. 7.

Сердечник С. з., состоящий из изолятора и центрального стержня с электродом, является наиболее ответственной частью. От термич. механич. свойств и электрич. прочности этой детали зависит надежность действия С. з.

Формы устройства сердечника и способы крепления его в корпусе С. з. весьма разнообразны; наиболее удачные из них представляются на фиг. 3, 4, 6, 7 и 8. В качестве изолирующих материалов применяют: слюду, перлитовые вещества (стеатит, кианит, силлиманит и т. п.), кварц и сплавленные особым образом окислы алюминия. Поэтому в отношении изоляции С. з. могут быть разбиты на две группы: слюдяные и неслюдяные. В некоторых конструкциях С. з. применяют и комбинированный



Фиг. 8.

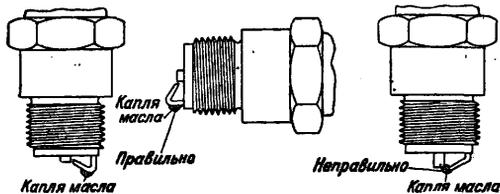
способ изоляции (слюда, керамиковые материалы). Для наружной изоляции и внешней защиты применяют иногда и пластич. массы. Слюдяные С. з. употребляют гл. обр. для авиационных двигателей; они более надежны в термич., электр. и механич. отношениях, но стоимость их дороже и срок службы меньше по сравнению со С. з. с другой изоляцией. В слюдяных С. з. на изоляцию центрального стержня идет мусковит, остальная часть изолятора сердечника выполняется из шайб мусковита и флогопита. Исследования Гос. исследовательского керамич. ин-та привели к выводам, что довольно подходящим керамиковым материалом для изоляторов автотракторных С. з., могущим быть полученным из материального сырья в СССР, является глиноземисто-тальковая масса (типа стеатитовой, с уральским тальком). Обычный электротехнич. фарфор не пригоден в качестве свечного изолятора, т. к. при нагреве он теряет свои изоляционные свойства и кроме того неустойчив при резких изменениях t° , действию к-рых подвергается при своей нормальной работе С. з. Кварц широкого применения для изоляции С. з. не получил. В 1931 г. был предложен в Германии фирмой Сименс и Гальске для изготовления свечных изоляторов новый материал — плотная масса из кристаллов чистого окисла алюминия. Эта масса обладает большой термич. и механич. устойчивостью и высокими изоляционными свойствами, почти неизменяющимися при высоких t° . Теплопроводность этих масс примерно в 20 раз больше, чем у керамиковых материалов. При применении этого материала, обладающего большой теплопроводностью, имеется возможность создать изолятор с удлиненной нижней частью, благодаря чему путь для утечки тока, получающийся при осаждении на изоляторе нагара, увеличивается, и надежность действия С. з. возрастает.

К изоляторам из керамиковой и др. масс ставят след. требования: 1) изолятор д. б. плотным, однородным и свободным от пустот, борозд, вкрапленных посторонних тел и прочих дефектов. Поверхность излома д. б. гладкой и пористой; 2) наружная поверхность изолятора, за исключением частей, подлежащих соприкосновению с уплотнительными кольцами, д. б. покрыта равномерно плотным, твердым, непрерывным слоем глазури. Кромки изолятора, на к-рые изоляторы опираются во время обжига, д. б. на частях, не подвергающихся глазуровке. Глазурь не должна подвергаться изменениям при $t^\circ 800^\circ$; 3) в механич. отношении изолятор д. б. достаточно прочным; после трехкратного бросания с высоты 5 м на бетонный пол в любом положении, но без сообщения начальной скорости, изолятор не должен иметь никаких внешних повреждений, трещин и должен со-

хранять свою электр. прочность. Изолятор в своей нижней части должен также выдерживать, не ломаясь, удар при падении бабки весом в 300 г с высоты 100 см; 4) изолятор д. б. устойчив в термич. отношении; он должен свободно выдерживать нагрев до 400° и быстрое охлаждение в воде (объем воды не менее 10 л) в 20° . Проверка отсутствия нарушения целостности изолятора производится путем испытания напряжением переменного тока в 12 000 V; 5) изолятор в холодном состоянии должен выдерживать испытательное напряжение в 30 kV. Продолжительность испытания — 3 минуты, частота — 50 пер/сек. При испытании на пробой изолятор погружают в сосуд с трансформаторным маслом; 6) эффективное темп-рное число д. б. не ниже 650° для изоляторов авиационных свечей и не ниже 500° для изоляторов автосвечей (эффективным темп-рным числом называется число градусов по С, при к-ром объемное сопротивление на 1 см³ изолятора при нагреве становится равным 1 MΩ). Размеры изоляционной части сердечника свечи устанавливаются по соображениям электр. прочности и условиям необходимости получения определенных тепловых свойств. Верхняя часть изолятора, т. н. головка, должна иметь длину, при к-рой была бы обеспечена невозможность образования разрядов от контактной головки на корпус, когда свеча находится под напряжением. Это требование особенно важно для изоляторов авиационных С. з., которые могут находиться на значительных высотах, где вследствие понижения давления атмосферной среды образование поверхностных разрядов и перекрытий облегчается. Нижняя часть изолятора должна иметь такую длину и форму, при к-рой путь утечки тока по поверхности обладал бы большим сопротивлением. Кроме того нижняя часть изолятора (ножка изолятора) и весь сердечник в целом д. б. рассчитаны так, чтобы, с одной стороны, ножка при работе двигателя достигала бы t° т. н. с а м о о ч и щ е н и я от нагара и копоти (т. е. такой t° , при к-рой осаждающиеся частицы копоти и масла сгорали бы немедленно), с другой стороны, ножка изолятора не должна сильно перегреваться, с тем, чтобы не могла давать калийного зажигания. Согласование этих требований возможно лишь в известных пределах. В зависимости от скорости вращения, охлаждения и конструкции двигателя, степени сжатия, рода применяемого топлива, места расположения С. з. в головке цилиндра двигателя, количество тепла, сообщаемое С. з., получается различное. В зависимости от условий, в к-рых находится С. з., нижняя часть изолятора делается длинной или короткой. При уменьшении длины ножки изолятора происходит меньший нагрев и лучший отвод тепла; при удлинении ножки и увеличении поверхности ее, соприкасающейся с горячими газами, нагрев увеличивается. Поэтому для двигателей, имеющих небольшую степень сжатия, ножка изолятора д. б. удлиненной, а для двигателей с высотой средней t° — укороченной.

Стержень сердечника закрепляют в изоляторе тройным образом: 1) путем затяжки в верхней части посредством гаек или контактной головкой, для чего верхняя часть стержня снабжается резьбой (фиг. 5—7), 2) посредством ввертывания во внутреннюю часть тела изолятора (фиг. 3) и 3) при помощи простой посадки в центральное отверстие изолятора на связующей массе (фиг. 4). Для достижения газонепроницае-

мости стержень при закреплении в керамиковом изоляторе изготавливается специальной связующей массой. Конструкция всего сердечника д. б. такой, при к-рой вследствие линейных изменений отдельных составных частей от действия перемены t° не могли бы возникнуть опасные механич. напряжения и происходить нарушения газонепроницаемости. Если стержень закрепляется в изоляторе путем затяжек, то механич. прочность стержня д. б. достаточной, для того чтобы выдерживать растяжения при нагреве (обычно опасным местом является сечение около нижней головки стержня). В случаях, когда стержень ввертывается в тело изолятора или просто вставляется в центральное отверстие его, радиальные размеры стержня д. б. по возможности меньше. Материалом для центральных стержней служат сталь, гартванное железо и никель; последний применяется тогда, когда электрод и стержень представляют одно целое. Сердечник закрепляется в корпусе посредством нипелей или путем запрессовки; в последнем случае корпус свечи снабжается буртиком, к-рый при посадке сердечника загибается внутрь. Для обеспечения плотности соединения и газонепроницаемости между телом изолятора и внутренней поверхностью корпуса под нипель прокладывают уплотнительные медные или медно-асбестовые кольца. В свечах неразборных с керамиковой изоляцией применяют такие специальные компенсирующие кольца из алюминия, меди, посредством к-рых достигается эластичность всего соединения (фиг. 3). В нек-рых случаях посадку сердечника в корпусе производят при местном нагреве корпуса свечи; с этой целью в цоколе свечи делается заточка, вследствие которой получается уменьшение поперечного сечения на небольшом расстоянии по высоте корпуса. Во время посадки изолятора корпус свечи зажимается между двумя электродами, соединенными с низковольтным трансформатором, и при прохождении тока в месте суженного сечения цоколя

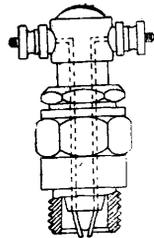


Фиг. 9.

происходит от действия тока высокий нагрев (до светлокрасного цвета) и удлинение всего корпуса по высоте. Посаженный т. о. изолятор после охлаждения корпуса плотно прижимается к телу корпуса в осевом направлении.

Электроды С. з. имеют довольно разнообразное устройство. Типичные конструкции центральных и боковых электродов свечей представлены на фиг. 3, 4, 6, 7, 8 и 9; электроды прикрепляются к центральному стержню и корпусу свечи путем электрической сварки и посредством запрессовки. Это крепление д. б. весьма надежным, чтобы не м. б. расшатывания и выпадения от действия темп-рных деформаций или вибраций. В некоторых случаях центральный стержень и электрод составляют одно целое (фиг. 4), а в качестве электрода массы используется корпус свечи. Расстояние между электродами устанавливается 0,35—0,5 мм, а в С. з., предназначенных для работы на двигателях

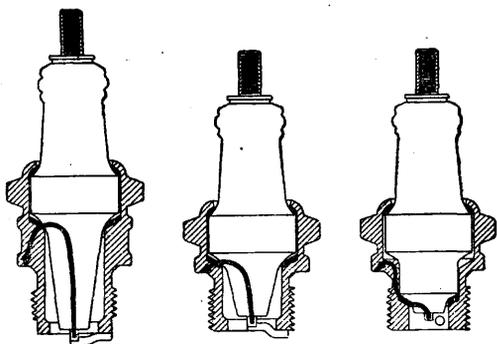
с малой степенью сжатия, — 0,8 мм. Форма электродов д. б. такой, чтобы под действием термич. деформаций расстояние между ними не изменялось и в междуэлектродном пространстве не м. б. скопления каплей масла. На фиг. 8—9 приведены примеры рациональной и неадекватной конструкции электродов свечи. Число боковых электродов колеблется от 1 до 4; при применении нескольких электродов нагорание контактов уменьшается, но зато увеличивается опасность образования токопроводящих мостиков между электродами. В нек-рых С. з. устраивают два изолированных от корпуса электрода (фиг. 10). Такие С. з. применяют в двойном зажигании, когда для этой цели используется один источник высокого напряжения, а искровые промежутки С. з. включаются последовательно. С. з. подобного типа большого распространения не получили. Т. к. электроды подвергаются обгоранию под действием искры, то конструкция их должна по возможности допускать регулировку зазора между электродами. Материалом для электродов служит никель с небольшой примесью марганца или чистый никель (99%); в некоторых ответственных случаях (например в авиационных свечах для продолжительных полетов) применяется платина. Для защиты электродов (центральных) от газовой коррозии (от окисления, соединения с углеродом и серой) применяется хромирование их. В С. з. для двигателей с небольшой степенью сжатия (автомобильных, тракторных) может применяться в качестве электродного материала алитированная (покрытая алюминием) железная проволока.



Фиг. 10.

Основные требования, к-рым должен удовлетворять С. з., для того чтобы обеспечить бесперебойную и надежную работу двигателя и легкий запуск последнего; являются следующие: 1) С. з. должна обладать определенными термич. свойствами (теплоемкостью и теплопроводностью), при к-рых происходило бы самогорание масла и копоти, появляющейся на внутренней изоляционной части С. з.; 2) С. з. не должна перегреваться до такой t° , при к-рой наступает нежелательное и опасное для работы двигателя явление самозажигания; 3) С. з. должна быть достаточно прочна в механич., термич. и электрич. отношениях; 4) С. з. должна быть термичной; 5) изнашивание электродов С. з. под действием искры д. б. незначительное. Кроме того электроды С. з. должны быть стойкими в отношении действия газовой коррозии; 6) С. з. должна быть экономичной в изготовлении и в эксплуатации. Кроме того к С. з. предъявляется еще ряд требований, как то: возможность регулировки зазора между электродами, удобство осмотра, чистка и т. д. Эти требования обосновываются тем, что С. з. во время своей работы находится в довольно тяжелых условиях. Действительно С. з., будучи ввернута в головку цилиндра двигателя, подвергается во время работы двигателя попеременно охлаждению и нагреву. В период всасывания внутренняя часть С. з. соприкасается с горючей смесью, имеющей t° ок. 60° ; в конце хода сжатия t° смеси достигает 300—400°; в момент вспышки и в начале рабочего хода газы достигают t° 2000—2500°, в конце рабочего хода — 1300—1500°.

Помимо этих термических влияний на С. з. последняя во время работы двигателя испытывает также и механические воздействия в виде ударов, т. е. при работе двигателя давление в цилиндре изменяется от 0,7 до 25—35 *atm*. Тепловые и механич. ударные воздействия совершаются с довольно большой частотой, доходящей в быстрходных двигателях до 50 в сек. Во время работы двигателя С. з. подвергается также и внешним сотрясениям, происходящим от вибрации корпуса самого двигателя; в роторных авиационных двигателях С. з. также находится под действием центробежных сил, превышающих в 500—600 раз вес С. з. Части С. з., находящиеся в соприкосновении с горячими газами, подвергаются также и химич. действию, к-рое может привести С. з. к разрушению. В случае негерметичности нагрева С. з. усиливается; это ведет к усилению разрушения, отказу в работе и появлению самозажигания. Неплотная посадка С. з. в гнезда цилиндра вызывает также перегрев С. з. и пригорание верхней части, вследствие чего вывертывание С. з. затрудняется и делается иногда почти невозможным. Во время работы двигателя на внутренние части С. з. осаждаются копоть, масло; это приводит к загрязнению, образованию путей для утечки тока и наконечник к откату в искробразовании. Устранение этих крайне нежелательных явлений достигается в С. з. тем, что

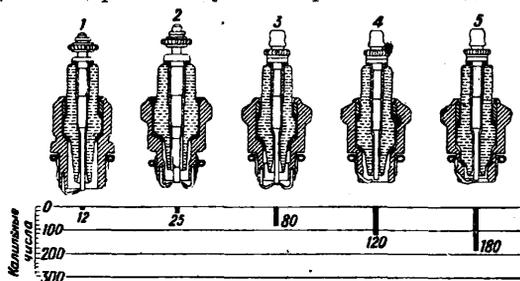


Фиг. 11.

нижняя часть сердечника должна нагреваться до t° , при к-рой происходит сгорание осаждающихся частиц копоти и масла, т. е. как бы самоочищение. С другой стороны, чрезмерный перегрев нижней части сердечника С. з. может повести к калильному зажиганию. Для того чтобы С. з. самоочищалась от копоти и масла и не вызывала калильного зажигания, необходимо, чтобы она обладала определенными тепловыми свойствами. Обычно тепловые свойства С. з. регулируются размерами нижней части сердечника С. з. Чем длиннее ножка изолятора, тем больше поверхность омывается горячими газами и тем больше сопротивление для отвода тепла, поэтому С. з. с длинной ножкой изолятора подвергается большему нагреву по сравнению со С. з., у к-рой размеры нижней части изолятора меньше. На фиг. 11 приведены рисунки трех типов С. з. с различными тепловыми свойствами; на той же фигуре указаны главные пути для отвода тепла.

Обычно тепловые свойства С. з. характеризуются так называемым калильным числом. Это число показывает, через сколько единиц времени при испытании на данном двигателе при строго определенном режиме наступает калильное зажигание. На фиг. 12 изо-

бражены С. з., расположенные в ряд по их тепловым качествам. Внизу этой фигуры представлена диаграмма калильных чисел этих С. з. Чем выше калильное число, тем выше t° , к-рую может выдерживать С. з., т. е. чем меньше она склонна к калильному зажиганию, тем более она подвержена загрязнению, поэтому для создания новой конструкции С. з. или выбора типа из существующих для какого-либо двигателя внутреннего сгорания необходимо знать детально режим и условия работы последнего.



Фиг. 12.

Для двигателей разных типов требуются и различные С. з. Внутренняя полость С. з., соприкасаясь с горячими газами, подвергается не только темп-рным и механич. воздействиям, но также и химическим (окислению, образованию углеродистых и сернистых соединений). Газовая коррозия весьма неприятно и даже разрушительно сказывается на С. з., поэтому некоторые части С. з., в особенности электроды, д. б. выполнены из материалов стойких в отношении химич. действия при высоких t° . Электроды С. з. подвергаются также разрушающему действию искр, и в этом случае приходится заботиться о подборе соответствующего материала для электродов. Для искробразования необходимо приложить к электродам С. з. довольно высокие напряжения, доходящих в некоторых случаях до 10—12 kV; поэтому во избежание пробоев и поверхностных разрядов к изоляции С. з. предъявляются высокие требования в отношении электр. прочности. Трудность удовлетворения этих требований усугубляется ограниченностью размеров самой С. з. и еще тем, что изолятор С. з. должен выдерживать это высокое напряжение в сильно нагретом состоянии (при t° ок. 600—700°). Все вышеуказанные обстоятельства ставят перед конструктором и производителем весьма трудную задачу по созданию С. з., удовлетворяющей требованиям при довольно тяжелых условиях работы.

Производство С. з. распадается на следующие основные операции. А) Изготовление изоляционной части: а) Из керамиковых масс: 1) Получение, грубая сортировка и контроль керамиковых земель. 2) Детальная сортировка земель, взвешивание и составление смеси. 3) Дробление и размол смеси до пылевидного состояния. 4) Очистка пылевидной смеси от примесей посторонних частей, в частности от железных, чугунных и стальных частиц (с помощью электромагнита). 5) Приготовление жидкой массы. 6) Получение пластич. массы из керамиковой смеси. 7) Прессовка массы в виде цилиндров диам. ок. 150 мм и длиной в 800 мм. 8) Изготовление стержней из массы диам. ок. 20—25 мм, длиной около 60 мм; выдавливание на прессах. 9) Сушка стержней. 10) Фасонная оболочка стержней, сверление внутреннего отверстия и нарезка резьбы внутри стержня (если

такая необходима). 11) Сушка изготовленных втулок. 12) Глазуровка поверхности втулок. 13) Обжиг изоляторных втулок. 14) Контроль втулок после обжига (проверка размеров и испытание на электрич. прочность). 15) Посадка центрального стержня или электрода в изолятор (на связующей массе). 16) Контроль газопроницаемости места посадки стержня в изоляторе. б) Из слюды: 1) Сортировка и расщепление слюды. 2) Штамповка слюдяных шайб. 3) Нарезка полос и контроль толщины пластин. 4) Сортировка отштампованных шайб. 5) Набор комплектов шайб. 6) Скручивание трубок из слюдяных пластин на центральном стержне. 7) Посадка комплекта шайб на центральный стержень со слюдяной трубки. 8) Протирка маслом (олифой с марганцевым сикативом). 9) Прессовка шайб на центральном стержне и затяжка верхней головки (под давлением 1—2 т). 10) Сушка слюдяного сердечника. 11) Обточка высушенного слюдяного сердечника и полировка его поверхности. Б) И з г о т о в л е н и е металлических частей. 1) Калибровка и правка шестигранной стали, идущей на изготовление корпусов и нипелей. 2) Обмотка, сверление корпусов и нарезка резьбы (на автоматах). 3) Обмотка, сверление нипелей, нарезка резьбы (на автоматах). 4) Маркировка корпусов путем накатки. 5) Выточка головок С. з. 6) Выточка внутреннего стержня из круглой стержневой стали и нарезка. 7) Нарезка центральных и боковых электродов из проволоки (никелевой, железной, алитированной и т. д.). 8) Отжиг электродов (никелевых). 9) Приварка или запрессовка электрода к центральному стержню. 10) Штамповка прокладочных колец и шайб. 11) Штамповка уплотнительных колец, закладка асбестового шнура. 12) Чернение и хромирование корпусов, нипелей для предохранения от ржавчины. 13) Приварка или присадка боковых электродов к корпусу. В) М о н т а ж. Г) И с п ы т а н и е С. з. состоит: а) В наружном осмотре и проверке размеров: 1) Свеча и ее детали должны по своему внешнему виду свидетельствовать об аккуратности выполнения. Резьба ввертной части не должна иметь разрывов и заусенцев. Небольшие риски допустимы. Наружная поверхность стальных деталей д. б. защищена от коррозии каким-либо надежным способом. 2) Электроды С. з. и все соединения д. б. надежно закреплены, чтобы не могло быть расшатывания и выпадения от действия температурных деформаций или вибраций во время работы мотора. Размеры С. з. должны соответствовать данным габаритного чертежа и таблицы допусков на резьбу ввертной части, рабочим чертежам деталей свечи с указанными в них производственными допусками, сборочным чертежам с указанными в них монтажными допусками. Проверка размеров и допусков производится соответствующими предельными калибрами. Резьба ввертной части проверяется предельными резьбовыми калибрами, выверенными по точным оптич. измерительным приборам Главной палаты мер и весов или заводской лаборатории. Искровой промежуток электродов проверяется щупами. б) В проверке герметичности. При испытании на герметичность свечу ввертывают или закрепляют иным способом в баллон, в котором устанавливается давление воздуха 20 атм манометрических. Наружную часть С. з. погружают в стеклянный сосуд с керосином или костяным маслом и в течение 1 мин. наблюдают—не выделяются ли

пузырьки через соединения в С. з. С. з. не должна давать пропуска воздуха через керосин или костяное масло при разности давлений на концах С. з. в 20 манометрич. атм. в) В контроле правильности искрообразования. Для проверки искрообразования С. з. ввертывают или закрепляют иным образом в сосуд, в котором устанавливают давление воздуха в 8 атм манометрических, и в течение 1 мин. С. з. питается током от магнето высокого напряжения при частоте не менее 15 искр в ск. Если более чем одна С. з. из пробы окажется неудовлетворительной, то вся партия возвращается заводу для пересортировки. С. з. при ее испытании в течение 1 мин. током от магнето высокого напряжения должна давать равномерное, без пропусков искрообразование под давлением воздуха в 8 атм манометрических. Искрение должно происходить только между электродами; электрич. разряды не должны иметь места ни внутри ни снаружи С. з. по ее поверхности. г) В проверке электрич. прочности. Для этого испытания наружная часть изолятора во избежание поверхностных разрядов погружается частично в масло, а нормальный разряд между электродами предотвращается каким-либо способом. Электроды же С. з. в течение 1 мин. питаются переменным синусоидальным током (50 пер/ск.) амплитудного значения в 12 000 V. Если более чем одна С. з. из пробы будет иметь пробой изоляции, то вся партия возвращается заводу для пересортировки. В качестве источника тока применяется трансформатор, питаемый синусоидальным током, причем вольтметр может подключаться к первичной или вторичной цепи трансформатора. С. з. при испытании ее в течение 1 мин. синусоидальным током напряжением 12 000 V амплитудного значения частотой 50 пер/ск. не должна давать пробоя изоляции сердечника. д) В проверке термич. устойчивости изолятора (не слюдяного). Для этого испытания изолятор помещают в печь, где нагревают до $t^{\circ} 500-600^{\circ}$ при последующем охлаждении воздухом или до $350-400^{\circ}$ при последующем охлаждении водой. После нагревания изолятор вынимается и охлаждается либо в струе воздуха со скоростью 15 м/сек при $t^{\circ} 15-20^{\circ}$ либо в воде при $t^{\circ} 20^{\circ}$. Когда изолятор примет t° охлаждающей среды, его вынимают и высушивают при $t^{\circ} 100^{\circ}$ (в случае охлаждения водой) и затем подвергают испытанию на пробой согласно п. «г» настоящего параграфа. Для слюдяных С. з. испытание термич. устойчивости изолятора не производится. е) В проверке надежности действия при работе на двигателе.

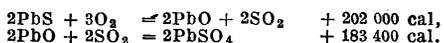
Лит.: Р а в и ч А. С. Электрич. оборудование автомобилей, М.—Л., 1934; Heidt P., Der Automobilbau, В. 3, Die elektrische Ausrüstung des Kraftwagens, В., 1923; Klaiber E. u. Lippart W., Zündung, Automobiltechnische Bibliothek, В. 13, Teil 1, В., 1928; Seiler E., Elektrische Zündung, Licht u. Anlasser der Kraftfahrzeuge, Halle a/S., 1926; Watson E. A., The Electrical Characteristics of Spark Gaps and Sparking Plugs, «The Automobile Engineer», L., 1928, v. 18, 240, April. В. Нулебакин.

СВИНЕЦ, Pb, тяжелый металл, химич. элемент IV группы периодич. системы, аналог олова; ат. в. 207,2, порядковый номер 82. Известны изотопы Pb с ат. в. 206, 207, 208 (209?) (подробнее см. *Изотопы, Периодический закон, Радиоактивность*). Металлич. С. синевато-серого цвета, образует кристаллы правильной (кубич.) системы с сильным металлическим блеском на свежем разрезе; он очень мягок (твердость по шкале Моса 1,5, по Бригелю 4), легко режется ножом и пишущ, оставляя серую черту; тягуч, но мало прочен на разрыв: предел проч-

ности $1,8 \text{ кг/мм}^2$, модуль упругости $0,16 \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2$. Твердость С. зависит от количества примесей (загрязнений), которыми могут являться Sb, Cu, Bi, Fe, Ag, Zn, Ni, Cd, As, Co, Mn и S; от этих примесей зависят также и другие свойства продажного С. Уд. в. металлич. С. 11,37; $t_{\text{пл.}} 327,4^\circ$; теплота плавления $6,2 \text{ cal/g}$; уд. в. жидкого С. 10,37—10,65; $t_{\text{кип.}} 1 525^\circ$; С. начинает заметно улетучиваться при $850\text{—}900^\circ$; в смеси с другими металлами (цинк, сурьма) летучесть его увеличивается и наблюдается при еще более низкой t° ; коэф. расширения (при 20°) $0,293 \cdot 10^{-4}$; С.—плохой проводник тепла и электричества; теплопроводность его (при 0°) $0,0837 \text{ cal}$; электропроводность (при 0°) $(4,91\text{—}5,18) \cdot 10^{-4} \text{ мо-см}$; t° -ный коэф-т сопротивления $(406\text{—}428) \cdot 10^{-5}$; магнитная восприимчивость $0,114 \cdot 10^{-6}$; свинец, погруженный в раствор азотнокислой соли $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, распадается в крупнокристаллическ. порошок; металлич. С., восстановленный цинком из раствора солей С., имеет вид ветвистой массы сросшихся кристаллов, носящей название «сатурнова дерева» (алхимики называли С. сатурном); явление сатурновадерева объясняется присутствием в С. загрязнений, к-рые растворяются скорее, чем С., причем вместе с ними в раствор переходит и часть С.

Химические свойства С. Под влиянием влажного воздуха С. окисляется с поверхности, образуя корку гидрата окиси свинца $\text{Pb}(\text{OH})_2$; расплавленный С. под действием воздуха переходит в глет PbO . Серная и соляная кислоты в холодном состоянии не действуют на С.; плавиковая кислота при нагревании сильно разъедает С. При t° белого каления С. разлагает воду; разбавленная серная кислота не действует на С.; крепкую H_2SO_4 он разлагает, выделяя SO_2 . Лучшим растворителем С. служит азотная кислота, к-рая переводит его в соль $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$; при доступе воздуха С. легко реагирует со многими даже слабыми к-тами; это особенно характерно для укусной к-ты: погруженная в нее свинцовая палочка не растворяется вовсе, но если погрузить только часть ее или обливать ее тонким слоем укусной к-ты, то С. легко образует с кислородом воздуха окись С. PbO , дающую с кислотой укусноокислый С. Значительное влияние твердых примесей на С.: мышьяк способствует его грануляции; висмут улучшает кристаллизацию. С. хорошо сплавляется с серебром, золотом, висмутом, оловом, мышьяком. Основным сырьем для получения С. служат сульфидные руды.

Металлургия С. Из главных соединений, с которыми приходится иметь дело в металлургии С., необходимо отметить: свинцовый блеск PbS (см. *Свинцовые руды и Полиметаллические руды*), глет PbO , серноокислый С. PbSO_4 и силикаты С. $\text{PbO} \cdot \text{SiO}_2$ (см. *Свинца соединения*). PbS плавится при $1 120^\circ$; он очень жидкоплавко; интенсивно летит при 950° ; окисление PbS начинается при $360\text{—}380^\circ$ по формуле:

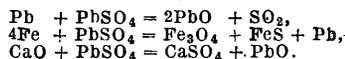


PbO и PbSO_4 являются десульфуризаторами для сернистого С. На реакциях между PbS , PbO и PbSO_4 основана реакционная плавка. При окислении PbS при низкой t° получается PbSO_4 , при более высокой— PbO . Сернистый С. разлагается известью и окисью бария в присутствии углерода. Твердый углерод разлагает PbS при $1 100^\circ$. С. вытесняется из сульфидов рядом других металлов: Zn, Sn, Fe, Ni, Cu, Mn.

На вытеснении его железом основана осадительная плавка по реакции:

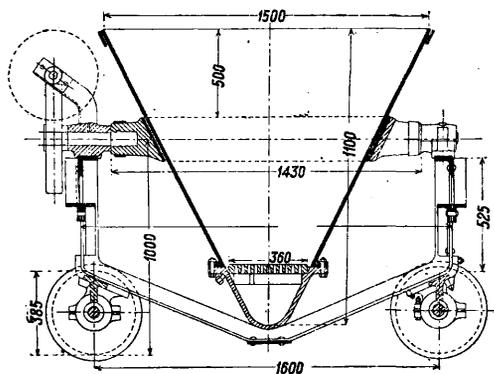


Основной железистый силикат легко разлагает сульфид С. Сернистый С. с сульфидами других металлов образует штейны. PbO плавится при 880° . Сильно летит при 952° . В соединении со многими, не плавящимися сами по себе окислами образует жидкоплавкие смеси. Восстановление окиси С. углеродом начинается при $400\text{—}500^\circ$, окисью углерода—при $160\text{—}185^\circ$. С. восстанавливается железом, мышьяком, сурьмой, оловом, висмутом, медью, цинком, железом. PbO легко растворяется в к-тах и щелочах. Сульфат свинца PbSO_4 плавится при $1 100^\circ$, при $t^\circ 900^\circ$ разлагается. Кремнезем разлагает PbSO_4 при $1 030^\circ$ с образованием силиката; окись железа разлагает PbSO_4 при 900° . При высокой t° протекают следующие реакции:



Восстановление сульфата С. углеродом начинается при 550° , окисью углерода—при 600° . Силикаты С. $x\text{PbO} \cdot y\text{SiO}_2$ легкоплавки, $t_{\text{пл.}}$ их тем ниже, чем выше содержание в них кремнезема; для восстановления С. из силикатов необходимо заменить PbO другим основанием.

Получение С. В настоящее время С. получается исключительно пирометаллургич. путем. Различают три способа: 1) агломерирующий обжиг с последующей восстановительной плавкой в шахтной печи, 2) обжиг и реакционная плавка в горнах и 3) осадительная плавка. По первому способу, наиболее распространенному, сульфидные руды переводятся при обжиге в окисленное состояние. Обжиг сопрово-



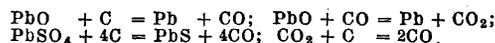
Фиг. 1.

ждается агломерированием руды для возможности плавки ее в шахтной печи. Обычно обжиг с агломерацией ведется в 2 приема. Свинцовую руду или концентраты подвергают предварительному обжигу во вращающихся одноподовых или многоподовых печах типа Веджа (см. *Веджа печи*). Обожженная руда, содержащая 8—10% серы, увлажненная до 10% влаги, подвергается окончательному агломерирующему обжигу либо во вращающихся котлах (конвертерах) конической формы с вдуванием воздуха (способ Huntington-Heberlein) (фиг. 1) либо на спекательных машинах Дуайт-Ллойда, в к-рых воздух просасывается через шихту. По первому способу шихта порциями загружается на решетку, под к-рую подводится воздух. Сернистые газы удаляются через отверстие в крышке конвертера. Длительность операции

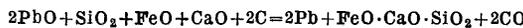
12—18 ч. Производительность конвертера 10—20 т. Серы в агломерате остается 3—4%. Спекание идет за счет тепла, получаемого от горения серы. Готовый агломерат вываливается наружу, разбивается на куски и подается на вагер-жакет. Недостатки способа спекания в котлах: прерывность процесса, большое количество (до 30% общего веса) остающейся неспекшейся массы и невозможность механизации загрузки шихты и разбивки агломерата. Эти недостатки устраняются при работе на непрерывно действующих спекательных машинах. Различают два рода спекательных машин, применяемых для агломерации свинцовых руд: круглая машина Шлипенбаха и ленточный аппарат Дуайт-Ллойда (см. *Спекание*). Круглая машина занимает много места и дает холодный агломерат. Отходящие газы, содержащие до 5% SO₂, поступают на сернокислотный завод. Ленточный аппарат Дуайт-Ллойда дает горячий продукт. Отходящие газы содержат небольшое количество SO₂ и их использование затруднительно. Все процессы при работе на спекательных машинах механизированы. Основные достоинства спекательных машин заключаются в непрерывности процесса и легкости обслуживания. Готовый материал получается тонкими слоями, что облегчает его разбивку. Вместо предварительного обжига в механич. печах с последующей агломерацией можно применить двойной агломерирующий обжиг на спекательных машинах Дуайт-Ллойда. При первом обжиге (быстрый ход машины) шихта десульфуризируется до содержания серы в 7—8%; получаемый агломерат измельчается, увлажняется и поступает на второе спекание. Необходимость двойного обжига объясняется тем обстоятельством, что при обжиге выделяется большое количество тепла, вследствие чего шихта преждевременно спекается, не успев полностью окислиться. По способу Савельсберга десульфуризация в котлах производится в один прием в присутствии известняка. Количество последнего колеблется от 15 до 20% от веса руды. Известняк играет роль уплотнителя. Кроме того он поглощает часть избыточного тепла. При наличии меди в руде при обжиге оставляют до 4% серы для получения при плавке свинцово-медного штейна. При отсутствии меди штейнообразование излишне, и тогда обжиг ведется намертво. При содержании в руде никеля, кобальта и мышьяка последний оставляется для образования при плавке арсенатов никеля и кобальта, к-рые в виде штейны отделяются от С. и штейна.

Плавка в веркблея. С. в агломерате находится в виде силиката, окиси, сульфата, сульфида и частью в металлич. состоянии. Железо связано в виде силикатов и ферритов; частично оно может остаться в виде сульфида. СаО встречается в виде силиката, сульфата или в свободном состоянии. Кроме того в агломерате содержатся глинозем, арсенаты, антимоанаты, небольшие количества соединений меди, висмута, никеля, кобальта, серебра, а иногда и золото. Из агломерата С. получается восстановительной плавкой. Восстановителями являются как твердый углерод, так и окись углерода. Плавка свинцового агломерата производится в шахтных печах (см. *Вагер-жакет*) в присутствии кокса и прибавлением железистых и известковых флюсов для получения жидкоплавких шлаков. Продуктами плавки являются веркблей, шпейза, шлак и штейн. В шахтной печи от колошника до фурм различают 4 зоны: в 1-й зо-

не, в верхней части печи с t° 100—300°, шихта просушивается. Во 2-й зоне, с t° 400—700°, начинается диссоциация сульфатов и карбонатов с одновременным восстановлением окислов и сульфатов углеродом и окисью углерода. При этом протекают следующие реакции:



Кроме того могут протекать реакции, характерные для реакционной и осадительной плавки. В 3-й зоне, с t° 900°, все предыдущие реакции протекают более интенсивно. Мышьяковистокислое железо связывает никель и кобальт, образуя шпейзу. Медь в виде Cu₂S соединяется с сульфидами других металлов (FeS, PbS, ZnS), образуя штейн. В 4-й зоне, или зоне плавления, предшествующие реакции закаливаются и протекает основная реакция шлакообразования:

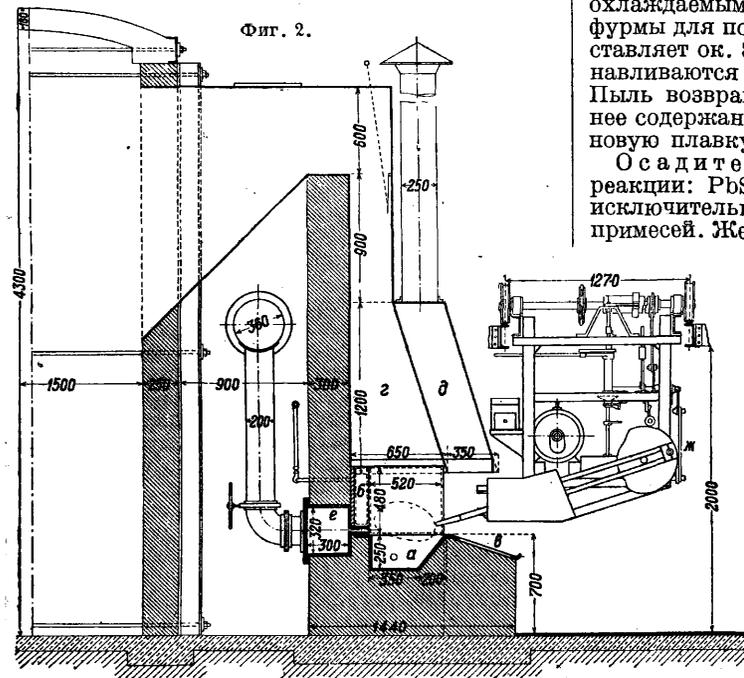


с получением металлического С. и шлаков.

Основным показателем хода процесса в шахтной печи являются шлаки. Шлак нормальной свинцовой плавки д. б. достаточно жидкоплавким и иметь уд. в. 3,4—3,6. Шлак должен легко отделяться от штейна и шпейзы. Шлаки свинцовой плавки состоят гл. обр. из железистых и известковых силикатов. Кислотный индекс колеблется между 1—1,5. Хотя шлаки (от монодоплеторосиликата) размягчаются при высокой t°, но зато плавятся сразу и достаточно жидкоплавки. Кроме закиси железа и окиси кальция шлаки также содержат и другие основания. На практике содержание СаО не должно превышать 12%. В виду того что окись цинка, которая всегда содержится в агломерате, при переходе в шлак делает последний вязким, содержание ZnO д. б. минимальным. На практике однако получают шлаки с содержанием до 20% окиси цинка. Шлаки с большим содержанием окиси цинка д. б. более железисты при снижении содержания кремнезема и окиси кальция. Шлаки д. б. гомогенны. Разность между уд. в. штейнов и шлаков д. б. не менее 1,5. Шлаки д. б. химически индифферентны. Кислые шлаки растворяют больше штейна, чем основные, железистые—больше известковых. Шлак должен быть так рассчитан, чтобы расход флюсов был минимальный. Шлаки д. б. жидкоплавки в интервале t° 1000 и 1200°. Отвалы шлаки должны содержать не более 1—2% С. и 0,001—0,002% Ag.

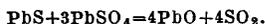
Для выплавки С. применяют шахтные печи прямоугольного или круглого сечения. Стенки печи делают из кессонов, охлаждаемых водой (см. *Вагер-жакет*). Воздух подается под давлением через фурмы, число к-рых зависит от типа печей. Дям. круглых печей не превышает 1½ м. Печи прямоугольного сечения, имеющие ширину в пределах, определяемых давлением дутья, м. б. в длину увеличены до желаемых размеров. Обычно ширина печи на уровне фурм колеблется от 1 до 1,25 м; длина печи—от 3,5 до 4,5, редко превышая 5 м. Расстояние от уровня фурм до колошника колеблется от 4 до 7 м; расстояние от фурм до пода горна составляет 0,5—1,0 м. Шахта лишь в нижней своей части составляется из кессонов. Верхняя часть шахты представляет собой кожух, выложенный огнеупорным кирпичом. Внутренний горн, выложенный из огнеупорного кирпича, помещается в железном кожухе. Выпуск С. производится через сифон Арендта по принципу двух сообщающихся сосудов. Расплавленные материалы

выпускаются периодически или непрерывно в *вангес* (см.)—передний горн, где происходит отстаивание. Шпейза, уд. в. к-рой равен 7, садится на дно, затем идут штейны с уд. в. ок. 5 и наконец шлаки. По мере накопления штейна, его выпускают из переднего горна. Шлаки стекают непрерывно. Шлаки и штейны часто гранулируются. Загрузка печи производится через колошник вручную или механич. путем. Колошник делается открытым. Плавку надо вести т. о., чтобы потери С. и серебра в шлаках через улетучивание были минимальными. Колошник д. б. холодным и его иногда охлаждают водой. Среднее содержание С. в шихте составляет 25—35%. Извлечение С. достигает 90—95%. В виду значительной летучести С. и его



соединений после спекательных машин и ватер-жакетных печей устанавливаются мешечные пылеуловители (бегхоузы или котрели).

Обжиг и реакционная плавка. Успехи флотационного обогащения, в результате которого получают богатые С. концентраты, сделали возможным получение С. способом реакционной плавки. В основном процесс состоит в обжиге свинцового блеска при t° 500—600° до получения необходимого количества PbO и $PbSO_4$ для обеспечения реакции: $PbS + 2PbO = 3Pb + SO_2$; $PbS + PbSO_4 = 2Pb + 2SO_2$. При избытке сульфата С. протекает реакция:



По этому способу можно перерабатывать руды, содержание не выше 3% кремнезема, во избежание образования свинцовых силикатов, обволакивающих частицы руды. Шихта должна все время находиться в тестообразном состоянии. Присутствие железа нежелательно, так как оно делает массу легкоплавкой. Сернистое железо, соединяясь с сернистым С., образует штейн. Соединения сурьмы также препятствуют нормальному ходу процесса. Известь, являясь уплотнителем, придает массе необходимый губчатый вид, однако известны не д. б. более

12%. В виду низкой t° процесса веркблей получается сравнительно чистым от примесей. По этому способу выход металл. С. составляет 65—70%. В шлаки переходит ок. 5% С. Унос пыли составляет ок. 25% от всего С. Шлаки, содержащие 40—50% С., поступают в шахтную печь. Плавка ведется в горной печи Ньюмана с механич. перегреванием (фиг. 2, где *a*—горн, *б*—кессоны, *в*—рабочая площадка, *г*—газоотвод в пылеуловитель, *д*—дополнительный колпак над плитой, *е*—фурменный ящик, *ж*—механич. лопата для перегревания). Печь представляет собой бассейн, наполненный жидким С. С передней открытой стороны печи происходит загрузка свежей шихты и выгрузка шлаков. Три другие стороны печи снабжены кессонами, охлаждаемыми водой. В задней стенке имеются фурмы для подачи воздуха. Расход топлива составляет ок. 8%. Для улавливания пыли устанавливаются мешечные фильтры и котрели. Пыль возвращается обратно в передел. Среднее содержание С. в руде, поступающей на горную плавку, не д. б. ниже 70—75%.

Осадительная плавка основана на реакции: $PbS + Fe = FeS + Pb$; она применима исключительно для богатых руд, не содержащих примесей. Железо вводится в виде окислов или силикатов. Количество расходуемого железа составляет 33% от веса получаемого С. Процесс идет при высокой t° , что сопровождается большими потерями С. Основное преимущество этого процесса—отсутствие обжига и беспшлаковая плавка. Метод плавки свинцового агломерата в ватер-жакетных печах нашел свое оправдание при переработке крупнозернистых концентратов с невысоким содержанием С. Этот способ является единственным при переработке свинцовых концентратов, содержащих значительное количество цинка. Для агломерирования и плавки богатых флотационных концентратов д. б. применены другие более совершенные методы. Одним из таких методов может явиться способ прямого купелирования (см. *Серебро*) сульфидных сербросодержащих свинцовых концентратов, обжиг во взвешенном состоянии с получением жидкого глета, металл. серебра или веркблей. Т. о. обжиг, агломерация и плавка в шахтной печи будут заменены одним процессом.

Рафинирование С. В веркблей переходит значительное количество примесей (Cu, As, Sn, Sb, Bi, Ni, Co, Fe, Zn, S), к-рые делают металл негодным к употреблению без предварительной рафинировки. Извлечение золота и серебра из веркблей также возможно лишь в том случае, когда С. свободен от примесей. Медь, никель, кобальт и железо обуславливают больший расход цинка при паркессировании, а мышьяк и олово препятствуют стему цинковой серебристой пены. Удаление примесей производится ликвацией, окислительной плавкой, специальными реагентами и электролизом.

1) Ликвацией, или зейгерованием можно удалить до 100% серы, 90% Ni, Co, Fe, Zn, 93% меди, 25% мышьяка. Для процесса ликвации применяют печи с наклонным подом. Печь с площадью пода в 3 м² пропускает в 24 ч. 30 т веркблей. Атмосфера в печи восстанови-

вается.

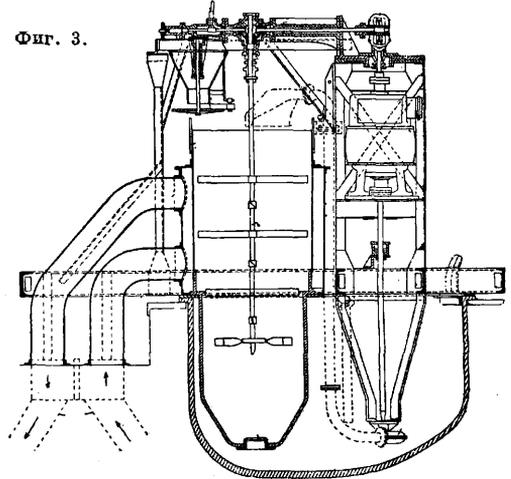
тельная. Темп-ра—темнокрасного каления. Выход С. составляет 95—97%. В остатках содержится 45—60% свинца.

2) Рафинирование С. окислительной плавкой. Для удаления меди пользуются слабой растворимостью этого металла в С. Если расплавить медь, содержащую С., и выдержать ванну определенное время при низкой t° , то большая часть меди всплывает на поверхность в виде медистой пенки. Одновременно с медью удаляется большая часть никеля, кобальта и мышьяка. При дальнейшем окислении удаляется олово, сурьма, цинк, железо и сера. Висмут, серебро и золото остаются растворенными в С. Для окисления примесей служит воздух или пар. Выбор окислителя зависит от рода примесей. Цинк окисляется и паром и воздухом. Мышьяк и сурьма окисляются только воздухом. Цинк удаляется также с помощью хлора. Висмут не окисляется ни паром ни воздухом; для его удаления применяется способ Паттинсона, по которому при повторных кристаллизациях висмут концентрируется в обогащенном серебром С. В современной практике висмут, содержащий С., подвергается электролитич. рафинированию. Удаление висмута возможно также с помощью свинцово-кальциевых сплавов, причем образуется сплав кальций-висмут, который всплывает на поверхность ванны. Рафинирование С. производится в несколько приемов в отражательной печи емкостью от 100 до 300 т. Площадь пода сточной печи 20 м². Глубина ванны 30—50 см; отношение ширины к длине 1 : 2. Стены печи выкладываются из хромистого или магнезитового кирпича. При рафинировании расплавленного веркблей выдерживается при низкой t° для облегчения выделения медистой пенки, к-рая увлекает с собой часть мышьяка и почти весь никель и кобальт. Медистую пенку, называемую шликером, удаляют. После стемки шликеров ванну снова разогревают и окисляют струей воздуха. В первую очередь окисляется олово и часть сурьмы. При охлаждении ванны получается оловянистая пенка, называемая абцугом, и сурьмянистый С., называемый бштрихом. После снятия оловянистой пенки снова разогревают ванну, продолжая вдувать воздух. Окислы мышьяка и сурьмы образуют сурьмянистые абцуги, которые удаляются аналогичным путем. Продолжительность рафинирования зависит от количества примесей; в среднем оно длится от 1 до 5 дней. Удаление меди можно произвести при помощи серного цвета. В расплавленную ванну при t° ок. 350° прибавляют постепенно серный цвет в количестве 0,5—1,0 кг на 1 кг меди. При перемешивании ванны получают шликеры, содержащие 12—20% меди в виде сернистого соединения. Количество меди в С. доводится по этому способу до 0,025% и ниже.

3) Рафинирование С. специальными реагентами осуществляется по способу Гарриса. Последний основан на применении каустич. соды и выполняется в аппарате, в котором перемешивание С. и каустика не сопровождается получением глета. Темп-ра процесса около 400°. Реактивом для удаления мышьяка, сурьмы и олова служит смесь из едкого натра, хлористого натра и селитры; NaOH поглощает окислы получаемых примесей, NaCl понижает t° смеси, а NaNO₃ служит окислителем. По этому способу удается сконцентрировать примеси в оборотных продуктах, содержа-

щих небольшое количество С. Последующей переработкой примеси м. б. получены в отдельности. Аппарат, применяемый при рафинировании по способу Гарриса, состоит из цилиндрич. приемника, переходящего внизу в конич. воронку, погружаемую в расплавленный С. (фиг. 3). Приемник заполняется смесью соды и соли. Центробежным насосом расплавленный С. перекачивается в приемник. Проходя через реактив, свинец освобождается от примесей. По способу Гарриса можно рафинировать лишь предварительно обезмедненный веркблей. Примеси концентрируются в виде арсенатов, антимонатов и станнатов натрия. По способу Гарри-

Фиг. 3.



са висмут не удаляется. Способ этот применяется для веркблей, содержащего значительное количество мышьяка, сурьмы и олова. Рафинирование С. по способу Шахмурадова основано на том, что обезмедненный веркблей продувается газообразным хлором. Образующиеся при этом хлориды улетучиваются.

С., прошедший первую рафинировку, подвергается обессеребрению по способу Паркеса (см. Серебро).

При паркессировании в С. остается 0,6% цинка. Удаление цинка производится окислительной плавкой, продувкой паром и хлорированием. При первых двух способах цинк окисляется за счет кислорода воды и в виде окиси улетучивается. Третий способ находит все большее распространение; он состоит в том, что расплавленный свинец перекачивается непрерывно насосом через цилиндр, заполненный газообразным хлором. Цинк переходит в ZnCl₂. Одновременно часть С. также хлорируется. Хлориды всплывают на поверхность. Из смеси хлорид С. вытесняется металлическим цинком.

4) Электролитическая рафинировка С. Этот способ применяется для рафинирования висмутсодержащего свинца или для получения высокой чистоты металла. Наиболее распространен способ Беттса. Электролизу подвергается предварительно отрафинированный веркблей. Серебро и висмут вместе с остальными примесями остаются в шламах. Электролитом служит смесь из кремнефтористого С., кремнефтористой водородной к-ты и незначительного количества желатини. Электролит содержит 7% С. в виде PbSiF₆ и 5% свободной H₂SiF₆. Желатину прибавляют в количестве 500 кг на одну т рафинированного С. Ванны изготовляют из цемента, внутри выкладывают

асфальтом. Плотность тока колеблется от 170 до 200 А/м². Напряжение между электродами 0,35—0,5 В. Размеры анодов 0,90 × 0,60 × 0,077 м. В ванне помещается 20 анодов и 21 катод на расстоянии 40—50 мм друг от друга. Анод весит 170 кг. Аноды и катоды вынимаются каждые 4—5 дней. Получение 1 т электролитного С. требует 84 кВт. Дважды рафинированный обесцвеченный С. разливается в чушки весом примерно 40 кг каждая. Разлив С. производится специальными разливочными машинами.

В Советском Союзе производство С. концентрируется на нескольких заводах на базе мощных месторождений свинцово-цинковых полиметаллич. руд. В настоящее время работают свинцовые з-ды: Приморский (Тетюхе—Дальний Восток), Риддеровский (Алтай), Прииртышский (Алтай), Алагирский (Сев. Кавказ). Кроме того во втором пятилетии войдут в эксплуатацию строящиеся свинцовые з-ды: Чимкентский (Южный Казакстан) на базе месторождений сульфидных и окисленных руд Кара-Тау (Южный Казакстан) и Карамазар (Средняя Азия) и Черемховский з-д (Сибирь) на базе Забайкальских месторождений полиметаллич. руд. Мощность этих заводов к концу второго пятилетия (в т):

Приморский	30 000	Алагирский	30 000
Риддеровский	100 000	Чимкентский	150 000
Прииртышский }	100 000	Черемховский	60 000

Кроме того на ряде цинковых заводов имеются цехи для переработки свинецсодержащих отходов (раймовки и кэков).

Применение свинца. С. благодаря своей мягкости, ковкости и хорошему антикоррозионным свойствам широко применяется в промышленности. Он входит составной частью в ряд сплавов, как баббиты, типографские сплавы и др. Соединения С. играют большую роль в красочной пром-сти. За последние годы в связи с бурным развитием авто- и авиапромышленности первое место по потреблению С. занимает аккумуляторное производство (на изготовление аккумуляторных батарей расходуется ок. 25% от мировой добычи С.). Второе место по потреблению С. занимает кабельное производство. На о свинцован и е кабелей расходуется около 20% всего С. Для придания свинцу, идущему на покрытие кабеля, большей жесткости к нему прибавляют 3% Sn или же 1% Sb. Олово можно заменить кальцием в количестве 0,03—0,04% Са. Свинец сплавляется со многими металлами. Гартблей, или твердый свинец, содержит 16% Sb; свинец, идущий на производство аккумуляторов, содержит 7% Sb; для покрытия ковш, на водосточные трубы и желоба применяется сплав, содержащий 6% Sb. Шрапнель изготавливается из сплава Pb с 12% Sb. Дробь делается из С., содержащего 1% As. Свинцовые легкоплавкие припои представляют сплав из С. и олова. С. входит также в состав легкоплавких висмутовых сплавов (см.). Свинцовая фольга, ординарная или свинцово-оловянная, применяется для защиты ряда предметов от света и влаги. Толщина свинцовой фольги колеблется от 0,025 до 0,0125 мм. С. в химич. пром-сти находит применение в виде листов и труб (а также листов, покрытых оловом,—т. н. альбюн-металл) для изготовления камер, башен и других аппаратов в кислотном производстве. Трубопроводы из С. применяются на ряде производств для транспортировки коррозирующих жидкостей. Благодаря ковкости и гибкости свинцовые листы применяют

для покрытия железных, медных и других деталей, подвергаемых разбеданию теми или иными веществами. Рольным С. обкладываются ванны, применяемые для электролиза меди, цинка и других металлов.

Лит.: Ч и ж и в о в Д., *Металлургия белых металлов, «Цветные металлы»*, под ред. Е. Деречей, т. 4, вып. 2, М.—Л., 1932; Collins H., *Metallurgy of Lead*, N. Y., 1910; Hoffman H., *Metallurgy of Lead*, N. Y., 1918; Liddell D., *Handbook of non ferrous Metals*, v. 2, N. Y., 1924; Prost E., *Métallurgie des métaux autres que le fer*, 2 éd., P., 1924; Tafel V., *Lehrbuch d. Metallhüttenkunde*, B. 2, Lpz., 1929; Taschenbuch f. Bergw. Hüttenleute, hrsg. v. F. Kögler, B., 1929. Д Чижиков.

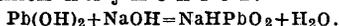
СВИНОЕ САЛО, жир свиньи (*Sus domestica*); вытапливается из тканей при нагревании их паром. Лучшие сорта С. с. употребляют в пищу—это так наз. л а р д (*lard*); низшие сорта—в мыловарении и текстильном деле. Содержание жира (триглицеридов): в брюшном С. с. 76,7—88,4%, в спинном 67—70%. С. с.—белого цвета, приятного вкуса и запаха, невысокая. Уд. в. D_{15}^4 —0,915—0,923; $t_{пл.}$ 41—51°, $t_{заст.}$ 22—31°; коэф-т преломления 1,4583—1,4607 (при 40°); число омыления 193—200; число Рейхерт-Мейсла 0,3—0,9; иодное число жидких жирных к-т 89—116; титр ($t_{заст.}$ жирных к-т) 35—47°; родановое число 44,2; неомыляемых 0,14—0,35%; свободных жирных кислот 0,1—1%. Состав С. с.: 30,2% твердых и 68,3% жидких к-т; 24,6—32,2% пальмитиновой к-ты; 7,8—15% стеариновой и 50,4—60% олеиновой кислот; около 3% β -пальмитостеарина; 2% β -стеародипальмитина; 2% α -олеостеарина; 82% α -пальмитодиолеина; 11% пальмитостеаро-олеина; триолеин не найдч. После нагревания до 180—200° (топленое сало) свиное сало делается более стойким. Сырое С. с. прогоркает быстрее, чем топленое. Большое влияние на состав и свойства свиного сала оказывает кормление свиней: при кормлении копрой и ее остатками повышается число омыления С. с.; при кормлении картофелем не образуется линолевой кислоты; она появляется лишь при кормлении жмыхами (содержащими линолеовую кислоту). При пресовании С. с. при низких t° получают сало высшего пищевого значения.

Лит.: Gr ün A., *Analyse d. Fette u. Wache*, B. 2., B., 1929; Davidsohn J., *Lehrbuch d. Seifenfabrikation*, Berlin, 1928. С. Иванов.

СВИНЦА СОЕДИНЕНИЯ. Свинец в соединениях бывает двух- и четырехвалентным. Среди соединений того и другого рода имеются технически важные.

Окись свинца PbO—самое постоянное соединение свинца с кислородом; получается при окислении металла. Pb на воздухе, при осторожном прокаливании гидроокиси Pb и его солей с летучими кислотами (нитратов, карбонатов и т. д.). Технич. PbO получается в больших количествах в процессе металлургии Pb и Ag; чистую PbO получают путем окисления рафинированного Pb. Полученная мокрым путем (кипячением гидроокиси Pb с едкими щелочами) PbO—желтый аморфный порошок, буреющий при трении; при продолжительном кипячении и при нагревании с едкой щелочью краснеет. PbO плавится при 880° (возгоняется уже при более низких t°) и застывает в виде кристаллич. желтой массы; уд. в. ~9,5. В воде растворяется незначительно (1 ч. на 7 тыс. ч. воды). При нагревании с углем начинает восстанавливаться до металла уже при 400—500°; водород восстанавливает PbO сначала до закиси Pb₂O, а свыше 235°—до металла. В технике PbO известна в виде разных модификаций: аморфная, так наз. *маскот* (см.), кристал-

лическая—глет. При окислении Pb ниже его t° при осторожном восстановлении PbO водородом или при нагревании щавелевокислого Pb до 300° без доступа воздуха образуется черно-серый тонкий порошок закисы свинца Pb₂O, самовозгорающийся при нагревании с образованием PbO. Образование Pb₂O является причиной чернения Pb на воздухе. PbO, как и гидроокись и двуокись (см. ниже), является амфотерным соединением: она растворяется с образованием солеобразных соединений в к-тах и в щелочах. Благодаря легкой растворимости в кислотах PbO обычно является исходным продуктом для получения большинства других С. с.; применяется в производстве легкоплавких, сильно преломляющих свет стекол, эмалей и глазурей, а также в небольших количествах в медицинах. Гидроокись свинца известна в виде различных гидратов: Pb(OH)₂; 2PbO · H₂O; 3PbO · H₂O и др.; осаждается в виде белого, иногда кристаллического осадка из растворов солей Pb аммиаком и едкими щелочами, причем в последнем случае растворяется, как упомянуто, в избытке реактива с образованием п л у м б и т о в:

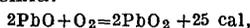


Из таких растворов сильные восстановители осаждают металлич. Pb. Получается также при окислении металлич. Pb во влажном, не содержащем углекислоты воздухе, причем согласно реакции



одновременно образуется эквивалентное количество перекиси водорода. При нагревании уже при 130° теряет воду с образованием PbO. На воздухе поглощает углекислоту с образованием карбонатов. В воде растворяется слабо со щелочной реакцией, в многочисленных органич. веществах, как в молочной, винной, яблочной к-тах, глицерине, тростниковом сахаре и т. д.— с образованием комплексных соединений. Растворы плумбитов применяют в текстильной пром-сти в качестве протравы. Щелочные плумбиты окрашивают шерсть, волосы, ногти и т. д. в черный цвет вследствие образования сернистого свинца.

Двуокись свинца (название «перекись свинца» необосновано, так как в молекуле этого вещества нет двух соединенных друг с другом атомов кислорода) PbO₂ получается в виде темного осадка на аноде при электролизе растворов С. с., а именно: в кислом растворе— в виде безводного соединения, в щелочном— в виде моногидрата PbO₂ · H₂O. В воде растворяется весьма трудно. PbO₂ получают технически чаще путем окисления щелочных растворов Pb или суспензий PbO гипохлоритами или гипобромитами или же путем плавки PbO с хлоратом калия. При обработке сурика Pb₃O₄ и плумбата кальция (см. ниже) кислотами PbO₂ остается нерастворенной. Переход PbO в PbO₂ сопровождается выделением лишь небольшого количества тепла:



вследствие чего PbO₂ начинает распадаться уже при 400°, а при обычной t° является весьма сильным окислителем; энергично окисляется SO₂ или H₂S, окисляет азотистую кислоту до азотной, марганцевые соли— до перманганатов, HJ— до J. При нагревании н H₂SO₄ образует PbSO₄ и свободный кислород. На этих окислительных свойствах основаны многочисленные применения PbO₂: в производстве спичек ее

примешивают к содержащей азотнокислый свинец или хлораты смеси для спичечных головок; в производстве органич. красителей ее применяют для окисления их лейкосоединений, в аналитич. и в препаративной лабораторной практике— в качестве окислителя. Большие количества PbO₂ используются также в производстве аккумуляторов. Солеобразные соединения PbO₂ со щелочами, т. н. п л у м б а т ы, производят от несуществующих в свободном виде орто- и метасвинцовой к-ты H₄PbO₄ и H₂PbO₃. Важнейшие из этих солей— плумбаты кальция и калия; первый получается путем сплавления на воздухе PbO с известью в виде буроранжевого порошка, разлагающегося под действием воды при повышенных t° , а под действием разбавленных кислот уже при обычных условиях с выделением PbO₂. При прокаливании Ca₂PbO₄ отдает кислород. Благодаря легкости, с к-рой Ca₂PbO₄ регенерируется при последующем осторожном нагревании, оно м. б. использовано для получения кислорода из воздуха. Применяется в спичечном производстве. П л у м б а т к а л и я K₄PbO₄ · 3H₂O получается путем плавания едкого кали с водой и PbO в серебряных чашках. Из отфильтрованного раствора соль кристаллизуется в виде бесцветных ромбоздров, изоморфных с платинатом и станнатом калия. Вода растворяет плумбат калия с выделением бурого коллоидного гидрата PbO₂. Сурик свинцовый (см.) Pb₃O₄ следует также считать солью о-свинцовой к-ты, а именно ортоплумбатов свинца Pb₃^{IV}O₄.

Углекислый свинец средней PbCO₃ осаждается в виде белого осадка карбонатами или углекислотой из растворов солей. Существует в природе в виде минерала церусита (см. *Свинцовые руды*). В воде растворяется очень трудно (1 ч. на 23 000 ч. холодной воды), легче в присутствии солей аммония. Технически более важны основные карбонаты Pb, состава например 2 PbCO₃ · Pb(OH)₂, являющиеся благодаря весьма высокой укрывистости ценной белой краской (см. *Свинцовые краски*).

Сернистый свинец PbS, черного цвета, осаждается H₂S или щелочными сульфидами из растворов нейтральных, кислых и щелочных С. с. Получается также сухим путем при нагревании смеси S и Pb или PbO и при воздействии содержащих серу соединений (в том числе и органических) на соединения свинца. Полученный сухим путем из элементов (t° н. л. 1 120°; уд. в. 7,48) применяется для детекторов в радиотехнике. Осажденный PbS обладает высокими адсорбционными свойствами, чем иногда пользуются в фармацевтич. и пищевом анализе. Специальные препараты, состоящие из PbO и PbS, применяются иногда в качестве ускорителей вулканизации каучука. В природе встречается в виде минерала галенита, или свинцового блеска, важнейшей руды Pb, а также в виде многочисленных двойных сульфидов. При нагревании на воздухе образуется смесь сульфата и PbO, к-рые реагируют с остатком PbS с образованием металлич. Pb. Этой реакцией пользуются в металлургии Pb; PbS возгоняется при t° уже ок. 800°, вследствие чего кристаллы его часто образуются в верхних частях шахтных металлургич. печей. Азотная к-та окисляет PbS до сульфата; соляная к-та разлагает его с образованием H₂S и хлористого свинца. Серноокислый свинец, свинцовый купорос, PbSO₄ встречается в природе в виде минерала а н г л е з и-

та; образуется при осаждении растворов Pb разбавленной серной кислотой или сульфатами в виде тяжелого белого осадка; часто находят его в камере серноокислотных заводов в виде хорошо образованных кристаллов. М. б. также получен путем окисления PbS. В воде растворяется очень мало (при 20° ок. 40 мг/л), лучше в присутствии аммонийных солей, особенно ацетата. Последним свойством пользуются в лабораторной практике для отделения его от бария. PbSO₄ применяют в производстве литографских лаков и в ситцепечатании; получающийся в больших количествах в качестве побочного продукта в нек-рых органич. производствах перерабатывается обычно на металлург. Pb. Основные сульфаты свинца разного состава, например PbSO₄·3PbO·H₂O; 2PbSO₄·PbO·H₂O и др. получают при взаимодействии едких щелочей и среднего сульфата или же PbO и щелочных сульфатов. PbSO₄·PbO встречается в природе в виде минерала ланаркита.

Хромовокислый свинец PbCrO₄, встречающийся в природе в виде минерала крокоита, осаждается в виде оранжевого осадка из растворов соединений Pb под действием щелочных хроматов или бихроматов. Применяется, как и основная соль PbCrO₄·PbO, получающаяся напр. путем обработки нейтральной соли PbO, в виде краски; еще более основная соль PbCrO₄·2PbO встречается в природе в виде минерала меланохроита, применяется как желтая краска (см. *Свинцовые краски*). В сплавленном виде PbCrO₄ применяется в анализе органич. веществ благодаря тому, что легко окисляет последние и связывает галлоиды и серу.

Двухлористый свинец PbCl₂ встречается в природе в виде минерала котунита в продуктах извержения вулканов, получается при осаждении растворов Pb соляной кислотой или хлоридами в виде игольчатых шелковистых кристаллов. В холодной воде растворяется мало (при 15° ок. 9 г в л), в горячей лучше (при 100° 33 г в л). В присутствии большого избытка соляной к-ты или хлоридов растворимость увеличивается благодаря образованию комплексных соединений типа PbCl₂·MeCl; PbCl₂·2MeCl и др. PbCl₂ плавится ок. 500° и легко возгоняется. Основные хлориды разного состава, например PbCl₂·PbO, встречаются в природе. Получаются из PbO при обработке ее хлористыми щелочами. Применяются в производстве *свинцовых красок* (см.). Известны также аналогичные сульфохлориды состава PbS·PbCl₂, 2PbS·PbCl₂ от оранжевого до красного цвета. Получаются иногда при осаждении сероводородом растворов Pb, содержащих соляную к-ту.

Четырехлористый свинец PbCl₄ получается путем обработки PbO₂ холодной дымящей соляной к-той или же путем пропускания Cl при охлаждении через суспензию PbCl₂ в крепкой соляной кислоте. Из полученного желтого раствора осаждают хлористым аммонием лимонножелтую хорошо кристаллизующуюся двойную соль (NH₄)₂PbCl₆, изоморфную с аналогичной хлороплатиновой. При обработке этой соли холодной конц. H₂SO₄ выделяется HCl и на поверхность к-ты всплывает чистый PbCl₄ в виде тяжелой желтой жидкости, уд. в. 3,18, застывающей при -15°. С соляной к-той образует свободную кристаллич. хлоросвинцовую к-ту H₂PbCl₆; PbCl₄ легко распадается на влажном воздухе с выделением Cl₂ и PbCl₂. Большой избыток воды расщепляет PbCl₄ гид-

ролитически с образованием HCl и PbO₂. Благодаря легкости, с к-рой PbCl₄ отщепляет Cl₂, ее применяют иногда для хлорирования органических соединений. Другие соли четырехвалентного Pb, как сульфат и ацетат, известны, но мало стабильны.

Иодистый свинец PbJ₂ осаждается в виде золотистожелтых пластинчатых кристаллов, плавящихся при 393° и кипящих при 900°, из растворов солей Pb растворами иодидов. PbJ₂ хорошо растворяется в горячей воде; раствор его бесцветен. С иодистыми щелочами образует комплексные соединения, например K[PbJ₃]·2H₂O. Бумага, пропитанная раствором этой соли в ацетоне, бледножелтого цвета, но в присутствии следов воды становится интенсивно желтой вследствие выделения PbJ₂ и применяется поэтому в лабораториях в качестве чувствительного реактива на воду.

Азотнокислый свинец Pb(NO₃)₂ получают обычно путем растворения PbO в разбавленной HNO₃. Кристаллизуется в виде безводных октаэдров, разлагающихся при 350° с образованием PbO. Благодаря легкости, с которой отдает кислород, применяется иногда в зажигательных смесях, фитилях и т. д. В воде растворяется легко (при 20°—50 г, при 100°—127 г на 100 г воды). Применяется также как исходное вещество для получения других соединений Pb. Азид свинца Pb(N₃)₂ получается при осаждении растворов Pb щелочными азидами в виде труднорастворимых игольчатых кристаллов, напоминающих внешним видом PbCl₂. Благодаря большой взрывчатости применяется в производстве капсюлей и запалов.

Борат свинца Pb(BO₃)₂·H₂O получается при взаимодействии растворов буры и азотнокислого свинца в виде труднорастворимого белого кристаллич. порошка. Применяемый в качестве краски обнаруживает большую стойкость в отношении морской воды. При сплавлении этой соли или же смесей PbO с борной к-той образуются сильно преломляющие свет стекла.

Силикаты свинца разного состава образуются в виде аморфных осадков при взаимодействии растворов щелочных силикатов (см. *Растворимое стекло*) и солей Pb или же при плавлении PbO с кремнеземом в виде легкоплавких бесцветных или желтых (при больших количествах свинца), сильно преломляющих свет стекол. Легкоплавкость, высокий уд. вес и большая светопреломляемость силикатов Pb обуславливают применение Pb (обычно в виде окиси) в производстве оптич. стекол, а также легкоплавких глазурей, эмалей и подделок драгоценных камней.

Кремнефтористый свинец PbSiF₆, хорошо растворимый в воде, применяется в качестве электролита для получения химически чистого Pb.

Фосфорнокислый свинец Pb₃(PO₄)₂ встречается в природе в соединении с PbCl₂ в виде минерала пироморфита Pb₃(PO₄)₂Cl. Изучены также многочисленные другие свинцовые соли фосфорных кислот, как PbHPO₄, Pb₂P₂O₇, Pb(PO₃)₂·2H₂O; но технического значения не имеют.

Сурьмянокислый свинец основной, колеблющегося состава в древности получался обжигом содержащих сурьму свинцовых руд и высоко ценился как желтая краска; в наст. время применяется гл. обр. как керамич. краска.

Уксуснокислый свинец средний Pb(C₂H₃O₂)₂·3H₂O, свинцовый сахар,

сахар-сатурн, кристаллизуется в виде больших призм или пластинок, удельный вес 2,49 (безводного—3,25), выветривающихся на воздухе с образованием $PbCO_3$. В воде, не содержащей углекислоты и извести, растворяется с образованием прозрачного (сладковатого на вкус) раствора очень легко: при 0° —16,5 г, при 20° —30,7 г, при 50° —67,6 г соли на 100 г раствора; растворяется также легко в глицерине; при нагревании начинает плавиться при 75° , причем отдает кристаллизационную воду и часть уксусной к-ты и превращается в белый порошок, после чего плавится вторично при 280° и при дальнейшем нагревании разлагается постепенно с образованием основной соли, ацетона, уксусной к-ты, пирофорного свинца и т. д. Технически его получают путем растворения PbO или же металлич. Pb в уксусной к-те, причем в последнем случае для окисления металла через раствор необходимо продувать воздух; применяют в производстве свинцовых красок и других соединений Pb , а также в качестве протравы и отяжелителя в текстильной промышленности и в медицине. Путем растворения в его растворе PbO получают основные соли, например $2Pb(C_2H_3O_2)_2 \cdot PbO$; $Pb(C_2H_3O_2)_2 \cdot PbO$; $Pb(C_2H_3O_2)_2 \cdot 2PbO$, которые м. б. получены в виде кристаллов. Растворы основного уксуснокислого свинца применяют, как и среднюю соль, в производстве красок, в текстильной промышленности и в медицине; применяющийся в медицине свинцовый уксус получается путем сплавления при 50 — 60° 3 ч. свинцового сахара с 1 ч. глета и последующего растворения в 10 ч. воды. Кроме этого раствора применяется в медицине также в вода Гуларда (смесь 2 ч. свинцового уксуса, 8 ч. спирта и 90 л. воды). Органич. вещества, например бумага, пропитанные раствором уксуснокислого свинца, делаются легче воспламеняющимися и горючими, чем иногда пользуются в технике.

Резинаты и линолеаты свинца различного состава, как и другие аналогичные соединения Pb с органич. к-тами, получают при взаимодействии растворов Pb и щелочных резинатов и линолеатов или же путем сплавления окиси свинца с канифолью. Оба соединения растворяются в скипидаре (и хлороформе) и применяются в качестве *сиккативов* (см.).

Тетраэтилсвинец $Pb(C_2H_5)_4$ —весьма ядовитая летучая горючая жидкость, уд. вес 1,66. Получается путем воздействия сплава Pb с Na на бромистый этил в присутствии катализаторов и очищается перегонкой под уменьшенным давлением. Применяется в Америке в качестве примеси (антидетонатора) к горючему для двигателей внутреннего сгорания.

Все соединения Pb , в том числе и нерастворимые в воде, медленно поглощаются организмом и вызывают тяжелые хронич. отравления (см. *Свинцовое отравление*). Опасность отравления водой из свинцовых трубопроводов обуславливается тем, что в присутствии воздуха вода, богатая углекислотой, растворяет металлич. Pb с образованием растворимого бикарбоната свинца. В присутствии щелочноземельных бикарбонатов и сульфатов Pb осаждаются обычно на внутренней поверхности труб в виде плотно пристающего слоя нерастворимых сульфатов или карбонатов, препятствующих дальнейшему проникновению соединений Pb в воду.

Лит.: Менделеев Д., Основы химии, 9 изд., т. 2, М.—Л., 1928; Льюбакин Н., Технич. химия, т. 4, ч. 2, М., 1906; Меншуткин Б., Курс общей (неорганической) химии, 3 изд., Москва, 1930; Лукьянов П. М.,

Курс химической технологии минеральных веществ, ч. 3, выпуск 1, Москва—Ленинград, 1932; Aebegg R. u. Auerbach F., Handbuch d. anorg. Chemie, B. 3. Abt. 2, Leipzig, 1909; Mellor J. W., A Comprehensive Treatise on Inorganic and Theoretical Chemistry, v. 7. L., 1927; Dammmer O. u. Peters F., Chemische Technologie d. Neuzelt, B. 3, Aufl. 2, Stg., 1927; Ullm. Enz. 2 Aufl., B. 2, p. 519—530, 1928. Е. Кронман.

СВИНЦОВОЕ ОТРАВЛЕНИЕ, отравление свинцом и его соединениями. Наиболее часто встречается профессиональное С. о. (по Телки 95% всех профессиональных отравлений); значительно реже наблюдается отравление бытовое (через плохо глазурованную посуду, свинцовые водопроводные трубы, свинцовую фольгу и пр.). Тяжелые острые отравления свинцом на практике не встречаются. По Леману растворимые соли свинца в количестве нескольких *дг* (при однократном приеме) не вызывают тяжелых расстройств. С. о. принадлежит к хроническим (отсутствует наименование «свинцовая болезнь», «аггурнизм»). Частота С. о. связана с широким применением свинца (в виде металлического свинца, сурика, свинцовых белил, свинцового глета и др. соединений) в различных видах промышленности. Обследование, произведенное Ленинградским ин-том труда и техники безопасности, показало, что в одном только Ленинграде насчитывается 360 профессий (в 57 производствах), требующих соприкосновения со свинцом. Число производств, в которых в той или иной форме применяется свинец, достигает 150. Из зарегистрированных во Франции в 1922 г. 797 случаев С. о. 35,8% произошло на работе по эмалировке и глазуровке, 22,5%—в производстве аккумуляторов, 11,8%—в производстве свинцовых белил, 8%—в малярном деле, 2,8%—в полиграфич. производстве и т. д. Из зарегистрированных в 1922 г. в Германии 348 отравлений 15,2% произошло при сломе старых судов, 15,3%—при производстве аккумуляторов, 14,4%—при выплавке свинца, 13,2%—при малярных работах, 9,8%—в производстве свинцовых белил и пр. В Ленинграде в 1925/26 году всего зарегистрировано 158 случаев С. о., причем наибольшее число отмечено при добыче драгоценных металлов из соров на Монетном дворе, а также при автотенной резке (где происходит плавка свинца при высокой t°) и в производствах: аккумуляторном, свинцовых красок и резиновом. Общее количество С. о. больше цифр, приведенных выше для отдельных стран. Так, Кельш, приводя данные Каупа, указывающие, что в Пруссии ежегодно (1904—08 гг.) находилось в больницах 900—1103 чел. со С. о., утверждает, что в действительности число больных превышает эти цифры в 8 и более раз.

Металлич. свинец и его соединения попадают в организм рабочего в виде пыли; основные пути проникновения—дыхательный и пищеварительный тракты. Кельш устанавливает следующую последовательность ядовитости солей свинца (в убывающем порядке): уксуснокислый свинец, хлористый, азотнокислый, белила, окись свинца, сернокислый свинец, сернистокислый. Однако Леман, Брезина и другие доказали, что и трудно растворимые свинцовые соединения (сульфаты, сульфиты и хроматы) ядовиты; помимо этих солей, встречая в организме благоприятные условия, переходят в соединения, легко всасываемые тканями. Большая часть попавшего в организм свинца выводится из него (через кишечник и почки), а примерно 10% задерживается в нем (в костном веществе, в меньшей степени в печени). Под влиянием неблаго-

приятных внешних условий или иных причин (перенапряжение, другое заболевание и пр.) свинец освобождается и начинает циркулировать в крови, вызывая явления отравления. Количество свинца, необходимое для отравления, по Телеки равно 1 мг в день в течение нескольких месяцев; по Гертнеру — 4,7 мг в день за то же время. Существует большая или меньшая индивидуальная восприимчивость к свинцу. Женщины более восприимчивы к нему. Предрасполагают к С. о.: истощение, туберкулез, сифилис, алкоголизм.

Клинич. картина С. о. пестрая, тем более, что ни один орган не защищен от поражения свинцом. Основные признаки: специфич. бледность кожных покровов, свинцовая кайма (синевато-серая полоска) на деснах, изменения в микроскопической картине крови, уменьшение веса, падение мышечной силы, невралгия, запоры, кишечная колика, ряд расстройств нервной системы (нарушение чувствительности, мелкое дрожание, параличи периферич. нервов и пр.). По Легге и Годби из 264 умерших рабочих по свинцу в 33,3% смерть последовала от поражения головного мозга. Отмеченные выше параличи влекут за собой стойкую потерю трудоспособности.

Способы борьбы с С. о. на производстве должны в каждом отдельном случае разрабатываться применительно к условиям данного производства. Основные мероприятия: 1) Устранение свинца из производства и замена его другими, неядовитыми веществами в тех производствах, где эта замена возможна без нарушения хозяйственной эффективности, напр. замена свинцовых белил цинковыми, титановыми и др., замена свинца цинком в подкладке при насечке напильников и т. д. 2) Изменение способа обработки и механизация, напр. замена автономной резки судов механической, влажный способ удаления старой краски с окрашенных поверхностей взамен сухого способа, замена свинцовых ванн для закалки напильников огневыми, механизация выгрузки свинцовых белил из чана и фильтров и т. д. 3) Герметизация пыльных процессов, в частности путей прохождения порошкообразных веществ. 4) Правильно устроенная местная и общая системы вентиляции. Особенно важно удаление пыли и паров в местах их образования. 5) Изоляция пыльных работ от общих рабочих помещений. 6) Рациональное устройство и оборудование мастерских, позволяющее производить тщательную уборку их. 7) Наличие гигиенически устроенных раздевалок, душей, умывальников, а также регулярное снабжение рабочих рациональной спецодеждой. 8) Ознакомление рабочих с вредностями работ со свинцом и инструктирование о необходимых мерах личной профилактики (чистота рук, недопущение приема пищи и курения в рабочем помещении и пр.). 9) Сокращенный рабочий день и дополнительный отпуск. К мерам профилактическим д. б. отнесены также следующие: а) недопущение женщин и подростков на работы со свинцом; б) тщательный медицинский осмотр поступающих на работу, а также повторные осмотры работающих (диспансеризация) со снятием (на время или навсегда) заболевших рабочих с работ, связанных с опасностью С. о.; в) точный учет случаев отравления.

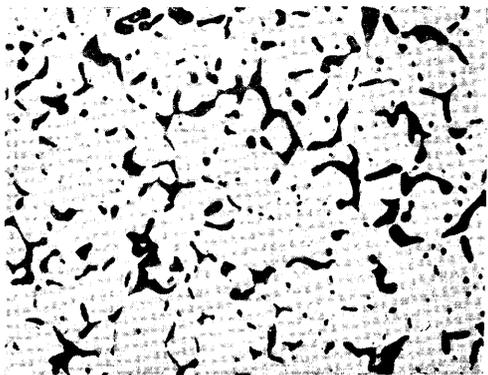
Лит.: К е л ь ш Ф., Общая промышленная гигиена и профессиональная патология, пер. с нем., М., 1926; Л е п т а п К. В., Краткий учебник рабочей и проф. гигиены, пер. с нем., Москва, 1923; В и г д о р ч и к Н. А., Профессиональная патология, Москва, 1930; К о б е р и Д.

и Х е н с о н В., Проф. болезни и гигиена профессии, пер. с англ., ч. 1, М., 1925; Борьба со свинцом как промышленным ядом, «Труды Ленинградского ин-та гигиены труда и техники безопасности», т. 3, вып. 4, М., 1930; Свинцовые отравления, «Труды Ленинградского ин-та по изучению проф. болезней», т. 2, Л., 1927; H a m i l t o n A., Распространение свинцового отравления в америк. пром-сти, «Гигиена труда», М., 1925, 4; В и г д о р ч и к и К у п р и я н о в, Свинец и газы в производстве свинцовых аккумуляторов, там же, 1926, 9; К о п р а н с к и й Б. Б., Новейшие достижения в области оздоровления производства свинцовых красок, там же, 1926, 3; В и г д о р ч и к Е. А., Работы со свинцом на Ленинградском монетном дворе, там же, 1925, 9; L e g g e T. u. G o a d y B. K., Bleivergiftung u. Bleiantnahme, В., 1921; G n e h m M., Tabellarische Zusammenstellung der gesetzlichen Beschlüsse zum Schutze gegen Bleivergiftung, В., 1913. Э. И. Маршалков.

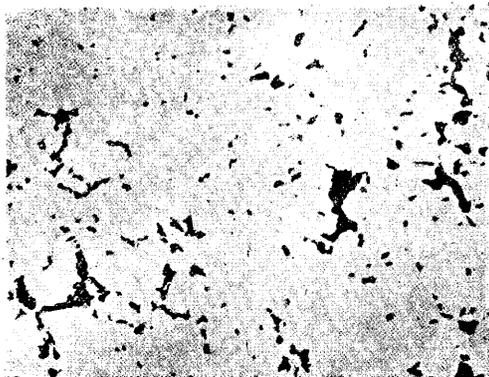
СВИНЦОВЫЕ БРОНЗЫ, сплав меди и свинца (10—30% Pb), иногда с прибавкой небольших (менее 5%) количеств других металлов (Sn, Zn, Ni, Sb, P) для сообщения плавку тех или иных физических свойств. С. б. применяют главн. образом как подшипниковые сплавы; строение их выяснено работами Шарпи (см. *Антифрикционные сплавы*). Обычно применяемые сплавы имеют вязкую основу (Sn, Pb, Al) и твердые включения (кристаллы SbSn, SbPb, PbCu и т. п.). Для предотвращения ликвации в состав сплава вводится никель, образующий с медью нитевидные тугоплавкие кристаллы, мешающие разделению составляющих сплав. Основой С. б. является медь, н е р а с т в о р я ю щ а я н и в жидком ни в твердом состоянии свинца; поэтому подшильник из С. б. обладает очень высокой теплопроводностью сравнительно с таковыми из белых металлов. Для выяснения свойств и строения С. б. (см. *Спр. ТЭ*, т. II, стр. 195) на фиг. 1 приведена диаграмма по Клаусу.



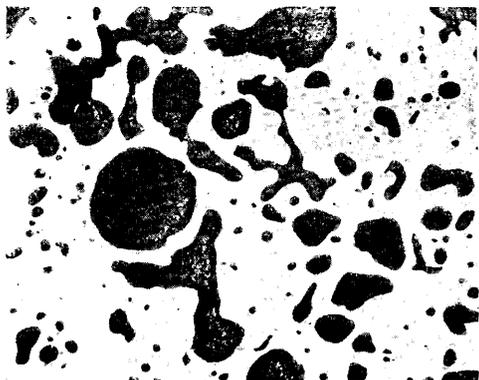
На этой диаграмме: А—граница раствор—эмульсия, В—граница образования слоев, I—истинный раствор, II—эмульсия (жидк./жидк.), III—слой гетерогенных смесей (жидк.), IV—кристаллы, V—гетерогенная смесь жидкого сплава и кристаллов α , VI—гетерогенная смесь кристаллов α и β , VII—кристаллы. Особенностью диаграммы является линия В, указывающая на существование при температуре $\sim 1000^\circ$ двух гетерогенных жидких слоев сплава, а линия С (952°) соответствует не эвтектич. застыванию сплава, а разделению жидкой фазы (почти чистого Pb) и кристаллов Cu, поэтому вследствие значительной разницы в уд. весах возможно разделение слоев Pb и Cu. Однако экспериментальные данные показывают, что в чисто свинцовых бронзах эмульсия свинца сохраняется и строение застывшего сплава обусловливается гл. обр. t° разлики. Низкая t° разлики и быстрое охлаждение (металлическая форма) сохраняют Pb в эмульгированном состоянии, и лишь при содержании Pb > 25% появляется тенденция к коагулированию эмульсии (ликвации) Pb особенно при отливке в формовочную массу. Аналогично нитевидным кристаллам сплавов Шарпи, малые количества примесей задерживают коагуляцию отдельных зерен Pb, уменьшая влияние t° разлики.



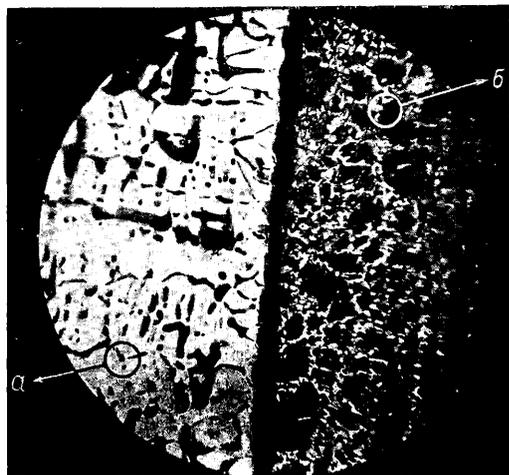
1



2



3



4



5



6

1. Микроструктура свинцовой бронзы с 87,5% Cu, 11,7% Pb, отлитой с 1400° в песок ($\times 100$). 2. Микроструктура свинцовой бронзы ($\times 100$) с 86,7% Cu, 12,7% Pb, отлитой с 1400° в ($\times 100$). 3. Крупные включения Pb в подшивнике, отлитом методом погружения ($\times 100$). 4. [Микрофотографии места соединения железной вставки (слева) и бронзы (справа) ($\times 150$). 5. Элементарные зерна Cu и Pb; в одном из зерен видно включение [часть а шлифа фиг. 4 ($\times 750$)]. 6. Сегрегация феррита в зерне железной вставки, указывающая на быстрое охлаждение последней с высокой t° [часть б шлифа фиг. 4 ($\times 750$)].

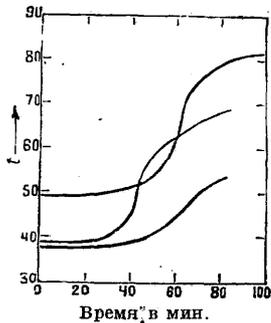
В этом направлении ведутся и дальнейшие исследования. Прибавляемые к С. б. Sn, P, Zn, Ni в количествах, образующих твердый раствор с Cu (см. *Стр. ТЭ*, т. II, стр. 192, 193, 201), значительно уменьшают электропроводность, а следовательно и теплопроводность чисто свинцовой бронзы (см. таблицу).

Характеристика свинцовых бронз.

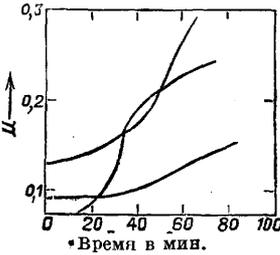
t° разливки в °С	С о с т а в					*1	*2
	Cu	Pb	Sn	Zn	P		
1 100	86,65	12,66	0,16	—	0,01	5,358	33,07
1 050	85,09	13,78	0,31	—	0,03	5,120	31,60
1 050	87,53	12,51	0,05	0,12	—	2,580	69,60
1 100	77,90	21,72	0,01	0,13	—	2,480	72,90
1 050	71,60	27,50	0,05	0,12	—	3,150	57,00
1 150	75,87	23,24	0,13	—	0,09	5,118	32,70
1 100	75,81	23,24	0,12	—	0,08	5,580	32,08
1 150	75,36	17,48	3,13	3,55	0,09	10,80	16,46
1 100	75,32	17,42	3,39	3,31	0,09	10,80	16,78
1 050	75,66	17,18	3,50	3,16	0,09	10,80	16,31

*1 Сопротивление на см². *2 Электропроводность в % от чистой Cu.

Как видно из этой таблицы очень малые примеси Sn и P значительно понижают электропроводность (следовательно и теплопроводность) бронзы. По экспериментальным данным считается равноценным влияние 1 части P 5 частям Sn и 60 частям Zn.



Фиг. 2.

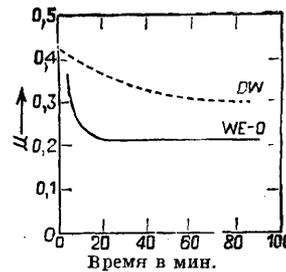


Фиг. 3.

Поэтому при требовании очень высокой теплопроводности следует особенно обращать внимание на отсутствие P и Sn, имея в виду, что наличие твердых растворов в С. б. уменьшает электропроводность почти в 6 раз. Поставленные опыты показали, что при равных условиях температуры подшипников из чисто С. б. ниже, чем из бронзы с твердым раствором. Эти именно свойства большой теплопроводности в связи с малым коэф-том трения обеспечили применение С. б. как подшипниковых сплавов. Следует указать, что чем тоньше эмульсия Pb в Cu, тем выше качества бронзы как подшипника.

При изготовлении подшипников со С. б. в середину слоя бронзы для ее упрочнения помещают слой стали. Для этого можно расплавленную бронзу вливать в тигель со стальной трубой. Если имеется холодная стальная труба,

то следует подогреть ее до t°_{н.к.} бронзы и выдерживать 1—3 мин. или влить С. б. в заранее подогретую в восстановительном пламени трубу. Тигель берется обычно стальной. При такой работе получаются хорошие результаты соединения бронзы со сталью, но Pb коагулируется в крупные капли около стальной трубы. Лучшие результаты получают, применяя центробежную отливку; в этом случае получается мелкая эмульсия Pb. Наиболее прочное соединение получается при подогретых трубах при \varnothing 50—75 мм (1500 об/м. для бронз с твердым раствором и 1000—2000 об/м. для чисто С. б.). Следует опасаться коагулирования свинца около стальной вставки, потому что при высоких температурах (выше 327° t_{н.к.} Pb) будет разъединение подшипника со вставкой. Рекомендуют предварительный подогрев стальной трубы вести в медной и оловянной бронзовой ванне (чтобы избежать вредных свинцовых газов)



Фиг. 5.

для сухих подшипников и сплавов DW и WE-O при тех же условиях. На вкл. л., 1—6 показана микроструктура некоторых С. б. при различных способах обработки.

Лит.: «Trans. of the American Society of Mechanical Engineers», N. Y., 1932, v. 54, 8; Вестник науки и техники, 1932, 11.

СВИНЦОВЫЕ КРАСКИ, минеральные краски (гл. обр. белого, желтого, оранжевого и красного цвета), представляющие по своему составу соединения свинца: 1) окиси: свинцовый глет и массикот, сурик, закись и двуокись свинца; 2) средние соли: углекислый и сернокислый свинец, хромовая желтая, свинцовый крон, иодистый свинец и др.; 3) основные соли: углекислые свинцовые белила, сернокислые свинцовые белила, белила Паттисона, кассельская желтая, неаполитанская желтая, хром оранжевый (основной свинцовый крон) и др. С. к. отличаются следующими свойствами: 1) многие из них обладают очень ярким и красивым цветом, напр. хромовая желтая, сурик и др. 2) С. к., в особенности принадлежащие к окисным соединениям (сурик, глет и т. д.) и основным солям (свинцовые белила и др.), обладают способностью легко реагировать с жирными высыхающими маслами, образуя нерастворимое в воде, очень прочное свинцовое мыло. Масляные окраски, произведенные ими, благодаря прочности и стойкости к атмосферным влияниям сохраняются в течение очень продолжительного времени, поэтому они часто применяются для предохранения металла от коррозии, дерева от гниения и т. д. 3) С. к. требуют мало масла и обладают в большинстве случаев способностью быстро и хорошо высыхать. Некоторые из них, в особенности окисные соединения, применяются как *сиккативы* (см.); кроющая способность наиболее часто употребляемых С. к.—свинцовых кронов, сурика, свинцовых белил—очень сильная. Наряду с этими положительными свой-

ствами С. к. имеют два важных недостатка: 1) все они в большей или меньшей степени ядовиты; 2) чувствительны к сероводороду, при действии к-рого темнеют вследствие образования сернистого свинца; по этой причине С. к. не следует смешивать с красками, содержащими серу, например с киноварью, ультрамариним. С. к. имеют высокий уд. вес и являются по сравнению с другими минеральными красками одними из наиболее тяжелых.

Глет свинцовый и массикот (см.) в прежнее время применяли как желтые краски, под названием свинцовой желтой, королевской желтой и др. В настоящее время их употребляют в красочной технике гл. обр. как исходный материал для получения различных свинцов. солей, напр. уксуснокислого свинца, в производстве свинцовых белил по французскому способу, в производстве хромовой желтой и т. д., а также они служат для получения различных свинцовых красок: массикот—для получения *сурика* (см.), свинцовый глет—для получения неаполитанской желтой, кассельской желтой, белил Патисона и многих других.

Закись свинца Pb_2O получила значение как краска только в последнее время, гл. обр. для защиты металлов от ржавления; порошок серовато-черного цвета. Получается путем обработки свинца воздухом или другим окисляющим газом, а также по способу Бишофа распылением мелкодисперсного свинцового глета в водяном газе. Противокоррозийное действие краски объясняется по мнению одних выделением на окрашенной поверхности железа тонкого слоя металлич. свинца, которое происходит или вследствие взаимодействия между железом и свинцом или вследствие взаимодействия между закисью свинца и маслом. По мнению некоторых исследователей Pb_2O состоит из механич. смеси PbO и Pb . *Перекись* (двуокись) свинца (свинцовая коричневая) PbO_2 получается в виде осадка при обработке сурика азотной к-той или при пропускании хлора через кипящий раствор свинцовой соли в присутствии щелочи, после чего хорошо промывается и сушится; коричневая, довольно прочная и укрывистая краска; применяется в настоящее время редко, гл. обр. для окрашивания спичечных головок, где играет также роль окислителя. *Сернокислый свинец* $PbSO_4$ известен в красочной технике также под названием *мюльгаузских белил*, металлич. белил и т. д., но как краска применяется очень редко. Получается осаждением соли свинца, напр. уксуснокислого свинца, раствором Na_2SO_4 или разбавленной H_2SO_4 , а также как отход в текстильной пром-сти при получении глиноземных протрав. В воде растворяется очень мало, в к-тах трудно, но в щелочах довольно легко. Не изменяется от действия света, воздуха и сернистой кислоты. По сравнению со свинцовыми белилами менее ядовит. Недостатком краски является слабая кроющая и высыхающая способность. Входит как составная часть в светлые свинцовые кроны, а также употребляется как примесь к свинцовым краскам и как субстрат при получении красильных лаков. *Хромовая желтая* (желтый свинцовый крон) $PbCrO_4$ и *хромовая светложелтая* (палевый свинцовый крон) $PbCrO_4 \cdot PbSO_4$ —желтые краски с постепенным переходом оттенков от палевого до желтого цвета, в зависимости от содержания в краске $PbSO_4$. Краски находят благодаря красивому цвету и удовлетворительной проч-

ности широкое применение для самых различных целей. О свойствах и получении см. *Хромовые краски*. Иодистый свинец (иодная желтая) PbJ_2 получается из уксуснокислого свинца и иодистого калия. Представляет красивую светложелтую массу или гибкие листочки с золотистым блеском. В воде растворяется трудно, под влиянием света темнеет. В виду дорожной цены применяется редко, иногда в качестве типографской краски, для замены бронзы и других целей. *Углекислый свинец* $PbCO_3$ получается при пропускании CO_2 в нейтральный раствор уксуснокислого свинца. В виду плохой кроющей способности как краска почти не имеет значения. *Углекислая свинцовая белила* (см. *Белила*), основная углекислая соль свинца (см. *Белила*), отличаются высокой кроющей способностью и прочностью, но очень чувствительны к сероводороду и очень ядовиты. Несмотря на недостатки, свинцовые белила применяются в живописи, что объясняется: 1) незначительным содержанием сероводорода в жилых помещениях и 2) отбеливающим действием света и воздуха, благодаря которому потемневшая краска снова принимает свой первоначальный цвет. О правилах приемки свинцовых белил и о методах испытаний в СССР см. ОСТ 380. Ядовитость свинцовых белил (см. *Свинцовое отравление*) способствовала тому, что они в настоящее время постепенно выходят из употребления и заменяются другими, менее ядовитыми красками, но равноценными по качеству. Такой краской в настоящее время являются сернокислые свинцовые белила—основной сернокислый свинец. Наилучший по качеству продукт соответствует по видимой формуле $2PbSO_4 \cdot Pb(OH)_2$. Для получения его были предложены различные способы, напр. кипячение сернокислого свинца с раствором основной уксусосвинцовой соли, перемешивание влажной пасты сернокислого свинца с большим или меньшим количеством глета и т. д. Однако получаемые т. о. продукты содержали много сернокислого свинца и не обладали укрывистостью и скоростью высыхания настоящих свинцовых белил. В последнее время для получения сернокислых белил применяют продувание расплавленного свинца струей воздуха и сернистого газа в присутствии газообразного горючего и другие способы. По своим свойствам (высыхаемости, укрывистости, способности реагировать с маслом и т. д.) новые продукты мало уступают углекислым свинцовым белилам и в то же время являются менее ядовитыми, чем последние (по указанию изготовляющих фирм в три раза). Кроме того прочны по отношению к свету, воздуху и атмосферным влияниям, нечувствительны к действию аммиака и паров к-т, но темнеют от сероводорода. В присутствии свободных смоляных к-т, напр. резинатной олифы, подобно углекислым белилам могут вызывать загущение красок. В Америке краску получают непосредственно из руд, напр. свинцового блеска с примесью цинковой обманки. Для этого руду обжигают в высоких шахтных печах и выделяющиеся газообразные продукты (туман) сжигают в особой камере в основной свинцовый сульфат, который собирают в воде и подвергают дальнейшей обработке. В США таким путем было добыто в 1925 г. около 12 000 т сернокислых белил. Продукт отвечает формуле $2PbSO_4 \cdot PbO$ и называется также *сублимированными свинцовыми белилами*. Они имеют сероватый оттенок, хорошо

укрывисты, но в отношении других свойств уступают описанным выше серноокислым белилам. В США для них установлены следующие нормы: содержание грубых частиц 1%, окиси свинца не менее 11% и не более 18%, окиси цинка не более 9%, примесей, включая воду, 1%, остальное—серноокислый свинец.

Белила Паттисона, основной хлористый свинец $PbCl_2 \cdot Pb(OH)_2$, получают при одновременном сливании горячего раствора $PbCl_2$ с избытком раствора извести или путем перемешивания свинцового глета с концентрированным раствором поваренной соли. В настоящее время эта краска не находит самостоятельного применения, но употребляется как полупродукт при получении хромовой желтой (см. *Хромовые краски*). К а с с е л ь с к а я ж е л т а я (веронская желтая, минеральная желтая и др.), основной хлористый свинец, отвечающий ф-ле $PbCl_2 \cdot 7PbO$. Получается сплавлением напр. 10 ч. свинцового глета с 1 ч. нашатыря. Краска светложелтого цвета с красноватым оттенком. Довольно постоянна к свету и атмосферным влияниям. В настоящее время почти совершенно вытеснена хромовой желтой. Не а п о л и т а н с к а я ж е л т а я $PbSb_2O_6$, свинцовая соль сурьмяной к-ты, содержащая нек-рый избыток окиси свинца, в зависимости от содержания которого краска имеет различные оттенки от светложелтого до оранжевого. Получается по способу Бруннера из тонкоизмельченной смеси 1 ч. рвотного камня, 2 ч. азотнокислого свинца и 4 ч. поваренной соли; смесь расплавляется в тигле и через некоторое время выливается для охлаждения на металлич. листы, после чего выщелачивается горячей водой, измельчается, промывается и высушивается. По другому способу краску получают прокаливанием окиси сурьмы со свинцовым глетом. При действии соляной и азотной кислот неаполитанская желтая постепенно обезцвечивается, в щелочах не растворима. По кроющей способности уступает хромовой желтой, но по отношению к действию света является более стойкой. В малярном деле в виду сравнительно дорогой цены употребляется мало, зато находит широкое применение в живописи и декоративной технике как масляная, акварельная, фресковая и фасадная краска, в особенности часто для живописи по стеклу, фарфору, фаянсу и эмали. Не должна содержать примесей железа, олова и цинка, которые придают ей грязный оттенок. Иногда фальсифицируется кассельской желтой, охрой, хромовой желтой и другими более дешевыми желтыми красками. Х р о м о р а н ж е в ы й (оранжевый свинцовый крон) $PbCrO_4 \cdot PbO$ и х р о м к р а с н ы й $PbCrO_4 \cdot Pb(OH)_2$ подобно хромовой желтой представляют ряд красок с постепенным переходом оттенков от темножелтого до оранжевого и красного цвета, в зависимости от содержания в них окиси свинца. О получении, свойствах и применении этих красок см. *Хромовые краски*.

Лит.: ОСТ 380; К и п л и н Д. И. Техника живописи, вып. 1, изд. 2, Л., 1929; М и х а й л о в С. Н., Производство минеральных и земляных красок, П., 1915; Z i m m e r G., Bleiweiß u. a. Bleifarben, Dresden, 1926; Rose F., Die Mineralfarben, Lpz., 1916; W a g n e r H., Die Körperfarben, Stg., 1928; Z e r r G. u. R ü b e n s a m p K., Handbuch d. Farbenfabrikation, 4 Aufl., B., 1930. П. Чернин.

СВИНЦОВЫЕ РУДЫ, минералы и горные породы, содержащие свинец. Свинец, серебро и цинк часто находятся вместе, образуя т. н. серебро-свинцовые, свинцово-цинковые и т. п. месторождения, а в случае примеси меди и золо-

та—т. н. *поллиметаллические руды* (см.). В целом ряде месторождений промышленной ценностью обладают сразу несколько металлов. К С. р. принадлежат следующие минералы:

Название	Химический состав	Процентное содержание Pb
Свинцовый блеск (галенит)	PbS	86,6
Буланжерит	$3PbS \cdot Sb_2S_3$	55,4
Джемсонит	$Pb_3Sb_2S_5$	50,8
Бурнонит	$Sb_2S_3 \cdot CuPb$	42,6
Церуссит (белая свинцовая руда)	$PbCO_3$	77,6
Англезит	$PbSO_4$	68,3
Фосгенит	$(PbCl)_2CO_3$	73,8
Пироморфит	$Pb_3Cl(PO_4)_3$	75,8
Миметезит	$Pb_5CN(AsO_4)_3$	69,6
Крокоит	$PbCrO_4$	64,6
Вульфенит	$PbMoO_4$	55,8

Из этих руд только свинцовый блеск является первичным. Англезит, фосгенит, пироморфит, миметезит, крокоит и вульфенит характерны для зоны окисления; буланжерит, джемсонит и бурнонит—для зоны цементации. К жильным минералам принадлежат кварц, роговик, сидерит и кальцит. Большая часть руд галенита, генетически связанных с изверженными породами, содержит серебро или золото или даже оба эти металла. Характерно нахождение свинца на умеренных глубинах и в месторождениях, образованных холодными растворами в известковых породах: в контактно-метаморфич. месторождениях и в жилах, образовавшихся на значительной глубине, свинец редко встречается в изобилии. Месторождения комплексных руд известны во многих частях земного шара; крупные месторождения с преобладанием свинца над цинком известны только в США, Мексике и Испании. В СССР главнейшие районы свинцовых, серебряных и цинковых месторождений—Алтай, Нерчинский район в Восточно-Сибирском крае, С. Кавказ, Казакстан и Дальневосточный край (Ольгинский район). На зап. склоне Урала в последнее время обследовано свинцово-цинковое месторождение (Верхне-Аршинское месторождение, в долине р. Арши). Запасы колчеданов в нем определялись в конце 1929 г. в 170 000 т, со средним содержанием Pb в 6%. Месторождение это невелико, но вполне промышленное. Алтайские и Нерчинское месторождения в значительной мере принадлежат к полиметаллическим. На Алтае самое крупное месторождение—Ридеровское, обладающее мощными запасами свинца и цинка. По подсчетам некоторых геологов общий запас руд этого месторождения достигает 3 000 000 т (в том числе свинца 250 000 т). Руды крупного промышленного месторождения Тетюхи (Ольгинского района Дальневосточного края) содержат ок. 10% Pb. В полиметаллич. месторождениях Казакстана, в Турланском районе (75 км к С.-В. от Туркестана) запасы свинца (церуссит) составляют приблизительно 150 000 т. В месторождении Кайракты, в сев.-вост. части Казакстана свинец находится в центральной части хребта Кара-Тау (Байджан-сай, Мын-Чабыр и др.); в районе Таласского Алатау (Кара-Каус, Тюлькубай и др.) известны месторождения свинца в тесном сочетании с медью. На С. Кавказе пятилетний план намечает расширение Алагирского свинцово-цинкового з-да во Владикавказе. Годовая производительность его в отношении свинца по проекту должна соста-

Мировая выплавка свинца за период 1923—1929 гг. (в т).

Страны	1923	1924	1925	1926	1927	1928*1	1929**
СССР	307*2	685*2	1 021*2	1 342*2	1 217*2	—	—
Великобритания	6 815	5 888	4 815	4 384	6 100	5 600	10 689
Франция	17 413	18 981	20 540	22 000	25 000	22 911	20 500
Бельгия	51 100	58 320	65 570	61 762	62 000*3	64 786	62 213
Германия	31 900	50 200	70 500	76 600	84 000	123 245*4	97 900*4
Швеция	119	477	723	522	323	—	64
Испания	127 514	141 849	153 576	149 514	144 023	123 063	123 261
Италия	17 131	22 062	24 475	23 590	22 850	21 260	22 665
Греция	4 234	5 106	4 497	5 059	5 250	7 200	8 500
Австрия	4 255	4 984	5 408	6 478	8 100	8 135	6 569
Чехо-Словакия	2 452	2 264	2 212	2 316	2 402	—	—
Югославия	9 261	11 457	10 950	9 809	10 672	—	—
Польша	18 204	20 223	27 410	21 573	21 226	—	—
Канада	45 528	75 660	104 271	121 832	134 800	154 518	144 392
США	524 644	570 031	665 394	674 978	650 180	589 499	624 154
Мексика	150 500	133 900	157 900	167 091	215 801	236 484	248 783
Прочие страны Америки	6 096	8 128	7 824	10 000	14 800	—	—
Тунис	14 292	15 736	13 671	18 382	18 662	—	—
Родезия	11 198	5 999	3 041	3 885	5 313	4 745	1 661
Прочие страны Африки	1 000	1 000	1 000	1 700	2 800	—	—
Турция	1 400	5 104	4 786	6 000	8 300	—	—
Индия	46 799	52 590	48 430	55 201	67 255	79 643	81 521
Япония	2 699	2 940	3 821	5 587	5 000*3	4 000	3 400
Австралия	124 036	130 494	151 183	155 398	167 863	165 842	176 672
Итого . . .	1 218 897	1 343 508	1 553 014	1 604 933	1 638 707	1 675 277	1 755 519

*1 За 1928 и 1929 гг. выплавка других стран, кроме указанных, выражается следующими цифрами: в 1928 г. — 64 000 т, в 1929 г. — 122 489 т; эти цифры, наравне с приведенными в таблице, входят в общий итог. *2 Год, оканчивающийся 30/IX. *3 Предположительная цифра. *4 Включая Верхнюю Силезию.

влять около 4 500 т. Основной минеральной базой этого э-да служит Садонское полиметаллическое месторождение, в котором запасы свинца достигают примерно 52 000 т. В Закавказьи наибольший интерес в отношении свинца (гл. обр. цинка) представляют полиметаллич. жилы восточной части Катар-Кавартского месторождения (группа Шаумяна) и разведываемое сейчас Мехманинское месторождение в Нагорном Карабахе. Можно думать, что в первом из них запасы металлического свинца будут не меньше 2 000 т. Получение концентратов из этих руд предусмотрено введением селекционной флотации. Получение свинца тесно связано с получением серебра; повышение стоимости последнего влечет за собой усиленную разработку свинцовых месторождений. Извлечение свинца из руд производится исключительно плавкой. В СССР главным производителем за последнее время был Сев. Кавказ. Довоенная Россия собственным свинцом удовлетворяла только 3,7% своей потребности (напр. в 1913 г. было получено 1 400 т). Остальное количество ввозилось.

Наиболее крупными месторождениями серебро-свинцово-цинковых руд считаются: в США — Свент-Алене в штате Айдахо (на него падает ок. 1/3 всего добытого в США свинца), месторождения штата Юта и свинцовые месторождения ю.-в. части штата Миссури (последний производит также ок. 1/3 всего свинца в США); месторождения комплексных руд имеются в Канаде, Перу, Мексике, С. Родезии, Австралии (особенную важность имеет месторождение Mount Isa), Британской Индии, Испании, Великобритании и других странах (см. табл.). Ввоз и вывоз руды играет незначительную роль в свинцовой промышленности. Главными странами, потребляющими свинец, являются США (почти полностью удовлетворяющие свою потребность свинцом из собственных руд), Великобритания и Германия. Данные о потреблении, вывозе и ввозе свинца за последние годы приводят к заключению, что в дальнейшем роль США в вывозе свинца

увеличится, т. к. в Европе не найдено значительных свинцовых месторождений.

Лит.: Walch D. F., «The Mineral Industry During 1929», New York, 1930, v. 38; см. также *Полиметаллические руды*. Н. Федоровский.

СВИНЦОВЫЙ БЛЕСК, галенит, минерал, представляющий собой простой сульфид свинца PbS, с теоретич. содержанием свинца 86,6%, серы 13,4%. Тв. 2,5—2,75; уд. в. 7,4—7,6; кристаллизуется в кубич. системе. Цвет—серый с металлич. блеском. Разлагается крепкой азотной к-той. С.б.—основная руда не только на свинец, но и на серебро, примеси к-рого почти всегда содержит (обычно в виде аргенита Ag₂S). Хотя под серебряными рудами обычно понимают различные соединения серебра, но практически главная масса серебра добывается из серебро-содержащего галенита. Продуктами окисления галенита являются англезит, церуссит, пироморфит, крокоит и др. В СССР галенит известен на Кавказе, Урале, Алтае, в Забайкалье, Киргизской степи и нек-рых других местах. С. б. встречается обычно вместе с кварцем, пиритом, халькопиритом и цинковой обманкой. Основной породой м. б. кристаллический сланец или гранит, жильным телом обычно бывает кварц. Об условиях залегания месторождений и данных по добыче см. *Свинцовые руды*.

Лит.: см. *Свинцовые руды*. Н. Федоровский.

СВОБОДНАЯ ПОВЕРХНОСТНАЯ ЭНЕРГИЯ, избыток свободной энергии, заключенный в поверхностном слое на границе двух соприкасающихся фаз, отнесенный к 1 см²; называется иногда *поверхностным натяжением* (см.). Основными величинами, определяющими своеобразные свойства поверхностных слоев как на гладких поверхностях раздела, так и в дисперсных системах, являются: 1) поверхностное натяжение (или удельная свободная поверхностная энергия) σ в эрг/см² = дин/см; 2) адсорбция, определяющая химич. состав поверхностного слоя Γ в мол/см² или $A = \Gamma \cdot S_1$ в мол/г (на г порошка-

адсорбента с удельной поверхностью S_1 см²/г), 3) механич. прочность поверхностного слоя и 4) величины, определяющие электрич. свойства поверхности раздела—поверхностная плотность электрич. заряда (заряд двойного слоя) и скачок потенциала в пограничном слое.

Поверхностное натяжение определяется как работа σ изотермич. и обратимого образования 1 см² данного поверхностного слоя, т. е. как максимальная работа перевода в поверхностный слой необходимого для его образования числа молекул n_1 , из объема граничащих фаз. Из самого определения следует, что σ м. б. легко измеряемо только для жидких поверхностей раздела (жидкость—газ или жидкость 1—жидкость 2), т. е. для поверхностей, образованных фазами, молекулы которых легкоподвижны и потому позволяют провести процесс образования нового поверхностного слоя практически в полне обратимом. Для твердых поверхностей раздела (твердое тело—жидкость или твердое тело—газ) обратимое проведение механч. диспергирования невозможно, и потому σ м. б. измерено обычными прямыми методами, связанными с увеличением поверхности. Поверхностное натяжение твердых тел на границе с окружающей средой—жидкостью или газом, м. б. приблизительно оценено однако работой диспергирования, т. е. работой всегда определенным образом производимого, но необратимого измельчения тела (напр. шлифования, истирания или пропарывания). Такую работу или пропорциональное ей преодолеваемое усилие следует принять за меру твердости твердого тела. Твердость является т. о. мерой поверхностной энергии тела в данных условиях. Обычная шкала твердости дает расположение твердых тел (минералов) в порядке возрастания их поверхностной энергии (см. *Склерометрия, Капиллярные явления и Поверхностное натяжение*). Свободная энергия любого поверхностного слоя возрастает с увеличением различия в интенсивности молекулярных сил соприкасающихся фаз, т. е. с увеличением разности их полярностей, и следовательно изменяется обратно взаимной растворимости обеих фаз, образующих поверхность. σ убывает почти линейно для чистых жидкостей на границе с собственным паром при повышении t° , обращаясь в 0 незадолго до критич. точки, при к-рой полярности обеих фаз выравниваются. При низких t° σ падает с t° , причем для ассоциированных жидкостей кривая несколько выпукла, а для мало ассоциированных—почти линейна, что связано с практич. неизменяемостью полной поверхностной энергии E с T :

$$E = \sigma - T \frac{\partial \sigma}{\partial T} = \sigma + q, \quad \frac{\partial E}{\partial T} = 0,$$

где $q = -T \frac{\partial \sigma}{\partial T}$ изотермич. тепло образования 1 см² слоя. Вблизи же $t^\circ_{крит.}$ кривая, спадая до 0, загибает, касаясь оси абсцисс.

Адсорбция определяется как избыток массы данного компонента системы (растворенного вещества или одного из компонентов газовой смеси) в молях на 1 см² поверхностного слоя. Адсорбция связана с понижением свободной поверхностной энергии того поверхностного слоя, в к-ром адсорбция происходит. Компонент системы, адсорбирующийся и тем понижающий поверхностное натяжение, называется поверхностно-активным. За меру поверхностной активности удобно принять вели-

чину G , выражающуюся следующей формулой:

$$G = -\frac{\partial \sigma}{\partial c} = f(c, T)$$

в эрг см⁻²/мол л⁻¹, зависящую от концентрации в одной из фаз, образующих поверхность, и от t° . Для определенности мерой поверхностной активности данного реагента удобно считать максимальное значение $G = G_{max}$, обычно достигаемое при концентрации $c = 0$ или при весьма малых концентрациях. Количественная связь между поверхностной активностью и адсорбцией дается ур-ием Гиббса

$$-\frac{\partial \sigma}{\partial \mu} = \Gamma \quad \text{или} \quad -\frac{\partial \sigma}{\partial c} = \Gamma \cdot \frac{\partial \mu}{\partial c};$$

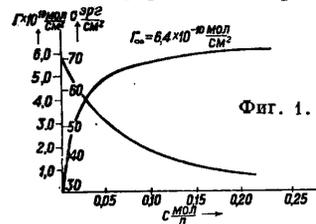
но химич. потенциал $\mu = RT \ln a + \mu_0$, где a —термодинамич. активность адсорбирующегося вещества в растворе $a = fc$; f —коэф. активности; для идеально разбавленных растворов $f = 1$; при $c \rightarrow 0$, $f \rightarrow 1$, $a = c$; итак, в общем случае $-\frac{\partial \sigma}{\partial \ln a} \frac{1}{RT} = \Gamma$

или $\frac{\partial \Delta \sigma}{\partial \ln a} \frac{1}{RT} = \Gamma$, где $\Delta \sigma = \sigma_0 - \sigma$ —понижение σ , вызванное адсорбцией. Вводя вместо $\Gamma A = \frac{1}{\Gamma \cdot N}$, площадь, занятую 1 молекулой в адсорбционном слое, имеем: $kT \frac{\partial \ln a}{\partial \Delta \sigma} = A$, где $k = \frac{R}{N}$, $\Delta \sigma = F$ иногда называется двумерным давлением адсорбционного слоя. Для слабых растворов из условия $a \rightarrow c$ (при $c \rightarrow 0$): $-\frac{c}{RT} \frac{\partial \sigma}{\partial c} = \Gamma$ или $\Gamma = \frac{1}{RT} (c \cdot G)$. Полагая в области разреженных адсорбционных слоев $G = \frac{\Delta \sigma}{c} = \frac{F}{c}$, находим: $\Gamma = \frac{\Delta \sigma}{RT}$ или $F \cdot A = kT$ —уравнение состояния адсорбционного слоя, аналогичное ур-ию Клапейрона $pv = kT$ (здесь $v = \frac{V}{N}$, где V —объем 1 моля газа). В этом уравнении F играет роль двумерного давления, а само ур-ие может рассматриваться как ур-ие состояния двумерного газа.

Как это показано классич. исследованиями Гарди, Лангмуира и Гаркинса, адсорбция всегда связана с ориентацией адсорбирующихся молекул в пограничном слое. Поэтому типично поверхностно-активными являются вещества с полярными молекулами резко выраженной ассиметрич. структуры типа @-b, где a —полярная группа (ОН, NH₂, COOH, CSSH и др.), а b —неполярная часть молекулы (напр. углеводородная цепь)—CH₂—CH₂—CH₂—...—CH₃. Такие ассиметричные молекулы ориентируются в пограничном слое, а следовательно и адсорбируются тем сильнее, чем больше разность полярностей обеих соприкасающихся фаз, причем адсорбция сопровождается уравниванием этой разности полярностей в пограничном слое, происходя поэтому обычно только тогда, когда полярность адсорбирующегося вещества лежит между полярностями обеих фаз системы. Этим правилом уравнивания полярностей и объясняется то обстоятельство, что из водных растворов на поверхности «раствор—воздух» или «раствор—пар» адсорбируются поверхностно-активные растворенные вещества, полярность к-рых в чистом состоянии меньше полярности воды. Из газовых же сред на твердых адсорбентах адсорбируются, наоборот, наиболее полярные компоненты газовой смеси, т. к. твердые тела всегда полярнее окружающей их газовой среды.

Дифференциальное ур-ие Гиббса связывает друг с другом две кривые: изотерму поверх-

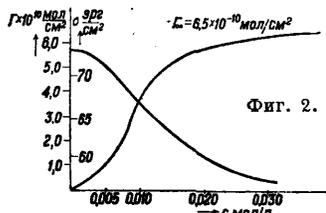
ностного натяжения $\sigma = f(c)_T$ и изотерму адсорбции $\Gamma = F(c)_T$ (см. фиг. 1—2, на к-рых представлена форма этих кривых). Начальная, резко изменяющаяся часть кривой при малых c соответствует поверхности, еще далеко не насыщенному адсорбирующимися молекулами («газообразному слою» адсорбционному слою).



Фиг. 1.

Эта часть кривых почти линейна—адсорбция растет пропорционально концентрации, и ориентация молекул (осями нормально к поверхности) начинает проявляться только к концу этого интервала. При больших c все больше насыщается с достижением предельной ориентации и принимает характер двумерной кристаллической «твердой» пленки. При этом достигается предел адсорбции Γ_∞ , соответствующий минимальной площади S_∞ , занимаемой каждой адсорбирующейся молекулой; при этом $S_\infty = \frac{1}{\Gamma_\infty N}$ (в см^2 на одну молекулу).

Величина предела Γ_∞ и площади S_∞ зависит в основном лишь от природы полярной группы ориентированной молекулы a , т. к. только эта группа занимает место в поверхностном слое. В качестве иллюстрации независимости Γ_∞ от природы поверхности раздела приводятся результаты тщательных измерений (табл. 1), выполненных А. Б. Таубманом [2], над адсорбцией толуидина на разных жидких поверхностях раздела по методу измерения поверхностной активности.



Фиг. 2.

Величина предела Γ_∞ от природы поверхности раздела приводятся результаты тщательных измерений (табл. 1), выполненных А. Б. Таубманом [2], над адсорбцией толуидина на разных жидких поверхностях раздела по методу измерения поверхностной активности.

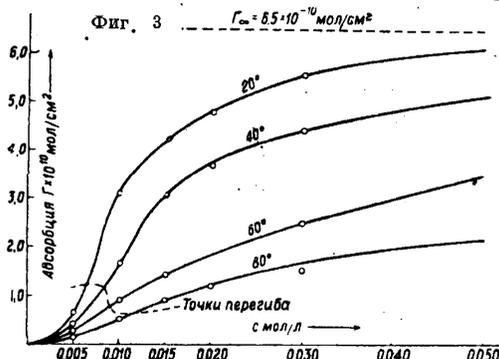
Табл. 1.—Адсорбционные константы толуидина на разных поверхностях раздела.

Символ величины	Вода—бензол	Вода—гексан	Вода—воздух [пар]
Γ_∞ , мол/см ²	$6,4 \cdot 10^{-10}$	$6,3 \cdot 10^{-10}$	$6,5 \cdot 10^{-10}$
S_∞ , см ² /мол	$25,8 \cdot 10^{-16}$	$26,2 \cdot 10^{-16}$	$25,4 \cdot 10^{-16}$
δ , (длина молекулы); см	$6,8 \cdot 10^{-8}$	$6,5 \cdot 10^{-8}$	$6,7 \cdot 10^{-8}$

Понижающее влияние t° особенно сильно на «газообразные» ненасыщенные адсорбционные слои. С насыщением же слоя влияние t° становится все меньшим и адсорбционный предел не зависит от t° (Ребиндер), хотя он и достигается при тем больших равновесных концентрациях, чем выше t° опыта (фиг. 3) [1]. В водных растворах поверхностно-инактивных веществ, повышающих поверхностное натяжение чистой воды (для к-рых $\frac{\partial \sigma}{\partial c} > 0$, $G < 0$, $\Gamma < 0$ —отрицательная адсорбция), поверхностно-активным веществом является сама вода, адсорбирующаяся в поверхностный слой. Поэтому такие достаточно разведенные растворы, т. е. растворы с большим содержанием воды (слабые растворы минеральных солей, напр. KCl, AgNO₃ и др.), покрыты на поверхности мономолекулярной адсорбционной пленкой ориентированных молекул

воды H_2O ; толщина такого слоя δ = диаметру

молекулы = $3,5 \cdot 10^{-8}$ см. При неполном насыщении адсорбционного слоя адсорбция Γ убывает с T (дезориентирующее действие теплового движения, фиг. 3). С повышением T адсорбционный предел Γ_∞ достигается поэтому при все более высоких концентрациях (a растет, см. далее), но величина Γ_∞ (т. е. S_∞) при этом не изменяется. Эти обстоятельства и объясняют ха-

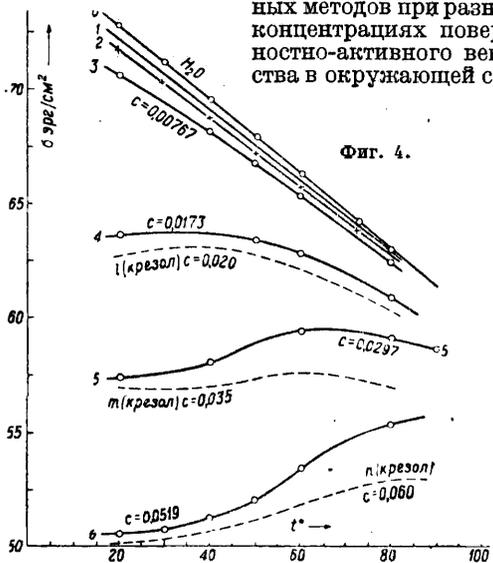


Фиг. 3

рактерные особенности изменения σ растворов поверхностно-активных веществ по сравнению с чистыми жидкостями $\sigma = \sigma_0 - \Delta\sigma$, где $\Delta\sigma$ обусловлено образованием адсорбционного слоя: $\Delta\sigma =$

$$= RT \int_0^c \frac{\Gamma}{c} dc; \sigma_0 \text{ приблизительно линейно падает}$$

с t° , $\Delta\sigma$ же вследствие падения Γ с t° может и возрасти с t° . Поэтому кривые $\sigma = \Phi(t)$, несколько загнутся вверх и в случае поверхностно-активных веществ (особенно для ароматических фенолов, аминов) дают при средних концентрациях аномальное повышение σ с t° вместо нормального понижения [1] (фиг. 4 и табл. 2). Для жидких поверхностей раздела поверхностное натяжение σ м. б. измерено одним из известных методов при разных концентрациях поверхностно-активного вещества в окружающей сре-



Фиг. 4.

де, что позволяет по кривой $\sigma = f(c)$ вычислить адсорбционную изотерму, т. е. определить при разных концентрациях адсорбцию на 1 см² жидкой, т. е. «идеально гладкой», поверхности раздела (вода—воздух, пар, вода—органические жидкости, вода—ртуть). Такое вычисление удобнее всего производить одним из графических методов, напр. строя к заданным точкам

изотермы $\sigma(c)$ касательные и измеряя отрезки, отсекаемые ими на оси ординат от точки пересечения с той же осью горизонтали, проведенной через заданную точку (см. далее фиг. 7). Длина такого отрезка ζ и дает величину cG , пропорциональную адсорбции $\Gamma = \frac{1}{RT} cG$

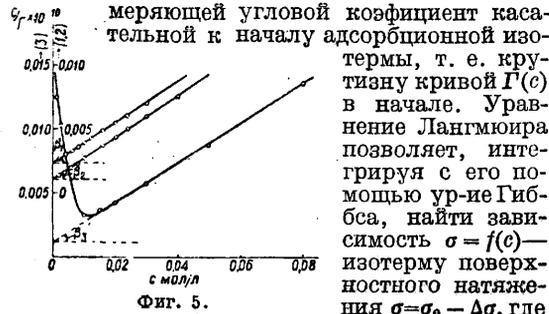
$$\frac{\zeta}{c} = \operatorname{tg} \psi = G = -\frac{\partial \sigma}{\partial c}, \quad \zeta = cG.$$

Полученные значения Γ_0 дают адсорбционную изотерму. В том простейшем случае, когда кривые $\sigma(c)$ и $\Gamma(c)$ имеют постоянный знак кривизны на всем интервале концентраций [кривая $\sigma(c)$ —выпуклая, а кривая $\Gamma(c)$ —вогнута к оси абсцисс], обычно справедливо простейшее уравнение изотермы адсорбции Лангмюра—Райхинштейна:

$$\Gamma = \Gamma_{\infty} \frac{c}{c+a}, \quad \Gamma = \Gamma_{\infty} \frac{ac}{ac+1}.$$

Здесь Γ_{∞} —адсорбционный предел, т. е. значение $\lim_{c \rightarrow \infty} \Gamma$, а a —величина, являющаяся обрат-

ной адсорбционной активности $a: a = \frac{1}{a}$, измеряющей угловой коэффициент касательной к началу адсорбционной изотермы, т. е. крутизну кривой $\Gamma(c)$ в начале. Уравнение Лангмюра позволяет, интегрируя с его помощью ур-ие Гиббса, найти зависимость $\sigma = f(c)$ —изотерму поверхностного натяжения $\sigma = \sigma_0 - \Delta\sigma$, где



Фиг. 5.

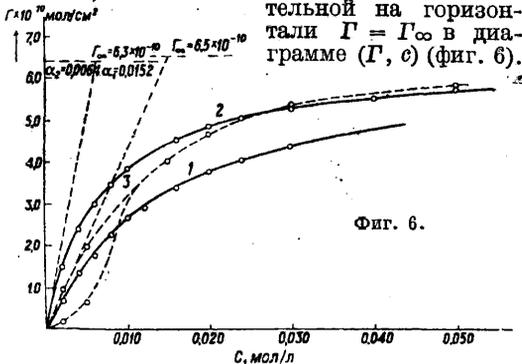
$\Delta\sigma = RT\Gamma_{\infty} \ln\left(\frac{c}{a} + 1\right)$ —ур-ие Шипковского. Для определения константы Γ_{∞} удобно наносить значения Γ в диаграмме $\left(\frac{c}{\Gamma}, c\right)$ (фиг. 5). В случае справедливости изотермы Лангмюра, изотерма на такой диаграмме представится прямой линией

$$\frac{c}{\Gamma} = \frac{a}{\Gamma_{\infty}} + \frac{1}{\Gamma_{\infty}} \cdot c,$$

по углу наклона к-рой легко определяется Γ_{∞} :

$$\frac{1}{\Gamma_{\infty}} = \operatorname{tg} \beta, \quad \Gamma_{\infty} = \operatorname{ctg} \beta.$$

Вторая же константа ур-ия a определяется проще всего длиной отрезка, отсекаемого касательной на горизонтали $\Gamma = \Gamma_{\infty}$ в диаграмме (Γ, c) (фиг. 6).



Фиг. 6.

Для твердых же поверхностей раздела σ не м. б. определено непосредственным опытом, а потому в этих случаях адсорбция не вычисляется указанными методами, а измеряется обычно

Табл. 2.—С. п. в. растворов *p*-толуидина $\text{C}_6\text{H}_4\text{NH}_2$ на разных поверхностях раздела.

а) Поверхность раздела «водный раствор—воздух» $\sigma_{12} = f(c)$ при разных t°					
c	20°	40°	50°	60°	80°
0	72,75	69,55	—	66,25	62,85
0,00096	72,52	69,43	—	66,20	62,80
0,00192	72,42	69,02	—	66,13	62,80
0,00382	71,78	68,50	67,03	—	62,50
0,00767	70,70	68,10	66,62	65,45	—
0,0173	63,70	63,62	63,38	62,18	60,82
0,0297	57,46	57,99	58,95	59,32	59,00
0,0519	50,56	51,27	52,04	53,38	55,28
0,0578	48,30	—	—	—	—

б) Поверхность раздела «водный раствор—бензолная фаза»		
c мол/л в воде	c_2 мол/л в бензоле	σ_{12} эрг/см ²
0	0	35,0
0,0041	0,1400	31,8
0,0096	0,3100	27,5
0,0110	0,5570	26,5
0,0131	0,7362	24,6
0,0148	0,7202	23,6
0,0187	0,9510	22,1
0,0275	1,3510	20,6

в) Поверхность раздела «водный раствор—гексановая фаза»		
c мол/л в воде	c_2 мол/л в гексане	σ_{12} эрг/см ²
0	0	48,5
0,0050	—	39,6
0,0121	0,0415	32,5
0,0160	0,0723	31,4
0,0207	0,1143	25,7
0,0340	0,1400	22,6
0,0392	0,2260	20,8

Табл. 3.—Поверхностная активность $G = -\frac{\partial \sigma}{\partial c}$ и адсорбция $\Gamma = \frac{1}{RT} (cG)$ толуидина на поверхности раздела «водный раствор—гексановая фаза» при разных концентрациях ($T = 293,2^\circ$ со стороны водной фазы).

c_1	G	cG	$\Gamma_{12} \cdot 10^{10}$ экспер.	$\Gamma_{12} = \Gamma_{\infty} \frac{c}{c+a}$ $a = 0,0064$
0,002	1725	3,4	1,4	1,50
0,004	1550	6,2	2,5	2,42
0,006	1250	7,5	3,1	3,01
0,008	1050	8,4	3,4	3,50
0,010	900	9,0	3,7	3,84
0,016	640	10,2	4,2	4,50
0,020	525	10,5	4,3	4,77
0,024	460	11,1	4,6	4,95
0,030	400	12,0	4,9	5,20
0,040	325	13,0	5,3	5,43
0,050	270	13,5	5,5	5,58

(Γ_{12})₀ = 6,3 · 10⁻¹⁰ мол/см².

непосредственно по изменению концентрации адсорбирующегося компонента в окружающей среде в результате адсорбции (табл. 3—5). Для таких измерений требуется значительная поверхность раздела, достигаемая измельчением твердого тела в порошок; при этом остается неизвестной величина действующей поверхности S и потому на опыте определяется не Γ , а адсорбция на 1 г адсорбента, образующего поверхность раздела S_1 с окружающей средой: $A = \Gamma \cdot S_1$ (фиг. 7), на которой представлена

Табл. 4. — Адсорбция *i*-амилового спирта $C_6H_{11}OH$ на границе «водный раствор—воздух».

с мол/л	cG	$\Gamma = \frac{1}{RT} cG$ мол/см ² · 10 ¹⁰	$\left(\frac{c}{\Gamma}\right) \cdot 10^{-7}$ экспер.	$\left(\frac{c}{\Gamma}\right) \cdot 10^{-7}$ вычислен.
0,065	5,4	2,2	2,3	2,3
0,010	8,2	3,4	3,0	3,0
0,020	10,6	4,4	4,5	5,5
0,030	11,8	4,8	6,2	6,7
0,040	12,0	4,9	8,1	8,1
0,100	12,2	5,0	20,0	19,0
0,150	12,8	5,2	28,0	28,0
0,200	13,2	5,4	36,0	36,2

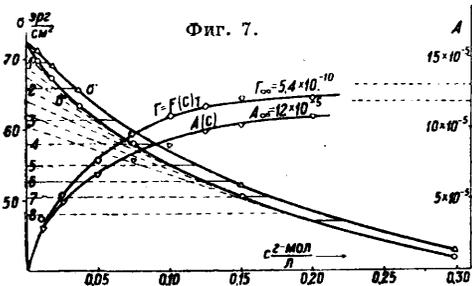
$\Gamma_{\infty} = 5,8 \cdot 10^{-10}$ мол/см².

Табл. 5. — Адсорбция *p*-толуидина на границе «водный раствор—воздух».

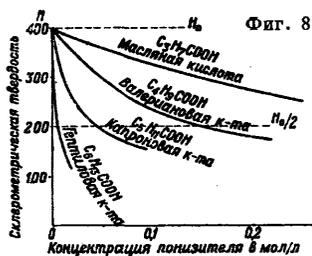
с	20°	40°	60°	80°
	$\Gamma \cdot 10^{10}$	$\Gamma \cdot 10^{10}$	$\Gamma \cdot 10^{10}$	$\Gamma \cdot 10^{10}$
0,001	0,08	0,04	0,02	0,01
0,002	0,15	0,10	0,07	0,02
0,005	0,26	0,17	0,12	0,17
0,010	0,38	0,25	0,18	0,31
0,015	4,02	3,03	1,44	0,89
0,020	4,72	3,65	1,63	1,19
0,030	5,25	4,34	2,45	1,53
0,050	5,66	5,30	4,51	2,15
0,080	5,91	—	—	—

Общий предел адсорбции $\Gamma_{\infty} = 6,5 \cdot 10^{-10}$.
 $S_{\infty} = 25,4 \cdot 10^{-16}$ см²/мол.

адсорбция *n*-бутилового спирта графитом из водного раствора: $A = f(c)$, $A(c)$ и σ'' для курейского графита (4 г); верхняя кривая $\Gamma = F(c)T$. При адсорбции поверхностью твердого тела



поверхностно-активные вещества вызывают также понижение свободной поверхностной энергии соответствующей поверхности, что выражается в данном случае понижением ее твердости (в смысле, указанном выше) [3].

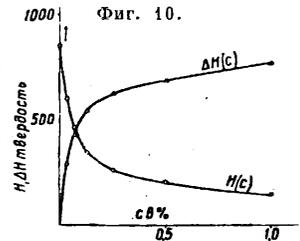
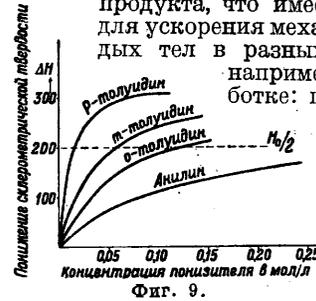


Непосредствен. измерения показывают [3], что твердость при адсорбции действительно убывает по кривой, идущей вполне параллельно адсорбцион. изотерме, и достигает минимальн. значения при насыщении адсорбционного слоя. Для твердых тел понижение поверхностной твердости (поверхностной энергии)

означает понижение работы, затрачиваемой на механическое диспергирование и увеличение степени дисперсности получаемого при этом продукта, что имеет большое значение для ускорения механич. обработки твердых тел в разных областях техники, например при металлообработке: шлифовании, сверлении, при шлифовании оптич. стекла, помоле в шаровых и коллоидных мельницах и бурении. Действие существующих в технике обработки металлов и стекла эмпирич. рецептур, так называемых смазывающих или охлаждающих жидкостей, сводится к адсорбционному понижению твердости, и эти рецептуры представляют собой растворы поверхностно-активных веществ в неполярных минеральных маслах или в воде. В качестве иллюстрации адсорбционного понижения твердости можно привести фиг. 8, 9 и 10: для мрамора в водных растворах жирных кислот и аминов (фиг. 8 и 9) и для флуорита (CaF₂, грань спайности, фиг. 10) в водных растворах мыла (олеата Na).

Измерение поверхностной активности и свободной поверхностной энергии (см. Поверхностное натяжение) в особенности на границе двух антиполярных жидкостей (вода—углеводород) может с успехом применяться как чувствительный метод физико-химического анализа в различных областях техники. В качестве примера можно привести метод определения содержания полярных примесей, т. е. кислородных, сернистых и азотистых соединений, а также непредельных углеводородов в нефтепродуктах. Для этого следует измерять при 20° поверхностное натяжение данного нефтепродукта (или для вязких битумов и минеральных масел его раствора в очищенном неполярном керосине) на границе с водными растворами щелочи различных концентраций от 0 (чистая вода) до 0,001 N—0,01 N NaOH.

При этом σ_{12} очень чувствительно к малейшим следам полярных примесей. В случае же наличия амфипатных полярных веществ (нафтеновых, оксифеновых к-т) σ_{12} резко падает с увеличением концентрации щелочи, т. е. с образованием соответствующих мыл, адсорбирующихся на границе раздела из водной фазы. На границе с чистой водой, смеси предельных углеводородов практически независимо от числа углеродных атомов в цепи дают $\sigma_{12} = 50—52$ эрг/см². Таковы значения для парафинового масла, высоко очищенных бензинов и керосинов, а также индивидуальных углеводородов (гексана, гептана). При подщелачивании воды значения σ_{12} для этих жидкостей остаются неизменными и получают горизонтальные прямые в диаграмме (σ_{12} , c_{NaOH}). Бензол, толуол и смеси непредельных углеводородов (нафтенных, полиметиленов или олефинов) дают тоже горизонтальные прямые, но лежащие значи-



тельно ниже первых. Самое низкое значение получается для бензола: $\sigma_{12} = 35$ эрг/см².

С чрезвычайно высоко развитой удельной поверхностью дисперсных систем и наличием избытка свободной энергии, адсорбционных и электрич. явлений [4] в поверхностных слоях у междофазных поверхностей, связан целый ряд физико-химич. величин специфичных именно для дисперсных систем и коллоидных растворов (см. *Электроосмос и Электрофорез, Коллоиды*). Из них здесь отмечаются лишь те величины, к-рые, будучи весьма тесно связаны со свободной поверхностной энергией, м. б. уже приписаны к вполне строго определяемым физико-химич. величинам. 1) Работа сцепления или с обратным знаком—работа разрыва, дающая изотермич. работу разрыва тела с поперечным сечением в 1 см². Для жидкостей, где соответствующий процесс можно представить себе идущим обратно, эта работа равна

$$W_1 = 2\sigma_1 \text{ (для жидкости 1)}$$

и

$$W_2 = 2\sigma_2 \text{ (для жидкости 2),}$$

и т. о. прямо находится из значения поверхностного натяжения; 2) работа растекания $W' = \sigma_{12} + \sigma_1 - \sigma_2$ жидкости 1 по жидкости 2, и 3) работа прилипания $W_{12} = \sigma_1 + \sigma_2 - \sigma_{12}$ при этом $W_{12} = W_1 - W'$; 4) смачиваемость данной поверхности (большей частью—поверхности твердого тела) либо на границе «жидкость—воздух» либо на границе двух антиполярных жидкостей (вода—углеводород) $B = \cos \theta$ (см. *Смачивание*). При этом угол, образуемый жидкой поверхностью раздела с поверхностью твердого тела вдоль периметра смачивания, т. е. вдоль границ соприкосновения трех фаз (1, 2, 3 участвующих в процессе), называется краевым углом, или углом смачивания, θ . Смачивание же, или смачиваемость, может быть удобно определено величиною B . Для границы твердое тело (3) | жидкость (1) (причем жидкости 1 и 2 должны иметь возможно большую разность полярностей, как напр. в случае вода 1—углеводород 2) величина B может быть названа и з б и р а т е л ь н ы м с м а ч и в а н и е м. Смачиваемость связана с тремя поверхностными натяжениями на соприкасающихся по периметру смачивания поверхностях раздела простым соотношением (закон Юнга-Лапласа-Неймана):

$$B = \frac{\sigma_{23} - \sigma_{13}}{\sigma_{12}}$$

Тогда как смачиваемость на границе твердое тело | воздух | жидкость не может служить для характеристики чистой поверхности твердого тела (так напр., все минеральные поверхности дают при смачивании в отдельности и водой и неполярными жидкостями—бензолом— $\theta \approx 0^\circ$, т. е. $B \approx +1$), избирательное смачивание позволяет разделить все поверхности на 2 группы: а) гидрофильные, для к-рых $\sigma_{22} > \sigma_{13}$ и $0 < B \leq +1$ избирательно-смачиваемые водой и б) гидрофобные—избирательно водой несмачиваемые; для них $\sigma_{23} < \sigma_{13}$ и $0 > B \geq -1$. Промежуточный случай $B = 0$, $\theta = 90^\circ$ отвечает безразличному смачиванию. К а) относятся типично гетерополярные кристаллы (окислы, сульфаты, карбонаты), гидрофильные коллоиды типа желатины, стекло и др. К б)—сульфиды, сера, графит, угли, гомеополярные органич. соединения, олеофильные коллоиды типа каучука. Металлы являются промежуточными телами;

обычно они покрыты тонкой пленкой поверхностного окисла (платина) и потому оказываются гидрофильными. Экспериментально было показано на обширном материале [5], что с введением в систему поверхностно-активного адсорбирующегося вещества абсолютная величина B всегда убывает, причем B меняет знак (инверсия смачивания); гидрофильные тела становятся при адсорбции полярных ориентирующихся молекул гидрофобными, так как в наружную среду обращены при этом углеводородные цепи адсорбированных молекул. Обратная ориентация при адсорбции на первоначально гидрофобной поверхности вызывает обратное изменение. Т. о. всегда

$$\left(\frac{\partial B}{\partial c} \cdot B_0\right) < 0.$$

Измерения B можно производить, помещая каплю одной из двух жидкостей 1 или 2 на твердую поверхность 3, предварительно смоченную другой жидкостью 2 или 1. В зависимости от порядка смачивания получаются два значения B_{12} и B_{21} , причем только в случае идеально гладких, чистых поверхностей

$$B_{12} = B_{21} = B_i = \frac{\sigma_{23} - \sigma_{13}}{\sigma_{12}}$$

При образовании же адсорбционного слоя ориентированных молекул на твердой поверхности абсолютное значение разности $B_{12} - B_{21}$ возрастает (знак ее определяется знаком B_0) по адсорбционной изотерме. Разность $B_{12} - B_{21}$ (статич. гистерезис смачивания) обусловлена наличием статич. трения вдоль периметра растекающейся капли; в обоих случаях B_{12} и B_{21} это трение различно. Гистерезис B сильно понижает точность и воспроизводимость измерений, особенно в случае не вполне гладких поверхностей. В случае смачивания на границе трех жидких фаз (или жидкости 1—жидкости 2—газ 3) гистерезис отсутствует вовсе вследствие идеальной молекулярной гладкости поверхности и полной подвижности периметра капли [2].

Лит.: 1) Rehbinder P. «Ztschr. f. phys. Chemie», Lpz., 1924, В. 111, p. 447; *ibid.*, 1926, В. 121, p. 103; 2) Taubmann A., *ibid.*, Lpz., 1932, В. А 161, i—2, p. 129, 141; 3) Rehbinder P., «Ztschr. f. Physik», В., 1931, В. 72, 3—4, p. 191; 4) Frumkin A., «Ztschr. f. phys. Chemie», Lpz., 1924, В. 109, p. 34; *ibid.*, 1925, В. 116, p. 485; *ibid.*, 1926, В. 123, p. 321; Frumkin A., «Ergebn. d. exakt. Naturwissensch., В., 1928, В. 7, p. 235; 5) Ребиндер П., «Журнал физич. химии», М., 1930, т. 4, вып. 4/5, стр. 533; Таубман А., там же, стр. 553; Липец М. Е. и Римская М. М., «Цветные металлы», М.—Л., 1931, 5, 8; Талмуд Д., «Журнал физ. химии», М., 1931, т. 2, стр. 744.—Freundlich H., *Kapillarchemie*, 4 Aufl., В. 1—2, Lpz., 1930—32; Rehbinder P., «Biochem. Ztschr., В., 1927, В. 181, p. 19; Rehbinder P. u. Taubmann A., «Ztschr. f. phys. Chemie», Lpz., 1930, В. 147, p. 120; Fuchs N., «Kolloid. Ztschr., Lpz., 1930, В. 52; Langmuir J., «Journ. of the Amer. Chem. Soc.», Wash., 1917, v. 39, p. 1048; Harkins W., *ibid.*, 1917, v. 39, p. 354, 541; *ibid.*, 1919, v. 41, p. 970; *ibid.*, 1920, v. 42, p. 700; Talmud D., «Ztschr. f. phys. Chemie», Lpz., 1931, В. А 156, p. 237; *ibid.*, 1930, В. 151, p. 401.

СВОБОДНАЯ ЭНЕРГИЯ, часть внутренней энергии тела или системы тел, целиком превращающаяся в работу при изотермических обратимых процессах. С. э. является термодинамич. ф-ией F состояния системы, вид которой легко определяется из общего выражения 1-го и 2-го начал термодинамики (см.):

$$T dS \geq dU + dA \quad (dA = p dv).$$

Для изотермич. процессов: $T = \text{Const}$ и

$$dA - p dv \leq -dF_T, \quad F = U - TS = f(v, T),$$

т. е.

$$-\frac{\partial F}{\partial v} = p, \quad -\frac{\partial F}{\partial T} = S \quad \text{и} \quad U = F - T \frac{\partial F}{\partial T}, \quad U = F + TS$$

(ур-ие Гиббса-Гельмгольца). Физич. смысл понятий С. э. и связанная энергия $G = TS$ был дан Гельмгольцем (1881 г.). С. э., как наиболее простой вид термодинамич. потенциала, определяющего равновесие и условия возможности (необратимости) процессов при $T = \text{Const}$, $v = \text{Const}$, $dF_T = 0$, $dF_T < 0$, была введена Массье (1869 г.) и затем подробно рассмотрена Дж. В. Гиббсом (1873—76 гг.) (см. *Потенциал* термодинамический). С. э. является внутренним изотермич. потенциалом и определяет условия равновесия любой сложной системы при $T = \text{Const}$ ур-ием $dF = 0$. Из условия возможности процессов в такой системе $dF < 0$ следует, что устойчивому равновесию отвечает минимум С. э.:

$$F = \min, \quad \frac{\partial F}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} > 0.$$

В обратимых изотермических процессах внешняя работа, совершаемая системой, в точности равна убыли С. э.:

$$dA_m = -dF_T.$$

Эта работа—наибольшая и называется максимальной работой dA_m . При любом другом процессе перехода системы между двумя данными состояниями—начальным 1 и конечным 2, т. е. при любом неизотермическом или необратимом процессе, работа A_n всегда меньше A_m .

$$A_{12} \leq A_m = -(F_2 - F_1)_T.$$

С. э. любого тела м. б. представлена в виде

$$F(T, v) = F_0 + \psi(T) - \int p dv.$$

Зная вид этой ф-ии, можно найти уравнение состояния, т. к.

$$p = \varphi(v, T) = -\frac{\partial F}{\partial v}.$$

Для идеального газа находим:

$$F(T, v) = F_0 + c_p T(1 - \ln T) - RT \ln v.$$

По 3-му началу термодинамики—тепловому принципу Нернста—для конденсированных систем, т. е. систем, состояние к-рых практически определяется одной лишь T , постоянная интегрирования F_0 —начальное значение F при абсолютном нуле—равно U_0 и

$$\left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_0 = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_0 = 0.$$

С. э. или максимальной работой обратимой химической реакции

$$n_a A + n_b B + \dots + \mp n_A A + n_B B + \dots$$

называется изменением С. э. (или вообще термодинамич. потенциала) при этой реакции:

$$A_m = -\Delta F = \sum n_a \mu_a - \sum n_A \mu_A.$$

Здесь μ —химич. потенциал данного реагента ($\mu_a = \frac{\partial F}{\partial m}$), т. е. прирост С. э. системы при увеличении числа молей данного реагента m на 1 без изменения концентрации. При вычислении A_m условно полагают концентрации всех реагентов равными единице. Если при этом $A_m > 0$, реакция пойдет при $T = \text{Const}$ и $v = \text{Const}$ слева направо; при $A_m < 0$ произойдет обратное. Когда при этом все концентрации, изменившись, достигнут равновесных значений, то удовлетворится условие динамич. равновесия при химич. реакции $A_m = 0$ (см. *Равновесие*).

Строго говоря, поверхностный слой каждого тела обладает иным запасом С. э., нежели соответствующая часть того же тела, взятая внутри его объема, что обусловлено особым состоянием

молекул у поверхности раздела, вследствие различия в интенсивности молекулярных сил в обеих граничащих фазах (см. *Поверхностное натяжение*, *Полярность*). Избыток С. э., приходящийся на 1 см² поверхности раздела двух фаз, называется удельной свободной поверхностной энергией σ_{12} , или поверхностным натяжением данного пограничного слоя. Поэтому вообще для всякой двухфазной системы имеем не $F = F_1 + F_2$, а $F = F_1 + F_2 + F_{12}$, где $F_{12} = \sigma_{12} \cdot S$ (Дюгем, Гиббс). Для двухфазных систем с сильно развитой поверхностью раздела (дисперсных систем, напр. эмульсий, туманов и др.) дополнительный член $\sigma_{12} \cdot S$ м. б. весьма велик, чем и определяется их особые свойства (см. *Эмульсии*, *Капиллярные явления*). Если, в случае многокомпонентной системы, состав пограничного слоя отличается от состава прилегающих объемных частей фаз, то

$$F_{12} = \sigma_{12} \cdot S + \mu \Gamma S;$$

при этом сгущение или *адсорбция* (см.) $\Gamma = m_g - m_v$ моль/см² будет иметь место для тех компонентов, к-рые своим нахождением в пограничном слое понижают избыток С. э., т. е. понижают σ_{12} . Адсорбция Γ связана с вызываемым ею понижением поверхностного натяжения ур-ием Гиббса:

$$\frac{\partial \sigma}{\partial \mu} = \Gamma$$

или для малых концентраций

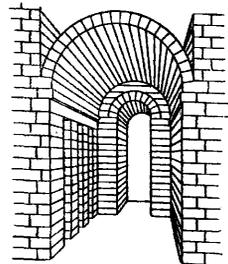
$$\mu = RT \ln c + \mu_0, \quad -\frac{c}{RT} \cdot \frac{\partial \sigma}{\partial c} = \Gamma(c, T),$$

являющимся основным законом теории адсорбционных явлений. См. *Свободная поверхностная энергия*.

Лит.: Планк М., Термодинамика, Л.—М., 1925; Брандт А. А., Основания термодинамики, 4 изд., ч. 1—2, М.—П., 1923; Богуславский С. А., Основания молекулярной физики и применение статистики к вычислению термод. потенциалов, «Научные известия», Физика, сборн. 3, М., 1922, стр. 1—93; Вознесенский С. А. и Ребиндер П. А., Руководство к лабораторным работам по физич. химии, М.—Л., 1928; Lewis G. A. Randall M., Thermodynamics, a the Free Energy of Chemical Substances, N. Y., 1923; Gibbs J. W., «Scientific Papers», London, 1906; Duhem P., Traité d'Énergétique ou de thermodynamique générale, т. 1—2, Paris, 1911; Massieu, «CR», 1869, т. 69, p. 858, 1057; «Le journal de physique et de radium», Paris, 1877, т. 6, p. 216; Helmholtz H., Abhandlungen zur Thermodynamik, Ostwalds Klassiker d. exakten Wissenschaft, 142, Lpz., 1921.

П. Ребиндер.

СВОДЫ, такие конструкции, перекрывающие пространства между стенами или столбами (фиг. 1), при к-рых в отличие от балочных перекрытий возникает распор. В настоящее время кирпичные и каменные С. в гражданских сооружениях почти не применяются, за исключением перекрытий над подвалами специального назначения (погребов). Теперь вместо трудоемких кирпичных и вообще каменных С. устраивают более легкие и целесообразно сконструированные бетонные и железобетонные пологие сводыки, а б. ч. даже совсем плоские перекрытия. В настоящей



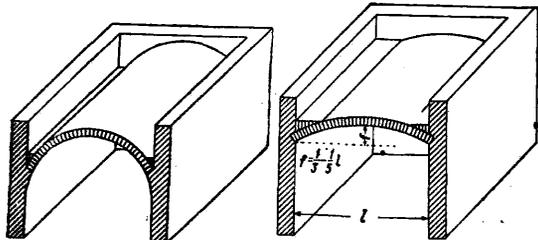
Фиг. 1.

статье между прочим даются самые краткие общие сведения о кирпичных С., чтобы иметь представление о них, т. е. уметь разбирать их при сломках старинных зданий.

Формы С. По форме С. можно подразделить на 2 основные группы: цилиндрич. и сферич. К первой группе относятся: цилиндрич. полные

и пологие, крестовые, сомкнутые и лотковые; ко второй—купольные, парусные и бочарные.

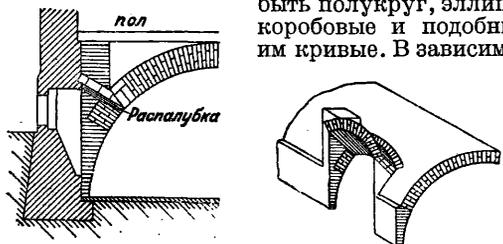
Цилиндрические С. (фиг. 2 и 3) применяются при перекрытии подвальных помещений,



Фиг. 2.

Фиг. 3.

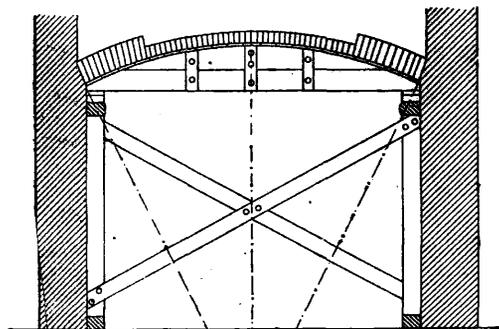
коридоров, вестибюлей, воротных проездов в домах и т. д. Профилям цилиндрич. С. могут быть полукруг, эллипс, коробовые и подобные им кривые. В зависимо-



Фиг. 4.

Фиг. 5.

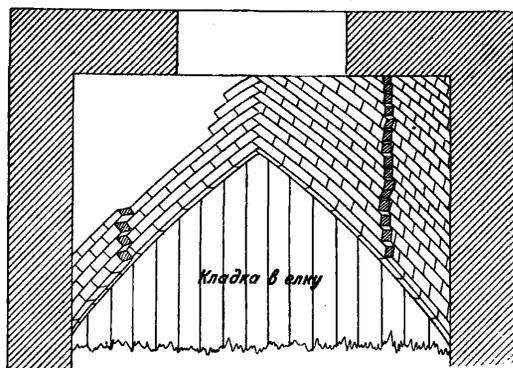
сти от вида кривых С. разделяются: на полные цилиндрич. С. (профиль—полукруг, фиг. 2); по-



Фиг. 6 и 7.

вышенные цилиндрич. С. (профиль—полуэллипс с большой вертикальной осью); пониженные, или пологие, цилиндрич. С. (стрела подъе-

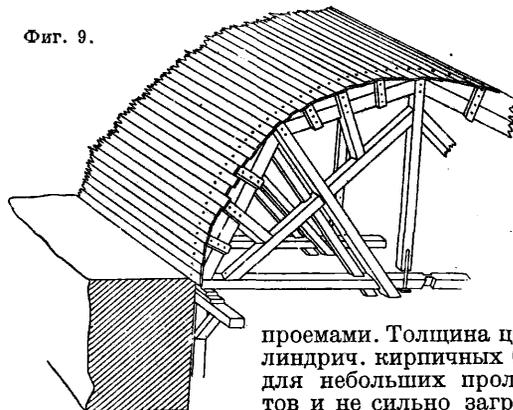
ма $f = 1/8 \div 1/5 l$, фиг. 3). Для лучшего освещения помещения, перекрываемого цилиндрич. С., напр. подвала, когда пятовые части С. про-



Фиг. 8.

ходят по наружным стенам, является необходимость устраивать распалубки (фиг. 4 и 5), т. е. отдельные сводчатые части над оконными

Фиг. 9.

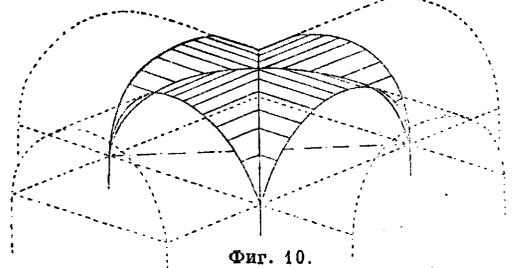


проемами. Толщина цилиндрич. кирпичных С. для небольших пролетов и не сильно нагруженных была установлена практикой следующей (примерно $1/30$ пролета):

Пролет в м до . . . 3 5 7 9 10—12
Толщина сводов в замке в кирпичах $1/2$ $1/2-3/4$ 1 $1 1/2$ 2

Для С. с большими пролетами, а также сильно нагруженных, толщина должна определяться статич. расчетом. При устройстве пологих С. необходимо также считаться с их распором на стены. Опорные стены (устой) д. б. достаточной толщины, чтобы выдержать этот распор. В подвальных этажах распор не имеет большо-

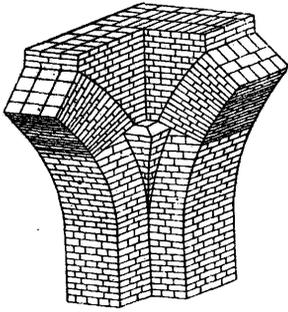
го значения, т. к. давление земли и нагрузка на стены от верхних этажей уравновешивают его. При кладке кирпичных цилиндрич. С. сопрягающие швы должны быть параллельны оси С., а стыковые—перпендикулярны и в перемычку (фиг. 6 и 7). Такая кладка называется



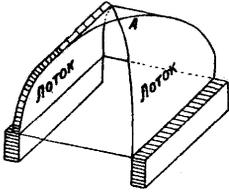
Фиг. 10.

Такая кладка называется

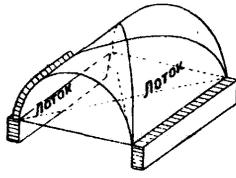
СВОДЫ



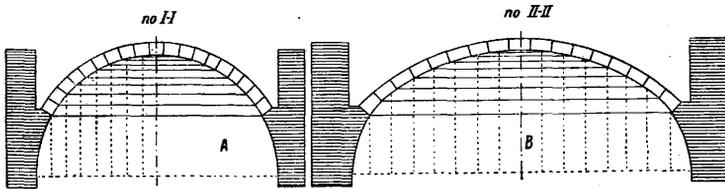
Фиг. 12.



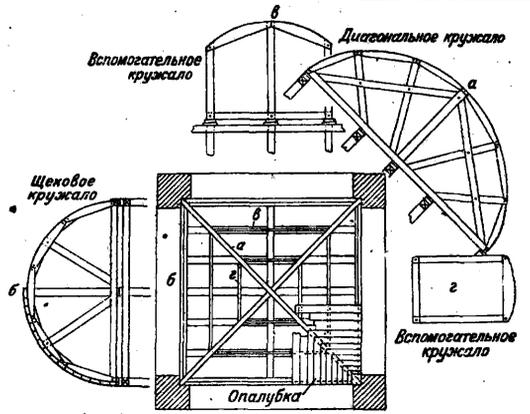
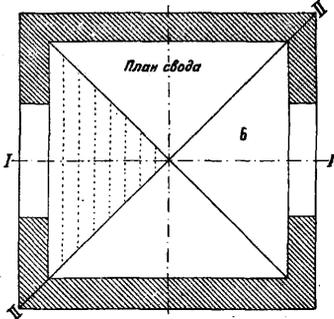
Фиг. 14.



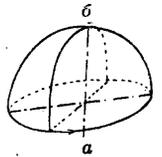
Фиг. 15.



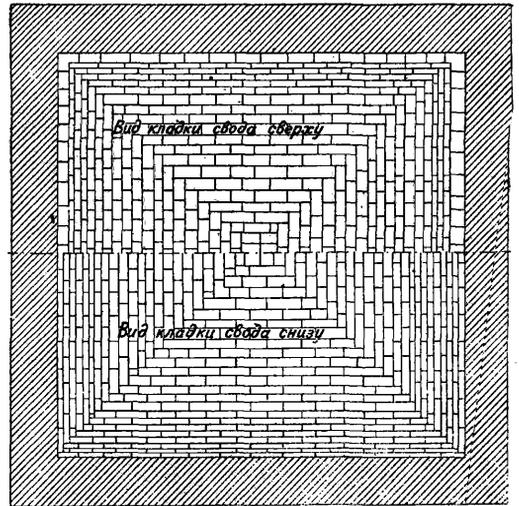
Фиг. 16.



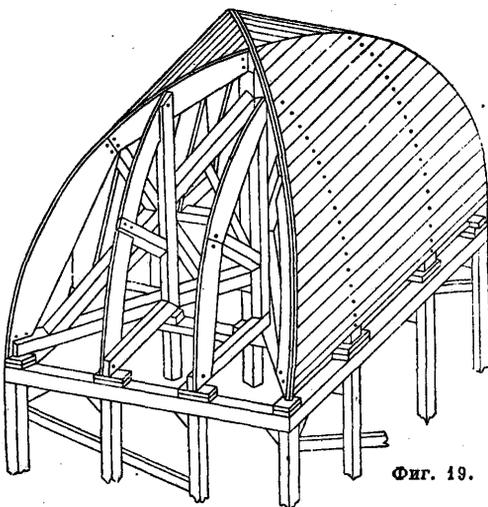
Фиг. 13.



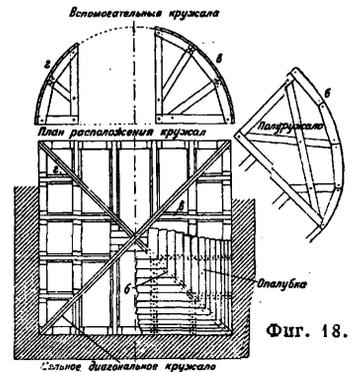
Фиг. 21.



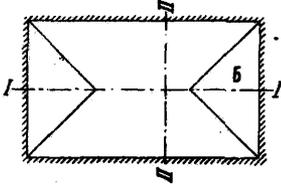
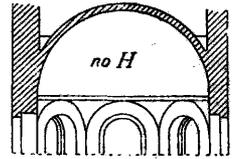
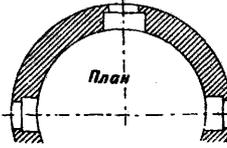
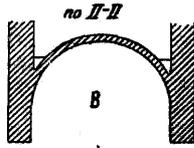
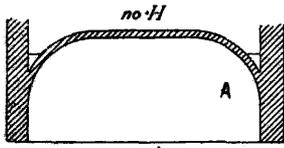
Фиг. 17.



Фиг. 19.

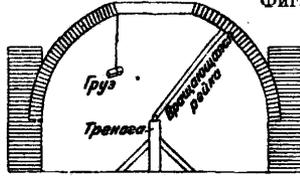


Фиг. 18.



Фиг. 20.

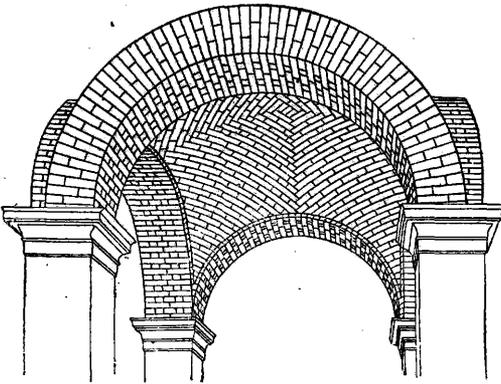
Фиг. 23.



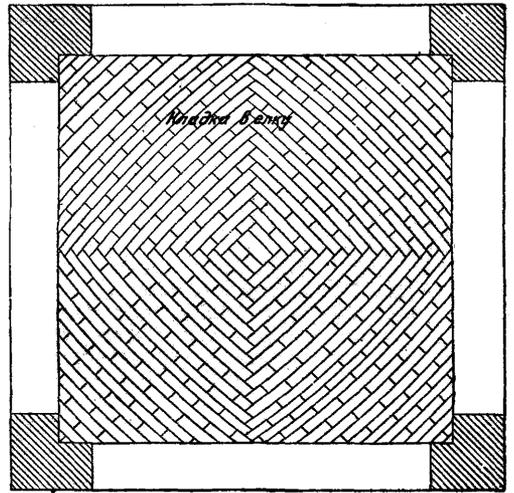
Фиг. 24.



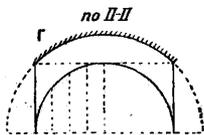
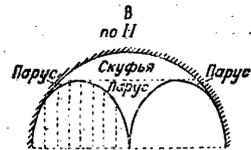
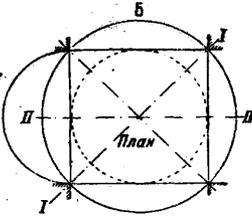
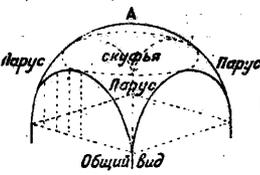
Фиг. 22.



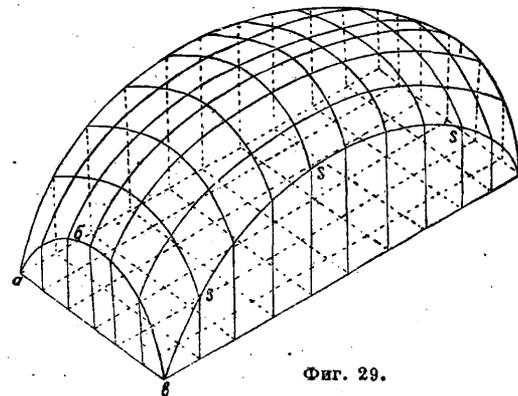
Фиг. 25.



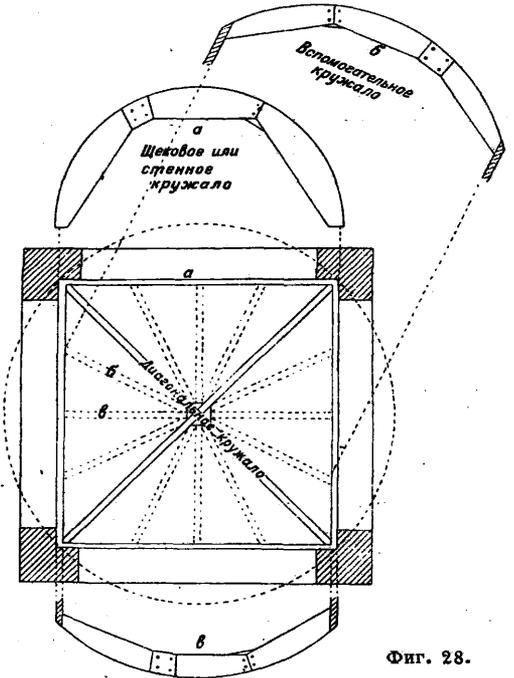
Фиг. 27.



Фиг. 26.



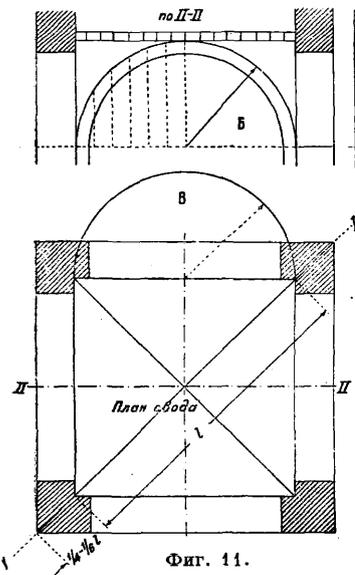
Фиг. 29.



Фиг. 28.

нормальной. Пологие С. могут быть выложены также и «в елку», как показано на фиг. 8; здесь сопрягающие швы составляют с осью свода угол в 45°. Подобная кладка ведется со всех четырех углов одновременно. Премущества последней кладки: 1) отсутствие сквозного шва перелома и 2) распор от С. воспринимается всеми четырьмя стенами, а не только двумя, как на фиг. 6 и 7, при нормальной кладке. На фиг. 6 и 9 показаны примерные конструкции кружал с опалубками для цилиндрич. С.

Крестовые С. (фиг. 10—11) применяют для квадратных и реже прямоугольных в пла-



Фиг. 11.

воспроизведения крестового С. в натуре необходимо иметь точные конструктивные чертежи С., т. е. план его и разрезы (поперечный и диагональный: фиг. 11, А, Б и В), без к-рых нельзя сделать кружал с опалубкою. Толщина кирпичных крестовых С. для небольших пролетов, не сильно нагруженных, практикою устанавли-

Расстояние между столбами

в м. до	6	9	15
Толщина С. в замке	1 1/2-1	1	1
в кирпичках в пятах	1	1 1/2	1 1/2-2

Толщина опорных столбов 1/6—1/4 диагонального пролета (фиг. 11, В). Кладка кирпичных крестовых С. производится так же, как и цилиндрич., т. е. рядами, параллельными осям, с перевязкою швов по диагональным ребрам, т. к. сквозные швы в последних недопустимы. Такая кладка называется нормальной и ведется от углов, для чего в столбах предварительно должны быть приготовлены выпускные пяты (фиг. 12). Выпускные пяты иногда делаются из специально заготовленных угловых тесаных камней. На фиг. 13 представлен план расположения кружал с видами их а, б, в и г, вынесенными отдельно.

Сомкнутые С. (фиг. 14) м. б. также применены для квадратных и прямоугольных в плане помещений. Сомкнутый С. состоит из 4 выгнутых тр-ков (лотков), вершины которых сходятся в одной точке А. Выгнутые тр-ки или иначе лотки—части цилиндрич. С., если последний разрезать двумя вертикальными плоскостями по диагонали (фиг. 15). Взяв четыре таких вырезки и расположив по четырем сто-

ронам квадрата, получаем сомкнутый С. Сомкнутый С. передает нагрузку и распор на все четыре стены, чем выгодно отличается от цилиндрического и крестового С. Для воспроизведения сомкнутого С. в натуре необходимы план и разрезы—поперечный и диагональный,—т. к. без последних нельзя сконструировать кружала с опалубкой (фиг. 16, А, Б и В). Толщина сомкнутых С. одинакова с цилиндрич., если радиус вырезки (лотка) одинаков с радиусом цилиндрич. С. Кладка кирпичных сомкнутых С. производится рядами, параллельными опорным стенам (фиг. 17). На фиг. 18 представлен

план расположения кружал и опалубки с видами отдельных кружал б, в, г. На фиг. 19 представлен примерный общий вид кружал с опалубкой.

Лотковые С. (фиг. 20, А, Б, В) образуются из сочетания цилиндрич. с сомкнутым, а именно: по длинной стороне

прямоугольника располагаются цилиндрические своды, а по коротким его сторонам—выгнутые треугольники или лотки. Толщина лоткового свода и кладка его во всем одинакова с цилиндрическим.

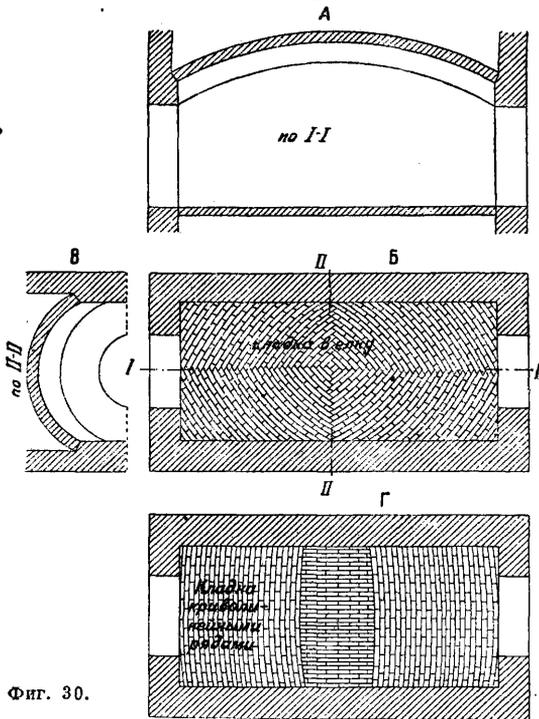
Сферические С. Купольный С. образуется от вращения четверти окружности вокруг вертикальной оси а—б (фиг. 21). Купольные С. устраиваются над многоугольными и круглыми в плане строениями (башни, вышки и т. д.) (фиг. 22 и 23). Кладка небольших куполов производится кольцевыми рядами (фиг. 24). Каждый такой ряд, представляя собою сомкнутое кольцо, находится в равновесии. Подобная кладка купола может вестись без кружал, имея лишь одну веревку с грузом, к-рая будет прижимать каждый вновь уложенный кирпич. Правильное очертание сферы и направление сопрягающих швов достигается при помощи особой треноги с вращающейся рейкой, точка прикрепления которой должна совпадать с центром купола. Кладка куполов больших диаметров производится по кружалам и опалубкам. Толщина купольных С. примерно следующая:

Пролет в м. до	4	6	8	10
Толщина свода вверху	1/2	1/2	1	1
в кирпичках у опор	1/2	1	1 1/2	2

Парусный С. (фиг. 25) представляет собою сферу полушара, построенного на диагонали квадрата с отсеченными с четырех сторон сферич. полусегментами (фиг. 26, А, Б, В, Г). Оставшаяся сферич. часть на четырех опорах называется парусным С. Верхняя часть этого С. (сферич. сегмент) называется скупфьей, а 4 сферич. тр-ка называются треугольными сферическими парусами. Для воспроизведения парусного С. в натуре необходимо вычертить план (фиг. 26, Б) и разрезы—диагональный и поперечный (фиг. 26, В и Г). Кладка таких С. производится в елку (фиг. 25 и 27), т. е. рядами нормально к диагонали перекрываемого помещения. На фиг. 28 представлен план расположения кружал, к-рые устанавливаются радиально.

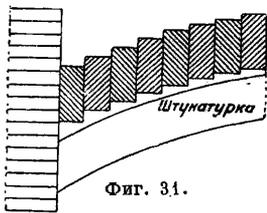
Бочарный С. (фиг. 29) представляет собою поверхность с двоякой кривизной, к-рая м. б. сферич. вырезкой из полушара. Подобная сферич. поверхность м. б. получена и более простым способом, а именно двоякая поступательно небольшую кривую *аба* вдоль другой кривой (большой) *SSS*. Эти кривые м. б. одного радиуса или разных. На фиг. 30, А, Б, В

представлен бочарный С. в плане и двух разрезах—продольном и поперечном. Кладка бо-



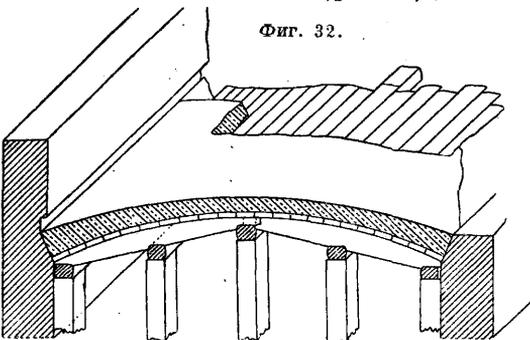
Фиг. 30.

чарных С. производится б. ч. арочками (фиг. 31), параллельными меньшей стороне прямоугольника в плане (нормальная кладка). Другие способы кладки—в елку (фиг. 30, Б) и криволинейными рядами (фиг. 30, Г). Елочный способ рациональнее, т. к. распор от С. можно передать на четыре стены.



Фиг. 31.

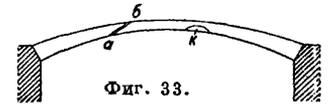
Монолитные С. К монолитным относятся набивные бетонные и железобетонные С. Монолитные С. могут иметь любую форму; обыкновенно им придают формы цилиндрич. полушара или купольную в виде полушара, а чаще сегмента. Бетонные С. (фиг. 32) для свое-



Фиг. 32.

го изготовления (набивки) требуют устройства прочной и незыбкой опалубки с кружалами, чтобы от трамбования бетона опалубка не приподнялась в стрясение. Поверхность опалубки должна делаться более гладкой, с тщательной пригонкой досок, если поверхности С. предпо-

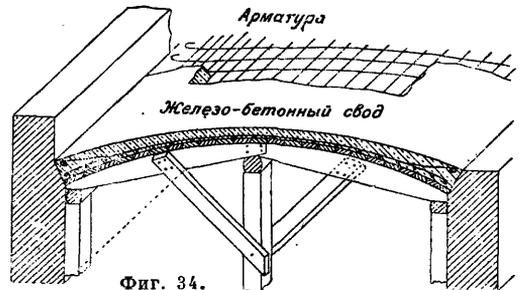
лагают отделать затертыми, а не заштукатуренными. Набивку С. следует начинать с пят, к-рые делают несколько толще, чем замковую часть. Самую набивку необходимо производить быстро, чтобы между отдельными порциями набивки было обеспечено взаимное схватывание бетона. Свеженабитые С. в летнее время следует предохранять от быстрого высыхания, а потому их нужно помимо поливки еще закрывать рогожами и поливку производить поверх рогож. Толщина бетонных С. бывает различная, так как она зависит от величины пролета, от стрелы подъема С., от величины загрузки С. Для пологих С. (со стрелой подъема $f = 1/8 l$) пролетом $l = 5,5-6$ м толщина в замке делается 12—15 см. По сравнению с кирпичными С. толщину бетонных следует считать в 0,5—0,7 от кирпичных. Прочность бетонных С. зависит от качества бетона и тщательности выполнения работ. Состав бетона для С. в среднем 1 : 3 : 5 или 6. Преимущества бетонных С. перед кирпичными: 1) меньшая толщина С., 2) возможность придавать С. любую форму, а также и разную толщину в направлении поперечного сечения его и 3) быстрое изготовление С. Недостатки бетонных С.:



Фиг. 33.

от динамич. усилий и перегрузки в С. могут появиться трещины невыгодного направления а—б (фиг. 33), отчего возможны частичные отпадения и даже выпадения целых кусков бетона к, а вслед за этим возможно и обрушение всего С.; в кирпичных С. трещины идут всегда по направлению шва, а потому они менее опасны.

Железобетонные С. (фиг. 34) благодаря включению в толщу С. железной арматуры значительно прочнее бетонных, вследствие чего



Фиг. 34.

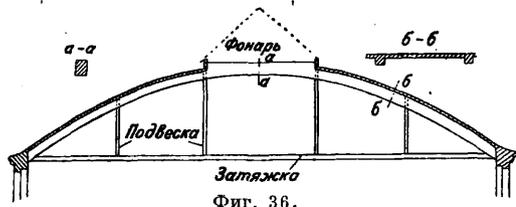
толщина их получается на много меньше бетонных. Железная арматура д. б. так проложена, чтобы она воспринимала на себя возникающие в С. растягивающие усилия. На этой фигуре представлено расположение арматуры в толще С., где видно, что в замковой части С. она находится ближе к внутренней поверхности, а по



Фиг. 35.

мере приближения к пятам С. арматура несколько отходит к наружной. Арматура состоит из уложенных в виде решетки прутьев, количество к-рых определяется расчетом. По укладке арматуры на опалубку наносится бетон литой или трамбованный. Железобетонные С., служащие покрытиям кровли, проектируются без-

распорными, т. е. распор воспринимается затяжкой. Затяжки могут быть или металлич. или железобетонные. В конструктивном отношении железобетонные сводчатые покрытия делятся на гладкие, или плитные, без ребер (фиг. 35) и ребристые (фиг. 36). Первые покрытия



Фиг. 36.

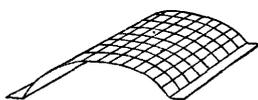
применяются для пролетов до 20 м и конструируются так, что толщина С. увеличивается от ключа к пятам при жестком соединении С. с бортовой карнизной плитой-балкой. Затяжки в таких С. устраивают на расстояниях 3—4 м с таким расчетом, чтобы каждая затяжка воспринимала на себя арочный распор на данной ширине. При больших пролетах затяжки во избежание прогиба поддерживают подвесками. Для придания металлич. затяжкам и подвескам необходимой огнестойкости их обделывают бетоном по проволоочной обмотке или применяют иные огнестойкие одежды. Для больших пролетов, в к-рых сильнее отражается влияние односторонней нагрузки (снег, ветер) рациональнее применять С. с ребрами и тоже с затяжками. Такие покрытия более жестки по сравнению с гладкими. Расстояния между ребрами выбирают в соответствии с рабочим пролетом, допустимым для опирающейся непосредственно на эти ребра плиты кровли. Ребра С. воспринимают нагрузку части покрытия, равной по ширине расстоянию между ними. Горизонтальный распор каждого ребра воспринимается затяжкой, к-рая также подвешивается во избежание провисания (фиг. 36).

Тонкостенные С. Последним достижением в области сводчатых перекрытий являются тонкостенные перекрытия типа Цейс-Дивидаг (фиг. 37). Работа подобных С. основана на использовании жесткости оболочки, работа-

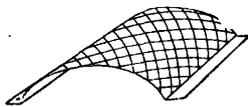


Фиг. 37.

ющей на сжатие. Необходимым условием для создания С.-оболочки являются боковые жесткие ребра по периметру С. Большая жесткость С. позволяет применять С.-оболочку над значительными пролетами при сравнительно малой толщине этой оболочки в ключе, примерно до 7—8 см. При применении торкрет-бетона возможны С.-оболочки и меньшей толщины—



Фиг. 38.

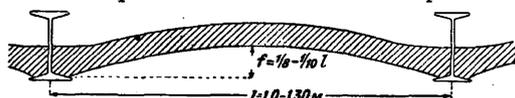


Фиг. 39.

до 4 см в ключе. Арматура С.-оболочки является простейшим типом квадратной или диагональной сетки-решетки (фиг. 38 и 39).

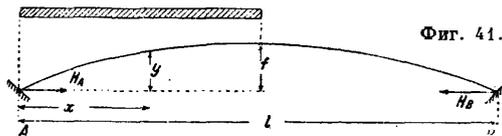
Небольшие бетонные и железобетонные своды в гражданском строительстве нередко являются не самостоятельными несущими конструкциями, а лишь в качестве составных элементов, напр. в виде заполнения между железными балками (фиг. 40).

Расчет бетонных и железобетонных С. в гражданских сооружениях. В зависимости от назначения бетонных и железобетонных С. в конструкции перекрытий и покрытий их можно подразделить на следующие типы: 1) небольшие своды в виде заполнения между несущими балками; 2) плитные своды гладкие; 3) ребристые своды без затяжек и с затяжками; 4) тонкостенные своды (своды-оболочки). Своды к и между железными балками обыкновенно имеют сравнительно небольшие пролеты—



Фиг. 40.

1,25—2,5 м (фиг. 40) и м. б. сделаны или бетонные или железобетонные. Нагрузка сводика составляет из собственного веса и располагающихся на нем нагрузок (засыпка, чистый пол, полезная нагрузка и т. д.). Расчетная схема бетонного сводика может быть представлена в виде трехшарнирной арки (фиг. 41) с односторонней



Фиг. 41.

временной нагрузкой, расположенной на половине пролета. Значение распоров для шарнирной арки

$$H_A = H_B = \frac{pl^2}{16f} \quad (1)$$

Вертикальные слагающие опорных реакций

$$A = \frac{3}{8} p; B = \frac{1}{8} p. \quad (2)$$

Момент в любом сечении

$$M_x = M_0 - H_A y, \quad (3)$$

где M_0 —изгибающий момент простой балки той же расчетной длины l , в сечении, отстоящем от левого конца балки на таком же расстоянии, как рассматриваемое сечение сводика. Сечение сводика при малом пролете принимается постоянным. Для такого бетонного сводика необходимым условием является отсутствие растягивающих усилий в любом его сечении. Проверка напряжений производится по ф-ле для внецентренного сжатия

$$\sigma_b = \frac{N}{F} \pm \frac{M}{W} \leq [n],$$

где $[n]$ —допускаемое напряжение на сжатие. В железобетонном своде фиг. 42 подбор тол-



Фиг. 42.

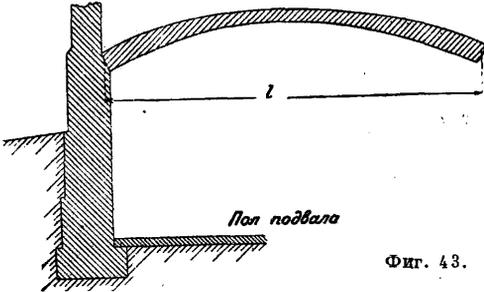
щины его и арматуры в нем производится по таблицам, в которых даны значения следующих величин:

$$h' = r \sqrt{\frac{M}{b}} \text{ и } Fe = t \sqrt{Mb}; \quad (4)$$

h' —рабочая высота сечения, r и t —табличные

коэф-ты, M —изгибающий момент, b —ширина сечения, F_e —площадь сечения арматуры. Толщина железобетонных сводков в зависимости от расчетного пролета обычно 7—12 см. Армирование его простейшее, в виде решетки, и состоит из рабочей (не менее 6 на $n. м$) и распределительной арматуры (на расстоянии 25 см при $\varnothing 6 м.м$).

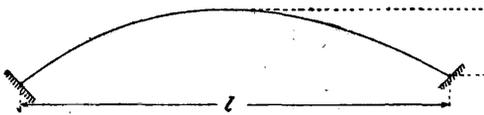
П л и т н ы е С. (фиг. 43) могут нести на себе большие нагрузки и применяются также в пере-



Фиг. 43.

крытиях над подвалами. Необходимым условием для такого перекрытия является наличие достаточно жестких и неподвижных опор для пят С., к-рые могли бы полностью воспринять максимальный расчетный распор. Фундаментные стены с невысокой покольной частью стены могут служить достаточно надежными опорами для С., перекрывающих подвальное помещение. Расчетной схемой плитного С. может служить двухшарнирная арка с переменным сечением (фиг. 44). Обычные соотношения $\frac{l}{r}$ колеблются

в пределах $\frac{1}{8} \div \frac{1}{5}$. Т. к. практической расчетной нагрузкой обычно является сплошная равно-



Фиг. 44.

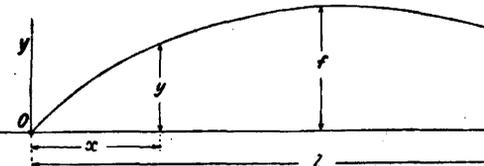
мерная нагрузка, то очертание С. принимается параболическим. Построение оси производится по уравнению

$$y = \frac{4fx}{l^2}(l-x),$$

где x —текущая координата (фиг. 45). Поперечные сечения С. определяются из условий изменения их по закону

$$\frac{I_c}{I \cos \varphi}, \quad (5)$$

где I_c —момент инерции С. в ключе, I —момент инерции С. в пяте, φ —угол, образуемый касательной к оси С. в данном сечении с горизонталью. Точное решение задачи сводится к вычислению распора, определяемого из ур-ий деформации в статике сооружений; основанных на теории упругости. Приближенно же распор м. б. вычислен в зависимости от характера за-



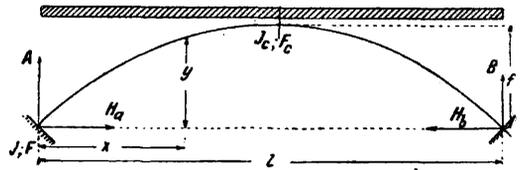
Фиг. 45.

грузки по следующим ф-лам:

1. При сплошной равномерной нагрузке (фиг. 46)

$$H_a = H_b = \frac{pl^2}{8f(1+\xi)}, \quad (6)$$

где $\xi = \frac{15I_c}{8f^2 F_c}$; I_c —момент инерции в ключе, F_c —площадь сечения С. в ключе.



Фиг. 46.

Реакции опор

$$A = B = \frac{pl}{2}. \quad (7)$$

Момент в любом сечении на расстоянии x от левой опоры

$$M_x = M_0 - H_a y, \quad (8)$$

где

$$M_0 = Ax - \frac{px^2}{2}.$$

2. При одностороннем нагружении (загружена только левая половина С.)

$$H = \frac{pl^2}{16f(1+\xi)}, \quad (9)$$

$$A = \frac{3}{8} pl, \quad (10)$$

$$B = \frac{1}{8} pl. \quad (11)$$

Момент в любом сечении С. определяется по ф-ле (8). Проверка напряжений производится как для сводков небольших пролетов.

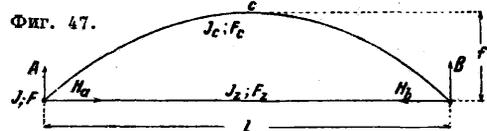
Р е б р и с т ы й С. (фиг. 36). Расчетной схемой служит арка с затяжкой (фиг. 47). При полном нагружении С. сплошной равномерной нагрузкой усилие в затяжке определяется по ф-ле:

$$H_a = \frac{pl^2}{8f(1+\xi)}, \quad (12)$$

где

$$\xi = \frac{15}{8f^2} \left(\frac{I_c}{F_c} + \frac{I_2}{F_2} \right); \quad A = B = \frac{pl}{2}.$$

Момент в любом сечении арки на расстоянии x от левой опоры определяется по ф-ле (8). По-



Фиг. 47.

перечное сечение С. конструируется таврообразным (фиг. 48). Размеры сечения определяются по эмпирич. ф-ле

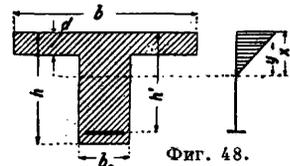
$$h - d = 12 \sqrt{M}, \quad (13)$$

где h —полная высота сечения в см, d —толщина плиты в см, M —изгибающий момент в т.м.

Арматура сечений определяется по формуле:

$$f_c = \frac{M}{\sigma_e \left(h' - \frac{d}{2} \right)}. \quad (14)$$

По нормам $\sigma_e = 1250 \text{ кг/см}^2$; $\sigma_b = 50 \text{ кг/см}^2$ для бетона марки II, что соответствует $R_{25} = 110 \text{ кг/см}^2$. Проверка напряжений материалов для



Фиг. 48.

тавровых сечений без учета сжатой зоны в ребре производится по ф-лам:

$$x = \frac{2nh'f_e + bd^2}{2(nf_e + bd)}, \quad (15)$$

$$y = x - \frac{d}{3} \cdot \frac{3x - 2d}{2x - d}, \quad (16)$$

$$\sigma_e = \frac{M}{f_e(h' - x + y)}, \quad (17)$$

$$\sigma_b = \sigma_e \frac{x}{n(h' - x)}. \quad (18)$$

Что касается расчета С.-оболочек, то следует отметить, что статич. расчет их встречает значительные затруднения и до настоящего времени точного решения не имеется. О тонкостенных перекрытиях см. *Тонкостенные своды*.

Лит.: Германский бетонный союз, Проектирование и расчет железобетонных сооружений, т. 1, М., 1928; Давыдов С. С., Курс железобетона, М.—Л., 1931; Справочник для инженеров строительной специальности и архитекторов, т. 1, М., 1928; Мерш Э., Железобетонные сооружения, пер. с нем., М.—Л., 1931; Taschenbuch für Bauingenieure, hrsg. v. M. Foerster, 5 Aufl., В., 1928; Mörsch E., Der Eisenbetonbau, В. 1—3, 6 Aufl., Stg., 1923—29; Handbuch für Eisenbeton, hrsg. v. E. Emperger, 3 Aufl., В. 7, В., 1921; Смотров С. и Белыев Б., Расчет свода с учетом деформации основания под фундаментами, М.—Л., 1931; Риттер М., Теория и расчет каменного или железобетонного моста, пер. с нем., П., 1916; Михайлов П., Новый метод расчета упругих арок переменного сечения, П., 1923; Mörsch E., Berechnung v. Dreiecksbogen, «Ztschr. f. Architektur- u. Ingenieurwesen», Hannover—Wisbaden, 1900, Н. 2; Mörsch E., Berechn. v. eingespannten Gewölben, «Schweizerische Bauztg», Zürich, 1906, В. 47, 7, 8, 1909, В. 53, 7—10; Ritter W., Anwend. d. graph. Statik, 4 Teil, Der Bogen, Zürich, 1906; Ritter M., Beitrag zur Theorie u. Berechn. d. vollwand. Bogensträger, В., 1909; Kögler, Vereinfachte Berechn. eingespannter Gewölbe, Berlin, 1913; Weyrach F., Elast. Bogensträger, einschliesslich der Gewölbe, 2 Aufl., Stg., 1911; Melan J., Der Brückenbau, 3 Aufl., В. 2, Leipzig, 1924; Melan J., Theorien d. Gewölbes im Handb. f. Eisenbetonbau, hrsg. v. F. Emperger, 2 Aufl., В. 1, В., 1912; Pichl E., Die Berechnung v. Viadukten, «Der Bauingenieur», Berlin, 1924; Mörsch E., Berechn. d. Brückengewölbe f. Winddruck, exzent. Balastung u. einseitige Erwärmung, «В. у. Е.», 1923; Ritter M., Die Formgeb. d. gelenklosen Brückengewölbe mit Hilfe virtueller Zusatzlasten, Zürich, 1926; Strassner A., Neuere Methoden zur Statik der Rahmentragwerke und der elastischen Bogensträger, В. 2, II bis IV Abschnitt, 2 Aufl., В., 1924; Kirchhoff R., Die Statik der Bauwerke, В. 2, IV Abschnitt, 4 Aufl., В., 1922; Hartmann F., Die genauere Berechnung gelenkloser Gewölbe und der Einfluss des Verlaufs der Achse und der Gewölbstärke, 2 Aufl., Lpz.—W., 1925; Legay, Mémoire sur le tracé et le calcul des voûtes en maçonnerie, «Annales des ponts et chaussées», P., 1900. **С. Герольский.**

СВЯЗАННЫЕ СИСТЕМЫ, в электротехнике и радиотехнике—электрич. цепи (две или более), в к-рых, при появлении меняющегося или переменного тока в одной из них, в других появляются электрич. напряжения и токи. Обычно цепь, из к-рой получается энергия, называется *первичной цепью*; цепи, получающие энергию, называются *вторичными*. Однако вторичные цепи, получив энергию от первичной, сами начинают ее передавать в первичную цепь, благодаря чему явление сильно усложняется, т. к. на имеющийся уже переменный ток в первой системе накладываются токи, индуктированные из вторичных систем, имеющих каждая свой период и фазу. Математически сложный анализ явлений для нескольких С. с. в дальнейшем проводится лишь для наиболее характерного случая двух С. с., с к-рым часто встречаются в радиотехнике.

Характер явлений в С. с. зависит, во-первых, от параметров первичной и вторичной систем, т. е. от их коэф-тов самоиндукции, емкостей и сопротивлений, которые в дальнейшем будут обозначаться соответственно L_1, C_1, R_1 для первичной цепи и L_2, C_2, R_2 для вторичной це-

пи; во-вторых, от коэф-та связи k между двумя системами, к-рый устанавливает величину взаимодействия между ними; в-третьих, явления, происходящие в С. с., зависят от параметров, характеризующих источник энергии, включенный в первичную цепь, или, если такового нет, от начальных условий, характеризующих первичный запас энергии системы, имеющийся в ней к началному моменту времени, от к-рого ведется счет. Начальные условия позволяют определить постоянные интегрирования и дать ур-ия с числовыми коэф-тами. Т. о. для решения задачи надо знать напряжение E источника энергии (например динамомашин) в V , период или угловую частоту его ω , фазу, соответствующую моменту включения, т. е. величину мгновенного значения напряжения E_0 , какое имел источник тока в момент включения его в колебательные системы. Запас энергии, вложенный в систему, характеризуется энергией заряда конденсатора первичной сети

$$W_C = \frac{C_1 E_0^2}{2}$$

и энергией, запасенной в магнитном поле самоиндукции первичной цепи, т. е.

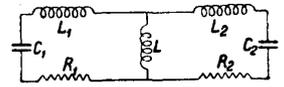
$$W_L = \frac{L_1 I_0^2}{2}$$

Т. о. токи и напряжения в С. с. являются ф-ями времени и указанных выше постоянных, независящих от времени параметров цепей, т. е. $L_1, C_1, R_1, L_2, C_2, R_2, \omega, E_0, I_0$ и k . Коэф. связи k , входящий в ф-лу, вычисляется на основании данных о взаимном расположении контуров. Для всех видов связи он определяется как отношение

$$k = \frac{x_m}{\sqrt{x_1 x_2}},$$

где x_m —величина реактивного сопротивления на общем связующем участке цепи, x_1 —полное реактивное сопротивление первой системы, x_2 —полное реактивное сопротивление для второй из С. с.

Виды связи. Различают следующие виды связи. 1) Связь автотрансформаторная (частный случай индуктивной связи): контуры расположены согласно фиг. 1 и имеют общий участок цепи—самоиндукцию L . В этом случае общее выражение для коэф-та связи приводит к ф-ле:



Фиг. 1.

$$k = \frac{\omega L}{\sqrt{\omega(L_1 + L)\omega(L_2 + L)}} = \frac{L}{\sqrt{(L_1 + L)(L_2 + L)}}.$$

В этой ф-ле, представленной в виде

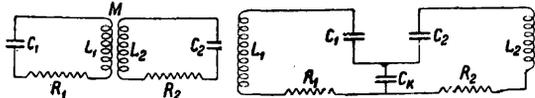
$$k^2 = \frac{L\omega_1 I_1}{(L_1 + L)\omega_1 I_1} \cdot \frac{L\omega_2 I_2}{(L_2 + L)\omega_2 I_2},$$

первый множитель показывает отношение напряжения, индуктируемого во вторичной цепи, к полному напряжению, имеющемуся в этот момент на всей самоиндукции первичного контура, второй множитель показывает такое же отношение, характеризующее относительную величину напряжения, индуктируемого вторичной цепью в первичной. На этом основании коэф. связи часто дают в %, т. к. его максимальное значение по определению не м. б. больше 100% или единицы. Ф-ла в последней интерпретации служит базой для измерений k (см. *Автотрансформаторная связь*).

2) Связь индуктивная, или трансформаторная, когда энергия из одной цепи в другую переходит через магнитное поле, создаваемое первичной самоиндукцией второго контура, и обратно; в этом случае самоиндукции расположены одна около другой, но непосредственной связи не имеют (фиг. 2). Коэф. связи аналогично предыдущему вычисляется по ф-ле

$$k = \frac{\omega M}{\sqrt{\omega(L_1 + M)\omega(L_2 + M)}} = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}.$$

Здесь M —коэф. взаимной индукции двух катушек самоиндукции L_1 и L_2 , каковой и определяет напряжение, индуктированное первичным кон-



Фиг. 2.

Фиг. 3.

туром во вторичном и обратно. О применениях индуктивной связи и измерении k см. *Индуктивная связь и Катушки связи*.

3) Третий случай имеет в виду емкостную связь, т. е. такую, когда напряжение из одной цепи передается в другую за счет падения напряжения на емкостном участке цепи. В этом случае связанные контуры расположены согласно фиг. 3. Коэф. связи в квадрате опять является произведением двух отношений напряжений в первом контуре и во втором контуре. Именнно:

$$k^2 = \left(\frac{I_1}{C_k \omega_1} \right) \cdot \left(\frac{I_2}{C_{II} \omega_2} \right) \cdot \left(\frac{I_1}{C_1 \omega_1} \right) \cdot \left(\frac{I_2}{C_{II} \omega_2} \right)$$

или

$$k = \frac{\sqrt{C_1 C_{II}}}{C_k}.$$

Та же ф-ла получается из общего определения коэф-та связи

$$k = \frac{x_m}{\sqrt{x_1 x_2}} = \frac{1}{\omega C_k} \cdot \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{\omega C_1} + \frac{1}{\omega C_k} \right) \left(\frac{1}{\omega C_2} + \frac{1}{\omega C_k} \right)}}.$$

Здесь C_1 и C_{II} —емкости (полные) контуров, состоящие каждая из двух последовательно включенных емкостей C_1 и C_k , C_2 и C_k соответственно. C_1 и C_{II} вычисляются по известной ф-ле последовательно включенных емкостей.

$$\frac{1}{C_1} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_k},$$

$$\frac{1}{C_{II}} = \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_k}.$$

Из ф-лы для k видно, что связь тем меньше, чем больше конденсатор связи. Об измерении k см. *Емкостная связь*.

4) Четвертый случай охватывает разнообразные возможности комбинированных связей, напр. индуктивной и гальванической (см. *Гальваническая связь*), за счет общих участков цепи, обладающих самоиндукцией, сопротивлением и емкостью. Этот случай в каждом отдельном виде д. б. разобран специально, ибо общей ф-лой он охвачен быть не может.

Колебания в С. с. может быть результатом движения энергии, данной однажды первичному контуру в виде заряда емкости или магнитного поля самоиндукции. В этом случае энергия будет постепенно расходоваться в сопротивлениях системы, и колебания будут затухающими. Основным примером являются

связанные контуры *искровых передатчиков* (см.). Вторым источником колебательной энергии в связанных контурах является альтернатор или иной генератор незатухающих колебаний, включенный в первичную цепь. Этот случай мы имеем в современных радиостанциях незатухающих колебаний. Физические соображения и математич. расчет показывают, что в этом случае в первый момент после включения существуют собственные затухающие колебания контуров, одновременно с которыми устанавливаются через короткое время вынужденные колебания постоянной амплитуды, объясненные воздействием внешнего источника энергии. Через относительно длительный промежуток времени затухающие колебания исчезают и остаются одни вынужденные незатухающие колебания. Колебания первого рода называются с в о б о д н ы м и к о л е б а н и я м и С. с., колебания второго рода—в ы н у ж д е н н ы м и к о л е б а н и я м и С. с. Свободные колебания—всегда затухающие, вынужденные—обычно незатухающие.

Для математич. исследования свободных колебаний в С. с. можно воспользоваться схемой фиг. 2, предположив, что энергия в эту систему внесена в момент $t=0$ в виде заряда конденсатора C_1 до потенциала V_1 . После этого произошли электрич. колебания системы первичной и вторичной. При отсутствии постороннего источника энергии можно написать уравнения для первичного и вторичного контуров, изображающие закон равенства нулю суммы всех эдс замкнутого колебательного контура:

$$L \cdot \frac{dI_1}{dt} + M \frac{dI_2}{dt} + R_1 I_1 + V_1 = 0; \quad (1)$$

$$L \cdot \frac{dI_2}{dt} + M \frac{dI_1}{dt} + R_2 I_2 + V_2 = 0. \quad (2)$$

Принимая во внимание, что

$$I_1 = C_1 \frac{dV_1}{dt} \text{ и } I_2 = C_2 \frac{dV_2}{dt}; \quad (3)$$

$$\frac{dI_1}{dt} = C_1 \frac{d^2 V_1}{dt^2} \text{ и } \frac{dI_2}{dt} = C_2 \frac{d^2 V_2}{dt^2}, \quad (4)$$

из (1) и (2) ур-ий получим

$$L_1 C_1 \frac{d^2 V_1}{dt^2} + R_1 C_1 \frac{dV_1}{dt} + M C_2 \frac{d^2 V_2}{dt^2} + V_1 = 0; \quad (5)$$

$$L_2 C_2 \frac{d^2 V_2}{dt^2} + R_2 C_2 \frac{dV_2}{dt} + M C_1 \frac{d^2 V_1}{dt^2} + V_2 = 0. \quad (6)$$

Дифференцируя (5) и (6) ур-я два раза, мы получим еще четыре ур-я, совместные с (5) и (6). Из последних пяти мы можем вычислить неизвестные нам величины:

$$\frac{d^4 V_2}{dt^4}, \frac{d^3 V_2}{dt^3}, \frac{d^2 V_2}{dt^2}, \frac{dV_2}{dt} \text{ и } V_2$$

в ф-ии параметров контуров и производных от V_1 до четвертого порядка. В результате получим из ур-я (5) после подстановки в него вычисленного значения

$$\frac{d^2 V_2}{dt^2}$$

$$\text{линейное дифференциальное ур-е четвертого порядка вида}$$

$$C_1 C_2 (L_1 L_2 - M^2) \frac{d^4 V_1}{dt^4} + C_1 C_2 (L_1 R_1 + L_1 R_2) \frac{d^3 V_1}{dt^3} + (C_1 L_1 + C_2 L_2 + C_1 C_2 R_1 R_2) \frac{d^2 V_1}{dt^2} + (C_1 R_1 + C_2 R_2) \frac{dV_1}{dt} + V_1 = 0. \quad (7)$$

Наиболее интересным в практике радио и достаточно освещающим метод расчета является частный случай: $R_1 = R_2 = 0$, т. е. затухание кон-

туров очень мало (им можно пренебречь). Положив затем, что

$$\omega_1^2 = \frac{1}{C_1 L_1} = \omega_2^2 = \frac{1}{C_2 L_2} \quad (8)$$

и учитывая, что

$$\frac{M^2}{L_1 L_2} = k^2, \quad (9)$$

получим после деления ур-ия (7) на C_1 , C_2 , L_1 , L_2 и подстановок из ур-ий (8) и (9) следующее упрощенное ур-ие:

$$(1-k^2) \frac{d^4 V_1}{dt^4} + 2\omega_1^2 \frac{d^2 V_1}{dt^2} + \omega_1^4 V_1 = 0. \quad (10)$$

Такой же точно вид будет иметь и ур-ие для V_2 , ибо отличие их было лишь в членах, содержащих сопротивление, а они исчезли после сделанного предположения, что $R_1 = R_2 = 0$. Известно, что это ур-ие имеет решение вида

$$V_1 = A_1 \cos \omega' t + B_1 \cos \omega'' t \quad (11)$$

$$V_2 = A_2 \cos \omega'' t + B_2 \cos \omega' t, \quad (12)$$

где ω' и ω'' — корни характеристич. ур-ия, полученного путем подстановки:

$$V_1 = e^{\omega t}; \quad \frac{dV_1}{dt} = \omega e^{\omega t}; \quad \frac{d^2 V_1}{dt^2} = \omega^2 e^{\omega t} \text{ и т. д.} \quad (13)$$

Ур-ие (10) после подстановки из (13), сокращения на $e^{\omega t}$ и деления на $(1-k^2)$ получает вид

$$\omega^4 + \frac{2\omega_1^2}{1-k^2} \omega^2 + \frac{\omega_1^4}{1-k^2} = 0; \quad (14)$$

ур-ие (14) биквадратное и дает четыре мнимых корня:

$$\omega = \pm \sqrt{\frac{-\omega_1^2 \pm \sqrt{\omega_1^4 - \omega_1^4 (1-k^2)}}{1-k^2}}; \quad (15)$$

после упрощения

$$\omega = \pm \sqrt{\frac{-\omega_1^2 (1 \pm k)}{1-k^2}}, \quad (16)$$

или, не считаясь со знаками

$$\omega' = \frac{\omega_1}{\sqrt{1-k}}, \quad \omega'' = \frac{\omega_1}{\sqrt{1+k}}. \quad (17)$$

Из ур-ия (16) следует, что характеристическое ур-ие имеет четыре мнимых попарно сопряженных корней, что нам указывает на синусоидальный вид V_1

$$V_1 = A_1 \left(\frac{e^{-\sqrt{1-k}\omega_1 t} + e^{\sqrt{1-k}\omega_1 t}}{2} \right) + B_1 \left(\frac{e^{-\sqrt{1+k}\omega_1 t} + e^{\sqrt{1+k}\omega_1 t}}{2} \right) = A_1 \cos \omega' t + B_1 \cos \omega'' t. \quad (18)$$

Из ур-ия (17) следует, что хотя до начала колебания оба контура и были настроены в резонанс на частоту ω_1 , во время колебаний появляются новые частоты связи, одна больше ω_1

$$\omega' = \frac{\omega_1}{\sqrt{1-k}}$$

и другая меньше ω_1

$$\omega'' = \frac{\omega_1}{\sqrt{1+k}}$$

Эти частоты связи можно получить и измерить с помощью волномера, и тогда мы, зная ω' и ω'' , можем вычислить k — коэф. связи по ф-ле:

$$k = \frac{(\omega')^2 - (\omega'')^2}{(\omega')^2 + (\omega'')^2}, \quad (19)$$

получаемой из ф-л (17) путем исключения из них ω_1 . Полагая $k = 0,01$, мы находим, что и частоты связи будут отличаться примерно на половину процента ($\frac{k}{2}$) от основной резонансной частоты. Эта точность достаточна для боль-

шинства измерений по резонансному методу, почему такая связь считается весьма слабой и ее влиянием на результат измерений пренебрегают. При связях от $k = 0,01$ до $k = 0,05$ связь считается слабою, но она уже влияет на точность измерений и ее приходится учитывать. Свыше $k = 0,05$ связь считается сильной.

Чтобы закончить исследование ур-ий (11) и (12), необходимо определить постоянные интегрирования A_1 , B_1 , A_2 и B_2 . Их легко можно получить, зная начальные условия системы E_0 для заряда C_1 и условия о том, что токи i_1 и i_2 при $t = 0$ равны нулю. В результате получим:

$$V_1 = \frac{E_0}{2} (\cos \omega' t + \cos \omega'' t), \quad (20)$$

$$V_2 = \frac{E_0}{2} \sqrt{\frac{C_1}{C_2}} (\cos \omega' t - \cos \omega'' t). \quad (21)$$

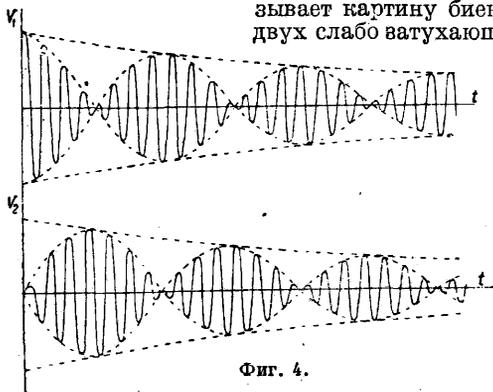
Из ф-лы (21) видно, что напряжение во вторичном контуре будет больше напряжения первичного контура в $\sqrt{\frac{C_1}{C_2}}$. Последнее соотно-

шение может быть использовано для повышения напряжения во вторичных контурах: в этом случае C_2 нужно взять значительно меньше C_1 . В радиотехнической практике, а равно и в области сильных токов могут встретиться случаи нежелательных и вредных повышений напряжений за счет резонанса системы, имеющей малую емкость, с системой, имеющей большую емкость, например когда катушка самоиндукции попадает в резонанс с колебательным контуром; в результате на концах ее возникнут опасные перенапряжения. Другой случай — короткое замыкание, вызвавшее колебательный разряд в одной линии, может в другой параллельной линии при резонансе обеих систем индуктировать повышенное напряжение в отношении $\sqrt{\frac{C_1}{C_2}}$. Изучая ф-лы (20) и (21), видим,

что в первичной цепи сначала оба колебательных напряжения одинаковы по фазе, и следовательно их напряжения складываются, но затем разность их периодов приводит к тому, что одно колебание получает фазу, противоположную другому, в результате напряжения вычитаются. Явление это носит название *биений* (см.). Та же картина имеет место и во вторичной цепи, но здесь явление сдвинуто по фазе, именно максимум напряжения (сложение колебаний) произойдет тогда, когда в первичной цепи будет минимум. Это указывает, что в это время почти вся энергия перешла из первичной цепи во вторичную. Т. о. если в этот момент разомкнуть первичную цепь, то энергия уже в нее вернуться не может и останется во вторичной, создавши в ней свободные затухающие колебания с частотой вторичного контура и со свойственным ему затуханием. В радиотехнике искровой этот случай имел место при т. н. ударном возбуждении вторичной цепи. В этом случае первичная цепь, содержащая в себе искровой промежуток, разрывалась автоматически потуханием искры при ослаблении тока в первый же минимум, и вся энергия переходила во вторичную цепь, создавая в ней слабо затухающие колебания. Ускорению этого разрыва первичной цепи способствовали специально сконструированные разрядники: немецкий Вина и английский сист. Маркони.

В современной радиотехнике чаще встречается ударное возбуждение в виде вредного мешания т. н. атмосферных разрядов и индустриальных помех от искр и вольтовых дуг

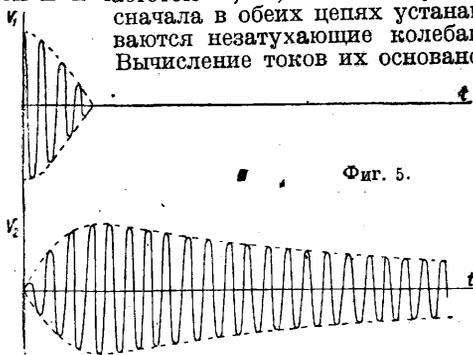
трамвая, моторов, сварочных аппаратов, и-рые дают толчки вторичным системам—цепям радиоприемников, создавая в них затухающие колебания того же периода, на к-рый настроен приемник. Поэтому меры борьбы с этими помехами чрезвычайно затруднены, т. к. острота настройки приемника здесь уже не играет решающей роли. Общий характер явления изображен на следующих фиг. 4 и 5. Фиг. 4 показывает картину биений двух слабо затухающих



Фиг. 4.

контуров; фиг. 5 показывает характер явления при ударном возбуждении, когда первичная цепь разрывается путем погасания искры, а вторичная продолжает колебаться за счет запасенной энергии.

Если в первичный контур двух С. с. включен источник незатухающих колебаний с напряжением E и частотой ω , то, как было указано, сначала в обеих цепях устанавливаются незатухающие колебания. Вычисление токов их основано на



Фиг. 5.

решении приведенных выше ур-ий (1) и (2), но к первому ур-ию необходимо сейчас во второй части написать вместо нуля $E \cos \omega t$, так как мы теперь имеем уже внешнюю эдс. Решение этого ур-ия складывается из решения ур-ий (1) и (2) без $E \cos \omega t$, что дает первую часть решения (токи неустановившегося режима в виде затухающих колебаний). Добавление члена $E \cos \omega t$ вызывает прибавление новых членов для I_1 и I_2 , зависящих от параметров контуров и параметров введенной эдс. Не прорабатывая расчета, который заключается в подстановке решения в основные дифференциальные ур-ия и отыскании значений постоянных, удовлетворяющих ур-ию, мы выпишем значения установившихся сил токов I_1 и I_2 :

$$I_1 = \frac{E \cos(\omega t - \varphi)}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{M^2 \omega^2}{Z_2^2} R_2\right)^2 + \left(x_1 - \frac{M^2 \omega^2}{Z_2^2} x_2\right)^2}}; \quad (22)$$

$$I_2 = \frac{M \omega E \cos(\omega t - \varphi_2)}{Z_2 \sqrt{\left(R_1 + \frac{M^2 \omega^2}{Z_2^2} R_2\right)^2 + \left(x_1 - \frac{M^2 \omega^2}{Z_2^2} x_2\right)^2}}. \quad (23)$$

Здесь принято

$$\begin{aligned} x_1 &= I_1 \omega - \frac{1}{C_1 \omega}, \\ x_2 &= I_2 \omega - \frac{1}{C_2 \omega}, \\ z_2 &= \sqrt{R_2^2 + \left(L_2 \omega - \frac{1}{C_2 \omega}\right)^2}. \end{aligned} \quad (24)$$

В радиотехнич. практике чаще всего ставится задача, опираясь на эти ур-ия, получить путем настроек максимум тока во вторичной цепи. Рассматривая знаменатель ф-лы (23) для I_2 как ф-ию x_2 , мы путем дифференцирования находим, что знаменатель будет минимальным при

$$x_2 = \frac{M^2 \omega^2}{Z_1^2} x_1, \quad (25)$$

что нам после преобразований и подстановки в (23) даст максимум I_2 для этого случая.

$$I_{2max II} = \frac{M \omega E}{Z_1 R_2 + \frac{M^2 \omega^2}{Z_1} R_1}, \quad (26)$$

где

$$Z_1 = \sqrt{R_1^2 + \left(\omega L_1 - \frac{1}{C_1 \omega}\right)^2}.$$

Это следовательно достигается настройкой вторичной цепи, руководясь ф-лой (25).

Из рассмотрения знаменателя ф-лы (23) для I_2 следует, что можно получить еще частный резонанс—максимум тока, обращая в нуль второе слагаемое знаменателя. Это нам дает новое условие настройки на этот раз в первичном контуре за счет изменения x , именно:

$$x_1 = \frac{M^2 \omega^2}{Z_2^2} x_2. \quad (27)$$

В этом случае вторичный ток будет равен

$$I_{2max I} = \frac{M \omega E}{Z_2 R_1 + \frac{M^2 \omega^2 R_2}{Z_2}}. \quad (28)$$

Ф-ла (26) для максимального тока I_2 показывает, что M входит и в числитель и в знаменатель; т. о., меняя связь контуров, возможно еще увеличить вторичный ток. Еще раз решая задачу на максимум для M , находим:

$$M_{max II} = \frac{Z_1}{\omega} \sqrt{\frac{R_2}{R_1}}. \quad (29)$$

Подставляя в ф-лу (26), получаем наибольший возможный ток:

$$I_{2max-max II} = \frac{E}{2\sqrt{R_1 R_2}}; \quad (30)$$

условия для его получения из ур-ий (25) и (29) получаются в виде

$$\frac{x_2}{x_1} = \frac{R_2}{R_1}, \quad (31)$$

т. е. должна быть пропорциональность между сопротивлениями активным и реактивным. Аналогично находим:

$$I_{2max-max I} = \frac{E}{2\sqrt{R_1 R_2}}.$$

Лит.: Жеребцов И., Электрич. колебания и резонанс, М.—Л., 1932; Берг А., Основы радиотехнич. расчетов, Л., 1928; Рейнер, Справочник по радиотехнике, пер. с англ., Москва, 1929; Ивановский В., Теоретич. исследование колебаний в связанных системах, П., 1917; Электрич. колебания и волны, Сбор. основных работ под ред. В. Лебединского, вып. 4, Резонанс связанных цепей, СПб., 1911, вып. 3, Резонанс несвязанных цепей, СПб., 1914; Круг К., Основы электротехники, 3 изд., т. 2, Колебания в связанных цепях, М.—Л., 1932; Pierce G. W., Electric Oscillations and Electric Waves, N. Y., 1920; Vedau F., Cours élémentaire de télégraphie et téléphonie sans fil, P., 1931; Morescroft Y., Pinto A. A., Curry W., Principles of Radiocommunication, N. Y., 1927; Fleming J. A., The Principles of Electric Wave Telegraphy and Telephony, Damping, A. Resonance, L., 1919; Turner L. B., Wireless and a Treatise on Theory, A. Practice of High Frequency, Electric Signaling, Oscillator Circuits, Cambridge, 1931. А. Углов.

СВЯЗИНИТ, серо-черный матовый ископаемый уголь, из ряда сапропелевых углей (богхедов), допускающий механич. обработку и полировку и обладающий значительными электроизоляционными и хемостойкими свойствами; может идти на поделки и как электроизоляционный материал. Выские, чисто черные сорта подобных углей с твердостью 3—4 по Мосу и уд. в. 1,35 известны на Западе под названием гагата, или джета, а на Кавказе — гешира, его называют также черным янтарем. Гагат обычно встречается небольшими кусками и издавна шел на поделки, траурные украшения, бусы, пуговицы и т. д. Во многих странах (Англия, Ирландия, Испания, Франция, Кавказ) гагат был предметом довольно развитой промышленности в 18 в. Под С. разумеют материал, родственн. гагату, но более низкого качества; залегают он большими пластами, отдельные глыбы к-рых бывают до 15 м² площадью и 60 см толщиной. Известно много месторождений бурых углей, подобных С., но степень пригодности к обработке доставляемого ими материала до настоящего времени не была предметом специального испытания. Высококачественный гагат добывается в Англии (Йоркшир), Испании, Богемии и Штирии. Из союзных известны месторождения гагата в б. Терской обл., в ряде мест б. Кутаисской губ., в Карской обл., в б. Тифлисской губ., по Черноморскому побережью, в Крыму, на Сахалине, на Урале близ Каменского з-да и в других местах. В связи с отмеченными в 1931 г. И. А. Алексеевым изоляционными свойствами нек-рых сибирских бурых углей, добываемых в Иркутском бассейне около Черемхова и подчиненных юрским отложениям, промышленность обратила особенное внимание на угли Матаганского, Черемховского, Хакарейского и Зоринского месторождений в Иркутском районе. Действительные запасы всех видов углей по району площадью 71 км² согласно данным Геологич. комитета доходят до 300 млн. т при 51 615 млн. т вероятных и возможных. Богхеды распространены преимущественно в Приангарском и Хакарейском районах. Сведения о степени однородности означенных запасов богхедов как материала отсутствуют. Но и на тех образцах, к-рые в качестве наиболее высококачественного материала попадали в исследовательские лаборатории, обнаружено довольно значительное разнообразие свойств, каковым вероятно и объясняется разноречивость данных испытания. Испытания этих углей произведены в Научно-исследовательском ин-те НКСвязи и в Отделе материаловедения Всесоюзного электротехнического института (ВЭИ).

По химич. составу С. характеризуется следующими значениями показателей в %:

Показатели	Черемховский	Матаганский	Хакарейский
Влажность	1,66	1,26	3,98
Зола	5,93	10,14	14,79
Кокс в тигле	29,60	19,02	20,0
Летучие	70,60	80,98	80,0
Сера (по Эшке)	0,70	3,05	0,70
» (по бомбе)	1,19	3,29	1,68
Углерод	81,10	78,69	76,5
Водород	8,34	10,41	9,8
Азот (по Кьельдалю)	1,12	0,56	0,33
Извлекаемые битумы	—	0,6	—
Гуминовые кислоты	—	0,46	0,44

Образцы, испытанные в ВЭИ, дали зольность 17%, причем в золе обнаружено железо. Цвет се-

ро-черный, в изломе коричневый. Излом струйчатый. Текстура С. сланцеватая и даже трещиноватая по поверхностям сланцевания. Вследствие сланцеватой текстуры С. весьма анизотропен; это обстоятельство существенно понижает его полезные качества, которые были установлены в направлении, нормальном к поверхностям сланцевания, и дали повод к расчетам на С., едва ли оправдываемым. Механич. обрабатываемость С. удовлетворительна, однако при учете его направления сланцеватости. Обработка может вестись на токарном и сверлильном станках; резьба не крошится лишь при наиболее высококачественных С.; распиливается связинит может ножовкой или циркулярной пилой, но при умеренных скоростях; шлифовка и полировка сукном или войлоком дают блестящую поверхность. Прессовка измельченного С. при комнатной t°, а также при нагреве до 50—170° не дает компактной массы. Уд. в. 1,11 (в доставленном состоянии 1,186). Прочность на сжатие в нормальном направлении при кубиках ребром в 2 см 1150 кг/см². Прочность на изгиб в нормальном направлении при брусках сечения 2 × 2 см—233,5 кг/см². Прочность на разрыв в направлении поверхности сланцевания 89 кг/см². Упругость связинита характеризуется восстановлением кубика ребром в 2 см, сжатого до 1,5 см, через 16 ч. высота кубика стала 1,95 см. Гигроскопичность и водопоглощение характеризуются данными НИИС НКСвязи: за 24 ч. при 110° образец не обнаружил убыли массы, как равным образом не обнаружил он и приращения ее за 24 ч. нахождения в воде; по данным ВЭИ пластинка С. за 12 ч. хранения над водою дала привес 0,024%, а прогретой этой пластинки при 105° дал убыль веса 0,7%, 0,24% и 0,27% по прошествии 1, 2 и 3 ч. соответственно. Теплостойкость С. характеризуется неплавкостью и неразмязгаемостью при нагреве. При постепенном повышении t° до 240° заметно изменяется, при 275° начинает выделять запахи, а при 400° выделяет дым и загорается; продолжительное нагревание при более низкой t° заставляло С. рассыпаться в порошок. При сухой перегонке (швелевании) С. дает большое количество смолы, по консистенции, внешнему виду и запаху стоящей в середине между сланцевым и буроугольным дегтем. Огнестойкость С. характеризуется согласно германской классификации (см. *Изоляционные электротехнические материалы*) баллом 0; С. легко загорается и горит коптящим пламенем. В электрич. отношении С. обнаруживает частичную униполярность. Электрич. свойства его характеризуются данными: уд. поверхностное сопротивление свежесыточенной пластинки в одном направлении 3,14 · 10¹⁰, а в другом 2,44 · 10¹⁰ Ω-см; после 12-час. выдержки той же пластинки в пространстве насыщенного пара уд. поверхностное сопротивление было 3,77 · 10¹¹ и 3,60 · 10¹¹ Ω-см; после часовой просушки той же пластинки при 105° уд. поверхностное сопротивление было 3,84 · 10¹² и 1,92 · 10¹² Ω-см. В других опытах уд. поверхностное сопротивление колебалось в пределах от 1,53 · 10¹⁰ до 2,84 · 10¹¹ Ω-см. Объемное сопротивление свежесыточенной пластинки было в нормальном направлении 2,25 · 10⁹ и 2,03 · 10⁹ Ω-см; после выдержки пластинки в пространстве насыщенного пара оно оказалось 5,02 · 10¹⁰ и 6,77 · 10¹⁰ Ω-см, а после часовой просушки при 105° в обоих направлениях 3,95 · 10¹² Ω-см. В других опытах уд. объемное сопротивление различных пластинок колеба-

лось от $2,84 \cdot 10^8$ до $3,46 \cdot 10^{11}$ Ом-см. Следует отметить, что при повышении градиента поля поверхностное и объемное сопротивление С. понижается. Диэлектрический коэф. при акустич. частоте оказался весьма изменчивым и колеблющимся в пределах от 6,4 до 16,6. Диэлектрич. потери при технич. частоте весьма значительны и $\operatorname{tg} \delta \gg 0,2$ при 20° и напряжении 250 В. Электрич. крепость в нормальном к поверхностям сланцевания направлении, определенная при помощи пластинки и шара диам. 5 см и при толщине пластинки в 5—6,5 мм, оказалась колеблющейся в пределах 48—61 kV_{eff}/cm . Электрич. крепость в тангенциальном направлении, т. е. вдоль поверхностей сланцевания, и при межэлектродном расстоянии 3,5 см оказалась колеблющейся в пределах 7,5—10,9 kV_{eff}/cm . По данным НИИС НКСвязи С. хорошо выдерживает действие полей высокой частоты. В отношении растворителей С. при комнатной t° весьма устойчив: почти не растворяется в воде, спирте, скипидаре, эфире, вазелиновом масле, ацетоне, хлороформе, петролейном эфире и бензоле, теряя за 10 суток 0,1—0,3% своей массы, в хлороформе же и спирте увеличивает свою массу (в спирте на 2,8%), а при кипячении в бензоле окрашивает его в слабоялтый цвет. Щелочи (50%-ный раствор КОН) и к-ты (серная к-та уд. в. 1,84, азотная к-та уд. в. 1,84, соляная к-та уд. в. 1,19, царская водка и фтористоводородная к-та, уксусная к-та) не оказывают за 10 суток видимого действия; взвешиванием же обнаруживается увеличение массы на 0,22% для серной к-ты, 0,910% для азотной, 1,32% для царской водки и убыль массы на 0,26% для уксусной к-ты и 0,30% для едкого кали. При часовом кипячении в воде С. почти не меняется; при часовом нагревании при 60° с серной к-той 66° цвет к-ты тоже не показал изменения, а 10-минутное нагревание С. в 10%-ном растворе КОН сделало бесцветный раствор слабоялтым.

Свойства С. заставляют отнести его к промышленным материалам, заслуживающим внимания, в особенности в виду указываемой огромности его запасов. Из этих свойств особого внимания заслуживают механич. прочность, обрабатываемость и хемостойкость; электрич. свойства С. не таковы, чтобы его м. б. отнести к числу хороших изоляционных материалов, но для некоторых неотчетливых целей при малых напряжениях и м. б. в качестве второй ступени изоляции этот материал может пойти и в электропромышленности в тех случаях, где его воспламеняемость не будет признана основанием для отвода. В настоящее время С. идет гл. обр. как изоляционный материал в технике связи—на телеграфных аппаратах Бодо, Юза, Уитстона, на аппаратах телефонных, для реостатов и распределительных щитов; в этих случаях он заменяет собой эбонит, но было бы ошибочно говорить о С. как о заместителе эбонита вообще, поскольку электрич. свойства С. несравненно ниже, чем эбонита. Попытки применения С. в технике сильных токов и высокого напряжения потерпели, как и следовало ожидать, неудачу; из этих областей в тех случаях, когда требуется ответственный изоляционный материал, С. должен быть решительно исключен. Но, с другой стороны, следует попытаться применить С. в химич. пром-сти—для ванн, баков и т. д. и в частности для целей электрохимических. Затем С. может войти в подделочную промышленность, напр. пуговичную.

Лит.: Ферсман А., Драгоценные цветные камни России, т. 1, П., 1922; «Техника связи», 1931, 5; «Новости техники», 1931, январь; «Шравла», 1931, 44 (5209); Годовой обзор минеральных ресурсов СССР за 1925—26 гг., Л., 1925; Жемчужины Ю., О месторождении боксита Приангарского района в Иркутском бассейне, «Известия Геолог. комитета 1924», 1926, т. 43, 8; его же, Богделовые районы Иркутской губернии, «Поверхность и недра», М., 1926, 1; его же, Угли Черемховского (Иркутского) бассейна, там же, 1927; его же, Введение в петрографию углей, М.—Л., 1927; Дурин П., Состав и испытания каменных углей России, М., 1916; Богданович К., Материалы по геологии и полезным ископаемым Иркутской губ., СПб., 1896; Dammert B. u. Tietze O., Die nutzbaren Mineralien, В. 2, 2 Aufl., Stg., 1928; Сапропелитовые угли Восточно-Сибирского края, «Материалы по геологии и полезным ископаемым Восточной Сибири», Иркутск, 1932, 5; Материалы по изучению качества углей Сибири, «Труды научно-исслед. угольного института Кузбассугля», Новосибирск, 1932, серия Б, вып. 1. П. Флоренский.

СВЯЗУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА, минеральные и органич. вещества, употребляемые в смеси с пигментами или сухими красками с целью равномерного распределения и закрепления последних на поверхности тел. В качестве С. в. применяются: 1) жидкости: высыхающие масла, олифу и т. п., 2) растворы различных твердых тел, имеющие в большинстве случаев коллоидный характер, например растворы клея в воде, эфиров целлюлозы в органич. растворителях и т. д., 3) суспензии: известковое молоко, различные эмульсии и другие составы. Роль С. в. в краске заключается, во-первых, в том, чтобы смочить и окружить тонким слоем каждую частицу сухой краски, во-вторых, в том, чтобы закрепить последнюю возможно более прочно на окрашенной поверхности. Поэтому при употреблении С. в. необходимо прежде всего учитывать его отношение к пигменту и к покрываемой поверхности; различные пигменты с одним и тем же С. в. дают краски, к-рые отличаются по укрывистости, по различному расходу С. в. и т. д.; в нек-рых случаях пигмент всгущает со С. в. в химич. взаимодействие, образуя соединения, повышающие прочность красочной пленки; с другой стороны, при употреблении одного и того же пигмента с различными С. в. получаются краски, обладающие неодинаковой стойкостью к атмосферным, химическим и механич. воздействиям и различными защитными свойствами против коррозии, действия микроорганизмов и других факторов. В отношении к покрываемой поверхности (дерево, металл, камень и т. д.) одна и та же краска дает часто пленки, сильно отличающиеся по своим свойствам в зависимости от С. в., материала поверхности и в особенности от того, происходит ли при этом только механич. связь поверхности с краской или образуется химич. соединение, скрепляющее их в один общий красочный слой.—Качество, прочность и другие свойства окрасок находятся во многих случаях в прямой зависимости от применения того или другого С. в. Выбор С. в. определяется назначением краски, ценой и теми требованиями, к-рые предъявляются к окрашенной поверхности.

Состав С. в. С. в. обычно состоит: 1) из жидкой или т. н. дисперсной среды, в к-рой распределяется дисперсоид—частицы пигмента или краски, и 2) из растворенного или суспензированного в ней защитного коллоида. Последний делает дисперсную систему более однородной и препятствует осаждению частиц пигмента из жидкой среды; при отсутствии защитного коллоида осаждение краски происходило бы вследствие большой разницы уд. в. пигмента и жидкости значительно легче. Защитный коллоид после высыхания остается в красоч-

ной пленке и обуславливает ее свойства: прочность, твердость, блеск, эластичность и т. д. В зависимости от состава жидкой среды С. в. образуют: 1) водную дисперсию, в к-рой дисперсионной средой является вода, а защитным коллоидом—клей, декстрин и другие вещества, 2) дисперсию с летучими органич. растворителями, в к-рой средой является один или несколько органич. растворителей: спирты, углеводороды, эфиры и т. п. соединения, а защитным коллоидом—смолы, эфиры целлюлозы и т. д., 3) масляную дисперсию, в к-рой дисперсионной средой служит высыхающее или полувсыхающее масло, играющее в то же время роль защитного коллоида, т. к. дает после высыхания твердую, блестящую и эластичную пленку. Кроме масел в качестве С. в. применяются также лаки, или растворы в масле естественных и искусственных коллоидов. В зависимости от состава защитного коллоида С. в. делятся на: 1) минеральные (гашеная известь, жидкое стекло и др.) и 2) органические растительного (крахмал, масло, смолы) и животного (животный клей, казеин и др.) происхождения. По способу получения различают С. в. естественные (камеди, казеин и т. д.) и искусственные (эфиры целлюлозы, искусственные смолы и др.). Кроме растворимых защитных коллоидов в качестве С. в. применяют также нерастворимые или суспензированные в жидкости твердые и жидкие вещества. Нерастворимые коллоиды представляют: 1) соединения, к-рые сами по себе нерастворимы в жидкой среде, но при помощи особых веществ, т. н. пептизаторов, м. б. переведены в растворимое состояние (напр. казеин при помощи обработки щелочами), 2) эмульсии, состоящие из веществ, при обычных условиях не смешивающихся друг с другом, но при помощи эмульгаторов или коллоидной мельницы их можно превратить в совершенно однородную и устойчивую по внешнему виду массу, напр. эмульсии из клея и масла, воска-масла-клея, казеина-масла и др. (см. *Эмульсии*), 3) более грубые суспензии различных вяжущих веществ, обладающие способностью при смешивании с водою затвердевать и закреплять смешанную с ними краску, напр. различные цементы и тому подобные соединения. В зависимости от свойств пленки, к-рую коллоиды образуют после высыхания, они м. б. разделены на обратимые и необратимые. К первым относятся такие, у к-рых пленка после высыхания способна снова растворяться в той же жидкости, например пленка клея при действии воды; необратимые коллоиды дают пленку, теряющую способность растворяться и потому более прочно закрепляющую краску, например раствор казеина в нашатырном спирте, который во время высыхания улетучивается, казеин же переходит из золя в нерастворимый гель. В действительности связующие вещества представляют собою более сложные дисперсные системы, чем указано выше, т. к. в состав их входят различные добавки. Например к эфирам целлюлозы прибавляют смягчители, олифы содержат сиккативы и т. д. Кроме того к С. в. добавляют различные вспомогательные вещества, служащие: 1) для повышения гигроскопичности (у водных С. в.): глицерин, сахар и др., 2) для предохранения от загнивания: карболовую к-ту, β -нафтол и др., 3) для понижения поверхностного натяжения (смачивания) и более равномерного нанесения краски: спирт, некаль, мыла и т. п., 4) для регулирования скорости испарения и уменьшения

концентрации (у летучих и жирных С. в.)—органич. растворители и разбавители: бензол, амилловый спирт, скипидар и др., 5) для повышения эластичности пленки: касторовое масло, жирные к-ты льняного масла и т. д., 6) для улучшения запаха: нитробензол, гвоздичное и другие эфирные масла. Перечень С. в., применяемых для различных красок, приведен в табл. 1.

Свойства и применение С. в. Из минеральных С. в. наибольшее применение находят гашеная известь (см.) и растворимое стекло (см.). Они обладают щелочной реакцией и потому могут смешиваться только с пигментами, стойкими к щелочам, напр. охрой, ультрамаринном. Гашеная известь в виде известкового молока, или раствора гидрата извести, при высыхании поглощает углекислый газ и превращается в мел. Известковые окраски отличаются дешевизной, они не требуют сложных приемов работы (см. *Маллярное дело*) и дают, например по шпакатурке, довольно прочное покрытие. На дереве держатся плохо. Для получения более прочных окрасок к извести прибавляют клеи, казеин и другие С. в. Растворимое, или жидкое, стекло представляет коллоидный раствор кремневой кислоты в калиевой или натровой щелочи или в их смеси (двойной калиево-натриевой силикат). Если жидкое стекло закреплено на поверхности тела только механически, то окраска подвержена действию атмосферных условий и легко смывается дождем, т. к. вода извлекает из нее растворимую щелочь. При добавлении к жидкому стеклу магнезии, мела, витерита и тому подобных веществ или при окраске им поверхностей, содержащих такие вещества, напр. шпакатурки, бетона, цемента, образуются нерастворимые силикаты, очень прочные к действию погоды, благодаря чему жидкое стекло находит применение для фасадных красок. Особенно большой прочностью отличаются т. н. кеймовские краски (см. *Краски для живописи*), в состав к-рых входит также и растворимое стекло. Из растворимых в воде органич. С. в. наиболее часто применяют крахмал (см.) и его препараты, растительный и животный клей. Крахмалы в виде клейстера имеют желеобразную консистенцию и дают после высыхания хрупкую пленку. Поэтому в качестве С. в. чаще употребляют препараты крахмала: растворимые крахмалы, декстрины и другие. Растворимые крахмалы получают гл. обр. путем обработки крахмала щелочью. При этом происходит деполимеризация молекул крахмала с одновременным понижением вязкости растворов и связывающей способности. В виду этого обработку щелочью целесообразно доводить только до получения надлежащих свойств С. в. В отличие от крахмала растворимые крахмалы имеют сильную щелочную реакцию и относятся к обратимым коллоидам, т. к. легко растворимы в воде; благодаря дешевизне они в настоящее время широко применяются в малярной технике и для других целей; так, они с успехом заменяют иногда даже животный клей. Декстрины (см.) получают из крахмала путем обработки его разбавленными к-тами или нагреванием. Различают желтый декстрин, растворимый и в холодной воде (раствор, содержащий 25% декстрина, остается на холоду еще жидким), и белый декстрин, растворяющийся полностью только в горячей воде (при охлаждении застывает в белую желатинообразную массу). Декстрины, получаемые с помощью к-т, имеют слабо-

Табл. 1. — Применение связующих веществ.

Связующие вещества	Обозначение красок по составу входящих в них связующих веществ	Применение
А. Водная дисперсия	Водяные краски	
I. Минеральные вещества		
1. Гашеная известь	Известковые	Для окрасок по штукатурке, для фресковой живописи и других работ. Для фасадных работ по бетону, цементу, штукатурке и другим материалам
2. Растворимое стекло	Силикатные, кеймовские, цементные и др.	
3. Цементы и т. п. составы		
II. Органич. вещества растительного и животного происхождения		
а) Растворимые в воде		
1. Углеводы: крахмалы, растворимые крахмалы, декстрины, сахар, мед и др.	Клеевые, акварельные, медовые и т. п.	В живописи, в декоративной технике, в полиграфич. пром-сти и других отраслях техники, а также для внутренних окрасок по дереву, бумаге, тканям и другим волокнистым материалам
2. Камеди: гуммиарабик, трагант и др.	Акварельные, гуашь и др.	
3. Животный клей: костяной, рыбий, холодный и др.	Клеевые	
4. Альбумин: кровяной, яичный, консервированная кровь	Альбуминовые, яичная темпера и др.	
б) Нерастворимые в воде		
1. Казеин и казеиновые эмульсии	Казеиновые и эмульсионные	Для наружных и внутренних окрасок по камню, штукатурке, дереву, бумаге и другим материалам. Для водонепроницаемых покрытий, для бумаги, кожи, бронзовых тинктур и для других целей. В живописи как добавки для повышения стойкости к воде, для получения блестящих поверхностей и т.д.
2. Смолы: шеллак, канифоль и др.	Водяные, лаковые, смоляные и др.	
3. Воски и восковые эмульсии	Восковые, восковая темпера и др.	
Б. Дисперсия с летучими органич. растворителями	Летучие лаковые краски	
1. Смолы:		
а) растворимые в спирте: шеллак, канифоль, мастикс, сандарак, альбертолы и др.	Спиртовые лаковые, спиртовые глазури и др.	Для окрашивания дерева, бумаги, кожи, жести и других материалов
б) растворимые в углеводородах: даммар, асфальты, кумароновые и другие смолы	Лаковые со скипидаром, сольвент-нафтой и другими растворителями	
2. Эфиры целлюлозы:		
а) нитроцеллюлоза	Нитрокраски	Для наружных и внутренних работ по окраске металлов, для окрашивания кожи, покрытий тканей, дерева, стекла и для других целей
б) ацетилцеллюлоза	Ацетилцеллюлозные	
В. Масляная дисперсия	Масляные краски	
1. Жирные высыхающие и полусысыхающие масла: льняное, ореховое, подсолнечное и др.	} Малирные, печатные, художественные и т. п., фиксели	В живописи, декоративной технике, в полиграфич. пром-сти, для наружных и внутренних работ по окраске металлов, дерева и других материалов. Покрытия тканей, окрашивания кожи и для многих других целей
2. Олифа, полимеризованные и оксидированные масла		
3. Лаки: копаловые, канифольные, альбертолевые и др.	Лаковые или эмалевые	
4. Масляные эмульсии с клеем, декстрином и другими веществами	Эмульсионные	

кислую реакцию, к-рая препятствует употреблению с ними нек-рых пигментов, напр. ультрамарина, или является причиной изменения консистенции краски вплоть до загустения и свертывания. Из группы камедей, или т. н. растительных клеев, чаще всего применяют гуммиарабик, дающий при нагревании б. или м. вязкую прозрачную жидкость слабокислой реакции. Благодаря большому коэф-ту преломления гуммиарабик, как и желтый декстрин, сообщает нек-рым краскам особенную прозрачность, какую они получают только в смеси с маслом. Поэтому они находят применение как С. в. гл. обр. в акварельных красках и в декоративной технике. К этой группе относятся также сульфитные щелоки, получаемые в производстве сульфитной целлюлозы. Их применению в малярной технике несмотря на дешевую цену препятствуют темный цвет и плохой запах. Очищенный же продукт об-

ладает незначительной связывающей способностью. Из животных клеев наиболее часто применяют кожный и костяной клеи (см. *Клей*). Главной составной частью животного клея является глютин—белковое вещество, нерастворимое в холодной воде, с которой оно набухает и образует студнеобразную массу, растворяющуюся при нагревании. При охлаждении растворы животного клея снова желатинируются, что препятствует применению его в качестве С. в. несмотря на очень хорошую связывающую способность. Поэтому за границей часто употребляют продукты, получаемые путем обработки животного клея на холоду (т. н. холодные клеи) при помощи: 1) щелочей, 2) хлористых, роданистых, азотнокислых и других солей, гл. обр. двувалентных металлов (Са, Mg), хлоральгидрата, и другими способами. Наиболее дешевой является обработка щелочами; напр. 100 ч. животного клея заливают во-

дою, после набухания избыток воды сливают, остаток расплавляют, прибавляют 30 ч. NaOH в 70 ч. воды и нагревают на водяной бане, пока проба при охлаждении не будет более желатинироваться. При обработке клея часть глина гидролизуеться, вследствие чего клей остается после охлаждения жидким. При высыхании водных растворов С. в. вода улетучивается, и из раствора защитного коллоида образуется твердая пленка, закрепляющая частицы краски на поверхности тела. Описанные С. в. (за исключением крахмального клейстера) являются обратимыми коллоидами, вследствие чего получаемые с ними окраски не стойки к атмосферным влияниям и могут применяться только для внутренних работ. Несмотря на это клеевые окраски находят широкое применение благодаря своей дешевизне, несложности изготовления и красоте получаемых тонов.

Из водных С. в. к необратимым коллоидам относятся альбумин, казеин, смолы и др. А л ь б у м и н (в виде яичного и кровавого альбумина) при нагревании переходит в нерастворимое состояние и т. о. закрепляет частицы краски на поверхности тела. Вследствие дорогой цены чистый альбумин применяется редко. С темными красками иногда в качестве С. в. употребляется консервированная кровь. К а з е и н в воде не растворяется, но растворим в едких щелочах, извести и т. д.; поэтому его можно применять только с пигментами, стойкими к щелочам. Казеиновые окраски прочны к действию атмосферных условий только в том случае, если остающийся в пленке пептизатор образует с казеином нерастворимое соединение, как например гидрат извести, или улетучивается при высыхании пленки, как например нашатырный спирт. При употреблении едких щелочей казеин не образует необратимого коллоида, т. к. щелочь при действии воды снова переводит его в растворимое состояние. Казеиновые краски отличаются быстрой высыхаемостью, дают ровные и прочные пленки, находящие применение как для наружных, так и внутренних покрытий (см. *Казеин*). Важнейшие реакции для распознавания водных С. в. приведены в табл. 2. Из смол чаще всего применяют ш е л л а к. В отличие от воска шеллак дает блестящую, твердую и довольно эластичную пленку. Растворы канифоли в щелочах—к а н и ф о л ь н о е м ы л о—употребляют для получения матовых пленок как добавку к другим С. в., чтобы увеличить их прочность к воде. Пчелиный воск и др. вещества дают при нагревании со щелочами т. н. «восковые мыла»—суспензии молочно-белого цвета, застывающие при охлаждении в пасту. Они употребляются или сами по себе или как добавки к другим С. в., напр. для получения после полировки блестящих покрытий. В качестве С. в. для эмульсионных красок, называемых также темпера, служат эмульсии из клея, казеина, воска, масла и других веществ. При высыхании эмульсий сначала происходит удаление летучей фазы, напр. воды, после чего остающийся в пленке коллоид связывает частицы краски. На этом основана большая прочность эмульсионных красок по сравнению с водяными и их применение для наружных работ (см. *Эмульсии*).

Из С. в. с летучими органич. растворителями применяются главным образом смолы и эфиры целлюлозы. Смолы, напр. шеллак, эфиры канифоли и др., растворяются в спирте или углеводородах. При высыхании С. в. органич.

Табл. 2.—Реакции важнейших водных связующих веществ [1].

Связующие вещества	Цвет	Консистенция 25%-ного раствора	Реактив Феллинга	Реакция	Раствор в J+KI	Концентрация в HCl	Буретовая реакция CuSO ₄ +NaOH	Щелочной раствор сульфидного свинца	Молибденово-кислый аммоний *2	H ₂ SO ₄ +ледяная уксусная кислота	Окраска при освещении ультрафиолетовыми лучами *3
Крахмал	Беловатый	От желеобразной по вязкости	—	Нейтральная или щелочная	Синий	—	—	—	—	—	Темносине-фиолетовая
Декстрин	Желтый	Густая, вязкая, не бывает желеобразной	*1	Нейтральная	Флоко-товый	—	—	—	—	—	а) Светложелтая слабая флоор. б) Слегка желеноватая флоор.
Декстрин	Белый	Пастообразная, малообразная	*1	Слабокислая	Флоко-товый	—	—	—	—	—	а) Темная б) Слабо зелен. флоор. Светлая синяя флоор.
Гуммиарабик	Бесцветный	Вязкая	Восстановит.	Слабокислая	—	—	—	—	—	—	Светлая сине-зеленая флоор.
Сульфурный шпек	Коричневатый	Вязкая	Восстановит.	Нейтр. (железные клеи), кислая (жестяной клеи)	—	—	—	—	—	—	а) Светлая слегка голубая флоор. б) Сильная желтая флоор.
Животный клей	Коричневатый	Желеобразная	—	Нейтральная или щелочная	—	—	—	—	—	—	а) Светложелтоватая с голубоват. флоор. б) Слабоголубоватая флоор.
Казеин	Беловатый	Вязкая или желеобразная	—	Щелочная	—	—	—	—	—	—	а) Светлая сине-зеленая флоор. б) Светлая слегка голубая флоор.
Альбумин	Почти бесцветный	Жидкий раствор	—	Нейтральная	—	—	—	—	—	—	а) Светложелтоватая с голубоват. флоор. б) Слабоголубоватая флоор.

*1 Нек-рые сорта настолько деполимеризованы, что содержат следы сахара и дают реакцию восстановления. *2 После предварительного окисления с азотной к-той. *3 Обозначения: а)—в сухом виде (порошке); б)—в растворе; флоор.—флюоресценция.

растворитель улетучивается, а защитный коллоид образует с пигментом твердую, блестящую и стойкую к воде пленку. Такого рода краски применяют для предохранения различных предметов, например чанов, от постоянного действия влаги. Краски, содержащие в качестве связующих веществ битумы (асфальты и другие вещества), употребляются для окраски крыш, для предохранения помещений от сырости и т. д.

Совершенно иной характер по сравнению с описанными видами дисперсии имеет масляная дисперсия, у которой дисперсионная среда — высыхающее или полусышающее масло — подвергается при высыхании окислению, изменяет свой химич. состав и превращается в твердую пленку, играющую роль необратимого коллои-

к механич. воздействиям. Эмульсионные краски, содержащие масло, хотя и дают еще пористую пленку, но являются уже более устойчивыми к действию влаги, лучше связываются с поверхностью и менее хрупки. Чем больше масла в краске, тем слой становится более цельным, блестящим и эластичным, достигая у собственно масляных красок большой прочности как к атмосферным, так и к механическим влияниям. С. в. с летучими органич. растворителями образуют также блестящие пленки, мало чувствительные к действию воды, но стойкость их к механич. усилиям, напр. ударам, сильно колеблется в зависимости от применения той или иной смолы, рода растворителей, способа приготовления, добавки смягчителей, скорости высыхания и многих других условий.

Табл. 3.—Свойства водных связующих веществ [2].

Название связующих веществ	Цвет	Прозрачность	Сухая пленка			Обратимость коллоида
			Глянец	Эластичность	Гигроскопичность	
Кожный клей	Желтоватый	Прозрачный	Слабый Матовый	Не дает трещин	Негигроскопичен	Обратим
Кожный клей+щелочь	»	»	»	»	Гигроскопичен	»
Кожный клей + щавелевая кислота	»	»	Блестит	Сильно трескается	Слабо гигроскопичен	»
Кожный клей+CaCl ₂	»	»	»	Не дает трещин	Очень гигроскопичен	»
Казеин с NH ₃	Бесцветный	Мутный	Слабый блеск	»	Негигроскопичен	Необратим
Казеин с Na ₂ PO ₄	»	»	Слабый блеск	»	»	Отчасти обратим
Казеиновая эмульсия (льняное масло+NH ₃)	Желтоватый	»	Не блестит	»	»	Необратим
Крахмальный клейстер (вареный)	Бесцветный	»	Матовый	»	»	Мало обратим
Крахмальный клейстер с NaOH без нагревания	»	»	»	»	»	Обратим
Препарированный растительный клей (зихель-клей)	»	»	»	»	»	Частично обратим
Декстрин желтый	Желтоватый	Прозрачный	Сильный блеск	Очень сильно трескается	Немного гигроскопичен	Обратим
Декстрин белый	Бесцветный	Мутный	Матовый	Немного трескается	Мало гигроскопичен	»
Гуммиарабик	»	Прозрачный	Блестит	Заметно трескается	Мало гигроскопичен	»
Сульфитный щелок	Коричневый	»	»	Не трескается	Очень гигроскопичен	»
Смоляное мыло (с содой)	Желтоватый	»	Матовый	Сильно трескается	Негигроскопичен	»
Шеллачное мыло (с двууглекислым аммонием)	До коричневатого	»	Блестит	Сильно трескается	»	Необратим
Восковое «мыло»	Беловатый	Мутный	Матовый	Не трескается	»	Обратим
Жидкое стекло	Бесцветный	Прозрачный	Блестит	»	»	Необратим

да. Количество С. в. в масляных красках оказывает существенное влияние на свойства окраски и находится в зависимости от применения их для тех или иных целей.

Различные С. в. дают пленки, отличающиеся структурой, внешним видом, прочностью и другими свойствами. Большинство водных С. в., если они взяты не в очень большом количестве, образует с красками шероховатые и пористые пленки, отличающиеся матовым видом (табл. 3). Эти пленки у некоторых С. в. представляют обратимые коллоиды, как напр. у клеевых красок, способны поглощать влагу, которая при повышении t° снова испаряется, вследствие чего объем пленок постоянно изменяется, что приводит к растрескиванию и отлетанию нанесенного слоя. У большинства водных С. в. пленки довольно хрупки и потому очень чувствительны

Лит.: 1) Taschenbuch f. die Farben- u. Lackindustrie, hrsg. v. H. Wolff, W. Schlick u. H. Wagner, 6 Aufl., Stg., 1930; 2) Wagner H., Die Körperfarben, Stg., 1928; Киселев В., Краски, масла и лаки, 2 изд., Л., 1926; Михайлов С., Производство минеральных и земляных красок, П., 1915; Стоцкий Е. у. Антопу В., Waren- u. Materialienkunde des Lack- u. Farbenfaches, B., 1927; Ullm. Enz., B. 7, 1929; Eibner A., Malmaterialienkunde, B., 1909; Pöschel V., Farbwarenkunde, nebst Grundlagen d. Giftlehre, 1921; «Farben-Zeitungen», B.; «Farbe u. Lack», Hannover; «Farben-Chemiker», B.; «Z. ang. Ch.», B.; «Korrosion u. Metallschutz», B. П. Чернин.

СВЯЗЬ, см. *Связанные системы*.

СВЯЗЬ ОБРАТНАЯ, см. *Обратная связь*.

СДВИГ, один из видов деформации. Возьмем элементарный прямоугольник (фиг. 1), на грани которого действуют касательные напряжения (см. *Напряженное состояние*). При этом первоначально прямые углы прямоугольника изменяются. Квадрат $abcd$ превратится в ромб ab_1c_1d . Диагональ ac удлинится, а диагональ bd

укоротится на одну и ту же величину; длина сторон ромба останется равной первоначальной длине стороны квадрата (с точностью до малых величин 1-го порядка). Перемещение bb_1 называется α б с о л т н ы м с. грани bc относительно грани ad . Угол γ называется углом с.; отношение $\frac{bb_1}{ba} = tg \gamma$ — относительным с. При малых деформациях можно заменить $tg \gamma$ углом γ и считать, что относительный с. равен углу γ , т. е. изменению первоначально прямого угла bad . Углом с. γ вполне определяется с. Касательное напряжение и угол с. γ связаны урав-

$$\tau = G\gamma, \tag{1}$$

являющимся выражением частного случая закона Гука. G — модуль упругости при с., или короче — модуль с., k — рый связан с модулем упругости при растяжении (модулем Юнга) E и коэф-том Пуассона μ следующим равенством:

$$G = \frac{E}{2(1+\mu)}. \tag{2}$$

Для железа и стали численные значения μ получаются ок. $\frac{1}{3}$; для них $G \approx \frac{3}{8}E$. На опыте величины G наиболее точно определяются из кручения призматич. стержней. Приводим величины G для нек-рых материалов (в $кг/см^2$):

Железо . . .	770 000—810 000	Гранит . . .	50 000—180 000
Сталь . . .	810 000—850 000	Известняк . . .	220 000—300 000
Чугун . . .	290 000—400 000	Песчаник . . .	24 000—46 000
Медь . . .	360 000—470 000	Каучук при $t \approx 0^\circ$. . .	16
Латунь . . .	320 000—390 000		

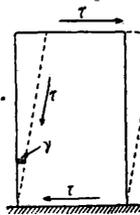
Потенциальная энергия с. для первоначально прямоугольного параллелепипеда (фиг. 2) длиной l при площади основания F и сдвигающей силе T м. б. представлена следующими ф-лами:

$$W = \frac{T^2 l}{2FG} = \frac{FGl\gamma^2}{2} = \frac{1}{2} Tl\gamma; \tag{3}$$

уд. потенциальная энергия с., т. е. энергия, отнесенная к единице объема, получится путем деления (3) на объем параллелепипеда

$$w = \frac{\tau^2}{2G} = \frac{G\gamma^2}{2} = \frac{1}{2} \tau\gamma. \tag{4}$$

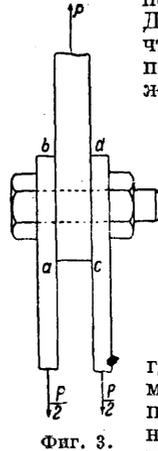
Допускаемое напряжение при с. R_s для таких материалов, как железо, сталь, медь, обыкновенно принимается равным $0,8 R_s$, где R_s — допускаемое напряжение на растяжение; лучше согласуются с опытными данными величины $0,5 R_s$, полученные на основании т. н. 3-й теории прочности (см.), по которой разрушение тел зависит не от нормальных, а от касательных напряжений. Явление сдвига в чистом виде встречается в кручении (см.), а в более сложной форме — в изгибе, где кроме основных нормальных напряжений, вызываемых изгибающим моментом, возникают касательные напряжения от действия перерезывающей силы; они малы в длинных балках и довольно заметны в коротких (см. *Изгиб*). Многие детали инженерных сооружений испытывают касательные напряжения. Так, соединительный болт (фиг. 3) под действием растягивающей силы P может разрушиться от касательных напряжений в сечениях ab и cd . Такой тип разрушения называется *срезыванием*. При расчете такого



Фиг. 2.

болта обыкновенно предполагают, что касательные напряжения распределяются равномерно по обоим опасным сечениям ab и cd . Диаметр болта D подбирают так, чтобы касательные напряжения не превосходили допускаемых напряжений R_s на сдвиг:

$$\frac{2P}{\pi D^2} \leq R_s. \tag{5}$$



Фиг. 3.

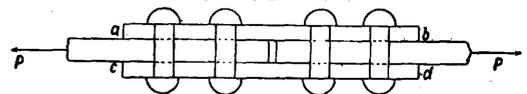
Заклепки (фиг. 4) могут срезываться по плоскостям ab и cd . Предполагая, что сила P распределена равномерно между всеми заклепками, диаметр их определяют из уравнения

$$\frac{4P}{k\pi d^2} \leq R_s, \tag{6}$$

где k — число плоскостей, по которым может произойти срезывание заклепок (на фиг. 4 $k=4$). При соединении двух деревянных брусков врубками (фиг. 5) размеры зуба определяют из уравнения:

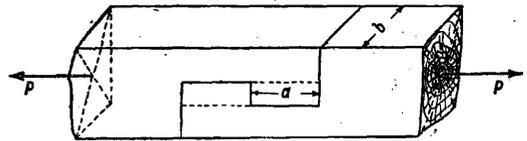
$$\frac{P}{ab} \leq R_s. \tag{7}$$

Все подобные расчеты на срезывание носят весьма грубый характер, так как касательные



Фиг. 4.

напряжения, как показывают точные решения некоторых из таких задач, в действительности распределяются по сечениям далеко не равномерно; на контуре имеются сильные перенапряжения материала. Поэтому соединения, так рассчитанные, являются более слабыми, чем это



Фиг. 5.

предполагается при расчете. Временное сопротивление срезыванию можно представить формулой $\tau_b = \mu_1 \sigma_b$, где σ_b — временное сопротивление разрыву. Коэф. μ_1 для железа и стали 0,84—0,87, для чугуна 1,02—1,17, в среднем 1,10. Для хвойных древесных пород по Винклеру в среднем $\mu_1 = 0,064$ параллельно волокнам и 0,32 перпендикулярно волокнам; для дуба соответственно 0,084 и 0,27. В среднем по Мелану временное сопротивление дерева на срезывание в $кг/см^2$ приведено в след. таблице:

Порода дерева	*1	*2	Порода дерева	*1	*2
Сосна	61	210	Лиственница	72	247
Ель	63	273	Дуб	75	270
Пихта	67	219	Бук	85	290

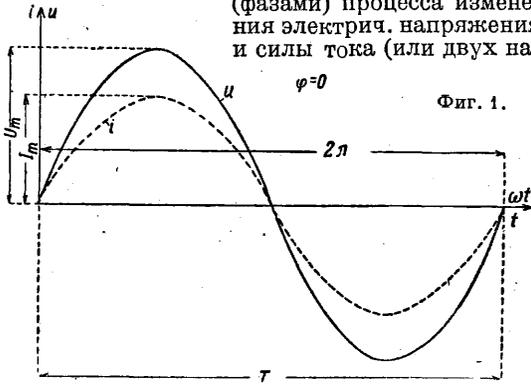
*1 Параллельно волокнам. *2 Перпендикулярно волокнам.

Для камней по Hütte $\tau_b = \frac{1}{13} \sigma_b$, где σ_b — временное сопротивление сжатию; для бетона и цементного раствора $\tau_b = \frac{1}{5} \sigma_c \div \frac{1}{8} \sigma_c$. Бах дает такие числа в $кг/см^2$: гранит 40—160, известняк

30—120, песчаник 15—80 и кирпич 13—17; бетон по Баушингеру 26—30 кг/см².

Лит.: Тимощенко С. П., Сопротивление материалов, 9 изд., М.—Л., 1930; В а х К., Детали машины, пер. с нем., т. 1, М.—Л., 1930; Handbuch d. physik. u. techn. Mechanik, hrsg. v. F. Auerbach u. W. Hort, В. 3, Lpz., 1927; В а с h а н К., Elastizität u. Festigkeit, 9 Aufl., В., 1924. А. Диннин.

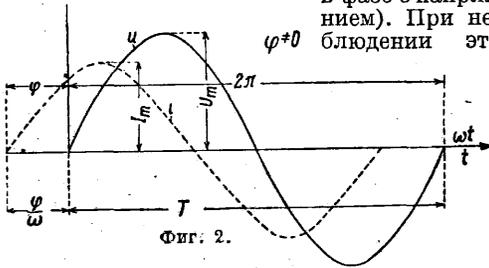
СДВИГ ФАЗ, разность фаз, несопадение во времени между одинаковыми стадиями (фазами) процесса изменения электрич. напряжения и силы тока (или двух на-



Фиг. 1.

пряжений или двух токов), изменяющихся периодически (обычно по закону синусоиды) с одинаковой частотой (см. *Переменные токи*).

Если напряжение U и ток I проходят через нулевые или максимальные значения одновременно (фиг. 1), то они «совпадают по фазе» (ток в фазе с напряжением). При несопадении этого



Фиг. 2.

условия они «сдвинуты по фазе»; в таком случае изображающие их кривые сдвинуты одна относительно другой на нек-рую часть периода (фиг. 2). Пусть ток и напряжение изображаются соответственно ур-ниями

$$i = I_m \sin \omega t$$

и

$$u = U_m \sin (\omega t + \varphi)$$

где i и u —мгновенные значения силы тока и напряжения, I_m и U_m —их максимальные значения, $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$ —электрическая угловая скорость, причем f —частота, т. е. число пер/сек., T —продолжительность периода в долях ск.; t —время, отсчет к-рого ведут с того момента, когда $i = 0$ и возрастает в положительном направлении. Ток достигает максимального значения, когда $t = \frac{\pi}{2\omega}$, напряжение же достигает

максимума, когда $t = \frac{\pi}{2\omega} - \frac{\varphi}{\omega}$. Если $\varphi > 0$, то напряжение достигает максимума на $\frac{\varphi}{\omega}$ ск. ранее, чем ток станет максимальным (или ток достигает максимума на $\frac{\varphi}{\omega}$ ск. позже, чем напряжение); если $\varphi < 0$, то ток достигнет максимума на $\frac{\varphi}{\omega}$ ск. ранее напряжения. Угол φ называют углом сдвига фаз (или сдвигом

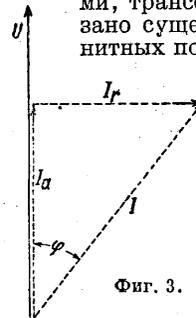
ф а з) между напряжением и током: ток запаздывает относительно напряжения на угол φ (при $\varphi > 0$) или опережает напряжение на угол φ (при $\varphi < 0$). При изображении с помощью векторной диаграммы φ есть угол между векторами напряжения и тока. С. ф. изменяется в зависимости от электрич. постоянных цепи в пределах от $\varphi = 0$ до $\varphi = \frac{\pi}{2}$. При отсутствии магнитных и электрических полей (цепь составлена только из безиндукционных сопротивлений) $\varphi = 0$: ток и напряжение совпадают по фазе. В идеальной цепи с одними лишь индуктивными сопротивлениями (магнитные поля) и свободной от омического сопротивления ток запаздывает относительно напряжения на $\varphi = 90^\circ$ (сдвиг фаз положительный); в идеальной цепи с одними лишь емкостными сопротивлениями (электрич. поля) и свободной от омич. сопротивления ток опережает напряжение: $\varphi = -90^\circ$ (С. ф. отрицательный). В этих двух предельных случаях, когда $\varphi = \pm 90^\circ$, говорят, что напряжение и ток «находятся в квадратуре» (в русской литературе это выражение применяется сравнительно редко). На практике приходится иметь дело с цепями, наряду с реактивными сопротивлениями (индуктивным сопротивлением ωL или емкостным $\frac{1}{\omega C}$, а иногда и с обоими одновременно), содержащими и активное (омическое) сопротивление R ; при этом С. ф. будет иметь какое-нибудь промежуточное между 0 и 90° значение, определяемое выражением

$$\varphi = \arctg \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$$

В частном случае, если $\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0$,

то φ обращается в нуль и ток совпадает по фазе с напряжением: влияние индуктивных сопротивлений компенсируется влиянием емкостных (резонанс).

Причины сдвига фаз и практические последствия его. На многие из цепей переменного тока (установки для генерирования, канализации и потребления электрической энергии) оказывает неблагоприятное влияние то обстоятельство, что в них циркулируют токи, к-рые необходимы для поддержания надлежащего электромагнитного режима, но не м. б. превращены в полезную энергию. С электродвигателями, трансформаторами и проводами связано существование пульсирующих магнитных полей; возникновение и исчезновение этих полей сопряжено с пульсацией энергии, к-рая передается из электрической цепи в магнитное поле и обратно из поля в цепь, не совершая при этом полезной работы. Соответствующие этой реактивной мощности токи в проводах называются реактивными; они сдвинуты по фазе на 90° относительно активных токов. Полный ток I , состоящий из реактивной слагающей I_r и активной I_a (фиг. 3), оказывается вследствие этого сдвинутым по фазе относительно напряжения на нек-рый угол φ . Отношение активной составляющей тока I_a к полному току I , т. е. $\cos \varphi = \frac{I_a}{I}$, называют коэффициентом мощности: на него надо умножить произведение



Фиг. 3.

ток I , состоящий из реактивной слагающей I_r и активной I_a (фиг. 3), оказывается вследствие этого сдвинутым по фазе относительно напряжения на нек-рый угол φ . Отношение активной составляющей тока I_a к полному току I , т. е. $\cos \varphi = \frac{I_a}{I}$, называют коэффициентом мощности: на него надо умножить произведение

У на I , чтобы получить действительную мощность (к-рую можно превратить в механич. мощность или мощность, соответствующую какому-нибудь другому виду энергии), зависящую от активной составляющей тока I_a :

$$P_a = UI \cos \varphi = UI_a$$

(активная составляющая мощности). Реактивной составляющей тока I_r соответствует реактивная составляющая мощности

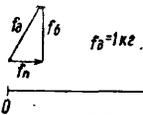
$$P_r = UI \sin \varphi = UI_r,$$

связанная с существованием магнитного поля. Соотношения между напряжением, составляющими тока (I_a и I_r) и мощностью в известной степени поясняет аналогия с общим законом для механич. работ: работа равна



Фиг. 4.

произведению силы на путь. Пользуясь такой формулировкой закона, получают (путем умножения силы в кг на путь в м) правильное значение работы в кгм только в том случае, если пройденное расстояние совпадает с направлением силы; на фиг. 4 сила в 1 кг действует на отрезке пути в 10 м—работа равна 10 кгм; на фиг. 5 сила f_b действует под углом в 60° к пути перемещения—полезная работа равна



Фиг. 5.

на произведению пройденного расстояния на составляющую силы f_a , действующую по направлению пути перемещения (аналогия с активной составляющей тока). Все части установки (провода и пр.) д. б. рассчитаны на полную (кажущуюся) мощность

$$P = \sqrt{P_a^2 + P_r^2} = U \sqrt{I_a^2 + I_r^2}.$$

Поэтому реактивные токи и связанные с ними С. ф. между напряжениями и токами заставляют увеличивать размеры частей установки по сравнению с теми, к-рые были бы необходимы для передачи желаемой полезной мощности.

Магнитное поле является аккумулятором энергии: с возникновением магнитного поля сопряжена затрата некоторого количества энергии, необходимого для создания поля; эту энергию поле при своем исчезновении отдает обратно в электрич. цепь, из к-рой оно эту энергию почерпнуло. При получении поля с помощью переменного тока все время имеет место процесс переливания энергии из электрич. цепи в магнитное поле и обратно. Поля и связанные с ними С. ф. зависят от характера нагрузки (приемников) и свойств самих проводов (см. *Провода электрические и Сети электрические*). На практике чаще встречается поля магнитные; с электрич. полями приходится иметь дело преимущественно в высоковольтных установках (обладающие значительной емкостью кабели и линии большого протяжения). Практически С. ф. можно считать равным нулю при нагрузке в виде одних ламп накаливания или синхронных двигателей (или синхронных преобразователей), работающих при $\cos \varphi = 1$ и при низковольтных не слишком длинных проводах (распределительные сети). Во всех других случаях, и особенно при наличии асинхронных двигателей, $\varphi \neq 0$. У асинхронных двигателей вообще $\cos \varphi < 1$ (в лучшем случае порядка 0,8). Выгодны для асинхронных двигателей (в отношении уменьшения С. ф.) большое число об-

ротов, небольшой воздушный промежуток между статором и ротором и небольшая частота питающего двигателя тока. Коэффициент мощности ($\cos \varphi$), к-рый изображает отношение преобразуемой в механическую активной мощности к полной электрич. мощности цепи

$$\cos \varphi = \frac{P_a}{P} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{P_r}{P_a}\right)^2}}$$

при холостом ходе двигателя почти равен нулю; при возрастании нагрузки $\cos \varphi$ улучшается (увеличивается), т. к. реактивная мощность, соответствующая главному магнитному полю (в воздушном промежутке между статором и ротором) и полю рассеяния (вокруг проводов статора и ротора), возрастает медленнее, чем активная мощность P_a , соответствующая полезной механич. мощности и потерям энергии; только при очень больших перегрузках $\cos \varphi$ может начать вновь убывать вследствие быстрого возрастания поля рассеяния. У больших двигателей $\cos \varphi$ больше, чем у малых. У трансформаторов для понижения реактивной мощности желательно возможное уменьшение воздушных промежутков (возможно более плотная пригонка сердечника к ярму в стыках); тогда реактивная мощность зависит только от энергии намагничивания самого железа, к-рая сравнительно мала, пока магнитная индукция не превышает 15 000 гауссов. При нагрузке трансформаторов между первичной и вторичной обмоткой также возникают увеличивающие реактивную мощность поля рассеяния, к-рых невозможно избежать полностью. Провода линий передач также создают в окружающем пространстве магнитное поле, с к-рым при больших силах токов, значительной длине линий и больших расстояниях между проводами связана значительная реактивная мощность; т. к. величина ее пропорциональна квадрату силы тока, протекающего по проводам, то она равна 0 при холостом ходе, сильно возрастая при перегрузке.

Т. о. физич. причины возникновения реактивной мощности не удаётся устранить полностью, вследствие чего, оперируя с переменными магнитными полями, всегда приходится иметь дело с некоторой величиной реактивной мощности и следовательно с коэф-том мощности, меньшим единицы. Двигатели рассчитывают т. о., чтобы они имели наибольшее значение $\cos \varphi$ приблизительно при нормальной нагрузке; при недогрузке двигателя $\cos \varphi$ неизбежно понижается. Если по соображениям механич. надежности работы двигателя выбирают большей мощности чем необходимо, или с особенно большим воздушным промежутком, то $\cos \varphi$ ухудшается. Применение многих мелких трансформаторов вместо небольшого числа крупных больше нагруженных также сопряжено со значительной силой токами холостого хода, к-рые в периоды слабой нагрузки сильно ухудшают $\cos \varphi$ установки. Так же и та реактивная мощность, к-рая обязана своим возникновением системе проводов, может при нек-рых обстоятельствах стать заметной (но в отличие от двигателей и трансформаторов—только при сильной нагрузке). В связи с этим и способность линий передач к перегрузкам оказывается ограниченной вследствие быстрого возрастания реактивной мощности. Наиболее вредные влияния реактивных токов на электрич. установки связаны с тем, что эти токи создают точно так же, как и активные токи, во всех проводниках джоулевы по-

тери на нагревание, что сопряжено с подводом непроизводительно затрачиваемой энергии от электрической станции. Полные потери на нагревание складываются арифметически из потерь, вызываемых активными токами, и потерь от реактивных токов:

$$Q = Q_a + Q_r = R(I_a^2 + I_r^2).$$

Т. о. $\cos \varphi$, которым чаще всего пользуются в качестве мерила С. ф., дает преуменьшенное представление относительно увеличения потерь: напр. при реактивном токе, составляющем 80% от активного, когда вызываемые реактивным током потери на нагревание равны следовательно 64% величины потерь от активного тока, $\cos \varphi$ упадет только до 0,78. Гораздо более показательные результаты получились бы, если для оценки увеличения потерь пользоваться выражением:

$$\frac{Q_r}{Q_a} = \frac{I_r^2}{I_a^2} = \frac{P_r^2}{P_a^2} = \operatorname{tg}^2 \varphi.$$

Эти увеличенные потери на нагревание получаются не только в проводах, но и в трансформаторах, через которые они протекают от мест своего возникновения к электрической станции; в связи с ними приходится увеличивать сечение всех проводов. В меньшей степени это сказывается, если сеть невелика, а снабжающая ее станция расположена в центре ее (например фабрично-заводская установка). Но реактивная мощность может оказать весьма неблагоприятное влияние на экономичность установки, если станция находится на большом расстоянии от района потребления; в этом случае необходимо принять особые меры для улучшения $\cos \varphi$ или для разгрузки системы проводов от реактивных токов. Кроме потерь реактивный ток вызывает в длинных линиях значительное падение напряжения: при больших С. ф. над падением, к-рое создает активный ток, будет преобладать падение, вызываемое реактивным током в индуктивном сопротивлении линии. В сетях большого протяжения это обстоятельство используют для регулирования напряжения. Устанавливая в соответствующих местах машины, генерирующие реактивную мощность, регулируют циркуляцию реактивных токов в линиях т. о., чтобы искусственно увеличивать или уменьшать падение напряжения; кроме того для регулирования С. ф. применяют специальные трансформаторы. Особенно неблагоприятное влияние оказывает С. ф. на генераторы электрич. станции: чтобы поднять напряжение генераторов, понизившееся вследствие размагничивающего действия реактивных токов, приходится значительно усиливать ток возбуждения, что возможно только до известных пределов, в связи с нагреванием обмотки возбуждения.

Измерение угла С. ф. реактивной мощности и энергии. Угол С. ф. можно определить при однофазном токе по показаниям ваттметра, вольтметра и амперметра (перемножив вольты на амперы и разделив на это произведение ватты, получают $\cos \varphi$), а при трехфазном токе с симметричной нагрузкой фаз по показаниям двух ваттметров:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{W_1 - W_2}{W_1 + W_2} \sqrt{3},$$

где W_1 —большее и W_2 —меньшее из двух показаний ваттметров. От хлопотливых вычислений избавляет и дает более точные результаты пользование специальными приборами—фа з о-

м е т р а м и,—непосредственно показывающими $\cos \varphi$. За последнее время в связи с тарифной политикой, стремящейся стимулировать улучшение $\cos \varphi$ у абонентов, приобрел большое значение вопрос об особом учете реактивной мощности и энергии, а также кажущейся мощности и энергии. Специальные ваттметры непосредственно показывают реактивную мощность. Благодаря искусственному, с помощью реактивных катушек, С. ф. на 90° между токами в обмотках ваттметра он показывает, вместо

$$P_a = UI \cos \varphi$$

величину

$$P_r = UI \cos(90 - \varphi) = UI \sin \varphi$$

(т. н. синус-ваттметр) или кажущуюся мощность (вольтамперметры, принцип действия к-рых основан также на искусственном С. ф. между токами в обмотках прибора). Аналогичные идеи положены в основу устройства синус-счетчиков, служащих для учета реактивной энергии в однофазной цепи. В трехфазной цепи для этой цели применяются двухэлементные синус-счетчики, включаемые по схеме Арона, либо двух- или трехэлементные счетчики специальной конструкции.

Средства для улучшения $\cos \varphi$. Тарификация электрической энергии. Война 1914—1918 гг., приведшая в связи с вызванным ею топливным кризисом к стремлению рационализировать использование энергетических ресурсов, создала за границей повышенный интерес к проблеме улучшения $\cos \varphi$. Грандиозные масштабы развития энергетики в СССР придают этой проблеме в нашей стране особое значение. Вместе с тем плановый характер нашего хозяйства открывает широкие возможности для эффективного использования всех средств, предложенных для уменьшения С. ф. в целях возможного смягчения его неблагоприятных последствий как технических (более высокие падения напряжения, трудности регулирования и большие токи короткого замыкания вследствие необходимости сильно перевозбуждать генераторы), так и экономических (меньшая возможность полного использования установки, а отсюда—увеличение капитальных вложений на первоначальное оборудование, большие расходы на капитал и повышение потерь). Поэтому за границей, а за последнее время и у нас, распространяются тарифы, имеющие целью: 1) покрыть убытки производящей энергию организации, вызванные низким $\cos \varphi$, и 2) заставить абонентов, преимущественно промышленных (т. к. от них с их многими двигателями зависит преимущественно результирующая С. ф.), принять меры к улучшению $\cos \varphi$. Такие тарифы делают надбавки на основную цену за электрич. энергию, потребленную при $\cos \varphi$ ниже нормального (за нормальный берут $\cos \varphi = 0,8$), и скидки за электрическую энергию, отпущенную при $\cos \varphi$, большем нормального. При этом исходят из среднего $\cos \varphi$ за расчетный период, определяемого по $\operatorname{tg} \varphi = \frac{A_r}{A_a}$, где A_r —реактивная составляющая энергии, учитываемая например синусным счетчиком, и A_a —активная составляющая, измеряемая нормальным счетчиком.

В. Хацинский.

Технические средства для улучшения $\cos \varphi$ имеют назначение либо устранить самые причины, к-рые могли бы вызвать большой С. ф., либо уменьшить уже возникший почему-либо большой С. ф., компенсируя запаздывающий

реактивный ток посредством искусственно созданного опережающего тока. Устройства для компенсации С. ф. могут быть установлены на центральной станции или в надлежащим образом выбранных пунктах сети; более желательна компенсация С. ф. в самом месте их возникновения или возможно ближе к нему (групповая или индивидуальная компенсация), чтобы разгрузить провода сети от излишних реактивных токов. Важнейшие средства для улучшения $\cos \varphi$ следующие.

1) Правильный подбор асинхронных двигателей и трансформаторов. В качестве главной причины плохого $\cos \varphi$ в установках является приключение к сети плохо нагруженных асинхронных двигателей и трансформаторов. Асинхронные двигатели (см. *Индукционные машины*) нормально имеют максимальный $\cos \varphi$ при нагрузке, близкой к полной; при неполных же нагрузках $\cos \varphi$ получается значительно меньшим. Таким образом, в случае двигателей, выбранных с большим запасом, они работают всегда с неполной нагрузкой и следовательно с ухудшенным $\cos \varphi$. Отсюда первая мера, направленная к улучшению $\cos \varphi$ в установке, должна заключаться в правильном подборе мощности двигателей соответственно действительной нагрузке их без излишнего запаса. С точки зрения лучшего $\cos \varphi$ являются предпочтительными двигатели более быстроходные. При одинаковой мощности они имеют меньшие геометрические размеры и следовательно меньший объем междужелезного пространства, чем тихоходные двигатели. Двигатели большей мощности имеют меньшую величину намагничивающего тока на единицу мощности двигателя при полной нагрузке, чем двигатели меньшей мощности. Указанное обстоятельство объясняется тем, что мощность двигателя при одном и том же числе оборотов растет быстрее, чем его геометрические размеры. В силу этого с точки зрения лучшего $\cos \varphi$ выгоднее оборудовать какую-нибудь мастерскую одним двигателем большей мощности (путем например группового привода), чем рядом мелких двигателей на ту же суммарную мощность. Так как асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором выполняются с меньшим междужелезным пространством, чем двигатели с контактными кольцами, благодаря чему объем междужелезного пространства, а следовательно и намагничивающий ток у первых двигателей получаются меньшими, то для улучшения $\cos \varphi$ установок можно рекомендовать более широкое применение короткозамкнутых двигателей. В случаях, когда нагрузка асинхронного двигателя в разные часы его работы является различной (в значительных пределах), иногда является выгодным предвидеть возможность переключения статорной обмотки двигателя (трехфазного) со звезды на тр-к с тем расчетом, чтобы двигатель при полной нагрузке работал при соединении обмотки тр-ком, т. е. при полном напряжении сети на зажимах каждой фазы статорной обмотки. Тогда при понижении нагрузки до $1/2$ нормальной или до величины еще более низкой выгодно переключить обмотку на соединение звездой: в этом случае каждая фаза обмотки будет работать при напряжении в $\sqrt{3}$ меньшем, чем нормальное напряжение сети, и следовательно величина намагничивающего тока и магнитная индукция в двигателе, и в частности в междужелезном пространстве, будут соответственно меньшими,

чем при соединении обмоток тр-ком, — все это повлечет за собой улучшение $\cos \varphi$ установки. Такое переключение обмоток асинхронного двигателя с тр-ка на звезду при малых нагрузках вызывает изменение величины вращающего момента двигателя примерно раза в три, но для малых нагрузок такое уменьшение величины вращающего момента двигателя существенного значения не имеет.

В асинхронных двигателях с контактными кольцами возможно иногда бывает другое переключение при малых нагрузках, имеющее также целью улучшение $\cos \varphi$ двигателя. В этих случаях двигатель должен иметь обмотку ротора, рассчитанную на более высокое напряжение, чем обмотка статора (возможно лишь при относительно невысоких напряжениях переменного тока, подводимого к двигателю). Переключение для улучшения $\cos \varphi$ в таких двигателях состоит в том, что при малых нагрузках питание двигателя совершается не со стороны статора, а со стороны ротора, и в цепь статора, играющего в этом случае роль вторичной обмотки, вводится при пуске пусковой реостат. Увеличенное сопротивление обмотки ротора при таком переключении уменьшает намагничивающий ток и индукцию в двигателе, благодаря чему уменьшается и С. ф. двигателя. Другим способом получения лучшего $\cos \varphi$ в асинхронных двигателях является применение вместо катушечных фазных обмоток двуслойных обмоток постоянного тока, обыкновенных или разрезных. Обмотки постоянного тока дают значительно меньшее рассеяние, благодаря чему уменьшается реактивная мощность, потребляемая двигателем, и улучшается его $\cos \varphi$. Повышение величины $\cos \varphi$ двигателей с обмоткой постоянного тока против двигателей той же мощности, но с фазной обмоткой, может составить при полной нагрузке до 9% и при половинной нагрузке до 11%. Дальнейшие способы улучшения $\cos \varphi$ в электрич. установках путем улучшения этого коэф-та у самих асинхронных двигателей сводятся к переводу асинхронных двигателей после разгона на работу в качестве синхронных двигателей путем включения постоянного тока (тока возбуждения) в обмотку ротора асинхронного двигателя или путем каскадного включения асинхронных двигателей с трехфазными коллекторными двигателями, одноякорными преобразователями или специальными фазными компенсаторами.

Другой причиной плохого $\cos \varphi$ в электрич. сетях и установках являются недостаточно нагруженные трансформаторы, приключенные к сети. Намагничивающий ток у трансформаторов определяется, с одной стороны, величиной, необходимой для создания главного магнитного потока, а, с другой стороны, — потоками рассеяния. Для уменьшения реактивной мощности трансформаторов рекомендуется стремиться к возможно большей плотности контактов в стыковых соединениях сердечников трансформаторов. Реактивная мощность, потребляемая обычными трансформаторами, составляет при холостом ходе 5—16% и при номинальной нагрузке 10—20% от их номинальной мощности, причем и здесь низшие цифры относятся к трансформаторам больших мощностей и более высокие — к трансформаторам малых размеров. В отличие от асинхронных двигателей трансформаторы являются лишь промежуточным звеном между потребителем электрич. энергии и источником тока. Тот С. ф., к-рый вызывает трансформатор

со своей нагрузкой у источника тока, в конечном счете определяется нагрузкой вторичной сети трансформатора. Трансформатор этот С. ф. передает источнику тока, лишь отчасти влияя на общую величину этого сдвига. В целях улучшения $\cos \varphi$ сети и установки необходимо заботиться о том, чтобы мощности трансформаторов, приключаемых к сети, возможно ближе отвечали той действительной средней нагрузке, с которой работает трансформатор. На трансформаторных подстанциях с сильно меняющейся в разные часы суток нагрузкой иногда бывает выгодно для улучшения $\cos \varphi$ и уменьшения потерь устанавливать вместо одного два трансформатора с автоматич. отключением одного из трансформаторов при малых нагрузках и приключением его при увеличении нагрузки.

2) Компенсация С. ф. в линиях передачи и электрических сетях. Провода и кабели, служащие для передачи электрической энергии, обладают самоиндукцией и емкостью и при известных условиях могут оказывать заметное влияние на сдвиг фаз передаваемой по ним электрической энергии. В зависимости от того, преобладает ли в них действие самоиндукции или емкости, получается под их влиянием увеличение или уменьшение общего сдвига фаз приключенной к ним нагрузки. В обычных воздушных распределительных сетях влияние самоиндукций и емкости проводов настолько незначительно, что им можно пренебречь. Только при длинных линиях электропередач с большими силами тока и высоким напряжением приходится принимать во внимание действие их самоиндукции и емкости. Линия передачи оказывает на общий С. ф. по преимуществу индуктивное, ухудшающее С. ф. действие при значительных силах тока и относительно меньшем напряжении и, наоборот, линия уменьшает общий (индуктивный) С. ф. передаваемой энергии и оказывает емкостное действие при малых силах тока и более высоком напряжении. Действие линии м. б. то индуктивным то емкостным в зависимости от нагрузки. При расчетах и устройстве высоковольтных линий передачи необходимо в каждом случае обследовать вопрос о пределах изменения величины добавочного С. ф. $\varphi_1 - \varphi_2$, обуславливаемого самой линией передачи не только при средней (нормальной) нагрузке, но и при крайних величинах (максимальной и минимальной), которые могут получиться в действительном режиме работы линии. При больших колебаниях величины $\cos \varphi$ на станции или подстанции иногда для удержания его в желательных пределах приходится прибегать к установке как на подстанциях, так и на станциях синхронных конденсаторов. Устанавливаемые на подстанциях, они преследуют в этих случаях также цель регулирования и поддержания напряжения в сети на определенной высоте. Пределы желательного регулирования $\cos \varphi$ на подстанциях и на станциях обычно устанавливаются по условиям экономической выгоды путем сравнительного расчета нескольких вариантов.

3) Синхронные конденсаторы, и ли синхронные компенсаторы, представляют собой перевозбужденные синхронные двигатели (см.), к-рые могут работать как холостую, без активной нагрузки на их валу, так и совершая одновременно механич. работу в качестве двигателя. Последний случай является более выгодным с точки зрения использо-

вания мощности двигателя, но в силу нек-рых отрицательных свойств синхронных двигателей (трудный пуск в ход, отсутствия возможности регулирования числа оборотов) не всегда возможно бывает применить синхронные конденсаторы одновременно и для механич. нагрузки. Довольно обычно использование в качестве синхронных конденсаторов старых неработающих синхронных генераторов. При использовании синхронных конденсаторов для целей улучшения $\cos \varphi$ приходится считаться с тем, что на вращение их холостую без активной нагрузки затрачивается некоторое количество электрич. энергии, которая должна рассматриваться как потеря и д. б. учтена при подсчетах выгоды применения синхронных конденсаторов для улучшения $\cos \varphi$. С точки зрения расположения синхронные конденсаторы выгодно устанавливать в центре реактивной нагрузки на подстанциях или даже непосредственно у потребителей этих реактивных токов. Выгода здесь заключается в освобождении от реактивных токов не только станции, но и линии передачи или сети; между тем как при установке конденсатора на станции улучшается в этом отношении работа только станционных генераторов, линия же и сеть попрежнему остаются перегруженными реактивными токами. Вопрос о том, где следует ставить конденсатор, а также, выгодно ли вообще его ставить и не следует ли вместо установки конденсаторов просто подобрать на станции генераторы на худший $\cos \varphi$, а при недостатке мощности установить новую машину, необходимо решать параллельными расчетами как стоимости установок, так и эксплуатационных расходов при разных вариантах. Такими же расчетами разрешается вопрос о том наивыгоднейшем пределе, до которого следует улучшать $\cos \varphi$; при этом можно заранее сказать, что улучшение $\cos \varphi$ до единицы в обычных условиях является менее выгодным (а иногда и совсем невыгодным), чем улучшение до 0,9—0,95. Экономия, которая получается при улучшении $\cos \varphi$ от 0,9—0,95 до 1, не окупает увеличившихся при этом расходов. В силу изложенного обычно ограничиваются улучшением $\cos \varphi$ до 0,9—0,95.

4) Статические конденсаторы могут быть употребляемы для улучшения $\cos \varphi$ вместо вращающихся синхронных. При высоких напряжениях статич. конденсаторы можно приключать к сети через промежуточные трансформаторы. Как и во вращающихся конденсаторах, в статич. конденсаторах и их трансформаторах приходится считаться с потерями (правда, меньшими, чем в первых). В силу того что емкостная реактивная мощность при одной и той же емкости установки возрастает пропорционально квадрату напряжения, статич. конденсаторы являются более выгодными при высоких напряжениях, при низких же напряжениях они слишком дороги; с другой стороны, статич. конденсаторы на высокое напряжение являются недостаточно надежными в работе, что в настоящее время ограничивает возможность их удешевления за счет повышения напряжения. Преимущества статич. конденсаторов: 1) лучший кпд по сравнению с синхронными, 2) отсутствие вращающихся частей и 3) отсутствие необходимости в постоянном обслуживающем персонале. К недостаткам их надо причислить: 1) несколько большую стоимость, 2) значительный объем и 3) отсутствие возможности легко регулировать $\cos \varphi$ в установке при различных нагрузках, как это делается при синхронных

конденсаторах. В соответствии с преимуществами и недостатками синхронных конденсаторов надо считать, что чем выше стоимость электрич. энергии и чем больше использование конденсаторов, тем относительно выгодны будут в эксплуатации статич. конденсаторы. Наоборот, при более дешевой электрич. энергии и меньшем коэф-те использования относительно выгоднее синхронные конденсаторы.

5) Применение синхронных, синхронно-асинхронных и компенсированных асинхронных двигателей. Средством для улучшения $\cos \varphi$ в электрич. установках служит применение вместо обычных асинхронных двигателей двигателей, у которых $\cos \varphi$ равен или близок к единице. В качестве таких двигателей находят применение нормальные синхронные двигатели, у которых $\cos \varphi$ легко м. б. отрегулирован на единицу и даже сделан опережающим. Главным препятствием для более широкого применения синхронных двигателей служат сложный пуск в ход и полная невозможность регулирования их числа оборотов. Т. о. в первую очередь синхронные двигатели могут найти применение в тех случаях, где не требуется регулирования скорости и особенно большого пускового момента. Стоимость синхронных двигателей при небольших мощностях несколько выше асинхронных, но при больших мощностях мало от них отличается. Больше межжелезное пространство, кид такой же и даже несколько лучший, чем у асинхронных двигателей, и возможность легкого регулирования $\cos \varphi$ синхронных двигателей являются их преимуществами. Большое значение, придаваемое в настоящее время вопросам улучшения $\cos \varphi$ в электрических установках, повело к тому, что за последние годы области применения синхронных двигателей все более и более расширяются.

Вполне аналогичными по своим свойствам в отношении $\cos \varphi$ являются синхронно-асинхронные, или синхронизированные асинхронные двигатели. Преимущества таких двигателей по сравнению с синхронными заключаются в легком пуске в ход с хорошим вращающим моментом и большой допустимой перегрузке; недостатком их является плохое использование обмоток ротора вследствие неравномерного распределения тока возбуждения (постоянного) между обмотками отдельных фаз, а вследствие этого понижение мощности двигателя по сравнению с мощностью, развиваемой им при работе асинхронным двигателем. Другим недостатком синхронизированных асинхронных двигателей является по необходимости пониженное напряжение цепи возбуждения постоянного тока. Это напряжение поднять не представляется возможным, так как при разгоне двигателя в роторе двигателя получались бы слишком высокие напряжения, вызывающие необходимость усиления изоляции и удорожания обмотки ротора. Синхронизированные асинхронные двигатели так же, как и нормальные синхронные двигатели, могут быть использованы в качестве синхронных конденсаторов. Необходимость иметь особый возбудитель низкого напряжения усложняет и удорожает конструкцию синхронно-асинхронных двигателей, особенно при малых мощностях. В силу этого были предложены новые типы синхронизированных асинхронных двигателей, в которых необходимый постоянный ток для возбуждения вырабатывается в самом же двигателе

при помощи дополнительной обмотки с коллектором, расположенной на роторе двигателя. Такие двигатели строят обычно для небольших мощностей (3—20 лр).

Кроме двигателей, построенных на принципе компенсации С. ф. постоянным током, целым рядом з-дов изготавливаются компенсированные асинхронные двигатели при компенсации в них С. ф. переменным током. Такие двигатели (Осонос, Гейлаанда и др.) были предложены около 30 лет тому назад, но первоначально не нашли себе широкого применения, т. к., с одной стороны, они дороже нормальных асинхронных двигателей, и, с другой стороны, вопросы улучшения $\cos \varphi$ в электрич. установках в то время не имели такого острого значения, какое имеют теперь. В настоящее время эти двигатели изготавливаются рядом з-дов и начинают находить себе большее распространение. Стоимость компенсированных асинхронных двигателей получается на 20—40% выше стоимости нормальных асинхронных двигателей; кпд, несмотря на лучший $\cos \varphi$, благодаря дополнительной обмоткам и коллектору оказывается приблизительно одинаковым с нормальными двигателями, а в некоторых случаях и несколько более низким при полной нагрузке. В силу этого компенсированные двигатели могут найти себе рациональное применение для улучшения $\cos \varphi$ установок лишь в нек-рых случаях.

6) Многофазные коллекторные двигатели переменного тока. $\cos \varphi$ многофазных коллекторных, в частности трехфазных, двигателей может регулироваться и быть установленным на единицу и даже сделан опережающим. Эти двигатели м. б. применяемы для улучшения $\cos \varphi$ установок, что и имеет место, но в силу очень большой стоимости таких двигателей по сравнению с обычными асинхронными применение многофазных коллекторных двигателей целесообразно лишь в тех случаях, когда это оказывается необходимым в силу других свойств коллекторных двигателей (см. *Коллекторные машины*), а именно возможности у них экономичной регулировки скорости.

7) Каскадные соединения асинхронных двигателей. При больших мощностях вместо применения компенсированных двигателей на практике обычно переходят к каскадным соединениям нормальных асинхронных двигателей с вспомогательными машинами, к-рые вырабатывают необходимый для намагничивания асинхронных двигателей реактивный ток. В качестве таких вспомогательных машин могут применяться трехфазные коллекторные двигатели и одноякорные преобразователи (см.): каскады Кремера, Шербиуса и др. Эти каскадные соединения дают возможность одновременно производить экономич. регулировку числа оборотов асинхронных двигателей. В силу сложности и относительно большой стоимости (в виду большого числа вспомогательных машин) такого способа улучшения $\cos \varphi$ асинхронных двигателей каскадные соединения с коллекторными двигателями применяются лишь в случаях, когда одновременно требуется получить экономич. регулирование числа оборотов двигателя. Когда не требуется регулировки скорости двигателя, а желательно лишь получить улучшение его $\cos \varphi$, применяются каскадные соединения асинхронных двигателей с фазными конденсаторами, из которых различают два главных типа: 1) качающиеся, или вибраторы (см. *Вибратор Каппа*), и 2) вра-

щающиеся. В случаях, когда имеет существенное значение компенсация $\cos \varphi$ (именно при холостом ходе и малых нагрузках), применяются вращающиеся компенсаторы с возбуждением из сети. В этом случае компенсатор работает как преобразователь. Поэтому компенсатор должен иметь такое число оборотов, при котором число периодов на щетках равнялось бы числу периодов тока в роторе асинхронного двигателя. Из этих соображений якорь компенсатора соединяют жесткой передачей с валом ротора асинхронного двигателя при соответствующем подборе числа полюсов обеих машин. При такой схеме, так как поле компенсатора не зависит уже от величины тока в роторе асинхронного двигателя, компенсатор создает в роторе двигателя при всякой нагрузке одинаковую реактивную опережающую составляющую тока. Поэтому если отрегулировать компенсатор таким образом, чтобы он компенсировал $\cos \varphi$ в двигателе при полной нагрузке на единицу, то при меньшей нагрузке мы получим в двигателе опережающий ток, при перегрузке запаздывающий. Сравнивая между собой качающиеся и вращающиеся фазные компенсаторы, необходимо отметить, что первые из них (вибраторы) имеют следующие преимущества по сравнению со вторыми: 1) вибраторы не требуют для своего привода специального двигателя; 2) обладают легкой и удобной регулировкой возбуждением; 3) имеют более энергичное действие при малых нагрузках, так как в этих случаях частота тока, получаемая из ротора асинхронного двигателя, меньше, достигается большая скорость вращения в каждую сторону, следовательно и большая эдс. Наоборот, при больших нагрузках возможны выпадания вибратора из фазы, а при больших мощностях получаются и конструктивные затруднения. К недостаткам же их относится и необходимость постоянного тока для возбуждения. Получение намагничивающего тока со стороны ротора несколько увеличивает нагрузку током последнего, но зато разгружает от реактивного тока статор. Поэтому при некотором запасе в роторе мощность компенсированных двигателей м. б. поднята на 20—30% против мощности тех же двигателей без компенсаторов. Т. к. условия охлаждения вращающегося ротора обычно бывают лучше, чем статора, то некое увеличение мощности асинхронного двигателя при компенсации обычно бывает возможно. Кроме этого обстоятельства можно указать еще на следующие явления, которые сопровождают компенсирование асинхронных двигателей. Максимальный вращающий момент двигателя при компенсации увеличивается в 1,5—2 раза, что особенно важно при двигателях, рассчитываемых на временную работу при перегрузке. Увеличивается скольжение асинхронных двигателей при компенсации с помощью вращающихся компенсаторов на 10—20% первоначальной величины скольжения и при качающихся до 50% от первоначальной величины. Наконец кпд установок с компенсатором ухудшается примерно на 1% против первоначальной величины без компенсатора. Цена компенсаторов довольно высока: по англ. данным ок. £ 8,5 за 1 kVA (компенсатор мощностью в 30 kVA стоит ок. £ 250). Но если отнести стоимость компенсационного устройства к мощности всей моторной установки, то на 1 kVA моторной мощности придется всего около £ 0,5. При двигателях мощностью меньше 100 HP ком-

пенсационные устройства вряд ли были бы рентабельны.

С. Нурбатов.
Лит.: Курбатов С., Сдвиг фаз в электр. установках, М., 1925; Мейер Г., Коэф. мощности электростанций и способы его улучшения, перевод с немецкого, М.—Л., 1931; Апаров Б., Современное состояние вопроса компенсации $\cos \varphi$ асинхронных двигателей, «Электричество», М.—Л., 1925, 3, стр. 159; Голов В. и Фридрих Г., О тарифных мероприятиях электротка по улучшению $\cos \varphi$ промышленных обонентов, там же, 1928, 9—10 («Известия электротка», 9, стр. 86); Нахмансон В., Выбор мощности и расположения синхронных компенсаторов на подстанции электротка, там же, 1929, 17—18 («Известия электротка», 9, стр. 169); Попов В., Влияние коэф. мощности на стоимость электрической энергии, там же, М.—Л., 1923, 9, стр. 407; его же, Средства для улучшения коэф. мощности сети, там же, 1923, 9, стр. 413; Перес С., Компенсатор сдвига фаз, там же, 1923, 9, стр. 416; Савельев П., Синхронный компенсатор сдвига фаз на одном из промышленных предприятий г. Москвы и результаты его испытания, там же, 1928, 1—2, стр. 11; Серебряников М., К вопросу введения косинусного тарифа для промышленных обонентов МОГЭСа, там же, 1929, 21—22, стр. 569; *Electric Machinery Manufacturing Company, The Power-Factors Book, Facts a. Explanations for Executive Engineers a. Operators, Minneapolis, 1926; Fuhrmann W., Der Leistungs-Faktor in Wechselstromanlagen, Lpz., 1925; Nissel H., Einfluss d. $\cos \varphi$ auf die Tarifgestaltung d. Elektrizitätswerke unter besonderer Berücksichtigung grossstädtischer Verhältnisse, Berlin, 1928; Schornberg A. u. Gluck E., Landes-Elektrizitätswerke, Mch.—B., 1926; Underhill Ch., Power-Factor Wastes, N. Y., 1926; Quenstedt E., Grundlagende Ueberlegungen f. die Einführung von Blindstromtarifen u. Hochlinien f. ihre Vereinfachung, «ETZ», B., 1927, p. 100; Rolland R., Einfluss des Leistungs-Faktors auf die Tarifbildung von Elektrizitätswerken, ibid., B., 1926, p. 733; Smolinский H., Ueber die Verbesserungsmöglichkeit des Leistungs-Faktors ($\cos \varphi$) u. seine tarifliche Erfassung bei den Elektrizitätswerken, «Elektro-Journal», B., 1928, p. 22; Wilkens K., Die Bedeutung d. Blindlast f. Stromabnehmer u. Elektrizitätswerk, «ETZ», B., 1926, p. 733. В. Хачинский.*

СЕДИМЕНТОМЕТРИЯ, совокупность методов измерения размеров частиц в дисперсных системах (суспензиях, эмульсиях, коллоидных растворах, в дымах и туманах) по стационарной скорости перемещения этих частиц под действием внешней силы (силы тяжести или центробежной силы) или по установившемуся диффузионному равновесию (см. *Диффузия*). С. является отраслью физикохимии дисперсных систем, образуя часть дисперсионного анализа, изучающего все методы измерения размеров частиц в таких системах. Основой С. служит гидродинамический закон Стокса, дающий радиус r сферич. частицы в зависимости от установившейся скорости v движения этой частицы в безграничной вязкой среде (с вязкостью η) под действием постоянной силы f :

$$r = \frac{f}{6\pi\eta v}$$

Когда движение происходит под действием силы тяжести

$$f = \frac{4}{3}\pi r^3 g(d_2 - d_1),$$

где d_2 —плотность материала частицы, а d_1 —окружающей среды, то

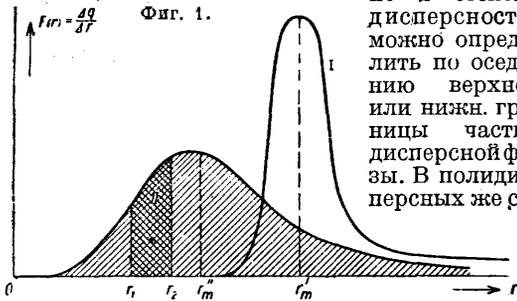
$$r = a\sqrt{v},$$

где

$$a = \sqrt{\frac{9\eta}{2g(d_2 - d_1)}}.$$

Наблюдая скорость оседания (при $d_2 > d_1$) или скорость подъема сферич. частиц (при $d_2 < d_1$) в данной среде, можно определить их радиус. Так решается простейшая задача С., например при определении размеров отдельных капелек в эмульсиях (см.) или в туманах, капелек масла в воздухе (Милликен). Когда оседающая частица не имеет строго сферич. формы (в случае твердых частиц суспензий), закон Стокса все же

позволяет определить т. н. эквивалентный радиус частицы, т. е. то r , к-рым обладает сферич. частица, оседающая при тех же условиях с той же скоростью v . В дисперсных системах с частицами одинаковых размеров (монок-персных системах) r (а следовательно и степень дисперсности) можно определить по оседанию верхней или нижн. границы частиц дисперсной фазы. В полидисперсных же си-



стемах задачей С. является нахождение кривой распределения, дающей распределение всей массы дисперсной фазы по фракциям частиц различных размеров (фиг. 1). По оси ординат откладывают при этом функцию распределения $F(r) = \frac{\Delta q}{\Delta r}$, дающую массу Δq данной фракции частиц от r до $r + \Delta r$ в % от всей массы дисперсной фазы, приходящуюся на интервал радиуса = 1 (напр. 1 μ). По оси же абсцисс кривых распределения откладывается радиус или диаметр частицы. Общий характер таких кривых ясен из фиг. 1. Кривая II соответствует более высокодисперсной и более полидисперсной суспензии, чем кривая I. Площадь кривой между двумя значениями r_1 и r_2 дает

фракцию частиц $r_1 < r < r_2$ $[q_{r_2} - q_{r_1} = \int_{r_1}^{r_2} F(r) dr]$ в

%, а вся площадь $\int_0^{\infty} F(r) dr$ — всю массу диспер-

ной фазы, принимаемую за 100%. Для получения этих кривых при седиментометрич. анализе надо определить массу дисперсной фазы, оседающую m или остающуюся $m_0 - m$ в данном столбе H системы через различные промежутки времени $\tau_1, \tau_2, \tau_3, \dots$. Зависимость m от τ можно определить экспериментально либо по изменению гидростатич. давления столба суспензии (т. е. средней плотности его) со временем либо непосредственно, определяя вес выпавшей дисперсной фазы m , напр. при помощи специальных весов (метод Сведберга и Свен Одена). Частицы

часто дисперсную систему стабилизируют, вводя стабилизатор — поверхностно-активное вещество, обволакивающее своими адсорбционными пленками первичные частицы дисперсной фазы и тем препятствующее их коагуляции. Для С. дымов и туманов удобно пользоваться последним методом, применяя микровесы типа Нернста со слюдяной пластинкой a , на к-рую оседает дым, на одном конце стеклянной нити коромысла b , и зеркальцем c на другом конце (фиг. 2). Весы помещаются в камеру — в то пространство, где находится исследуемый аэрозоль. С помощью зеркала отклонение коромысла

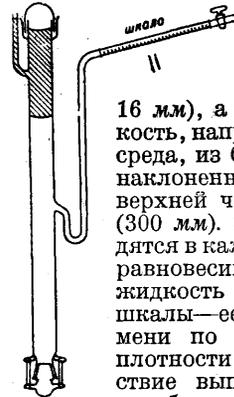


весов измеряется вне камеры либо наблюдением в трубу деления вертикальной шкалы d , отражающегося от зеркала, либо по перемещению светового зайчика по шкале. В системах же с дисперсионной жидкой средой — в суспензиях и эмульсиях — удобнее применять приборы, основанные на изменении гидростатич. давления определенного v столба H дисперсной системы, называемые

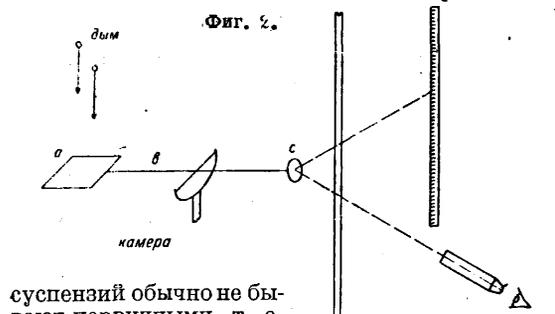
седиментометрами (Вигнер, Вольф, Оствальд, Ган, Ребиндер). В приборе последнего типа (фиг. 3) засасыванием воздуха ртом или водоструйным насосом через A одновременно засасываются в прибор: суспензия, предварительно перемешанная, из банки B в широкую трубку b (диаметром 12—16 мм), а чистая сравнительная жидкость, например чистая дисперсионная среда, из банки C в узкую трубку K , наклоненную под малым углом α в верхней части и разделенную на m (300 мм). Оба столба жидкости находятся в каждый момент в гидростатич. равновесии и вначале сравнительная жидкость достигает верхней части шкалы — ее начала. С течением времени по мере уменьшения средней плотности столба H_0 суспензии вследствие выпадения дисперсной фазы столб сравнительной жидкости понижается в узкой трубке. Это смещение l

мениска в капилляре и дает нам в ф-ии от τ седиментометрич. кривую $l = f(\tau)$; l во столько раз больше перемещения, к-рое имелось бы при вертикальном положении сравнительной трубки, во сколько $\sin \alpha$ меньше 1. Если отношение площадей поперечного сечения трубок b и K достаточно велико (обычно оно составляет 20—40), то столб суспензии H_0 можно считать постоянным, и тогда l пропорционально m . Если все седиментометрич. кривые вычерчивать в диаграмме $100 \cdot \frac{l}{l_{\infty}}$, то ординаты прямо дадут m

в %; при этом l_{∞} — предельное положение мениска при полном выпадении и всей дисперсной фазы. Прибор пригоден только для случая $d_2 > d_1$. Для случая же $d_2 < d_1$ (напр. эмульсии масла в воде) надо применять прибор типа Вигнера в форме Келли (фиг. 4) с сообщением между обеими трубками не через газовое про-



Фиг. 4.



суспензий обычно не бывают первичными, т. е. такими напр., как они получаются при дроблении, а представляют собой сгустки первичных частиц, что затрудняет часто седиментометрический анализ. Поэтому при седиментометрии

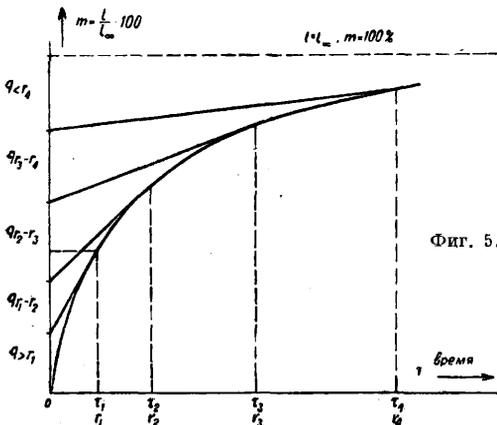
странство вверх, а вниз через жидкость. По кривой $m(\tau)$ легко рассчитать кривую распределения $F(r)$, если для каждого момента времени $\tau_1, \tau_2 \dots$ найти отвечающий ему по закону Стокса минимальный радиус:

$$r_i = a \sqrt{\frac{H_0}{\tau_i}}$$

Все более крупные частицы $r > r_i$ полностью выпадают за время τ_i из столба H_0 суспензии. Тогда каждая ордината кривой дает в % всю массу выпавших частиц, состоящую из фракции q частиц крупнее r_i и из части более мелких фракций n , успешных выпаст из нижних частей столба суспензии. При этом

$$m = q + n; \quad n = \tau_i \frac{dm}{d\tau}; \quad q = m - \frac{dm}{d\tau} \cdot \tau_i;$$

следовательно графически фракция частиц $r > r_i$ определится в % отрезком, отсекаемым касательной к данной точке кривой на оси ординат



Фиг. 5.

от начала. Точно так же фракция частиц $r_k > r > r_i$ определится отрезком, отсекаемым на оси ординат двумя последовательными касательными, проведенными через точки i и k кривой. Проводя графически касательные через точки кривой, отвечающие заданным радиусам r_i и r_k , т. е. соответствующим временам τ_i и τ_k , мы получим по оси ординат таблицу распределения (фиг. 5), из которой легко найдем кривую

$$\frac{dq}{dr} = F(r).$$

Седиментометрич. измерения в нек-рых случаях удобно выполнять и определяя содержание дисперсной фазы C на данной глубине H_0 , спустя время τ , взятым проб шпателькой (весовой метод падения концентрации Робинсона). При этом

$$100 \cdot \frac{C_0 - C_r}{C_0} = q > r \quad (\text{фракция } > r),$$

где

$$r = a \sqrt{\frac{H_0}{\tau}}$$

Иногда можно измерять m и по увеличению высоты осадка (по его объему), что часто недостаточно, т. к. рыхлость осадка сама зависит от его высоты, степени набухания и т. д. Для целей C можно пользоваться и рядом косвенных методов, напр. оптич. методами, фотометрированием — фотографиями системы через определенные промежутки времени в проходящем или в рассеянном (нефелометрия) свете. Полученные снимки микрофотометрируются. Удобно также пользоваться фотоэлементом. Особенно удобоприменимы эти методы к коллоидным растворам с весьма высокой степенью дисперс-

ности при пользовании для C ультрацентрифугой Сведберга, в к-рой действие силы тяжести заменено во много раз более сильным действием центробежной силы (иногда в 10^8 раз). Сосуд с оседающей системой, вращающийся в горизонтальной плоскости, фотографируется при этом при прохождении через определенное положение на окружности, и полученная кинематограмма исследуется микрофотометрическим способом.

Лит.: Наумов В. А., Химия коллоидов, 3 изд., Л., 1932; Сведберг Т., Коллоидная химия, пер. с англ., М.—Л., 1930; Думанский А. В., Методы определения дисперсности, «Записки Ворон. сел.-хоз. ин-та», Воронеж, 1928; Исследования по физико-химии суспензий, Сборник под ред. П. А. Ребиндера (печ.); Ребиндер П. А., «Журнал физич. химии», М., 1930, т. 1, вып. 4—5, стр. 533; Румянцев Е. И., там же, М., 1931, т. 2, вып. 2, стр. 283; Венстрем Е. К., там же, М., 1931, т. 2, вып. 4—5; Нанн Ф. В., Dispersionsanalyse, Dresden, 1928; Oden Sv., Sedimentation Analysis (в кн. J. Alexander, Colloid Chemistry Theoretical and Applied, N. Y., 1928); Svedberg, «Journal of the Amer. Chem. Soc.», Wash., 1924; Rebinder P., «Ztschr. f. phys. Chemie», B., 1930, Abt. A, B, 146, p. 63. П. Ребиндер.

СЕЗАМОВОЕ МАСЛО, к у н ж у т н о е м а с л о, масло из семян *кукуруза* (см.). Химический состав семян: воды 5,25—6,50%; азотистых веществ 19,49—22,69%; жиров 51,40—56,75%; экстрактивных веществ 6,04—8,44%; клетчатки 6,44—8,40%; минеральных веществ 4,07—5,45%. Получаемое масло после первого и второго холодного прессования идет как пищевая материал (на приготовление маргарина), масло после третьего прессования (горячего) употребляется лишь для технич. целей. Цвет масла варьирует от светложелтого до бурокрасного. По вкусу С. м. напоминает оливковое масло. Константы С. м.: уд. в. $D_4^{20} = 0,921 \pm 0,024$; $t^{\circ}_{заст.} - 4 \div -6^{\circ}$; кислотное число 9,8; число омыления $188 \div 193$; иодное число $103 \div 117$; число Генера 95; число Рейхерт-Мейсля $1,1 \div 1,2$; $t^{\circ}_{пл.}$ жирных к-т $25 \div 35^{\circ}$; $t^{\circ}_{заст.}$ жирных кислот (титр) $23 \div 32^{\circ}$; коэффициент преломления $n_D^{25} = 1,4704$, $n_D^{40} = 1,4649 \div 1,4675$; оптическое вращение $0,8 \div 2,4$. Элементарный состав С. м.: 75,22% С, 11,13% Н, 13,65% О. Твердых жирных к-т $12 \div 14\%$; ненасыщенных к-т 80,6%; линолевой к-ты $\sim 16\%$. Глицеридов: олеиновой к-ты 48,1%; линолевой 36,8%; пальмитиновой 7,7%; стеариновой 4,6%; арахидиновой 0,4%; немомыляемый остаток 1,4%. См. также *Спр. ТЭ*, т. III.

СЕЙСМИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ, см. *Сейсмология*.

СЕЙСМОГРАФ, см. *Сейсмология*.

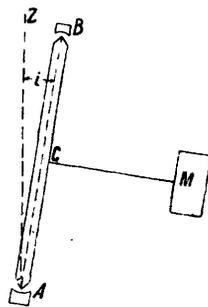
СЕЙСМОЛОГИЯ, отдел *геофизики* (см.), излагающий учение о землетрясениях и являющийся важнейшим источником наших сведений о внутреннем строении земного шара. Под термином *з е м л е т р я с е н и е* понимают такие сотрясения земной коры, к-рые имеют своим источником движение на глубине и передаются как упругие колебания через вещество земли. Землетрясения подразделяются на три класса в зависимости от вызывающих их причин: 1) *в у л к а н и ч е с к и е*, происходящие от подземных взрывов благодаря соседству с вулканами; 2) *о б в а л ь н ы е*, происходящие вследствие обвалов почвы, где под ней имеются в недрах земли пустоты, образованные напр. в результате выщелачивания легко поддающихся растворению водой горных пород; 3) *т е к т о н и ч е с к и е*, происходящие от внезапного смещения горных пород вследствие горообразовательных процессов (сдвиги, сбросы). Первые

два класса землетрясений наблюдаются редко и имеют исключительно местное значение. Тектонич. землетрясения имеют преобладающее значение, и их последствия бывают часто весьма разрушительны. Нарушение условий равновесия внутренних слоев земли, происходящее в результате землетрясений, сопровождается возникновением упругих колебаний (сейсмических волн) в горных породах. Место внутри земной коры, где произошло нарушение равновесия ее слоев, называется гипоцентром, или очагом землетрясения; точка же земной поверхности, ближайшая к гипоцентру, называется эпицентром. Гипоцентр и эпицентр землетрясения — не точки, но области, имеющие известное протяжение и весьма растянутые. Но т. к. размеры их в сравнении с размерами земли весьма ничтожны, то их и принимают за точки, подразумевая под эпицентром среднюю действительной эпицентральной области. От гипоцентра землетрясения расходятся во все стороны сейсмич. волны двойного рода: продольные и поперечные, движущиеся с различными скоростями. Цеппритц и Гейгер в самых верхних слоях земли нашли для скорости продольных волн значение $v_1 = 7,17$ км/сек, а для скорости поперечных $v_2 = 4,01$ км/сек. Кроме того при распространении сейсмич. волн у границы двух средин земной коры с неодинаковыми физич. свойствами возникают особые поверхностные волны с большим периодом; их называют длинными (скорость их равна 3,53 км/сек). Наиболее сильные и разрушительные сотрясения наблюдаются в эпицентре. В этой области кроме колебаний, вызываемых распространением упругих волн, замечаются и действительные смещения материальных частиц, т. е. обнаруживаются видимые поверхностные волны (волны тяжести), вызывающие наибольшие разрушения. Они возникают только среди рыхлых отложений, амплитуда их весьма велика, скорость всего 4 м/сек, им не могут сопротивляться ни почва ни здания. Продолжительность и число сотрясений, а также промежутки между отдельными ударами, весьма разнообразны при каждом землетрясении. Повторяемость землетрясений, выражающаяся в частом проявлении их в какой-либо области, и наибольшая степень их напряженности определяют понятие сейсмичности страны. На карте земли можно выделить области сейсмичные — потрясаемые часто и разрушительно, непотрясаемые часто и сильно и асейсмичные — потрясаемые редко и слабо или вовсе не потрясаемые. Для обозначения силы землетрясений руководствуются интенсивностью разрушительных последствий их; в этом отношении почти во всеобщее употребление вошла шкала Росси-Форея, разделяющая землетрясения на 10 классов: от незаметных непосредственному наблюдению и обнаруживаемых лишь чувствительными сейсмографами микросейсмич. колебаний (I класс) до всеобщего разрушения зданий, образования трещин и сбросов в земной коре и обвалов и оползней в горах (X класс). Шкала Росси-Форея, давая очень подробные подразделения для слабых ударов, недостаточна для деления более сильных. Поэтому в практике итальянских сейсмологов принята шкала Меркалли с 12 классами. Изучение основных элементов землетрясения происходит при помощи особых инструментов: сейсмографов и сейсмометров, а отдел сейс-

мологии, трактующий эти вопросы, называется сейсмометрией. И. Мельников.

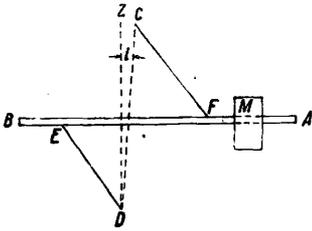
Сейсмометрия. Приборы, которые лишь отмечают движения земли во время землетрясения, называются сейсмометрами; если же они приспособлены для непрерывной записи, то называются сейсмографами, а получаемые записи — сейсмограммами; последние дают возможность определить характер совершающихся перемещений почвы. Самая общая форма перемещений включает в себе шесть возможных независимых движений — три прямолинейных (одно вертикальное, два горизонтальных) вдоль координатных осей и три вращения вокруг этих осей. Измерение вращений, вообще величин ничтожно малых, представляет весьма сложную задачу, и обычно записей их не производится. Т. о. необходимо обратить внимание на измерение указанных трех линейных перемещений, к-рые обычно рассматриваются по отношению к трем координатным осям, направленным к востоку, северу и к зениту места наблюдения. Во всяком сейсмографе имеется одна точка (центр качания), к-рая не изменяет своего положения и около к-рой совершают колебания подвижные части прибора. Если на тонкой, длинной нити, верхний конец к-рой закреплен в точке, связанной с землей, подвесить тяжелый груз, на конце которого находится тонкое перо, слегка касающееся стеклянной пластинки, покрытой слоем сажи, то при землетрясении на пластинке останется весьма запутанный след пера, если пластинка будет оставаться неподвижной; если же пластинка перемещается, на ней различные смещения почвы будут отмечены в виде колебательных движений. По такому принципу построены нек-рые итальянские сейсмографы. Другой принцип положен в основу след. приборов (фиг. 1).

Стержень AB может вращаться в гнездах A и B рамы, прочно связанной с землей. Линия AB наклонена на незначительный угол i от вертикали AZ . От средней точки C отходит стержень CM под прямым углом к AB и несет на своем конце тяжелый груз M . Если бы стержень AB занимал вертикальное положение, то имело бы место равновесие безразличное. Вследствие наклона AB под углом i ускорение силы тяжести уменьшается с g до $g \sin i$. При отсутствии сейсмич. возмущений груз M занимает самое низкое положение, и при возникновении этих возмущений стержень CM начнет совершать колебательное движение вокруг AB , как около оси, причем величина периода зависит от значения угла i . Наибольший эффект возникнет в случае, когда возмущение идет по направлению, перпендикулярному к плоскости ABM . На этом принципе построены сейсмографы Омори, Мильна, Голицына, Майнка и др. Одно из главных отличий этих инструментов заключается в методе подвеса горизонтального маятника. Цельнеровский подвес (фиг. 2) состоит из двух проволок CF и DE , натягивающих стержень AB , на конце которого находится тяжелая масса M . Точки C и D неподвижны и неизменным образом



Фиг. 1.

связаны со штативом прибора. Так. обр. линия CD является идеальной осью вращения прибора; она д. б. наклонена под небольшим углом i к вертикальной линии DZ. В приборах Вихерта, Марвина тяжел. груз укреплен на верхнем конце твердог стержня, удерживаемого в вертикальном положении, к-рое изменяется при сейсмич. возмущениях. Для измерения приходящих колебаний необходимо иметь два маятника, которые могут колебаться один в горизонтальной плоскости и один в вертикальной. В таком случае всякое движение, под каким бы углом к плоскости горизонта оно ни подошло, разложится на три составляющие.



Фиг. 2.

С динамической точки зрения различные виды горизонтальных маятников сейсмографов совершенно идентичны. В дальнейшем рассматривается сейсмограф Голицына. Предположим, что прибор состоит из находящегося на одном конце стержня тяжелого груза, который может двигаться почти в горизонтальной плоскости около оси, проходящей через другой конец стержня и слегка отклоненной от вертикали. Представим себе далее, что такой маятник находится в движении, при этом почва остается в неподвижном состоянии; в таком случае движение маятника определяется выражением

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{g \sin i \theta}{l} = 0, \quad (1)$$

где θ — угол отклонения маятника от положения равновесия, i — угол, образованный осью вращения маятника с вертикальной линией, а l — приведенная длина маятника. Преимущество горизонтального маятника перед вертикальным видно из следующего примера: для Ленинграда ($g = 9.819 \text{ м/сек}^2$) собственный период колебания горизонтального маятника равен 25 сек. при l всего лишь 120 мм, когда угол наклона $2'39''$; такой же период в 25 сек. имеет вертикальный маятник в 155,5 м. Выражение (1) становится сложнее вследствие того, что почва не может рассматриваться как неподвижная. При смещениях почвы, например в направлении параллельном оси x , сам маятник и его штатив испытывают перемещение на ту же величину. Соответствующее ускорение почвы будет $\frac{d^2x}{dt^2} = x''$, и следовательно к моменту силы тяжести g в выражение (1) необходимо присоединить $\frac{x''}{l}$. Далее необходимо принять во внимание силы, которые сопротивляются движению маятника, — трение, сопротивление среды, введенные искусственные затухания и пр. Можно принять, что соответствующий момент пропорционален угловой скорости движения маятника $\frac{d\theta}{dt} = \theta'$. Если демпфирование осуществляется с помощью приспособлений, действующих благодаря сопротивлению воздуха или трением жидкости или особыми электромагнитами, как в приборе Голицына, то предположение о пропорциональности момента угловой скорости оправдывается, т. е. ур-ие (1) необходимо дополнить еще одним членом $\epsilon \theta'$, где ϵ — постоянная затухания. Обозначая $\frac{d\theta}{dt}$ через $n\theta'$, вставим в ур-ие (1) значения момента, зависящего от смещения почвы, и члена, введенного для учета затухания ϵ ; так. обр. ур-ие движения маятника, если пренебречь влиянием наклонов, имеет вид:

$$\theta'' + 2\epsilon\theta' + n^2\theta + \frac{x''}{l} = 0.$$

При рассмотрении собственного колебания маятника, т. е. когда поверхность земли находится в покое ($x'' = 0$), общий интеграл ур-ия движения:

$$\theta = A_1 e^{-a_1 t} + A_2 e^{-a_2 t},$$

где

$$a_1 = \epsilon + \sqrt{\epsilon^2 - n^2}, \quad a_2 = \epsilon - \sqrt{\epsilon^2 - n^2}.$$

A_1 и A_2 — произвольные постоянные интегрирования, обусловленные начальными условиями движения, т. е. значениями θ и θ' при $t = 0$. При этом возможны три

различных случая, когда $\epsilon > n$, $\epsilon = n$ и $\epsilon < n$. В первом случае, при начальной угловой скорости θ'_0 ,

$$\theta = \frac{\theta'_0}{a_1 - a_2} [e^{-a_2 t} - e^{-a_1 t}];$$

здесь второй член убывает при возрастании t быстрее первого, и θ будет всегда положительным. В этом случае движение маятника будет аperiodическим. Для третьего случая

$$\theta = e^{-\epsilon t} [C_1 \cos \gamma t + C_2 \sin \gamma t],$$

где

$$\gamma = \sqrt{n^2 - \epsilon^2}.$$

Постоянные произвольные здесь определяются из начальных условий. При $t = 0$, $\theta = 0$, следовательно $C_1 = 0$ и $C_2 = \frac{\theta'_0}{\gamma}$. Т. о. ур-ие движения маятника представляется для момента t_1 в следующем виде:

$$\theta_1 = \frac{\theta'_0}{\gamma} e^{-\epsilon t_1} \sin \gamma t_1.$$

Т. о. движение маятника будет гармоническим, и амплитуды размахов маятника убывают в геометр. прогрессии, причем так наз. коэф. затухания, определяемый отношением двух последовательных максимальных амплитуд $\frac{\theta_k}{\theta_{k+1}}$, выражается через $\frac{\epsilon}{\gamma}$. Кривая движения горизонтального маятника представляет собой затухающую синусоиду с периодом $\frac{2\pi}{\gamma}$. Второй случай есть пограничный между первым и третьим, причем маятник находится как-раз на границе аperiodичности. Движение при этом определяется выражением

$$\theta = \theta'_0 t e^{-\epsilon t}.$$

В случае движения маятника, происходящего под влиянием горизонтальных смещений почвы, вопрос упрощается, если движение почвы предположить как простое гармонич. движение, совершающееся по закону $x = x_m \sin(p t + \delta)$, где x_m — максимальная амплитуда смещения почвы, а δ — начальная фаза. Решение основного ур-ия движения даст:

$$\theta = e^{-\epsilon t} [\Gamma_1 \cos \gamma t + \Gamma_2 \sin \gamma t] + \frac{x_m}{l} \frac{p^2}{\sqrt{p^4 - 2(n^2 - 2\epsilon^2)p^2 + n^4}} \sin[p(t - \tau) + \delta].$$

Ур-ие это показывает, что движение маятника складается из двух частей: собственного движения маятника (первый член) и колебаний, вызванных гармонич. колебанием почвы (второй член ур-ия), но между обоими движениями существует некая разность фаз. Обратим внимание на затухание прибора; при увеличении значения ϵ первые члены, зависящие от собственного движения прибора, быстро исчезнут; и в этом случае нет необходимости в определении значений Γ_1 и Γ_2 . Особенно выгодно возможно увеличивать затухание и даже доводить маятник до границы аperiodичности. В таком случае при $\epsilon = n^2$ ф-ла получает особенно простой вид:

$$\theta = \frac{x_m}{n^2 + p^2} \cdot p^2 \cdot \sin[p(t - \tau) + \delta],$$

где $pt = \frac{2\pi p}{n^2 + p^2}$. Подробный анализ этих ур-ий показывает, какими преимуществами с теоретич. точки зрения обладают маятники с затуханием перед маятниками без затухания. Записи последних мало пригодны для определения элементов истинного движения почвы.

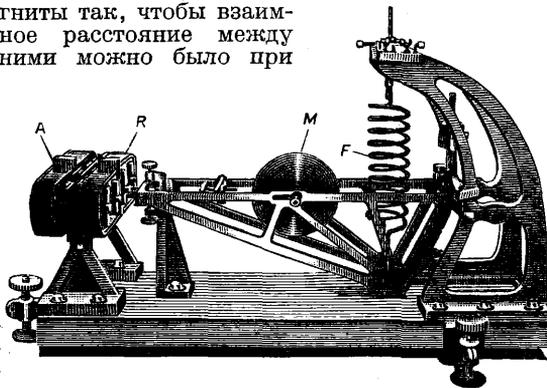
Способы регистрации. Соотношение между истинным перемещением почвы и теми смещениями, которые обнаруживаются на сейсмограмме, зависит также и от методики регистрации. Различные способы регистрации можно подразделить на след. типы: механическая, оптическая и гальванометрическая. В механической регистрации конец маятника имеет связь с коротким плечом легкого рычага, длинный конец к-рого, снабженный острием или пером, касается ленты из бумаги, обернутой вокруг барабана. Последний находится в равномерном вращательном движении и поступательном — вдоль оси. Во многих системах сейсмографов лента покрыта легким слоем копоти, на к-рой перо оставляет свой след, а также производятся отметки времени. Лента фиксируется шеллачным лаком. В оптическом методе регистрации зеркало, скрепленное с осью вращения

маятника, отражает пучок световых лучей на шкалу или перемещающуюся фотографич. бумагу. Величина действительного смещения зависит от длины оптич. рычага. Гальванометрический метод регистрации введен Б. Б. Голицыным и пользуется широким применением. Сущность метода заключается в следующем. К стержню маятника сейсмографа прикрепляются плоские катушки из тонкой изолированной проволоки, находящиеся между полюсами двух сильных постоянных магнитов, обращенных друг к другу разноименными полюсами. При движении маятника в катушках будут индуцироваться электрич. токи, обнаруживающиеся в отклонениях зеркалаца в гальванометре, причем последний может, что очень важно, находиться в достаточном удалении от сейсмографа. Для регистрации движения гальванометра обычно применяется способ оптич. регистрации на светочувствительной бумаге. Помимо того, что этот способ допускает регистрацию на расстоянии, другое удобство заключается в том, что запись гальванометра не зависит от нулевого положения самого сейсмографа. Величина тока пропорциональна площади катушки, числу витков в ней, силе поля и угловой скорости маятника и обратно пропорциональна сопротивлению цепи. Обозначая через φ отклонение гальванометра, ур-ие собственного движения его можно представить в виде

$$\varphi'' + 2\delta\varphi' + n_1^2\varphi = 0,$$

т. е. совершенно аналогично с дифференциальным уравнением собственного движения маятника сейсмографа.

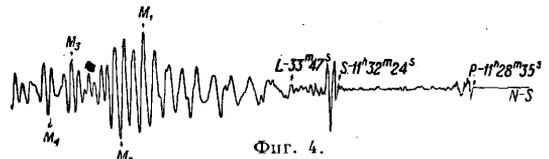
Сейсмограф системы Голицына для измерения горизонтальных смещений почвы обладает большой компактностью и дает значительные увеличения. На металлич. платформе находится прочный станок, служащий основой для сейсмографа. На цельнеровском подвесе находится горизонтальный стержень с грузом ок. 7 кг весом. Отклонение оси вращения от вертикали таково, чтобы период колебания маятника был ок. 24 сек. Маятник несет на себе плоскую целлюлоидную коробку с четырьмя плоскими катушками из тонкой медной проволоки. Над катушками и под ними находятся постоянные стальные магниты так, чтобы взаимное расстояние между ними можно было при



Фиг. 3.

необходимости изменять. От катушек идут тонкие проволоки из фосфористой бронзы вдоль стержня магнита и станины и далее к гальванометру. Затухание достигается с помощью магнитов, и в этих целях на внешнем конце маятника находится горизонтальная медная пла-

стинка, к-рая при движении маятника колеблется между полюсами постоянных магнитов. Освещение зеркала гальванометра осуществляется с помощью особого фонаря, причем отраженный от зеркала пучок лучей проходит через полуцилиндрическую линзу и концентрируется



Фиг. 4.

на светочувствительной бумаге, которая обернута вокруг цилиндра, вращающегося с помощью особого часового механизма вокруг оси. Помимо этого весь барабан равномерно перемещается вдоль оси. Скорость передвижения бумаги 30 мм/мин. Время отмечается с помощью особого электромагнита, включенного в цепь контактных часов, благодаря чему имеется возможность с большой точностью определить моменты наступления отдельных фаз землетрясения. Вертикальный сейсмограф служит для измерения движений почвы в вертикальном направлении. Ур-ия движения вертикального маятника совершенно аналогичны уравнениям, полученным для горизонтального маятника. Фиг. 3 дает общий вид аperiodич. вертикального сейсмографа сист. Голицына. Двойная латунная подвижная рама, посредине которой находится тяжелая масса M , может вращаться около горизонтальной оси. Рама поддерживается спиральной пружиной F , нижний конец которой находится ниже ц. т. подвижной системы. У внешнего конца рамы имеется медная пластинка A для затухания и рама R с катушками для гальванометрич. регистрации. Период колебаний такого маятника меньше, чем горизонтального, — порядка 13—14 сек.

Сейсмограммы. На фиг. 4 воспроизведена часть сейсмограммы, полученной на сейсмич. обсерватории в Пулкове при землетрясении в Малой Азии 9/II 1909 г. На сейсмограмме отмечены основные моменты землетрясения; обычно записи сейсмографов дают гораздо более сложную картину и требуют более тщательного анализа. Сначала к месту наблюдения подходят продольные волны, к-рые и вызовут первые отклонения сейсмографа. Этот момент P определяет собою начало первой предварительной фазы землетрясения. Затем приходят поперечные волны S , характеризующие начало второй предварительной фазы. Чем дальше место очага (гипоцентр и эпицентр) землетрясения, тем разность моментов наступления P и S увеличивается. Т. о. можно построить кривую пробега сейсмич. волн — $o d o g r a f$ и по нему определять расстояния до места землетрясения. В пункте L находится начальное место прихода длинных, или поверхностных, волн. Они более растянуты, имеют больший период колебаний, и после прихода их наступает момент максимальной фазы (M_1, M_2, \dots), когда имеют место наибольшие горизонтальные и вертикальные смещения почвы. Вблизи максимальной фазы землетрясения на сейсмограммах отмечаются чистые синусоидальные волны определенного периода и амплитуды. Обычная картина сейсмограмм еще более осложняется вследствие появления системы волн, отраженных (иногда большое число раз) от земной поверхности. Кроме того колебания при распростра-

нении своем через толщу земли могут вызвать собственные колебания различных слоев, что может иногда явиться причиной появления нового землетрясения. Наконец возможно явление, аналогичное спектральной дисперсии в оптике, сейсмическая дисперсия, т. е. зависимость скорости распространения сейсмич. волн от периода и от амплитуды колебаний, являющееся новой причиной, нарушающей правильность получаемых сейсмограмм. «Всякое землетрясение можно уподобить фонарю, к-рый зажигается на короткое время и освещает нам внутренность земли, позволяя тем самым рассмотреть то, что там происходит» (Голицын). Т. о. основная проблема сейсмометрии заключается в том, чтобы распутать сложное движение земной коры, отделить одну волну от другой, исследовать характер их, свойства, период, амплитуду, источник и основные физич. свойства и строение внутри земного шара.

Методы сейсмометрии в последнее время с успехом применяются для изыскания различных полезных ископаемых и изучения их свойств, строения и распространения. Для этой цели сконструированы приборы походного типа (Никифоров); явление землетрясений воспроизводится с помощью искусственных взрывов, а наблюдения регистрируются фотографическим путем на быстро перемещающейся светочувствительной бумаге.

Лит.: М у ш к е т о в И., Физич. геология, т. 1, 3 изд., Л., 1924; Го л и ц ы н Б., Лекции по сейсмометрии, СПб, 1912; Б о н ч к о в с к и й В., Сейсмология, «Наука и техника в СССР», Л., 1928; Известия Постоянной центральной сейсмич. комиссии, тт. 1—7, СПб, 1902—19; Никифоров П., Сейсмология, Ленинград, 1926 (указана лит.); G u t e n b e r g W., Grundlagen d. Erdbebenkunde, Berlin, 1927. В. Пришлов.

СЕЙСМОСТОЙКИЕ КОНСТРУКЦИИ, особые конструкции сооружений, рассчитанных на прочное сопротивление разрушительному воздействию на них землетрясений. Колебания почвы во время землетрясения происходят преимущественно в горизонтальном направлении, и эта именно особенность колебаний есть главная причина разрушительного их действия на сооружения; колебания в вертикальном направлении мало влияют на устойчивость сооружений; из рассмотрения исключаются конечно значительные изменения земной поверхности, против чего все мероприятия по приданию сооружению сейсмостойкости могут оказаться безрезультатными. Измерение сотрясений при помощи *сейсмографов* (см.) выявило, что продольные по отношению к земной поверхности волны, при периоде колебания 1—1,5 ск. и более, имеют длину в 1 км и более и амплитуды колебаний, доходящие при сильных землетрясениях до 10 см и при чрезвычайных землетрясениях до 15 см, а иногда местами до 50 см (Япония, 1923 г.), а поперечные волны имеют период колебания 4—5 ск. при длине волны в несколько км и малой амплитуде колебаний. Ускорения и замедления движения почвы в горизонтальном (или, вернее, несколько наклонном к горизонту) направлении доходили при больших землетрясениях до 5 м/сек^2 , или до 50% от ускорения силы тяжести ($g = 9,81 \text{ м/сек}^2$), вертикальные же ускорения и замедления движения почвы значительно меньше по величине и сказываются лишь на увеличении силы тяжести (в крайнем случае до 15%), что обыкновенно парализуется увеличением коэф-та запаса прочности при расчете сооружения. Т. о. при расчетах С. к. приходится считать лишь с горизонтальными компонентами ускорений, с т. н. уско-

рениями продольных сейсмич. волн. Влияние вертикальных сотрясений необходимо принимать в расчет в тех случаях, когда возникает вопрос о действии силы трения в связи с нарушением сцепления вследствие упругих толчков снизу вверх. Однако продольные волны, являющиеся причиной разрушительного действия, лишь в том случае окажут вредное действие на постройки, если эти волны резонируют с собственными колебаниями (вибрациями) сооружений или их частей. Эти собственные колебания большинства построек имеют периоды, равные примерно $\frac{1}{5}$ ск. и менее; исключения представляют высокие и сравнительно узкие (по отношению к высоте) сооружения, напр. башни, дымовые трубы, периоды колебаний к-рых близки к периодам колебаний продольных волн землетрясения. Из всех колебаний в отношении строения м. б. отмечены следующие: а) колебания всего строения (это колебание не относится к опаснейшим); б) колебания частей строения, находящиеся на одинаковой высоте (напр. в одном этаже); если такие части колеблются синхронно, то они могут в общем не вредить друг другу, но чем больше разность фаз колебаний, тем больше напряжения в частях строения, причем наибольшие напряжения получаются, когда колебания частей имеют противоположные фазы, вызывающие быстро сменяющиеся сжимающие и растягивающие усилия; получается раздробление или разрывание и разбрасывание частей строения; в) колебания частей строения, расположенных на разных высотах (напр. в разных этажах), независимо друг от друга; при синхронных колебаниях в частях на разных высотах возникают напряжения, идентичные с получающимися в случае «а», при неравных же фазах колебаний частей здания, находящихся на разных высотах могут возникнуть значительные изгибающие и скальвающие напряжения, причем преобладающее значение имеют последние. На силу воздействия землетрясения на строения влияют свойства почвы, причем чем плотнее грунт, тем слабее это воздействие. По Зибергу влияние землетрясения сказывается в этом отношении след. обр.: если влияние землетрясения на плотную твердую скалу принять за 1, то это влияние на песчаник м. б. охарактеризовано числами 1—2,4, на рыхлый песок — 2,4—4,4, на насыпной грунт — 4,4—11,6 и на наносный или болотный грунт — 12. При землетрясениях в неплотных грунтах происходит уплотнение, а следовательно и передвижка последних, усугубляющая разрушительное воздействие на постройки сейсмич. волн; кроме того более плотный грунт оказывает большее сопротивление вибрациям сооружения, чем мягкий грунт. Доказано, что на устойчивость зданий при толчках землетрясения влияют наличие в грунте воды, осадочных или оползневых явлений, а также состояние грунта под фундаментом и рядом с ним, с чем необходимо считаться при выборе места и особо учитывать при статич. расчете.

Для определения усилий, действующих на строение во время землетрясения, необходимо выяснить амплитуды колебаний A и периоды колебаний T . По этим данным м. б. построены диаграммы колебаний в виде синусоид (фиг. 1) по формуле:

$$y = A \sin 2\pi \frac{t}{T} \quad (1)$$

Горизонтальное ускорение a получается от

двойного дифференцирования уравнения (1) по времени t :

$$a = \frac{d^2y}{dt^2} = -\frac{4\pi^2}{T^2} A \sin 2\pi \frac{t}{T}. \quad (2)$$

Максимальное ускорение будет равно:

$$a_{max} = 4\pi^2 \frac{A}{T^2}. \quad (3)$$

Сила равна массе, умноженной на ускорение.

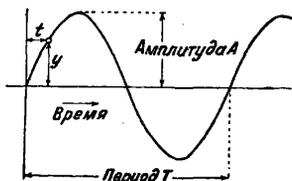
В основу рационального проектирования С. к. должны быть положены следующие соображения.

В местах, которые подвержены землетрясениям, надлежит избегать сооружений особенно тяжеловесных, имея в виду, что чем больше вес строения, тем больше разрушительные силы, возникающие в них во время землетрясения.

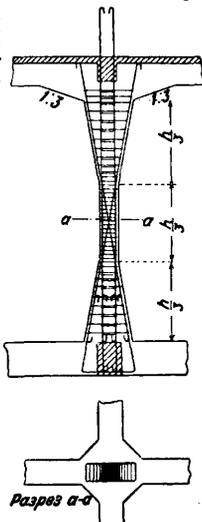
Все стены зданий в сейсмоопасных районах должны и в продольном и в поперечном направлениях хорошо сопротивляться растягивающим усилиям; применение в постройках материалов, слабо сопротивляющихся растяжению, обуславливает необходимость применения горизонтальных анкерных креплений, закладываемых в швы или бетон; при этом надлежит следить за тем, чтобы расстояние между указанными анкерами не превышало 50 см и чтобы последние были заложены не только в непрерывных частях стен, но и в простенках. Если взять отношение временного сопротивления материала растяжению к его весу, то чем больше это отношение, тем более подходит материал для С. к. В этом смысле наиболее подходящими строительными материалами в рассматриваемом случае будут дерево (при горизонтальном расположении волокон) и сталь. При применении рамных конструкций в местностях, подверженных землетрясениям, д. б. обращено сугубое внимание на конструирование возможно более жестких углов, свободно воспринимающих добавочные изгибающие моменты, вызываемые колебаниями, указанными выше в пунктах «а» и «в», причем это условие относится не только к железобетонным конструкциям, но и к рамным конструкциям из дерева и стали. Особенные меры д. б. приняты против скальвающих напряжений вследствие явления интерференции колебаний, указанного выше в пункте «в». В каменной кладке такие скальвающие напряжения могут вызвать относительные сдвиги частей строения вдоль их основания; каменную кладку поэтому надлежит возводить полношовой на цементном или, в крайнем случае, известково-цементном растворе и по возможности скреплять стены и части стен диагональными анкерами. Среди рамных конструкций из дерева и стали последние достаточно стойки в отношении скальвающих напряжений; в железобетонных же рамах д. б.

усилены опасные места у обоих концов стоек путем введения достаточно сильной кривой арматуры по четырем направлениям под углом 45° или более полого (фиг. 2). Что касается купольных перекрытий, то в зданиях, свободно стоящих вне связи с другими строениями, этот тип конструкций оказался в общем сейсмостойким, т. к. влияние землетрясения сказалось лишь в появлении трещин; обрушения же строений, перекрытых купольными сводами, имели место только в исключительных случаях; объясняется это наличием колебаний, указанных выше в пункте «а», редко бывающих опасными для строений. В тех же случаях, когда здания с купольными перекрытиями были построены в тесной связи с другими строениями, не имевшими такого перекрытия, землетрясения катастрофически влияли на первые вследствие наличия колебаний типа «б», повлекших за собой отделение куполов от здания и их обрушение. В каркасных зданиях стенное заполнение, когда оно не является несущей частью конструкции, рекомендуется в угрожаемых землетрясением районах делать из легковесных материалов, ограничиваясь в соответствующих случаях оштукатуренными провололочными сетками. Междузатяжные перекрытия надлежит сооружать также из легковесных материалов, могущих оказать сопротивление действующим во время землетрясения горизонтальным усилиям. Крыши целесообразно сооружать легкими и огнестойкими, избегая тяжеловесных черепичных и шиферных крыш; для малых и средних зданий особенно пригодны асбестоцементные крыши. Особенное внимание д. б. уделено всем мероприятиям по защите зданий в пожарном отношении, памятуя, что во время землетрясений опасность пожаров усугубляется; в этом отношении приходится прибегать не только к *огнестойким конструкциям* (см.) частей здания, но и к огнестойким и в то же время сейсмостойким конструкциям комнатных и кухонных печей и вообще всех отопительных приборов. Электрич. провода д. б. настолько тщательно проложены, чтобы была устранена всякая опасность короткого замыкания тока.

В то время как некоторые специалисты стоят за возможно жесткое, в полной мере сопротивляющееся срезывающим усилиям, соединение строения с его фундаментом, другие, наоборот, рекомендуют принимать в этом отношении меры, содействующие затуханию колебаний: либо путем уменьшения трения между фундаментами строения и поверхностью земли либо путем обоснования строения на рамных конструкциях. В малых деревянных постройках отделяют последние совершенно от фундамента, т. ч. строение совершенно свободно, без всякой заделки и без всякого скрепления лежит на своем фундаменте и м. б. свободно сдвинуто с него (японский метод постройки). Уменьшение трения между фундаментом строения и поверхностью земли рекомендуется достигать путем соприкосновения таковых посредством двух хорошо обработанных, гладких и смазанных металлич. плит. Вискардини проводит эту идею еще более резко, рекомендует устанавливать все строение на шаровых или катковых опорах. При образовании плоскостей соприкосновения посредством металлич. плит приходится учитывать скользкое трение. Принимая во внимание, что коэффициент трения несколько времени спустя после возведения постройки будет по крайней мере равен 0,2, наименьшее ускорение a , которое



Фиг. 1.

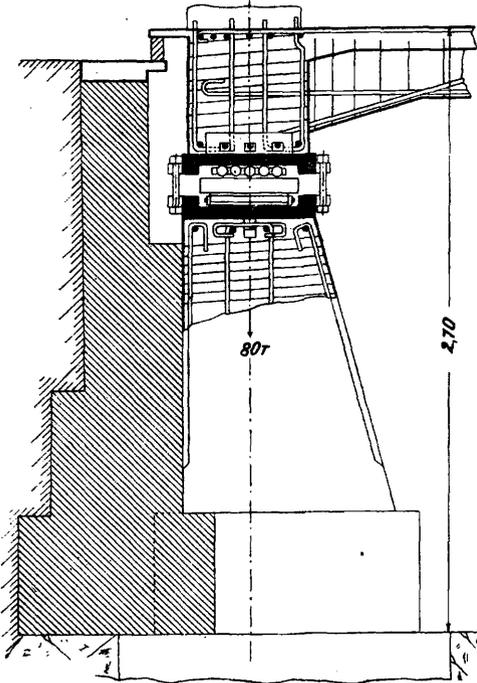


Фиг. 2.

в состоянии будет привести в движение строение, определится из равенства

$$\frac{P}{g} \cdot a = 0,2P,$$

где P —действующий на фундамент груз, g —ускорение силы тяжести ($g=9,81 \text{ м/сек}^2$); следовательно $a = 0,2 g = 1,962 \text{ м/сек}^2$; это ускорение



Фиг. 3.

соответствует большой катастрофич. силе. В более благоприятных условиях в этом отношении находится предложение Вискардини, предусматривающее катящее трение; опорами в этом случае служат либо два катка, расположенных один над другим, либо шары; те и другие допускают передвижение во всех направлениях. На фиг. 3 и 4 представлены два примера основания строений по принципам Вискардини в местностях, подверженных землетрясениям: первый пример (фиг. 3)—конструкция фундамента жилого дома; второй пример (фиг. 4)—конструкция опоры силоса на фундаменты. Второй метод заглушения колебаний путем возведения строений на рамных конструкциях заслуживает внимания при условии рационального проектирования последних, с расчетом помимо обычных заданных нагрузок на добавочные усилия, возникающие от землетрясения. Вследствие неопределенности приложения их к сооружениям расчет С. к. является в высшей степени статически неопределимым и крайне сложным. Для производства этих расчетов необходимо иметь местные данные о грунтах, наибольших допускаемых напряжениях и нормы принимаемой степени сотрясения (отношение горизонтального ускорения к ускорению силы тяжести).

С. к. вообще д. б. тщательно продуманы и точно рассчитаны. В Никарагуа (в средней Америке), подверженном частым землетрясениям, предусмотрены в «Testo Unico» следующие нормы (1917 г.) проектирования С. к.: удары земли (во время землетрясения) снизувверх на отдельные части строения приравняются весу по-

следних с надбавкой 50% к этому весу, а горизонтальные силы, действующие на высоте соответствующих перекрытий вдоль стен, принимаются равными $\frac{1}{8}$ веса второго этажа и $\frac{1}{8}$ веса первого этажа; здания возводятся не выше двух этажей. По японским нормам при расчете мостов под обыкновенную дорогу принимают: коэф. сотрясения $\epsilon = \frac{a}{g} = \frac{1}{3}$, горизонтальное ускорение, вызываемое землетрясением, $a_h = \frac{1}{3} g = 3,27 \text{ м/сек}^2$, вертикальное ускорение, вызываемое землетрясением,

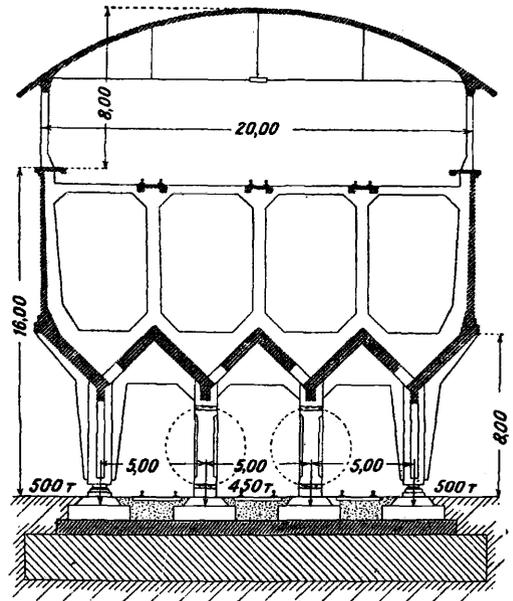
$$a_v = \frac{1}{2} a_h = \frac{1}{6} g = 1,64 \text{ м/сек}^2.$$

Отсюда получается максимальный коэффициент сотрясения

$$\epsilon_{max} = \frac{a_h}{g - a_v} = 0,40.$$

Согласно изданным Госпланом РСФСР (1928 г.) «Временным правилам для постройки и ремонта зданий в Крыму» дополнительные горизонтальные усилия необходимо принимать в % от постоянной вертикальной нагрузки рассчитываемых элементов зданий: для Южн. Крыма (до Севастополя) 10%, для предгорья 7,5%, для степи (Керченского полуострова) 5%. В виду того, что трудно допустить, чтобы одновременно действовала на сооружение максимальная расчетная нагрузка, предельное для района давление ветра и добавочные усилия от землетрясения в целях экономии необходимо допускать напряжения без учета действия землетрясения на 50% больше обычного. При таком положении обычно конструкции усиливаются незначительно от учета сейсмических сил.

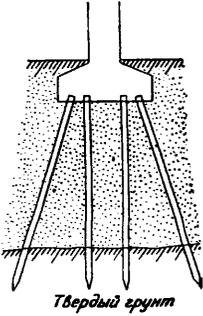
Рекомендуется устраивать соединения отдельных фундаментов сооружения посредством железобетонного каркаса или располагать все строение на сплошной плите. При устройстве свайных оснований крайние ряды свай забивают



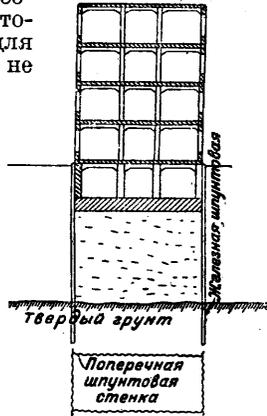
Фиг. 4.

наискось (фиг. 5). В особенно ответственных случаях в местностях, подверженных сильным землетрясениям, защищают фундаменты строений шпунтовыми стенками, расположенными

в виде ящиков, хорошо сопротивляющихся изгибу (фиг. 6), причем рекомендуются для образования последних стальные шпунтовые ряды. При расположении строений вблизи выемок или каналов требуется большая против нормальной глубина заложения фундаментов. Опускные колодцы в качестве оснований под опоры мостов должны быть сооружаемы из железобетона (кирпичная кладка для опускных колодцев не

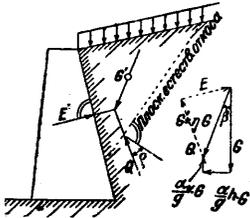


Фиг. 5.



Фиг. 6.

оправдала себя на практике); то же относится к основаниям в виде опускных ящиков или в виде кессонов; для сопротивления сдвигу уширяют соответствующим образом этот тип оснований на высоте дна реки. Опускные колодцы м. б. заменены ящиками из шпунтовых рядов из специальной шпунтовой стали. Во избежание ржавления применяют медистую сталь. Однопролетные мосты рекомендуются возводить балочного типа. Виадук небольшой высоты более целесообразно конструировать в виде рам, целиком из железобетона или со стальными балочными фермами и железобетонными мостовыми опорами. Для высоких виадуков применяют железобетонные мостовые опоры и стальные фермы сист. Гербера со стальными качающимися опорами или с подвижными опорами. Учитывая скалывающие усилия, надлежит уширять опоры в соответствующих местах. Мостовые опоры д. б. менее массивные, но не раздельные в виде ряда колонн. Целесообразно сооружать мосты и виадуки в населенных местах из огнестойких материалов, чтобы не способствовать возникающим во время землетрясений пожарам. В местностях, подверженных землетрясениям, надлежит все сооружения, не исключая жел.-дор. ли-



Фиг. 7.

ний, возводить на более плотном материковом грунте, предпочитая возвышенности дилувиа низменностям алувиа. В ж.-д. строительстве следует прибегать к искусственным сооружениям в виде виадуков, туннелей, подпорных стенок взамен устройства насыпей, выемок, откосов, в особенности при слабом грунте.

Подпорные стенки рассчитывают на усиленное давление земли, учитывая помимо давления земли в спокойном состоянии еще давление, вызванное динамич. факторами землетрясения; это усиленное давление земли требует уширения подпорных стен к их основанию. Применяя теорию Кулона для определения давления земли,

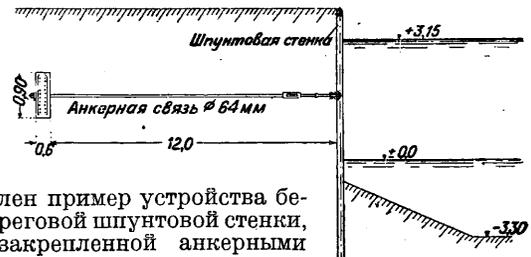
заменяют вес земли G наискось направленной равнодействующей G' веса земли сейсмической силы (фиг. 7); эта равнодействующая определяется из уравнения:

$$G' = \frac{G(1 - \frac{a_v}{g})}{\cos \beta} = \eta \cdot G. \quad (4)$$

Угол трения между землей и каменной кладкой принимается равным нулю. Давление земли и временной нагрузки при горизонтальном откосе и вертикальной совершенно гладкой задней грани стены выразится величиной:

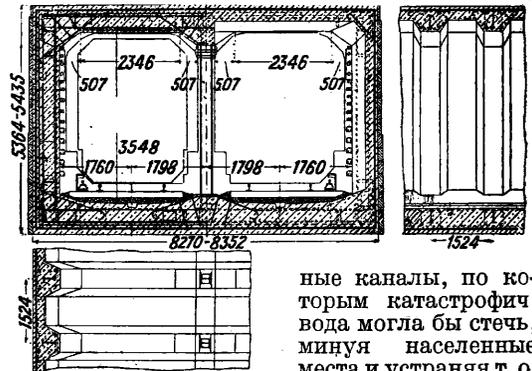
$$E = \frac{1}{2} \gamma' h^2 \operatorname{tg}^2 (45^\circ - \frac{e - \beta}{2}), \quad (5)$$

где $\gamma' = \gamma + \frac{2p}{h}$; γ — уд. в. земли, p — временная, равномерно распределенная нагрузка, h — высота стены, e — угол трения земли, β — угол отклонения равнодействующей G' от вертикали; при $e = 37^\circ$ и $\beta = 22^\circ$ (при $a_h = \frac{1}{3}g$ и $a_v = \frac{1}{6}g$) получается $E = 0,295 \gamma' h^2$. Целесообразно взамен массивных каменных подпорных стенок устраивать такие в виде шпунтовых стенок с анкерными креплениями, применяя шпунтины из медистой стали; на фиг. 8 представ-



Фиг. 8.

лен пример устройства береговой шпунтовой стенки, закрепленной анкерными тягами, расположенными на расстоянии 1,6 м друг от друга. При постройке гидротехнич. сооружений в сейсмоопасных районах приходится считаться также с сейсмич. морскими волнами, достигающими высоты 12 м (землетрясение в Японии). Все плотины д. б. шпунтовыми стенками предохранены от просачивания воды как под основанием плотины, так и через тело ее. На случай возможного разрушения плотин во время землетрясения д. б. предусмотрены обвод-



Фиг. 9.

ные каналы, по которым катастрофич. вода могла бы стечь, минуя населенные места и устранив т. о. опасность наводнения затронутых землетрясением мест. Сводчатые туннели оказались в общем сейсмостойкими и заслуживающими подражания. На фиг. 9 показан в разрезе туннель, сооруженный из железобетона для подземной ж. д. в г. Токкио (Япония), еще недавно пострадавшем от землетрясения. При

прокладке водопроводных и канализационных труб следует их основывать на материке (естественно или искусственно); стальные клепаные трубы следует предпочитать чугунным, а железобетонные—керамиковым. Опасными местами трубопроводов являются их соединения. Возникает вопрос, не следует ли в местностях, подверженных землетрясениям, устраивать шарнирные соединения. Рекомендуются располагать все трубопроводы в общем туннельном канале. Железобетонные резервуары в сейсмоопасных районах оправдали себя.

Электрическое освещение следует предпочитать газовому, непригодному в местностях, подверженных землетрясению, в виду связанной с ним чрезмерной пожарной опасности.

При расчете высоких и сравнительно узких строений (башен, дымовых труб и пр.), сооружаемых в местностях, подверженных землетрясениям, обыкновенно исходят из условия сопротивляемости этих построек усилиям, возникающим при резонансе, имея в виду, что период колебаний указанных строений близко равен периоду колебаний почвы во время землетрясения (в обоих случаях 1 сек. и более). Наибольшее напряжение у подошвы строения м. б. выражено равенством:

$$\sigma' = \frac{\sigma}{1 - \frac{T_c^2}{T_n^2}} = \mu\sigma, \quad (6)$$

где σ означает основное допускаемое напряжение для определенного материала, из к-рого сооружается строение, а T_c и T_n —соответствующие периоды колебаний рассматриваемого сооружения и почвы во время землетрясения, причем величина T_c для случая колебания строения под влиянием собственного веса м. б. определена из формулы:

$$T_c = c'l \sqrt{\frac{\gamma_m}{gE}}, \quad (7)$$

где l —высота строения; i —радиус инерции заданного конца строения (поперечного сечения подошвы строения); γ_m —уд. в. материала, из к-рого сооружается строение; g —ускорение силы тяжести; E —модуль упругости; c' —коэф., причем а) для призм $c'=1,788$ (теоретически достаточно точно); б) для полого конуса $c'=0,719$ (теоретически достаточно точно); в) для полого усеченного конуса (приближенная ф-ла)

$$c' = 0,719 + 1,07 \frac{v}{l+v} + [0,15 - 0,6 \left(0,5 - \frac{v}{l+v}\right)^2], \quad (8)$$

где v —расстояние от верхнего основания усеченного конуса до воображаемой вершины того же конуса не усеченного; при $v=l$ величина $c'=1,40$; г) для клина (приближенная формула)

$$c' = 1,788 - 0,605 \left[1 - \frac{v}{l+v}\right]^3. \quad (9)$$

Учитывая собственный вес G строения (напр. высокие опор мостов) и его нагрузку P , можно период колебания для призматич. тела приближенно определить по формуле:

$$T_c = c''l \sqrt{\frac{\gamma_m}{gE}}, \quad (10)$$

причем величина c'' м. б. вычислена по ур-ию:

$$c'' = 1,788 \sqrt{1 + 4 \frac{P}{g}}. \quad (11)$$

При $P=0$ ф-ла (10) принимает вид формулы (7)

с коэф-том $c'=1,788$ (для призматич. тела). Для конуса, усеченного конуса и клина, колеблющихся под влиянием собственного веса и нагрузки, вместо формулы (10) будет иметь место следующее выражение:

$$T_c = c'c''l \sqrt{\frac{\gamma_m}{gE}}, \quad (12)$$

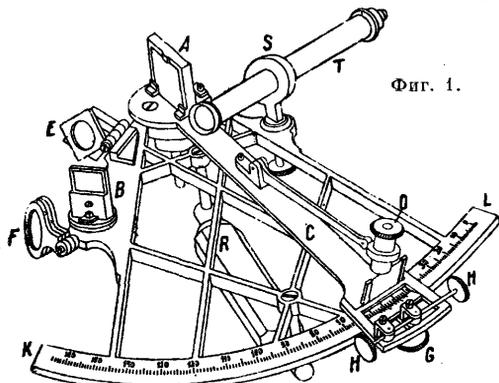
где буквенные обозначения имеют то же значение, что и выше. Высокые и относительно узкие строения рекомендуется прочно связывать с фундаментами и их основаниями и делать уширяющимися книзу наподобие Эйфелевой башни в Париже. Вопрос о том, следует ли считать причиной разрушения строений во время землетрясения резонанс или явления интерференции колебаний, остается в настоящее время открытым.

Лит.: Н о б б с W., Erdbeben, Lpz., 1910; S i e b e r g A., Geologische, physikalische u. angewandte Erdbebenkunde, Jena, 1923; S i e b e r g A., Das makroseismische Schutergebiet des mitteleuropäischen Erdbebens vom 16 November 1911, «Ztschr. f. Geophysik», Brschw., 1924/25, H. 1—2; I m a m u r a A., Preliminary Note on the Great Earthquake of S. E. Japan on Sept. 1-st, 1923, «Imperial Earthquake Investigation Committee, Seismological Notes, Tokyo, 1924, 6; I m a m u r a A., Untersuchungen über das Erdbeben vom 1. 9. 1923 in S. O. Japan, ibid., 1924; H o f w e b e r F., Wirkungen des Erdbebens in Nicaragua auf Ingenieurwerke, «Der Bauingenieur», B., 1931, H. 48; N e u m a n n H., Ueber die Wirkung d. Erdbeben auf Bauwerke, ibid., 1931, H. 39; S h a l e m N., Il cente terremoto in Palestina Luglio 1927, «Estratto dal Bollettino della Società Sismologica Italiana», Selci, 1927; W i l l i s B., Earthquakes in the Holy Land, «Bulletin of the Seismological Society of America», 1923, v. 13, 2; B r i s k e R., Die Erdbebensicherheit von Bauwerken, B., 1927; B r i s k e R., Das Erdbebenunglück in Japan vom Standpunkte des Bauingenieurs, «Bauingenieur», B., 1924, H. 11; B r i s k e R., Zerstörung von Hochbauten durch Erdbeben, «Beton u. Eisen», B., 1925, H. 21; V i s c a r d i n i M., Erdbensichere Gründungen, ibid., 1925; S v a g r J. J., Stabilité des constructions dans les zones soumises aux tremblements de terre, «La technique des travaux», P., 1926; K e l e n, Die Lehren aus dem japanischen Erdbeben, «Beton u. Eisen», B., 1924; B a l t z e r F., Das japanische Haus, B., 1923; M o n o n o b e N., Notes on the Vertical Motion of an Earthquake a. on the Vibration of Structures, «Journ. of the Civ. Eng. Soc.», Tokyo, 1924; F o p p l A., Vorlesungen über technische Mechanik, B. 4, Dynamik, 7 Aufl., Lpz.—B., 1923; M o n o n o b e N., Vibration of Tower-shaped Structure a. Its Seismic Stability, «Journ. of the Civ. Eng. Soc.», Tokyo, 1919; E h l e r s, Die Berechnung d. Schwingungen von Turbinenfundamenten, Stg., 1925; K i e h n e S., Resonanzerscheinungen an Bauwerken, «Bauingenieur», B., 1926; H e t z e l l G. u. W u n d r a m O., Die Grundbautechnik u. ihre maschinellen Hilfsmittel, B., 1929; D e w e l l H. D., Earthquake Damages on St. Barbara Buildings, «Engineering News-Record», N. Y., 1925; H u m m e l, Widerstandsfähigkeit von Bauwerken gegenüber Erdbeben, «Bauingenieur», B., 1924; K i t t e l A., Das Erdbeben vom September 1923 u. Wiederaufbau von Yokahama, «Bautechnik», B., 1925; K r i o c h i, The Dock a. Harbour Authority, Yokahama, 1926; K ü h n, Der Spannungszustand d. Erdoberfläche bei Bodensenkungen, «Ztrbl. f. Bauverwaltung», 1921; K o h n k e, Die Wirkungen von Erdbeben u. Feuer auf die Eisenkonstruktionen in San-Franzisco, «St. u. E.», 1907; N a i t o T., Building Construction, Calculation of Earthquake Proofness a. Examples of Design, Tokyo, 1924; B a l t z e r u. B e r r e n s, Die Wirkungen des Erdbebens in Japan am 1. 9. 1923, «Z. d. Bauw.», 1924; K i t t e l A., Beobachtungen u. Lehren aus dem neuen Erdbeben in Kalifornien, «Beton u. Eisen», B., 1925, H. 37; M o s s R. F., Earthquake Resistant Construction: Suggestions from Tokyo, «Engineering News-Record», N. Y., 1925; M o s s R. F., Building Construction for the New Tokyo, «Far Eastern Review», Shanghai, 1925; H e r i t s c h Fr., Wirkungen d. Erdbeben auf Bauwerke, B., 1927; Earthquake Damages of Buildings in Japan, «Journal of Architecture in Waseda University», Tokyo, 1924, 3; N a i t o T., Earthquake Damages of Steel Skeleton Structure, «Journal of the Institute of Japanese Architects», Tokyo, 1925; S c h u m a c h e r F., Der Plan zum Wiederaufbau von Tokio, «Deutsche Bauzeitung», B., 1924; O t a E., Reconstruction Works of Tokyo a. Yokahama, «Journal of the Civ. Eng. Soc.», Tokyo, 1924; O k a b e S., General Theory on Earth Pressure a. Seismic Stability of Retaining Wall a. Dam, ibid., 1924; O n o M., The Tokyo Municipal Water Works, «Far Eastern Review», Shanghai, 1925; Earthquake Damages a. Reconstruction of the Atamirailway, Koji Gaho, 1925; Tokyo's Modern Sewerage a. Drainage System, «Far Eastern Review», Shanghai, 1925; The Sumida River Bridges, ibid., 1925; Restoration of Communication System, ibid., 1925; Restoration

of the State Railway in Record Rime, *ibid.*, 1925; Shiba M., A Description of the Damages Done by the Great Earthquake of Sept. 1. 1923 to the Electrical Installations in Japan, Tokyo, 1925; Monobev N., Journal of Loaded Structure a. Its Seismic Stability, «Journal of the Civil Engineers Society», Tokyo, 1925; Mizuhara A., On the Vibration Curves of Structures, «Journal of the Institute of Japanese Architects», Tokyo, 1925; Taniguchi T., On the Natural Vibration: Period of Frame Structures, «Kenchiku Gakkai», Tokyo, 1925; Muto K., Vibration of Building and Its Relation to Earthquake, «Journal of the Institute of Japanese Architects», Tokyo, 1925. С. Брилинг.

СЕЙФЫ, см. Шкафы несгораемые.

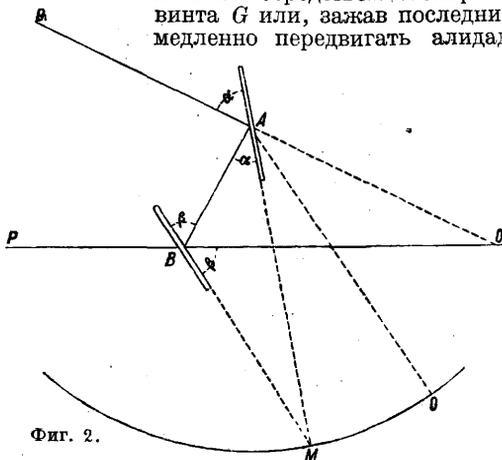
СЕКСТАНТ, секстант, морской отражательный угломерный инструмент, употребляющийся в морском деле для измерения высот небесных светил в море, для измерения углов между видимыми с корабля земными предметами и реже для измерения углов между земными предметами и небесными светилами. Изобретен Гадлеем в 1731 г. и явился большим усовершенствованием по сравнению с бывшими до него морскими угломерными инструментами—градштоком и английским квадрантом. Корпус С. представляет собой медный сектор, дуга которого немного более $\frac{1}{6}$ окружности, а радиус дуги у самых больших С. ок. 20 см. Корпус С. выделывается из бронзы или меди, и для увеличения прочности радиусы и дуга делаются в сечении угловой формы и скрепляются между собой различной формы внутренними связями, образуя так. обр. прочную жесткую систему—раму С. Рама С. имеет (фиг. 1) с задней стороны три ножки, на к-рых С. можно положить на стол или в ящик, и деревянную ручку R, за к-рую С. держат в руке во время наблюдений. На передней стороне рамы укреплены главные части С. В центре дуги сектора помещается большее зеркало А, скрепленное наглухо с медной



Фиг. 1.

линейкой—алидадой С. Посредством алидады большее зеркало можно поворачивать на различные углы. На переднем радиусе укреплено малое зеркало В. На заднем радиусе укреплена специальная стойка S, в к-рую ввинчивается астрономическая (с увеличением в 8—12 раз) или земная труба Т, посредством которой и производятся наблюдения. В окуляре зрительной трубы натянуты четыре тонкие проволоки, образующие сеть в виде небольшого квадрата. В дуге сектора С. врезана узкая серебряная пластинка—лимба KL с нанесенными на ней делениями на градусы и десятки минут. Для увеличения точности отсчетов измеряемых С. углов на конце алидады имеется небольшая линейка, верньер, при передвижении алидады скользящая вдоль лимба; с помощью верньера измеренные углы м. б. отчитаны с точностью до $10''$. Начальный штрих

верньера называется индексом. Т. к. деления верньера очень мелки, то для рассматривания их имеется специальная лупа О, укрепленная на алидаде. Алидаду можно передвигать или грубо рукой и закреплять в любом положении посредством стопорного винта G или, зажав последний, медленно передвигать алидаду



Фиг. 2.

микрометрическим винтом Н. При наблюдениях солнца перед зеркалами С. накладывают различные густоты цветные стекла E и F, помещающиеся в откидных рамках перед зеркалами.

Описанное устройство С. основано на законах отражения света от плоских зеркал. Желая измерить угол QOP (фиг. 2) между предметами P и Q, поставим на пути луча, идущего от предмета Q к глазу наблюдателя O, большое зеркало А. Луч QA отразится от него и пойдет по линии АВ к малому зеркалу В. Отразившись от последнего, луч может пойти по линии ВО в глаз наблюдателя, если большое зеркало будет установлено под соответствующим углом. Тогда глазу наблюдателя О оба предмета P и Q будут видны по одному направлению, т. е. предметы будут казаться совмещенными. По углу между зеркалами ВМА в этом их положении рассчитывают и угол QOP между предметами. Обозначая углы падения и отражения луча на А через α , а те же углы по отношению к зеркалу В через β , из тр-ка OAB имеем $180^\circ - 2\alpha = 180^\circ - 2\beta + \angle O$, или $\angle O = 2(\beta - \alpha)$. Из тр-ка же MBA: $\beta = \angle M + \alpha$, или $\angle M = \beta - \alpha$. Следовательно $\angle O = 2\angle M$, т. е. угол между предметами равен удвоенному углу между зеркалами при таком положении последних, когда прямо видимое изображение одного предмета Р совпадает с дважды отраженным изображением другого предмета Q. Чтобы зеркало В не закрывало собой прямо видимого предмета, одна половина этого зеркала оставляется прозрачной, и только ближайшая к корпусу С. половина делается зеркальной. Отсчеты углов между зеркалами производятся по лимбу и верньеру, и чтобы каждый раз не удваивать сделанных отсчетов, все полуградусные деления лимба раз навсегда обозначены как целые градусы. Чтобы сделать отсчет, нужно заметить на лимбе С. те штрихи, между к-рыми приходится индекс верньера, и записать градусы и десятки минут. Затем перевести глаз на верньер и отыскать в нем совпадающие штрихи лимба и верньера. Тогда отсчет по верньеру даст минуты дуги и десятки секунд. Присоединив их к записанному отсчету на лимбе, получим измеренный угол в градусах, минутах и десятках секунд.

Желая измерить или, как говорят, «взять» высоту солнца в море, вынимают С. из ящика, в к-ром он постоянно хранится, и, установив предварительно трубу по своему глазу, ввинчивают ее на место. Держа затем С. в правой руке за ручку, накладывают перед большим зеркалом, смотря по яркости солнца, одно или два цветных стекла, располагают плоскость С. в вертикале солнца и, смотря в трубу, наводят ее на видимый морской горизонт. Т. к. труба астрономическая, то в поле зрения трубы будет вверху море, а внизу небо. Кроме того в поле зрения трубы будет виден крест или квадрат из нитей, помещенных в фокальной плоскости объектива трубы, для того чтобы совмещением предметов делать именно вблизи оптической оси трубы. Не теряя затем горизонта из поля зрения трубы, двигают алидаду от себя вперед, пока в поле зрения трубы не покажется дважды отраженное изображение солнца. Закрепив тогда алидаду стопорным винтом, действуют винтом микрометрическим и подводят нижний край солнца к черте видимого горизонта. При этом, чтобы быть уверенным, что высота солнца берется именно в вертикале его, а не в какой-нибудь наклонной плоскости, необходимо слегка покачивать С. около горизонтальной оси, добываясь, чтобы при покачивании С. изображение солнца в поле зрения трубы описывало дугу, касательную к черте видимого горизонта. В момент измерения высоты необходимо заметить момент по часам, что делается помощником наблюдателя, измеряющего высоту по его команде. Высоты звезд ночью брать труднее, так как сами они представляют собой слабо светящиеся точки и морской горизонт представляется ночью неотчетливой, расплывчатой, довольно широкой полосой. Поэтому звездные наблюдения вообще труднее солнечных и их предпочитают производить в сумерках, когда морской горизонт виден еще достаточно отчетливо, а яркие звезды уже появились. При измерении С. углов между земными предметами инструмент держат в правой руке, но плоскость лимба располагают в плоскости, проходящей через глаз наблюдателя и оба предмета. Принимая левый предмет за прямо видимый и наведя на него трубу С., движением алидады приводят правый предмет в поле зрения трубы и стопорят алидаду стопорным винтом. Затем действием микрометрич. винта приводят оба предмета в точное соприкосновение и производят отсчет. Взятые С. высоты светил будут верны только в том случае, если инструментальные ошибки секстанта сведены до минимума и оставшиеся ошибки определены.

Перед отпуском на корабль каждый С. тщательно исследуется на Морской обсерватории. Исправный С. должен удовлетворять следующим условиям: 1) зеркала С. должны быть ограничены плоскими поверхностями, параллельными между собой и перпендикулярными к плоскости лимба; 2) оптич. ось трубы д. б. параллельна плоскости лимба; 3) деления лимба и верньера д. б. нанесены правильно; 4) цветные стекла д. б. ограничены плоскими и параллельными между собой поверхностями; 5) центр вращения алидады должен совпадать с центром дуги лимба; 6) при параллельности зеркал индекс верньера должен находиться вблизи нуля делений лимба. Часть этих проверок выполняется на обсерватории, а часть приходится производить самому наблюдателю на корабле. Так, исследование зеркал и цветных стекол производится обсерваторией, и на суда отпускаются С. только с вполне исправными зеркалами и стеклами. Правильность нанесения штрихов на лимбе и верньере проверяется на обсерватории, так же как параллельность оптич. оси трубы и эксцентрис. ошибка С. (несовпадение оси вращения и алидады с центром деления лимба). Исследование С. на обсерватории заканчивается составлением таблицы поправочных измеренных С. углов при различной величине последних. На судне проверяют гл. обр. следующие ошибки С.

Перпендикулярность большого зеркала плоскости лимба: закрепив алидаду у середины лимба и держа С. горизонтально, большим зеркалом у глаза смотрят под острым углом на отражение лимба в большом зеркале. Если отраженное изображение лимба составляет продолжение прямо видимого его изображения без излома, то большое зеркало перпендикулярно к плоскости лимба. Если заметен излом, то винтом, имеющимся в оправе большого зеркала, добиваются устранения излома и восстановления перпендикулярности. Когда большое зеркало установлено перпендикулярно к плоскости лимба, проверяют малое зеркало. Смотри в трубу на солнце или какой-нибудь отдаленный предмет, движением алидады проводят его отраженное изображение через прямо видимое изображение предмета. При параллельности зеркал одно изображение должно точно покрывать другое. Если же изображения проходят в стороне друг от друга, то зеркала непараллельны, и винтом, имеющимся в оправе малого зеркала, добиваются этой параллельности. Другой винт в оправе малого зеркала служит для уменьшения погрешности индекса. Эта ошибка С. происходит от несовпадения индекса верньера с нулем лимба при параллельных зеркалах, а также от приведения вершин измеренного угла к оси вращения большого зеркала. Эта важнейшая ошибка С. всегда определяется при всяких наблюдениях до или после них. Совместив прямо видимое и отраженное изображение одного и того же предмета, делают отсчет. Если он больше 0°, то величина его дает погрешность индекса со знаком минус. Если отсчет меньше 360°, то дополнение сделанного отсчета до 360° дает погрешность индекса со знаком плюс. Т. к. при наблюдениях солнца трудно заметить точное покрытие прямо видимого диска солнца отраженным, то приводят в соприкосновение сперва верхние края солнца, затем нижние и каждый раз делают отсчет. Средний из сделанных двух отсчетов и дает истинный отсчет для определения погрешности индекса. В последнее время с развитием авиации появились несколько образцов С. с искусственными горизонтами. Наиболее совершенные из них имеют небольшие уровни, и отраженное изображение солнца совмещается с пузырьком уровня, рассматриваемым в трубу, как прямо видимый предмет.

Лит.: В и т в о в с к и й В., Топография, 3-е издание, Москва, 1926; Wolf R., Handbuch d. Astronomie, Zürich, 1891—93; R e s o l d, Zur Geschichte d. astronomischen Messinstrumente, B. 1, Leipzig, 1914; Valentiner Handwörterbuch der Astronomie, Bände 1—4, Beuthen, 1897—1902.

Н. Саволларь.

СЕЛЕН, Se, химический элемент VIII группы периодич. системы, аналог серы и теллура, с которыми составляет триаду, подобную группе Cl, Br и J. Порядковое число 34, атомный вес 79,2; известны изотопы С. с атомными весами 80, 78, 76, 82, 77 и 74. Подобно сере С. образует несколько аллотропических модификаций. Различают четыре характерные формы модификаций селена, из которых две «жидкие» (стекловидный и аморфный) и две кристаллические (красный и серый селен).

Стекловидный С. получается вливанием расплавленного С. в холодную воду в виде коричневатого-серой массы в тонких слоях и темнокрасного цвета в порошке; при 50° начинает размягчаться; уд. в. 4,28—4,36; при комнатной t° не проводит тока; при трении ~~варьется отрицательно~~; при помощи лучей радий — положительно, растворим в сероуглероде; удельная теплоемкость 0,106. А м о р ф н ы й С. получается при осаждении С. из его соединений на холоду; так, при подкислении раствора KCNSe получается красный аморфный С.; ярко красный порошок, прилипающий к рукам и к бумаге при 40—50°, он размягчается, при охлаждении твердеет и становится хрупким и похожим на стекловидный С., удельная теплоемкость 0,082. Коллоидный С. получают в виде красного раствора осторожным восстановлением очень разбавленного раствора двуокиси С. при помощи сернистого газа, гидразина или гидросилимана. При сплавлении с нафталином, антраценом, фенантроном, фенолом, дифениламином С. переходит в плав в коллоидной форме, к-рая при застывании превращается в массу красного цвета, просвечивающую синим; стабилизируется коллоидный С. с помощью протальбинового и лизальбинового натрия, образуя блестящие пластинки красного цвета, легко растворимые в воде. К р а с н ы й к р и с т а л л и ч е с к и й С. получается перекристаллизацией С. из горячего сероуглеродного раствора его в виде прозрачных красных блестящих листочков, уд. в. 4,45, t° пл. 170—180°; тв. 2 по шкале Моса; вполне растворим в сероуглероде, образуя раствор красного цвета. Существует в двух моноклинных формах; α-форма при медленном нагревании переходит при 110—120° в β-форму; при 125—130° красный кристаллич. С. (β-форма) переходит в металл. серую модификацию. Серый кристаллический металл и ч е с к и й С. — свинцово-серые (до черного) кристаллы гексагонально ромбоэдрич. системы, изоморфные с теллуром. При растирании превращается в черный, переходящий затем в красный порошок, уд. в. 4,78, уд. теплоем-

кость 0,078, тв. 2 по Мосу, $t_{пл.}$ 217, при 250° вполне жидкий; при быстром охлаждении застывает в стекловидную массу; проводит электричество, при соприкосновении с металлами обнаруживает термоэлектричество; в холодном сероуглероде нерастворим; легко растворяется в хлороформе; металл. С. есть смесь двух форм, из к-рых α -форма матовосерая, отливающая красным, при комнатной t° плохо проводящая ток; β -форма светлосерая, проводящая ток; α -форма метастабильна и легко переходит в β -форму, особенно при нагревании до 200°. Усиление освещения С. способствует образованию β -формы, проводящей ток; по мнению нек-рых авторов β -форма в свою очередь состоит из двух модификаций, находящихся в равновесии, причем усиление освещения способствует образованию более электропроводящей формы. С. во всех модификациях диамантитен.

Важнейшее физическое свойство С.—изменение электропроводности с освещением С.—представляет большой практич. интерес. Для одного и того же образца С. электропроводность растет с увеличением напряжения при постоянном токе сильнее, чем при переменном; при постоянном напряжении электропроводность растет со временем. Сопротивление С. прохождению тока падает очень резко с усилением освещения. Повышение электропроводности прямо пропорционально корню квадратному (по некоторым авторам корню 4-й степени) из силы света. Примесь теллура делает С. восприимчивее к более коротким волнам. Рентгеновые лучи, ультрафиолетовые и другие действуют как видимые лучи. По Адамсу освещенный С. обнаруживает фотоэлектрич. эффект. На этом свойстве основано применение С. для фотоэлементов, в частности в приборах для измерения силы света звезд. Свыше 220° все твердые модификации С. переходят в расплавленное состояние. Жидкий С. коричнево-темнокрасного цвета, не изменяющегося с t° . Вязкость С. не изменяется с t° , как это свойственно сере; $t_{кип.}$ жидкого С. 690°. Расплавленный С. проводит электрич. ток; он легко м. б. переохлажден, причем образуется аморфный или стекловидный С. В химическом отношении С. близок к сере и теллуру, ближе к сере; дает соединения с галоидами и металлами (селениды). Расплавленный С. действует на железо. На воздухе сгорает, образуя окись С. SeO_2 ; с водородом соединяется при достаточном нагревании, образуя селенистый водород H_2Se . Соляная к-та не реагирует с С., азотная к-та окисляет до SeO_2 . Серная к-та разбавленная не действует, а конц. H_2SO_4 растворяет, давая раствор зеленого цвета, и при разбавлении выделяет С.; щелочи растворяют С. Кислород при обыкновенной температуре на С. не действует. В щелочах селен растворяется с образованием солей: селенидов, селенитов и полиселенидов.

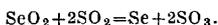
Соединения С. В соединениях С. бывает 2-, 4- и реже 6-валентным, образует комплексные соединения типа $Me_2(SeR_n)$. С. дает ряд солей, аналогичных солям серы; селеносульфит Na_2SSeO_3 (тип гипосульфита), селеносульфид Na_2SSe (тип полисульфида), селеноцианид $KCNSe$ (тип роданида) и т. д. Известны также органич. соединения С., построенные также по типу соответствующих соединений серы, например дихлордиэтилселенид $Se(C_2H_4Cl)_2$, аналог *иприта* (см.). Немногие соединения С. находят практич. применение. Селенистый водород H_2Se получается при действии к-ты на его соли (селениды Me_2Se), легко образуется также из элементов при нагревании до 350° в присутствии пемзы; от водорода очищается конденсацией при t° 40—60°. При обычной t° H_2Se —газ уд. в. (по воздуху) 2,795; H_2Se легко разлагается на элементы, на воздухе горит с образованием окиси

С.; SeO_2 мало растворим в воде; с водой образует гидрат. В водном растворе является слабой к-той. Соли H_2Se , селениды, подобны сульфидам. Двуокись С. SeO_2 образуется при сильном накаливании С. в токе кислорода или воздуха, причем С. воспламеняется; кристаллизуется в бесцветных иголках, $t_{пл.}$ 340°, восстановителями (напр. фенилгидразином) переводится снова в С.; уд. в. 3,95; легко растворима в воде, спирте, плохо—в бензоле; SeO_2 —сильный окислитель, при окислении восстанавливающийся до Se; выделение Se из SeO_2 происходит при нагревании с S, P, C, H_2 и металлами. При растворении в воде SeO_2 образуется селенистая кислота H_2SeO_3 —большие кристаллы гексагональной системы, уд. в. 3,006, выпадающие при выпаривании раствора. Селеновая к-та H_2SeO_4 получается при окислении H_2SeO_3 с помощью перекиси водорода, перманганата калия, двуокиси марганца и др. H_2SeO_4 —сильная к-та, почти как серная. С. дает соли—селениты типа Me_2SeO_3 . Селенит натрия Na_2SeO_3 кристаллизуется в маленьких призмах гексагональной системы; легко растворим в воде, в спирте меньше; получается выпариванием H_2SeO_3 с теоретическим количеством раствора соды или едкого натра, также нагреванием SeO_2 с NaOH. С галоидами С. дает ряд соединений: SeF_4 —инертный газ, SeF_4 —бесцветная жидкость; Se_2Cl_2 —жидкость красноватого цвета; четыреххлористый С. $SeCl_4$ получают хлорированием С. с избытком Cl; твердое кристаллич. тело. Технич. интерес имеет оксид хлорид С. $SeOCl_2$, получаемый перегонкой $SeCl_4$ с SeO_2 , по реакции $SeO_2 + SeCl_4 = 2SeOCl_2$, или осторожным добавлением H_2O к $SeCl_4$; $t_{пл.}$ 8,5°; $t_{кип.}$ 177,2°; при нагревании до $t_{кип.}$ разлагается, смешивается во всех отношениях с CCl_4 , CS_2 , $CHCl_3$, C_6H_6 ; растворяет S, Se, Te, Br и J; известен также оксифторид С.—бесцветная дымящая жидкость. Почти все соединения селена оказывают сильное физиологическое действие: H_2Se ядовит и вызывает головные боли, воспаление глаз и слизистых оболочек; SeO_2 и H_2SeO_3 вызывают раздражение кожи, подобное экземе; еще сильнее действует H_2SeO_4 ; вызывает на коже раны, разъедает ногти. Действие $Se(C_2H_4Cl)_2$ аналогично действию *иприта* (см.).

Распространение С. в природе. В свободном состоянии С. встречается в залежах элементарной серы, гл. образом вулканич. происхождения. Однако подобные месторождения сравнительно редки, и сырье этого рода в технологии С. не имеет большого значения. Чаше С. встречается в виде селенидов: берцелианит—селенид меди Cu_2Se , тиеманит—селенид ртути, клаусталит—селенид свинца, науманит—селенид серебра; известны также и селениты: меди (Аргентина)—халькоменит, свинца—молибдоменит и кобальта—кобальтоменит; зоргит (Аргентина) содержит до 31% Se; известны также эйкарит— $(Cu, Ag)_2Se$ и крукезит— $(Cu, Fe, Ag)_2Se$. В небольших количествах С. содержится в *пирите* (см.); при его сжигании в производстве серной к-ты С. окисляется до SeO_2 и вместе с SO_2 попадает в пыльные камеры; там сернистым газом SeO_2 восстанавливается до Se, в результате чего, в зависимости от метода производства серной кислоты, выделяется в элементарном виде в пыльных камерах, котлелях, Gloverовой башне, в серноокислотных камерах и т. п. (см. *Серная кислота*), где и накапливается

в виде пыли или ила, которые и являются основным сырьем для получения селена.

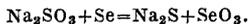
Получение С. 1) Из камерного ила. Как указано выше, С. восстанавливается помощью SO_2 до элементарного Se;



Выпавший элементарный С. частично осаждается в пыльных камерах, частично попадает в Gloverову башню и в камеры, где осаждается в виде ила, содержащего кроме С. сернистый свинец и другие примеси. В илах Gloverовой башни содержание С. доходит до 25%, в содержащих свинец илах 0,1—2%, реже до 5%. Переработка ила производится различными способами: а) с помощью цианистого калия KCN ил обрабатывается при 80—100° конц. раствором KCN, при этом сера переходит в раствор в виде роданистого калия KCNS , а Se—в виде KCNSe . По отфильтровании раствор и промывные воды подкисляют соляной к-той, причем осаждается С.; сера остается в растворе в виде HCNS . Недостатком метода является относительно высокая цена KCN, а главное—выделение при подкислении HCN , представляющей сильнейшей яд. б) При окислительном методе ил обрабатывается азотной к-той, сплавляется с селитрой и т. д. Образующиеся при этом окислы С. (SeO_2 , иногда SeO_3) переходят в раствор, и по выпаривании азотной кислоты выпавший сухой остаток растворяется в конц. соляной к-те, после чего SeO_2 восстанавливается напр. сернистым газом:

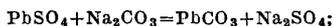


в) При огневом методе С. возгоняется (вместе с серой) при нагревании ила в ретортах. Метод в настоящее время не представляет интереса. г) При растворении в сульфиде натрия с последующим выделением С. кислотой:

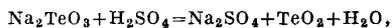


Метод связан с выделением SO_2 при подкислении и с получением С., загрязненного серой, так как получающийся одновременно и $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ при подкислении выделяет серу. Метод имеет также и ряд других недостатков. Для обогащения ила предложено несколько методов, напр. обработка ила концентрированным кипящим раствором MgCl_2 , причем образуется MgSO_4 и PbCl_2 (при нагревании легко растворимый), а С. остается в осадке, и др. В последнее время делались попытки обогащения ила флотацией. Из всех предложенных методов за границей имели наибольшее распространение цианистый и окислительный, причем последний например в таком виде: ил обрабатывался NaNO_3 в присутствии 85%-ной H_2SO_4 ; затем в смесь дувался пар до разбавления N_2SO_4 до 30° Вё, после чего сквозь раствор продувался воздух до удаления окислов азота, и по отфильтровании жидкости и добавлении соляной кислоты селен осаждался сернистым газом. В последнее время предложен был (W. Stahl) метод, основанный на растворении С. в дымящей серной кислоте и на выделении С. сернистым газом. Так как среднее содержание С. в иле невелико, стоимость такой переработки оказывается слишком высокой. В институте им. Л. Я. Карпова разработан метод получения С. из камерного ила, основанный на предварительном использовании содержащегося в иле свинца. В основном метод заключается в следующем: промытый от сернистой кислоты ил с содержанием

напр. 2% С. обрабатывается содой, причем сульфат свинца переходит в карбонат:



PbCO_3 растворяют в уксусной к-те, и образующийся ацетат свинца отфильтровывают, уваривают, и он идет на кристаллизацию. Омытый от Pb ил содержит 30—40% С., к-рый м. б. извлечен из ила любым способом. 2) Получение С. из пыли производилось до сих пор одним из описанных выше способов. 3) Получение С. из анодного шлама электрических установок для рафинировки меди. В зависимости от состава шлам подвергается различным предварительным операциям: так, медь удаляют после окисления на воздухе посредством растворения в серной кислоте; Pb, Sb с разными добавками переводятся в шлак (известь и т. д.). С. растворяют после этого, продолжая вводить воздух и добавляя к массе соду и селитру; одновременно переходит в раствор и часть теллура. Из раствора солей селенистой и теллуристой к-т последняя м. б. удалена прибавлением разбавленной серной кислоты:



причем TeO_2 выпадает. Образующаяся по аналогичному уравнению H_2SeO_3 остается в растворе. Осаждение Se производится восстановлением с помощью SO_2 в сернистой или, лучше, сернистой среде.

Очистка С. Обычно применяется окисление азотной к-той с последующим осаждением С.; предварительно, до осаждения С., можно еще несколько раз произвести возгонку SeO_2 . Нагреванием с конц. серной кислотой, по некоторым данным, можно перевести селен в раствор в виде SeO_2 и восстановлением получить чистый продукт.

Применение С. Se применяют в стекольной промышленности для обесцвечивания зеленого стекла и для получения рубиновых стекол и в резиновой пром-сти (вместо серы) для получения стойких сортов каучука, затем для фотоэлементов и разнообразных приборов, связанных свойствами селена проводить ток при усиленном освещении. Здесь можно упомянуть работы над применением С. для передачи изображений на расстояние, для измерения энергий световых лучей, в частности лучей звезд, для автоматич. зажигания уличных фонарей и т. д. Соединения С. находят кроме того применение в фотографии (выражные ванны и т. п.); SeOCl_2 предложен как растворитель не насыщенных органических соединений—каучука, смол; далее—как добавка к горючему (в качестве антидетонатора). Соли H_2SeO_3 с успехом применяются вместо серы для окраски и обесцвечивания стекла вследствие их меньшей летучести и меньшей потерь при работе. H_2SeO_3 и Li- и Th-соли ее имеют сильное фунгицидное и бактерицидное действие. Сплав S-Se (в соотношении 2:1) предложен в качестве изолятора в смеси с различными наполнителями. Наконец этот же сплав в различных соотношениях применяется для вулканизации каучука.

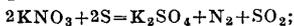
Лит.: Михали Д., Электрич. дальновидение и телескоп, перевод с немецкого, М.—Л., «Ch.-Ztg», В. 50, р. 280; НЙ», т. 2, Л., 1927 (лит. о селене); Годовой обзор минеральных ресурсов СССР за 1926/27 г., Л., 1928; Ullm. Enz., В. 10; Aberg's Handbuch d. anorg. Chemie, В. 6, т. 1, Лpz., 1927; Hofmann K., Lehrbuch d. anorg. Chemie, 6 Aufl., Brschw., 1928; Mellor J., A Comprehensive Treatise on Inorganic and Theoretical Chemistry, v. 10, London, 1930.

СЕЛИТРА, минералы, представляющие собой соли азотной к-ты, главным образом калиевую и натриевую.

К а л и е в а я С. KNO_3 , азотнокислый калий—бесцветные кристаллы ромбич. системы обыкновенно призматич. формы; в двойниках двойниковой плоскостью служит грань призмы. Натуральная KNO_3 встречается однако только в игольчатых и волосистых кристаллах, а чаще в хлопьевидных налетах и в виде коры. Спайность неясная. Тв. 2; уд. в. 1,9—2; $t_{пл.}$ 339°; теплота плавления 47,37 cal/g; при нагревании выше 339° разлагается с выделением кислорода, причем сначала образуется KNO_2 , после чего начинается выделение азота и образование K_2O вследствие выделения кислорода. С. при высоких t° является сильным окислителем: так, механическая смесь С. с измельченным углем при соприкосновении с нагретым телом загорается; выделяющийся при этом кислород идет на окисление угля; реакция идет по следующей схеме:



горение происходит также при соприкосновении С. с серой:

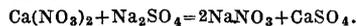


таким же образом С. окисляет и металлы; при всех этих реакциях выделяется свободный азот. На окислительном действии С. основано ее применение в составе пороха (см.). В воде С. легко растворяется (в горячей—значительно легче); при 0° на 1 ч. С. достаточно 7,7 ч. воды; теплота растворения (при 18°) = 8,52 cal. На раскаленном угле С. дает сильную вспышку с пламенем лилового цвета. Встречается обычно в смеси с другими солями во многих известковых пещерах (Алжир, о в Цейлон, в Калабрии, близ Гамбурга, ок. Белгорода и т. д.). Она также выходит в виде выцветов из почвы (Арагония, Ост-Индия, Венгрия и т. д.). Месторождения С. в СССР известны ок. Тифлиса, в известковых пещерах Поволжья, в Закаспийском крае (в незначительном количестве). Образование калиевой С. в природных условиях протекает успешно при наличии предварительного образования аммиака (минерализация азота), свободных оснований, достаточного доступа воздуха, бедности почвы органич. веществами, повышения t° до 37°, достаточной влажности, необходимой для развития микробов, при отсутствии хлористых калия и кальция. Аналогичный процесс образования KNO_3 может быть создан искусственно при разложении смеси органич. отходов с землей, содержащей золу, известь и другие вещества (буртовый способ получения KNO_3). Исследования Шлезинга и Мюнца выяснили, что окисление аммиака NH_3 в азотную к-ту HNO_3 происходит в двух последовательных фазах: сначала образуется азотистая к-та HNO_2 по реакции $2NH_3 + 3O_2 = 2HNO_2 + 2H_2O$, которая затем окисляется в азотную к-ту. Первая фаза окисления аммиака является следствием действия на него нитритных, вторая — нитратных бактерий. Питание бактерий обоих видов происходит за счет углекислоты воздуха, к-рая разлагается вследствие действия химической энергии, освобождающейся при окислении аммиака. При наличии в почве значительного количества органич. веществ селитренные бактерии остаются недействительными, и тогда работают гнилостные бактерии, разрушающие органич. соединения с превращением последних в углекислоту, воду и аммиак.

Когда этот процесс закончен, нитритные бактерии получают возможность развиваться, и начинается окисление аммиака в азотную к-ту; при этом готовится среда, необходимая для размножения нитратных бактерий, а следовательно и для последующего образования азотной кислоты.

Употребляется KNO_3 для приготовления пороха, в пиротехнике, для получения азотной и серной к-т, для очищения золота и серебра, как окислительное средство, как плавень в некоторых металлургич. процессах и как протрава в красильном и типографском деле, в медицине и др.

Н а т р и е в а я С. $NaNO_3$, азотнокислый натрий—кристаллы гексагональной системы; тв. 1,5—2; уд. вес 2,1; $t_{пл.}$ 308°; при дальнейшем нагревании—разложение с выделением кислорода, образованием $NaNO_2$, после чего начинается выделение азота и образование Na_2O ; $NaNO_3$ бесцветна или слегка окрашена, прозрачна или только просвечивает; гигроскопична; вкус соленый, охлаждающий. Натуральная $NaNO_3$ содержит довольно значительную примесь поваренной (NaCl) и глауберовой (Na_2SO_4) солей. Легко растворяется в воде: на 1 ч. ее при 18° требуется 1,4 ч. воды; теплота растворения (при 18°) 5,03 cal. На раскаленном угле дает вспышку, по силе меньшую, нежели калиевая С. Образование ее относится к поверхностному поясу земной коры. Соли азотной к-ты образуются часто в почве при участии нитробактерий или же получаются при разложении отбросов животных организмов. В пустынях Атакама, Перу и других благодаря сухому климату (дожди отсутствуют в течение 4—5 лет) скопится значительное количество азотнокислых соединений. Азотная кислота с известью почвы дает азотнокальциевую соль, которая под действием сернонатриевой соли дает натриевую С. по схеме:



Месторождения С. обычно связаны с месторождением NaCl, Na_2SO_4 и других легко растворимых солей, обычных в этих пустынях. Самое мощное месторождение натриевой С. находится в Чили—ч и л и с к а я С. Здесь она образует целые пласты, залегающие частью на осадочных образованиях, частью на порфирах. Присутствие в С. иодатов натрия и кальция было установлено в середине прошлого столетия; с этого времени чилийская иодная пром-сть занимает первенствующее положение; о получении иода из чилийской С. см. Иод. Переработка натриевой С. в калийную получила широкое распространение с 1863 г., когда на рынке появился стассфуртский хлористый калий KCl, извлекаемый из соляных пластов, расположенных у Стассфурта (Магдебург, Германия). Ход переработки $NaNO_3$ в KNO_3 следующий: в железный котел наливают чистую воду и нагревают паром до кипения; в котел загружают 1—1,5 т $NaNO_3$, а после ее растворения 1,2—1,6 т KCl. Крепость раствора 35° Вё, нагревание до 110—112° в течение 1 ч., после чего раствор сгущается и крепость его доходит до 60° Вё. Сливают раствор в остойный чан с охлаждением до 96°, после чего перегоняют его в медный кристаллизационный бассейн; кристаллизация идет в течение 3 суток при t° раствора 18—20°. Получаемая таким образом С. содержит 98% чистого KNO_3 и ок. 2% посторонних примесей, к-рые удаляют дальнейшей очисткой. Натриевая С. идет как удобрение, для получения азотной и серной к-т, в стекольной пром-сти и для кон-

сервирования мяса и рыбы. Для приготовления пороха **натриевая С. не употребляется** вследствие ее гигроскопичности. Мировая добыча чилийской селитры, колоссальная в 18 и 19 вв., в последнее время, с развитием синтетич. методов получения связанного азота (воздушной а селитра), значительно пала, что видно из приведенных ниже данных (в т):

1924/25	1928/29	1929/30	1930/31
367 500	490 000	464 000	250 000

Кальциевая С., норвежская С. $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, уд. в. 1,82, в воде легко растворяется, применяется как удобрение (см. *Азотные удобрения*).

Бариевая С. $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, бесцветные кристаллы величиной до 4 мм, применяется в фейерверках.

Аммонийная С. NH_4NO_3 —см. *Аммония соединения*.

Лит.: «НИ», 1927, т. 2 (имеется литература); Годовой обзор минеральных ресурсов за 1926/27 г., Ленинград, 1928.

Экономика. Громадный и все возрастающий спрос на калийные соли в с. х. и пром-сти выдвинул добычу этого минерала на одно из первых мест в мировой горной пром-сти. Мировое производство калийных солей в 1930 г. определялось в 2 025 тыс. т, из которых добыто было (в переводе на K_2O , в тыс. т):

Германия	1 400	Польша	50
Франция	450	Испания	25
США	60	Проч. страны	40

Добыча калийных солей в Германии, на 90% сосредоточенная в руках калийного синдиката, в 1913 году равнялась 12 млн. т селвинита (1 232 тыс. т K_2O); высшей точки она достигла в 1929 году, когда было добыто 13 316 тыс. т; 1930 г. дал уже снижения до 11 962 тыс. т (1 381 тыс. т K_2O). Из этого количества в пересчете на K_2O было потреблено внутри страны 841,2 тыс. т, вывезено в США 163,0 тыс. т, в прочие страны—366,0 тыс. т (27%), всего на 250 млн. марок. Вывоз калийных солей из Германии производится в форме готовых удобрений различного состава и марок; в 1930 г. было вывезено минеральных удобрений 1 500 тыс. т на 42,8 млн. марок против 1 572 тыс. т в 1929 году. Послевоенная добыча Франции значительно выросла за счет присоединенных (от Германии) калийных месторождений; в 1921 г. было добыто 884 тыс. т, в 1930 г. добыча поднялась до 3 139 тыс. т сырых солей, в переводе на K_2O —496 тыс. т, из к-рых потреблено внутри страны 226,5 тыс. т, вывезено 226 тыс. т (90,6 тыс. т в США), собственные калийные ресурсы которых сравнительно незначительны. Добыча калийных солей в США выразилась в 1930 г. в размерах 105,8 тыс. т сырых солей, в переводе на K_2O —61,3 тыс. т. Привоз из-за границы в 1913 г. составлял 270,7 тыс. т K_2O ; после резкого сокращения в годы войны (1914—19) он стал быстро восстанавливаться и в 1930 г. достигал уже 318 тыс. т K_2O . К Польше отошли Силезские калийные месторождения, принадлежавшие ранее Германии. В 1923 г. добыто 22,1 тыс. т каннита и 43,6 тыс. т селвинита, в 1929 г. добыча поднялась до 137,7 тыс. т каннита и 214,3 тыс. т селвинита, — всего 352,0 тыс. т. Привоз из Германии в то же время возрос до 100 тыс. т. Знаменитые в середине прошлого столетия Чилийские копи в настоящее время совершенно потеряли значение: добывается немногим более 3 тыс. т. СССР располагает колоссальными запасами калийных

солей в Соликамском районе: толща карналитовых пластов 39—90 м, селвинит в—15—25 м; процентное содержание K_2O в карналите 13—14%, в селвините—20—30% KCl . Запасы на разведенной площади исчисляются в 14,4 млрд. т селвинита и 10,8 млрд. т карналита. Добыча только начинает развиваться. Закончена одна шахта и заложено две новые. Добыча по плану 1932 г. была намечена в 800 тысяч т. Строится электростанция, мельница и обогащательная ф-ка, а также и ряд других подсобных предприятий. Добыча 1933 г. намечена в размере 1,5 млн. т селвинита. Открыт ряд месторождений и в других районах.

Лит.: The Mineral Industry During 1929, New York, 1930.

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЭКОНОМИЯ, см. *Социалистическая промышленность*.

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ, см. *Социалистическая промышленность*.

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПОСТРОЙКИ,

хозяйственные постройки, обслуживающие сел. хозяйство в различных его отраслях. При выборе места для усадьбы помимо хозяйственных и экономич. соображений руководствуются и некоторыми технич. требованиями: 1) ближайший транспортный путь должен проходить по возможности не далее 200—250 м от границы, но и не ближе, чтобы не помешать ближайшему ее расширению, 2) вся группа с.-х. зданий должна помещаться в центре территории, 3) для животноводческих хозяйств следует избрать место более возвышенное, а для полевых более низкое, но не сырое, т. к. в них главная масса транспортируемых продуктов идет к центру, и 4) должно быть обеспечено водоснабжение как хозяйственное, так и питьевое. Размер места, занимаемого усадьбой, составляет обыкновенно ~1% от полной площади территории, и лишь при размере ее свыше 1 000 га уменьшается до 0,5% и менее. Но лучше определять площадь усадьбы из более детальных хозяйственных соображений. Здания подразделяются на две группы: хозяйственную и жилую, включая сюда и постройки культурного назначения, причем их изолируют друг от друга проездами и древесными насаждениями, и кроме того господствующие и особенно летние ветры должны всегда дуть от жилых участков к хозяйственным, а не наоборот. Выбирая направления главных, внутренних дорог, проспектов и улиц, надо, чтобы они были направлены под углом в 30° к господствующему ветру и имели бы уклоны не более 1 : 50. Между зданиями должны оставаться узаконенные пожарные разрывы, а с гигиенической точки зрения разрывы эти требуются гораздо больше (до 30 м). Но т. к. это повело бы к большой разбросанности зданий, то между группами разрывы желательны во всяком случае не меньше 10 м. Особые сооружения, вредные или опасные (по каким-либо причинам), получают специальные разрывы, так например: навозохранилища 50 м, гумна 40—50 м, бензиноохранилища 50—100 м, изоляторы и лечебницы 200—250 м.

Генеральный план усадьбы (масштаб 1 : 2 000) не поддается типовой обработке, и нахождение его всецело зависит от опытности проектирующего, к-рый должен работать в тесном контакте с с.-х. организаторами данного проекта. Можно лишь сказать вообще, что личевую часть места застройки желательно обрабатывать на Ю. или В. Сооружения общего пользования (силовая станция, водонапорн. башня,

пожарное депо и т. д.), а также продовольственные и административные здания должны ставиться по возможности центрально. Размеры площадей не должны превышать поперечника в 100 м. Древесные насаждения (липа, береза, ель) весьма желательны для изоляции групп зданий, а со стороны господствующих ветров—для защиты от них, располагаются на расстоянии 20—25 м от границы. Материалы для построек д. б. дешевы и нетеплопроводны. Последнее особенно необходимо для животноводческих зданий, но и здания складочного назначения нуждаются в этом для защиты от промерзания. Наиболее подходящие материалы: дерево, земля, глина и различные комбинации этих материалов между собой и с тепловыми изоляциями. Применение кирпича и камня желательно лишь при требовании особой solidity и долговечности строений или вызывается иногда местными условиями (например камень в горных местностях); см. *Строительные материалы*. Утепления достигаются или введением изолирующих слоев воздуха (пустотелость) или же применением веществ с малой теплопроводностью. В качестве изоляторов применяют: 1) теплый бетон, ксилобетон (цемент, песок и опилки—в составе 1 : 3 : 4) и шлаковый бетон (цемент, песок и шлак, 1 : 2 : 16); 2) соломит, камышит и фибролит и 3) термоизолирующие засыпки для потолков при отсутствии сеновалов.

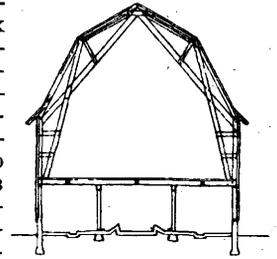
Коэф-ты теплопроводности можно считать для землбита и глинобита 0,7; для дерева—0,12 и для различных утеплителей—в среднем 0,05. Конструкции частей с.-х. зданий обуславливаются их назначением и требованиями простоты и дешевизны. Термические условия играют здесь значительную роль, особенно в зданиях животноводческих, где имеет важное значение и вытяжка испорченного воздуха (вентиляция), удаление навоза и стойловых жидкостей (канализация), а также надлежащее освещение через окна и световые фонари. Термич. условия характеризуются коэф-циентам теплопередачи ограждений, т. е. пола, стен с окнами и дверями и потолка. Этот коэф. можно считать в среднем равным 0,8. Потеря тепла будет:

$$W = 0,8 F (T - t) \text{ Cal/ч.},$$

где F —суммарная площадь ограждений в m^2 , T —внутренняя и t —внешняя темп-ры. Большую роль играет при этом плотность ограждений, т. е. отсутствие щелей и отверстий.

Для стойловых помещений количество тепла (в Cal), выделяемое животными в час, можно принимать: для лошадей—1 130, для коров—1 000, для волов—1 700, для овец—125, для свиней—400. Тогда полное получение тепла будет: $W_1 = \Sigma kn$, где n —число каждого вида животных в помещении, k —Cal. Для поддержания тепла в помещении нужно, чтобы $W_1 < W$. Стены конструируются сообразно избранному для них материалу, по возможности на недорогих фундаментах, напр. песчаных, закладываемых на 0,7 м над подошвой, булыжных на глине или мокром мху и землелитных с изоляционной от сырости смоляной промазкой. Сверх фундамента кладется водонепроницаемая изоляция, т. е. толь, береста и пр., а затем идет цоколь высотой в 0,3 м. Пол следует утеплять у стен подсыпкой шлака на глубину ок. 0,5 м. В остальном пол конструируется по требованию специального назначения здания,

и потеря тепла через него вообще невелика. Потолок, наоборот, служит главной поверхностью охлаждения, поэтому он должен особенно хорошо утепляться. Выполняется потолок обычно из дерева. Особенно применимы для него дешевые и теплые пакаты, например вальковые, с глино-соломенным заполнением и подмазкой. Подшивки потолков хотя и полезны, но обыкновенно из экономии отсутствуют. Утепление—всего проще насыпкою плохих проводников тепла слоем в 20—25 см. Практикуется подвеска и подшивка потолков к стропилам (балки-затяжки). В свинарнях часто применяют потолки в виде подшивок по ригелю. Крыши при отсутствии сеновалов обычные, а при необходимости обширных чердаков делаются мансардными, или по америк. типу (фиг. 1) применяют доски в $5 \times 15 \div 5 \times 30$ см при пролетах до 11 м. Доски на ребро вообще широко применяются в США для разного рода стропил с. п. Кровли делают железные, из черепицы (глиняная, цементной и этернита), гонтовые, драночные, рубероидные, соломенные и тростниковые. Железные кровли нежелательны там, где есть сернистые выделения (навозохранилища, стойла и пр.). Гонтовые и драночные кровли наиболее подходят для с. п. В последнее время кровли делают у нас также из гидронированной фанеры и из просмоленного или силикатированного соломита. При проектировании кровли надо избегать разжелобков, особенно часто дающих течь. Вентиляция, состоящая гл. обр. в вытяжке испорченного воздуха, осуществляется вытяжными простыми трубами ($30 \times 30 \div 75 \times 75$ см, при скорости движения воздуха 1 м/сек).



Фиг. 1.

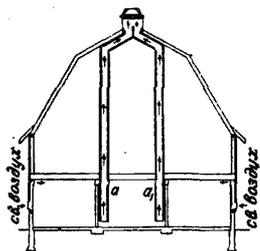
Кубатура помещения. Площадь пола зависит от величины животных и способа их наиболее удобного размещения, а высота помещения выработана практикой и ≈ 3 м, понижаясь для мелких животных до 2,8 (овчарни), 2—2,5 (свинарни), 2—2,2 (птичники) и повышаясь до 4 м для крупных животных. Кроме того практикой выработаны критической кубатуры для животных на голову по гигиеническим соображениям.

Кубатура помещения. Площадь пола зависит от величины животных и способа их наиболее удобного размещения, а высота помещения выработана практикой и ≈ 3 м, понижаясь для мелких животных до 2,8 (овчарни), 2—2,5 (свинарни), 2—2,2 (птичники) и повышаясь до 4 м для крупных животных. Кроме того практикой выработаны критической кубатуры для животных на голову по гигиеническим соображениям.

Животные	Кубатура (м ³)	t° стойл (°C)
Лошади	25—30	7—12°
Быки и волы	20—25	8—10°
Коровы	18—20	7—10°
Телята и жеребята	10—12	12—16°
Свиньи (в зависимости от величины)	5—8	8—12°
Овцы	2—3	5—8°

Для сохранения установленных t° в стойлах необходима смена воздуха в час не менее одного объема помещения (для свинарен 2—3 объема). Такие цифры вентиляционных объемов относятся к северным климатам, а для умеренного климата их следует повышать вдвое и больше. Простейшее проветривание—откидными внутрь форточками. Т. к. воздух стойл загрязняется внизу выделениями навоза, а сверху—паром дыхания, вытяжка берется снизу, а чистый воздух подается сверху (фиг. 2). Усиления, по мере надобности, нижней или верхней вытяжки можно достигать действием заслонок или же при

помощи широких, телескопически опускающихся и поднимающихся труб, уравновешенных грузами (фиг. 3). Вентиляция складов делается вытяжками на основании опытных данных, например в корнеплодохранилищах поперечное сечение вытяжек 3 см² на каждый м³ вместимости.



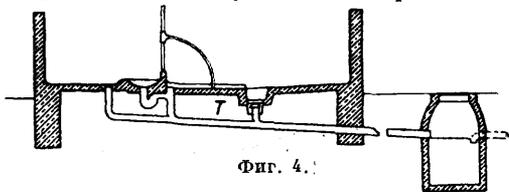
Фиг. 2.

К а н а л и з а ц и я. Сточные жидкости отводятся скатами пола (например в молочных) с добавлением канавок (в стойлах), а при незначительном количестве таких жидкостей, как это бывает напр. в конюшнях, при обильной подстилке или при сухом навозе, как в овчарнях, они совсем не отво-



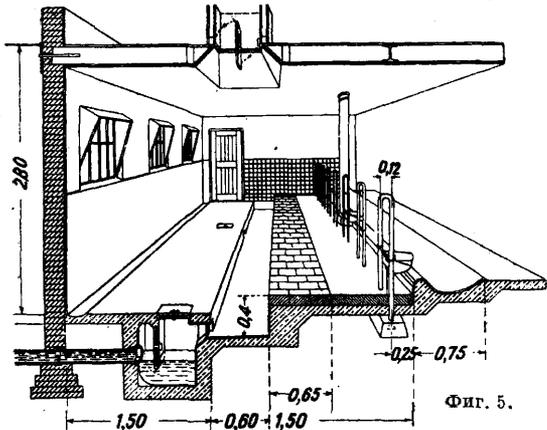
Фиг. 3.

дятся, впитываясь навозом. При содержании рогатого скота на навозе, накапливающемся равномерным слоем и удаляемом периодически,



Фиг. 4.

жидкости остаются в нем. Для стока жидкостей пол получает уклон в 1 : 100 и не более 1 : 50, а канавы снабжаются сточными трапа-



Фиг. 5.

ми Т (фиг. 4 и 5), отстоящими друг от друга на 8—9 м. Там же показаны канализационный и промывной стоки с жижеосбирателем.

Т. Э. т. XX.

Количество сточных жидкостей, отводимых из стойл, считают в 10% количества воды, расходуемого на водопой и на промывки. Расчету подвергаются лишь большие общие коллекторы, а обычная канализационная сеть состоит из 13-см труб.

Достаточное освещение помещений для животных достигается соблюдением коэффициентов освещения. Эти коэф-ты таковы:

Коровники . . . 1:10—1:12	Свинарня . . . 1:15—1:20
Волвня . . . 1:15—1:20	Овчарня . . . 1:20—1:30
Конюшни . . . 1:12—1:20	Птичники . . . 1:12—1:15

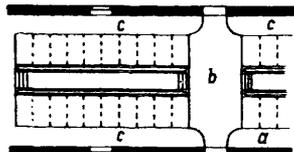
Что касается различных складов, то там освещение м. б. даже вредным (напр. для зерна и корнеплодов), а в помещениях рабочего и жилого характера берется по соответствующим законченным нормам.

Помещения для животных, должны удовлетворять не только требованиям прочности и зоогигиены, но и удобствам размещения, кормления и содержания животных,



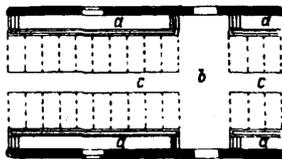
Фиг. 6.

а также и транспорта корма, продуктов и навоза. Форма плана животноводческих зданий обыкновенно четырехугольная, б. или м. вытянутая (фиг. 6), и изредка круглая, удобная для центральной кормежки, но не допускающая увеличения плана. В США встречаются круглые коровники до 100 голов (в 2 концентриа) с силосной башней в середине. Прямоугольные здания ставятся длинной осью или диагонально по меридиану для равномерного освещения солнцем. К о р о в н и к и (с к о т н ы е д в о р ы). Размещение жи-



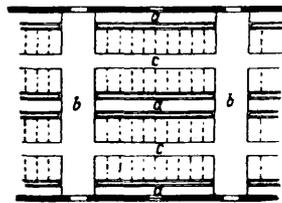
Фиг. 7.

вотных в плане производится в один, два, три и четыре ряда, причем основными являются двухрядные размещения, вдоль здания, «головами к середине» и «головами к стенам» (фиг. 7 и 8). Первое из них употребительнее, а в 3. Европе и США применяется исключительно; в СССР часто встречается и второе, из боязни капельного взаимного заражения туберкулезом при кашле животных, обращенных головами друг к другу. Четырехрядное размещение (фиг. 9) представляет комбинацию обоих основных типов и применяется при большом числе голов (100—200) для достижения неслишком растянутого плана. При расположении «головами к середине» получаются следующие преимущества:



Фиг. 8.

этого расположения: 1) менее удобное наблюдение за разделенной надвое работой по уходу и дойке; 2) ветеринарный осмотр с головы хуже, т. к. мало света в середине помещения. Размещение «головами к стенам» имеет преимущества: 1) более удобное удаление навоза большими массами по срединному проезду и 2) устранение опасности капельного заражения, которое впрочем в сущности не должно допускаться внимательным отбором больных животных. Недостатков много: 1) усложнение раздачи корма и водопоя; 2) негигиеничность дойки, так как возможны брызги мочи от противоположного ряда; 3) сильное потение стен; 4) усложнение в расположении вытяжных труб и особенно нижних вытяжек; 5) неудобство размещения потолочных столбов, удаленных от кормушек. Четырехрядное размещение как комбинация предыдущих имеет сходные с ними свойства, но прибавляются недостатки:



Фиг. 9.

затрудненное перемещение скота и особенно плохое освещение середины здания, что приводит к необходимости применения вообще нежелательных световых фонарей. Но при большом количестве голов (100 и более) приходится прибегать к четырехрядке во избежание плана, подобного показанному на фиг. 6.

Размещение продольно-поперечное, со средним продольным проходом и примыка-

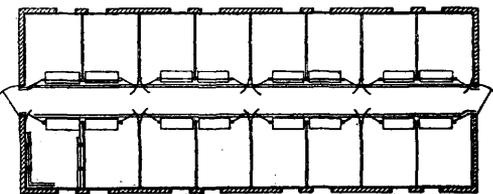


Фиг. 10.

ющими к нему с двух сторон поперечными группами по 4 стойла, встречается в волонках. Наконец для мясного скота применяется, и часто под навесами, при содержании на навозе еще и бесстойловое содержание. В современных коровниках с короткими стойлами и неподвижными привязями или длинными ошейниками место, отводимое для каждого животного, берется: для коров $1,5 \times 1,1-1,6 \times 1,2$ м, племенных быков $1,8 \times 1,3-2 \times 1,5$ и волов $1,6 \times 1,2-1,7 \times 1,3$ (без разгородок). На фиг. 10 типичный америк. профиль короткого стойла с размерами (в м). Пол стойла наполовину (сзади животного) из кирпича, а спереди—глинобитный. Привязи (см. *Кормушки*, фиг. 2, крайний слева) прицепляют сразу к двум кольцам, ходящим вверх и вниз по железной вертикальной скобе. На фиг. 10 видны вентиляция окнами и трубой и канализация стоком из навозного жолоба. Денники для различных внутренних изоляций (для быков, отела и легких заболеваний) делают шириною в 2 стойла при длине в 3—3,5 м, а для быков— $3 \times 3,5$ м. Телятники на 15% маточного состава получают размер в $1,5-1,6$ м на теленка и при коровниках свыше 100 голов выносятся вместе с денниками для

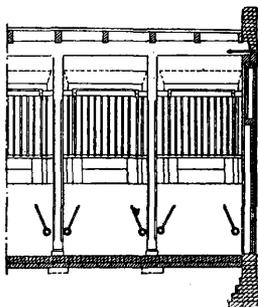
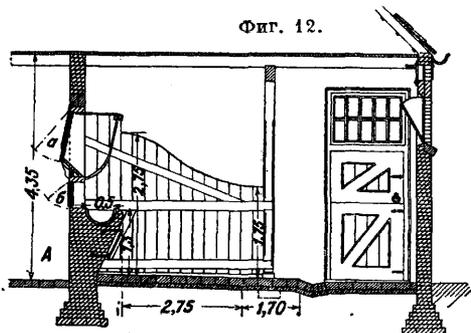


Фиг. 11.



Фиг. 12.

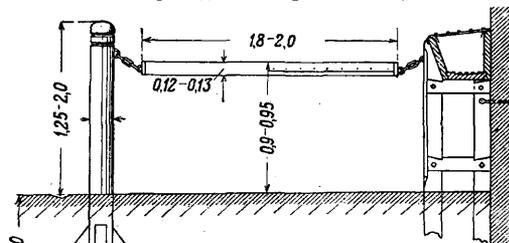
отела в отдельное отапливаемое здание. При стойловом размещении скота число животных в одном здании не более 200, при разделах по 50, с группами в 20—30 голов и с проходами между ними в 1,5 м. Со включением как этих проходов в (фиг. 7—9), так и служебных, т. е. кормовых и навозных, проходов а и с общая площадь коровника получается ок. 6 м^2 на голову. При бесстойло-



вом содержании с переносными кормушками эта цифра сокращается приблизительно до 5 м^2 . Размеры и профили кормушек (фиг. 10) м. б. осуществлены и для деревянных кормушек, а *полки* (см.) конструируются так, чтобы при водоопе не могло получаться передачи заразы (автоматич.

полки Лаудена, Сладкова и Кугушева). П о л ы в коровниках делают асфальтовые, кирпичные (в США—из тепло го брикета) и глинобитные с горячей смоляной смазкой, а из деревянных—равне лишь торповые, всего проще из соснового круглого швырна. В телятниках, требующих отопления, а также и в отапливаемых животноводческих помещениях, в США делают цементный пол сверх слоя пустотелых сквозных кирпичей, пропуская в них нагретый воздух (фиг. 11). Д в е р и, $1 \times 1,8-1,2 \times 2$ м, делают по одной на каждые 25 голов и обязательно по две в разделе на противоположных концах и снабжают тамбурами. Устройства ворот (кроме воловень) следует избегать как сильно расхламляющих помещение. О н и а—шириною $1-2$ м и высотой подоконника в $1,5$ м и не ниже $1,7$ м, если животные могут, прохода, их разбивать рогами. Размер световых отверстий по нормам коэффициентов освещенности.

В о л о в н и отличаются от коровников лишь размерами и большей простотой устройства. Короткие стойла здесь обычно не применяют, и в этом случае место, занимаемое волом, получает размер $1,85 \times 1,2-2 \times 1,4$ м, а площадь воловни с проходами не превышает $8,5-9 \text{ м}^2$ на го-



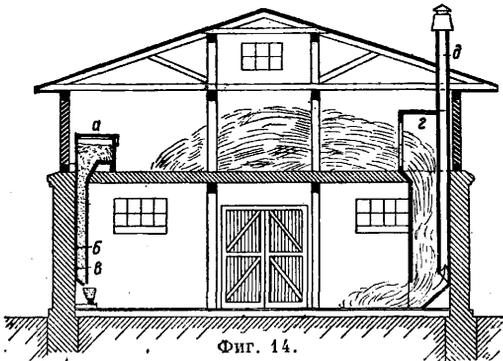
Фиг. 13.

лову. В волонках применима полировка потолка по ригелю с высотой у стен всего 2 м при постановке волов задом к стенам. При коровниках и волонках д. б. устраиваемы и з о л я т о р ы с расчетом на 7% состава стада для коров и 3—4% для волов. Простейшими помещениями рогатого скота являются н а в е с ы или б а з ы, применяемые на перегонных пунктах, а также и при содержании убойного скота. Образец америк. навеса дан на фиг. 11. Скот становится здесь без стойл, содержится на навозе, с переносными или подъемными кормушками. Иногда кормление животных, а водопой обязательно, производят на дворах (базах), вследствие чего навесам выгодно давать планы в виде буквы П или Ш с высотой до стропильных затяжек в 2,5—3,5 м, при сильно нарастающем слое навоза. Следует обращать особое внимание на расчет прочности навесов на горизонтальное действие ветра (75 кг/м^2), вертикальной нагрузки в 100 кг/м^2 и опрокидывание с коэффициентом безопасности 1.5. Пол делается земляной или из булыжника, повышенный на 10—15 см во избежание заливания дождевой водой.

К о н ы ш и н располагают так, чтобы они были вблизи обслуживаемых ими зданий: инвентарных сараев, пожарных депо и пр. Лошадей ставят по 60—30 в разделе зданий на 120 голов и размещают обыкновенно в двух рядах стойл, головами к стенам, а иногда и в четырехрядках, чего впрочем следует избегать. Средний размер стойла $3,2 \times 1,6$ м, но больше $1,8$ м ширины стойла не делают, чтобы не получалось опасных застреваний, напр. при воротах лошадей. При постановке же рабочих лошадей лишь на привязях ширина эта может уменьшаться до $1,2$ м. Для 5—10% конского состава делают д е н н и к и ($3,25 \times 3,5$ м) ординарные или в 2 стойла. Средний выводной проход $2,5-3$ м. За границей встречаются еще стойла и с кормовым проходом А сзади кормушек и с задатчей корма через люки а б (фиг. 12—голландское стойло). Для разделения стойл кроме перегородок употребляют еще и в а л ь н и к и (фиг. 13). Пол в конюшне лучше всего торповый на иппонках, а затем—просто деревянный из досок по глине или бетону. Некоторые коневоды считают лучшим пол глинобитный при обильной подстилке, впитывающей мочу настолью, что канализация не нужна. Двери с размером 2×1 м делают числом и расположением такими же, как и в коровниках, но без порогов, а окна—надлежащего размера по освещению—имеют шириною ок. 1 м при подоконнике высотой в $1,8-2$ м, располагаясь в разделах стойловых перегородок. При конюшнях устраивают с б р у й н у ю из расчета $0,3$

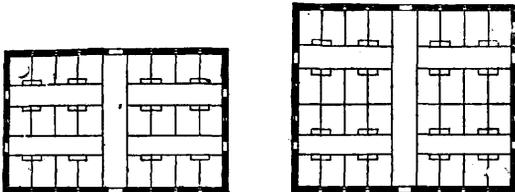
м^2 на лошадь и к л а д о в у ю для суточного корма— $0,15 \text{ м}^2$ на лошадь (фиг. 14). Овес хорошо хранить в особых закромах а, подавая его вниз трубой с автоматич. отмериванием заслонками б и в; с—сеной сброс с вентиляцией д.

Сви́нарни представляют наибольшую трудность при постройке вследствие характерных особенностей животных. С гигиенич. точки зрения приходится считать их с большим загрязнением воздуха и с отсутствием резких колебаний t° в стойлах, т. к. сви́ны склонны к простуде. Сви́ней помещают в закрытых и запираемых дверью стойлах (с т а н к а х, с а н ж а х), устроенных так, чтобы корм им можно было задавать снаружи, не входя в станок. Размеры станков (в m^2): для хряков—3—6, для маток—3—4, поросят при матке—0,2—0,25, холостых маток—2—2,5, откармливаемых—1,5—2, беконовых (6—10 м-цев)—0,9—1,2, подсвинок (2—6 м-цев)—0,4—0,7. Ширина станков 2—2,5 м, причем 0,7 м отходит на дверь. Число животных в станках допускается: племенных, хряков или маток—1, холостых маток 2—6, откармливаемых, беконовых и подсвинок 20—30. Вообще же в одной сви́нарне помещают до 100 голов племенных и до 500 откармливаемых на убой. Станки располагаются в 2 (фиг. 15), 3 и 4 ряда с проходами в 1,5 м, а при механизации—до 1,75 м. Типичны америк. сви́нарни на 16 саней с размером 2,65 x 2,14 м наждо стойла. Пол цементный по пустотелому кирпичу, потолка нет, верхний свет через световые отверстия в крыше (60 x 70 см), и переносные, свисающие стойловые перегородки. Пол (снат в 1 : 50) делают лучше всего из шлакового или теплого бетона или цементный по пусто-



Фиг. 14.

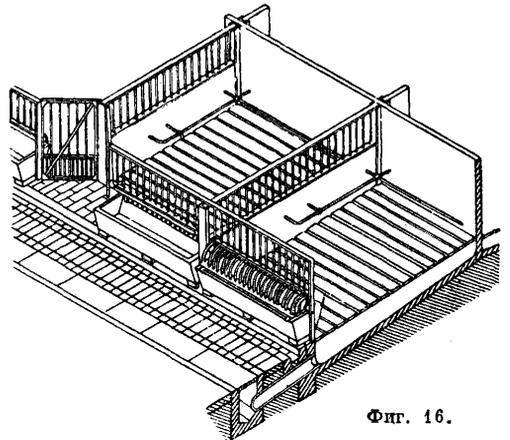
тельм кирпичам. Двери наружные (1,8 x 0,8 м) делают по одной на 10 станков, а станковые шириной в 0,7 м снабжают надежными запорами. На фиг. 16 даны все подробности станков с перегородками высотой в 1—1,5 м. Применяют также в станках лежанки для отдыха животных и загородки-скамейки у стен, предохраняющие поросят от придавливания их маткою к стене (фиг. 16). Тут же видны кормовые корыта с предохранительными щитами для задавания корма. Около сви́нарне делают для мойки животных дворники, или в ы г у л ы, размером в 2—3 раза больше общей площади станков. И з о л я т о р ы на 10—12 % племенных сви́ней и 6—8 % промышленного состава стада устраивают примерно на 200 м от сви́нарни. Кроме постоянных сви́нарне в летнее время применяются д о м и к и (н о т ы), передвигаемые на полозьях и имеющие размер в плане от 1,8 x 1,8 до 2,2 x 3 м, для откармливания сви́ней и маток с поросятами.



Фиг. 15.

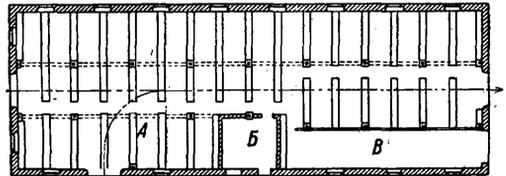
О в ч а р н и имеют простое устройство благодаря неприхотливости животных, боящихся лишь влажного холода. Поэтому в теплом и сухом климате овцы содержатся часто под навесами и даже просто в загонках. Овчарни не имеют стойл, и лишь для нет-рых групповых отделений, напр. для баранов, выгораживают места при помощи переносных загоронок или прямых яслей. При расчете овчарен на каждую овцу отводят в среднем 1,3 m^2 , включая сюда кормушки и проходы, а при 500 головах и более эта цифра уменьшается, иногда до 0,7 и даже 0,6 m^2 . Число овец в одном здании допускается до 1500. Пол в овчарнях делают земляным, часто утрамбовывая его на 20—25 см сверх щебеночного слоя в 30 см (для сухости), или глинобитным. На полу скопляет сухой навоз на толщину 0,75 м и даже 1 м, а потому и высота овчарен до стропильных затяжек достигает размера 1+2,3=3,3 м. В сухих местностях пол несколько углубляют (до 0,75 м), для того чтобы слой навоза приходился почти на уровне земли. Выходы лучше делать в виде ворот с шириной в 1,8—2,4 м. В США также ворота делают подъемными, с уравновешением грузами. Число выходов—по одному на

200 голов. Овны делают в северном фасаде и возможно ближе к потолку во избежание сквозняков, снабжая их жалюзи для лета и ставнями на зиму. Здесь пригодны световые фрезы на высоте не менее 2 м над полом. Для проветривания кроме оных пользуются при отсутствии потолка вытяжными фонарями и слуховыми окнами в крыше. Ясли (фиг. 17 и 18) рассчитывают, полагая 0,4 m^2



Фиг. 16.

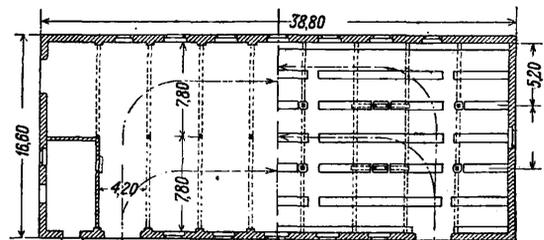
их длины на овцу. На фиг. 17 пунктирной линией обозначен рельсовый путь, А—овчарня с расположенными в ней яслями, В—кормовая камера, В—кладовая для корма. Для тонкорунных овец ясли делают круглыми. При овчарнях устраивают м о й к и с длиной ларей 6—10 м и асептические ванны (фиг. 19—система ванны). По тому же принципу могут устраиваться ванны для коров и сви́ней. Ст р и г а л ь н ю устраивают из расчета 0,2 m^2 на овцу, выстригаемую в день, и с общей площадью не менее 10 m^2 , сортировочную шерсти 0,05—0,06 m^2 на выстригаемую овцу и не менее 7—8 m^2 . И з о л я т о р ы делают на 2—3 отары.



Фиг. 17.

К о з л я т н и к и склонны с овчарнями и имеют размер из расчета 0,75—0,8 m^2 на козу. Особо ценные животные, матки и племенные козлы, содержатся в стойлах размерами 2 x 1—1,5 x 1 м. В одном здании помещается до 500 маток при 10 козлах. Содержатся козлы на чистом полу, т. е. без накопления навоза. При козлятнике устраивают выгулы с размером в 2—3 площади стойлового помещения. И з о л я т о р —из расчета 4 % стада.

К р о л ь ч а т н и к и имеют вид самостоятельных зданий лишь при большом числе животных (500 и более маток), содержащихся в клетках. Размер клеток (по немецким данным) для мелких пород 80 x 80 x 55 см, причем последняя цифра—высота; средних—100 x 80 x 65 см и крупных—120 x 80 x 75 см. В СССР принят размер 100 x 100 x 60 см. Клетки ставят в 2 ряда и в 2, реже в 3, яруса. Пролет между их группами шириной в 1 м достаточен для ухода и кормленки. На каждые 200—300 клеток полагают одни ворота в 2 x 2 м. Пол—асфальтовый, бетонный

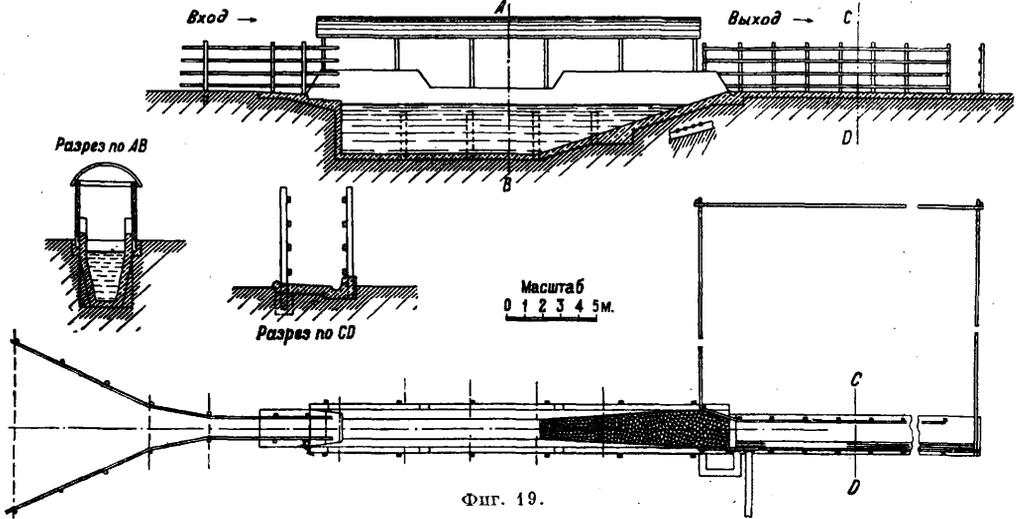


Фиг. 18.

или кирпичный (деревянный или земляной негигиеничны). Овны получают широкий и низкий проем на высоте не менее 1,25 м от пола при коэффициенте освещенности 1 : 10. Хорош также верхний свет через световой фонарь в кры-

ше. Проветривание достаточно форточками при условии отсутствия сквозняков. Около крольчатников д. б. свободное место для выгона кроликов. Выращивание молодняка производится в особых сетчатых переносных л у г о-

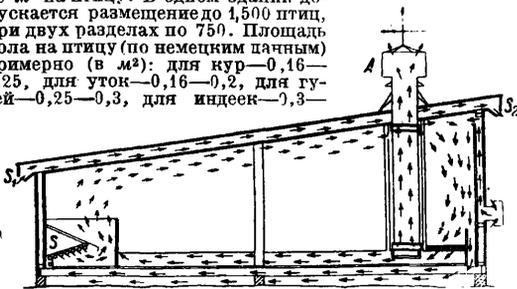
ционной установкой, общий и наилучший принцип которой показан на фиг. 20, где видна нижняя вытяжка через трубу А и подвод выпуском S наружного воздуха. Через выпуск S воздух идет без подогрева, а циркуляция внутрен-



Фиг. 19.

вых клетках и садках размером ок. 2,3 × 1,4 × 0,5 м (высота), вмещающих 20—30 крольчат.

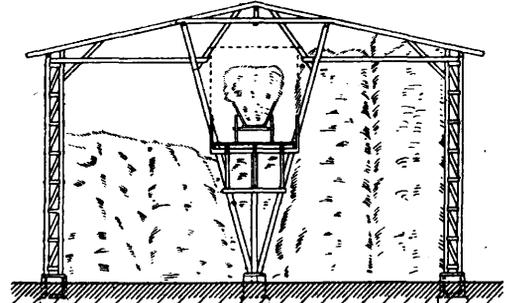
Птичники строят в местности по возможности с песчаной почвой, причем около птичника д. б. зеленое свободное место, служащее пастбищем, размером не менее 10 м² на птицу. В одном здании допускается размещение до 1,500 птиц, при двух разделах по 750. Площадь пола на птицу (по немецким данным) примерно (в м²): для кур—0,16—0,25, для уток—0,16—0,2, для гусей—0,25—0,3, для индеек—0,3—



Фиг. 20.

0,35. Американская практика берет цифры вдвое больше. Их придерживаются и у нас. Высота помещения неотапливаемого птичника не должна превосходить 2,3 м до тепловой подшивки стропил, так как особый потолок обычно отсутствует. В северном климате впрочем он всегда желателен, т. к. просто и хорошо утепляется насыпкой на него к зиме соломы, мха или сухих листьев. Полы птичников земляные, плотно утрамбованные, глинобитные или землелитные (15 см), с примесью мелкого шлака или окалины. Хорош пол асфальтовый по слою бетона в 8 см или из теплого бетона. Деревянный пол иногда применяют, но его труднее поддерживать в чистоте, и в щелях его легче задерживаются паразиты. От паразитов полезна возобновляемая побелка стен и потолка известью с примесью буры (двуборнокислого натрия). Полы, легко поддающиеся разрушению крысами, д. б. защищаемы от подкапывания прокладкой слоя из боя кирпича, бетона или глины с битым стеклом, а иногда и железной сетки с глиняной забивкой. В больших птичниках пол защищают

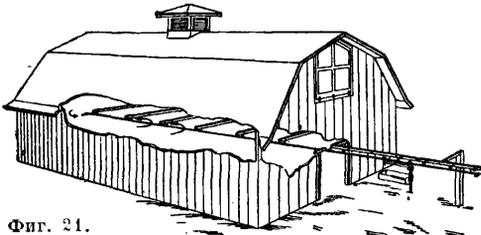
него воздуха в помещении и в подпольи и пропускание наружного воздуха через двойной потолок S₁S₂ в жаркое время показаны стрелками. Подобная схема вентиляции осуществляется в птичниках в США. Проветривание (кроме показанной на фиг. 20 схемы) может производиться еще вставкой в фасадные окна рам, затянутых бумажной материей (муслином и пр.), что в настоящее время весьма употребительно. Размер муслиновых отверстий берется в 1/20 площади пола (а иногда в 1/2 площади окон). Окна делают часто в новейших птичниках ввиду у пола, защищая сетками от разбивания. Дверки для выхода птиц делают размером 50 × 35 см для мелких пород и до 70 × 70 см для крупных. Насесты выполняют в виде ряда планок на ребро размером 5 × 10 см, размещаемых на расстояниях 30—40 см, полагая 0,2—0,3 п. м длины насеста на 1 голову. Высота насестов над полом ок. 1 м. Первый ярус насестов ставится на высоте 0,6 м над полом и снабжается гнездами для входа. Размер гнезд для кур 30 × 35—30 × 45 × 45 см. Здания для размещения инкубаторов (см.) строятся по типу жилых построек. Для воспитания инкубаторных цыплят в США применяют длинные постройки (брудер-гаузы) с невысокими навесками, заменяющими собою насесты, и обогреваемые водяным отоплением. В небольших хозяйствах применяют для этой же цели домики с грибообразной и с к у с с т в е н н о й



Фиг. 22.

и а с е д к о й (брудер), поставленной в середине и обогреваемой каким-либо источником тепла. Вместимость такого домика размером 2,5 × 3 м—до 200 цыплят. Помещения для индеек отличаются от курятников размерами, а для водной птицы—отсутствием насестов и необходимостью близости воды, лучше всего в виде прудов, во избежание ушлывания птицы. Птичники снабжаются выгонами для птиц с размерами приблизительно в 10—20 м² на курицу и 8—10 м² на утку.

Механизация помещений для животных состоит главным образом в применении средств перемещения корма и навоза по рельсовым или воздушным путям, а затем в устройстве различных служебных аппаратов: доилок, аппаратов для заготовки корма (корне- и соломорезок, запарок и пр.) и электрич. вентиляторов. Корм и навоз перемещают в тележках и вагонетках по рельсам или подвесными к о ш о л к а м и, причем вместимость



Фиг. 21.

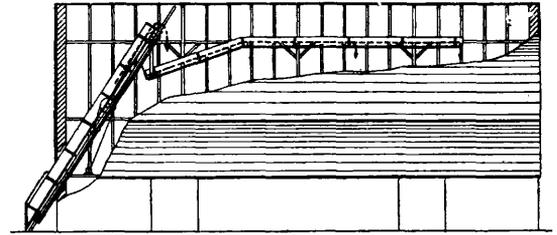
т. о. на расстоянии в 2 м от стен, а снаружи делают тоже на 2 м непроницаемую бетонную или кирпичную отсыпку. Если требуется отапливать большой птичник, то отопление д. б. водяным и легко связываться с вентиля-

всех их колеблется для норма в пределах 0,5—0,7 м³, а для навоза—0,25—0,3 м³. Пути перемещения корма и навоза д. б. по возможности удалены друг от друга во избежание загрязнения корма, коротки и просты—с наименьшим числом стрелок (фиг. 21, 22). Тележки, вагонетки и кошки для корма необходимо дезинфицировать горячим паром во избежание запаха дезинфицирующих средств. Аппараты для дойки и заготовки кормов весьма разнообразны и всецело относятся к области специального машиностроения. См. *Дойка механическая, Запарник, Кормилки, Кормерезки, Моечные машины, Поилки*.

Кормовые помещения и базы для заготовки корма в самом помещении, где размещены стойла, возможны лишь при числе голов рогатого скота и свиней не свыше 200 и овец не свыше 1 000. В больших хозяйствах заготовка кормов выносятся в особый кормовой пункт, к-рый вместе с относящимися к нему хранилищами кормов образует кормовую базу. Кормовое отделение, помещающееся в связи со стойлами, кроме свинарен, где это недопустимо, получает размер 0,5—0,8 м² на голову, и лишь при силосованном корме и *силосных башнях* (см.) оно вообще невелико (0,2—0,3 м² на голову). Но при числе голов свыше 400 и силосные башни уже соединяются в одну общую группу, в связи с к-рой делается и более обширная заготовочная. Размер всякого рода кормовых помещений следует рассчитывать по суточной даче кормов, а склады—по крайней мере на полугодовой их запас. Кроме того при каждом кормовом отделении д. б. сохранено место для запаса корма на 2—3 дня. Для кормовых помещений при стойлах принимают размер площади 0,5—0,6 м² на 1 голову рогатого скота и 0,1—0,2 м² для одной овцы. Размеры суточных дач корма служат основанием для выбора и размещения нужных заготовочных аппаратов в больших кормовых пунктах, а также и для вычисления затрат работы на подготовку корма. С общей же производительностью этой работы согласуется и механич. транспорт как еще не подготовленных материалов непосредственно со складов, так и готового корма—в стойла. При кормовых помещениях, устраиваемых в непосредственной связи со стойлами (кроме свинарен), удобно помещать хранилища кормовых трав (сеновалы) над заготовочными отделениями, подавая кормовой материал сверху. Точно так же хранилища для корнеплодов располагают в подвалах под заготовочными: для подачи корнеплодов из подвалов в заготовочную устанавливают подъемники. В обширных, отдельно устраиваемых кормовых базах между сгруппированными аппаратами, на которых ведут подготовку кормов (мойками, режками и пр.), и кормовым транспортом располагаются *сборные резервуары и бункеры*. Для заготовочных пунктов необходим тщательный расчет распределения и кооперации всех аппаратов и средств транспорта во избежание неправильности или нарушения действия всей механизированной кормовой системы. Дезинфекция паром всего того, что соприснается с кормом, особенно необходима, и к ней надо относиться внимательно. Вблизи кормового пункта необходимо устраивать склад запасного инвентаря с отдельным помещением для его текущего ремонта. Всякого рода транспорт д. б. краток, прост, без лишних переводных стрелок, скрещений и поворотов, сильно затрудняющих движение, а также с минимальным числом холостых пробегов. Учет и осуществление всего этого требуют внимательного и опытного проектирования.

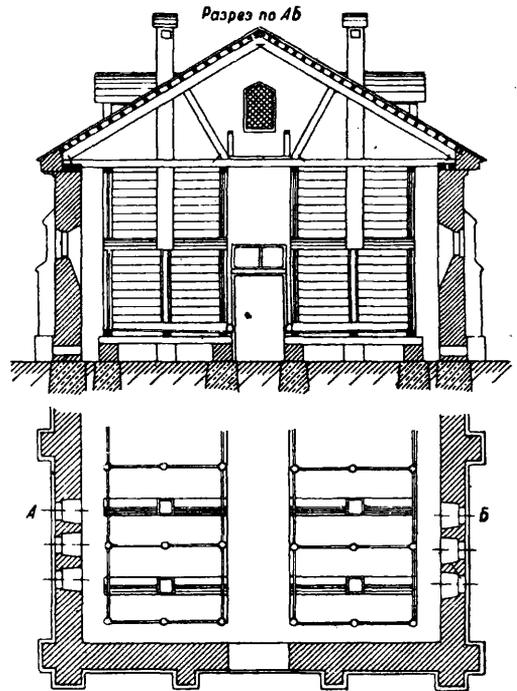
При выяснении плана и размеров заготовочных пунктов д. б. и крайне важно заранее твердо установить систему и размеры требуемых аппаратов и их взаимное размещение, т. к. ошибки в этом отношении трудно в дальнейшем поправить. В заготовочных д. б. очаг для сгорания воды, а сверху—водяной бак на 500—600 л, кроме высокого резервуара общего пользования, рассчитываемого на полтора полного стойлового расхода, но не свыше 1 000 м³ объема для одного резервуара. Высота таких резервуаров 15 м, и они д. б. снабжены насосами с расходом на расход до 200 л в мин. на случай пожара. Пол в заготовочных делают водонепроницаемым (бетон, асфальт) для того, чтобы его можно было обильно промывать. Сено и солома хранятся всего проще в стогах или скирдах, складываемых на расстоянии друг от друга не менее 4 м для свободного проезда между ними возов, для хорошего обвевания их ветром, для облегчения ликвидации начинающегося пожара и пр. Место постановки стогов, или гумно, располагается на 40—50 м от ближайших строений и обводится двумя канавами с разделяющим их валиком. Канавы служат для стока воды с гумна и для его внешней защиты. Иногда на скирдовом гумне производят молотобу, и тогда там делают *молотильный тон* в виде глинобитных площадок шириною не менее 6 м и длиною 12—13 м. Хранение трав на гумнах неудобно, т. к. трудно разобрать продукт из стогов и скирд по частям, не нарушая прочности этих кладей. Поэтому обычно сено и солому запасают под навесами или в сараях. Как в кладях, так и под навесами и в сараях можно считать, что 1 м³ объема соответствует 80 кг сена. Для постойки конструкций и для удобства складочной и разборочной работы надо, чтобы ширина навесов не превосходила 10 м, а сараев—15—20 м. Длина навесов и сараев обычно вдвое более их ширины, а высота до стропильных затяжек в самых больших устройствах не более 12 м и обычно 3—10 м. Размеры таких хранилищ исчисляются, полагаем

количество сена в 30 м³ на голову рогатого скота и лошадей при полном сеном рационе, а если сено идет лишь как добавка, то всего в 10 м³ на голову. Кормовые травы и подстилку для овец запасают в количестве 2,5—3 м³ на голову, считая лишь стойловое время; солому на подстилку берут в количестве 10—15 м³ на голову крупного рогатого скота и лошадей. Полный объем каждого хранилища не превышает 2 000 м³ при навесах и до 16 000 м³ (обычно 5 000—10 000)—в сараях, особенно с верхним въездом (сист. Мюллера). Конструкция навесов и сараев д. б. легкой,



Фиг. 23.

хорошо пронизываемой для воздуха и легкой. Главное—устройство крыши, к-рая, как и вообще во всякого рода хранилищах, д. б. особенно непроницаема для дождя. Значительную экономию в этом отношении, соединенную с удобством, представляют собою сараи, поставленные сверх стойлового здания,—сеновалы. Таковы обширные америк. сеновалы (фиг. 1); в СССР, как и вообще всякие сеновалы, не применяются из-за пожарной опасности, хотя они очень удобны для подачи сена вниз. Иногда сараями сист. Мюллера пользуются как молотильными с верхней подачей снопов в молотилки. Обшивая досками стенки таких навесов, получают специально *молотильные сараи*, в к-рых д. б. сохранено место для молотбы (тон) шириною в 6 м при складочных местах шириною 7—9 м вдоль токов. На каждую молотилку отводят место 80—100 м², причем сюда должен легко и удобно подходить привод от двигателя. Пол в сарае делается глинобитным, асфальтовым или из толстых 7-см досок. Сено и солома подаются в большом количестве механически, схватываясь

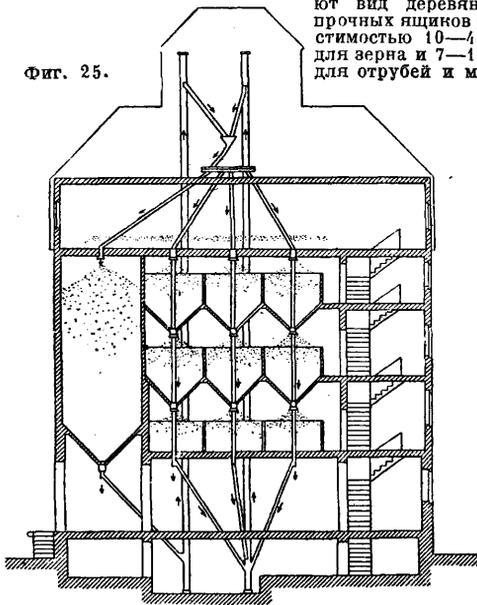


Фиг. 24

и перемещаясь *грейверами* (см.), родом больших острых щипцов с раскрытием в 1,5—2 м, или *слингами*, большими захватами из веревок или цепочек длиною (раскрытием) в 1—2 м. Кроме того применяются самосапки (фиг. 23) и пневматические вдуватели, подающие сено через широкие трубы при помощи центробежных вентиляторов. А м б а р ы служат для сохранения зерна, отрубей и муки. Это—сухие и темные, хорошо про-

ветриваемые здания, достаточно защищенные от нападения мышей. Размер амбарных запасов вычисляют, исходя из условий кормления животных, а потому он значительно варьируется для различных случаев. Задачи (рациона) корма должны устанавливаться специалистами, причем считают, что стойловая кормежка продолжается от 200 дней в году. Амбары при нормальных условиях достаточны на 50% годовой потребности в зерновом корме. Муку и отруби запасают вообще не в слишком больших количествах, и для них достаточно отвести в амбарах место в 1—2% общей вместимости. Если амбар предназначен для сохранения зерна вообще независимо от кормовых животных, то полезный объем его, т. е. полная вместимость закромов, рассчитывается на 50—75% урожая. Пол или этажи амбара-зернохранилища должны рассчитываться на груз 900—1 000 кг/м², причем ок. 30% плана уходит на променутки, проходы и проезды. Закрытые имеют вид деревянных прочных ящиков вместимостью 10—40 м³ для зерна и 7—15 м³ для отрубей и муки.

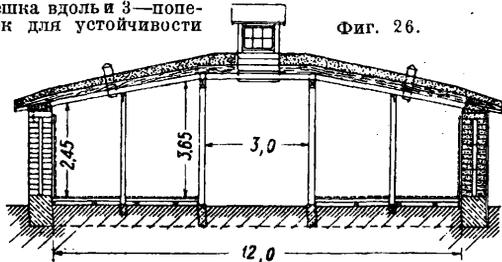
Фиг. 25.



Закрома чаще располагают в два ряда (фиг. 24) со средним проходом в 1,5 м. Нагрузку их производят сверху, куда в с.-х. амбарах всего проще подавать мешки самодатской. Для удобства выгребания дно закрома получает уклон по направлению и выгребу не менее 20°. Выгребы закрывают заслонками, имея впереди сыпные шахты. При запасах зерна свыше 100 т удобны шахты в амбарах с размерами шахт в 8—10 м. Зерно здесь насыпают сверху, а берут снизу через воронкообразное дно, вследствие чего вся масса его движется вниз, пересыхает; зерно может также при помощи особых приспособлений подаваться вновь сверху для проветривания. На фиг. 25 дано большое зернохранилище, совмещающее в себе все виды способов хранения: большой шахтный закром, ряд малых с воронками, простые закрома (внизу), хранение зерна россыпью (вороком)—сверху, и наконец мешочный склад в подвале. Тут же видно распределение зерна развозными трубами. Вверх зерно подается порциями и ковшами. Амбары от мышей и крыс лучше всего защищаются устройством гладкого потолка, снабжаемого на высоте примерно 45 см или выступом или железным козырьком, выступающим горизонтально на 12 см. Деревянные амбары ставятся вместо сплошного фундамента на столбах высотой в 50 см, размещенных рядами по всей поверхности плана и получающих такую же защиту от мышей и крыс. Но, чтобы эта защита была действительна, всякого рода щели и дверям амбара д. б. съемными, а у стен его не должно стоять никаких прислоняющихся к нему предметов. Постановка на столбах дает амбару проветривание еще и снизу. В америк. хозяйствах применяются зернохранилища круглой, цилиндрич. формы со стенками, пронизанными для воздуха и для этого выполняемыми или из специального пустотелого, сквозного цементного кирпича на железном каркасе или же прямо из штампованных железных листов с соответственно продетанными отверстиями. В центре такого хранилища идет вертикальная труба $\varnothing 1,5—2,5$ м, оканчивающаяся сверху вытяжной головкой, т. е. внешний воздух, проходя через вентиляционную стенку хранилища и вытягиваясь вентиляционным конком внутренней трубы, пронизывает и освещает зерно. Такие хранилища получают внешний $\varnothing 6—8$ м при такой же высоте и вмещают 100—250 т зерна. В суровых климатах такие хранилища неприменимы. Преимуществом зернохранилищ из железных листов является то, что их можно увеличивать (наращивать), пользуясь теми же фундаментами и крышей.

Хранилища для корнеплодов наиболее трудны для выполнения и требуют постоянного наблюдения за их внутренней температурой (3—5° зимой) и степенью влажности воздуха (60—80% по психрометру). Все это сильно зависит от вентиляции, за ней надо постоянно следить. Для наиболее простого достижения постоянства температуры и влажности хранилища часто делают в виде подвалов и полуподвалов, снабжаемых насыпной земляной крышей. Железо и черепица неприменимы по своей теплопроводности. Стены надземных хранилищ делают теплыми, и потому здесь наиболее пригодны такие материалы, как землест или пустотелые конструкции. Наиболее удачно корнеплоды сохраняются в хранилищах, не превышающих вместимостью 200 т, причем нужный объем определяется или нормовыми нормами или урожаем (15—25 м³ на га). В 1 м³ в зависимости от размера и формы корнеплодов помещается их 600—800 кг. Сохраняют их в закромах, сходных с зерновыми и точно так же располагаемых около среднего прохода шириною в 1,8 м, где идет тот или иной транспорт. Лишь для проезда простых телег ширина прохода повышается до 2,5 м. В виду того что при выгребании лопатами корнеплоды легко повреждаются, дно закромов д. б. наклонено круче, именно до $\sim 30^\circ$, чтобы продукт легче скатывался. Высота засыпки здесь не может превышать 2 м во избежание раздавливания, обыкновенно же она берется в 1,5 м. Объем закромов для удобства перемещений продукта не должен превосходить 15 м³ и падает часто даже до 8 м³. Вентиляция здесь играет очень важную роль и выполняется вытяжными трубами, а чистый воздух, предварительно подогретый во время прохождения по внутренним каналам, подводится или снизу через решетчатый пол, сделанный из досок вразбегну, или трехуровневыми каналами, сходными с зерновыми, но могущими быть сплошь решетчатыми, или такими же решетчатыми колунами, устанавливаемыми среди закрома и ведущими чистый воздух из подполья. В местностях с суровым климатом чистый воздух в хранилищах проводится вдоль теплового борона, подогреваемого в сильные морозы. Обычно вытяжка идет снизу вверх, но м. б. и обратной (опрокинутой), т. е. идет из подполья при подаче чистого воздуха сверху. Но это более затруднительно и требует более сильной вытяжки. Вытяжные трубы получают размер не менее 30 см на 1 м³ вместимости хранилища и снабжаются побуждающими тягу флюгарками и заслонками, к-рыми надо уметь управлять для достижения хороших результатов, при постоянном наблюдении за термометром и психрометром. Наилучшая вытяжка электрич. вентиляторами. На фиг. 26 дан поперечный разрез картофелехранилища со стенами из земляного кирпича (13 x 30 x 45 см) с воздушной прослойкой (10 см) и крышей из 5 x 20-см досок на ребро, на взаимном расстоянии в 45 см. Сверху дощатой опалубки уложен слой соломы (25 см), и затем сделана земляная засыпка (30 см). Пол деревянный, съемный, решетчатый по гравию. Стены обшиты вразбегну. Вентиляционные трубы с поперечником в 20 см поставлены в два ряда, через 3—3,5 м по длине хранилища. При указанных размерах его, на 1 л. м его длины помещается 250 мешков картофеля, при проезде в середине в 3 м. Если картофель хранят в мешках, то мешки кладут в 8—10 рядов по высоте: 3 мешка вдоль и 3—поперек для устойчивости

Фиг. 26.



груд. Для такого хранилища берут план 0,15—0,16 м² на 100 кг картофеля. В США картофель хранят в корзинах, ставимых рядами до высоты в 1,5—2 м. Такое хранилище обогривается печами, а вентилируется щелевыми отверстиями под крышей. Овощи вследствие их сравнительно нежности нельзя успешно сохранять большими массами, только лук (в луковницах) это допускается, причем при сохранении его в корзинах (США), устанавливаемых в 8 рядов по высоте, требует 15 м хранилища на 1 вагон груза. Высота лукохранилища 3 м над полом, выполняемым в виде слоя плана толщиной в 25 см.

Навозохранилища располагают в настоящее время, при употреблении коротких стоек сотовых канавками и при развозе воздушного транспорта навоза, на расстояниях ~ 50 м от стойл, и лишь нижеприменники оставляются вблизи. В США навоз прямо удаляют на места удобрений, а остающееся небольшое количество жижки — на место удобрительных поливов. При правильном удобрительном режиме удается обходиться без дозирования хранимого навоза жижкой, что очень удобно для северных стран, где этому мешает мороз. Из нижеприменников жижка вымывается насосами и идет для поливания полей. Удаление навозохранилищ от стойл гигиенично. Размер площади навозохранилища зависит от количества

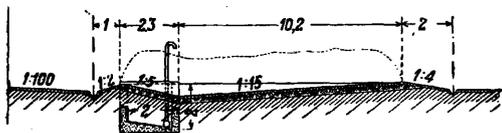
получаемого для складывания навоза и от числа вывозов его на поля в год (2—3). Количество навоза м. б. принимаемо в следующих цифрах на голову в год (м³):

Корова	18	Свиньи откармливаемые	4
Бык рабочий	20	» простые	2
» мясной	32	Овцы	1,5
Молодняк	17		

Если часть времени животные проводят на пастбищах, то эти цифры сокращаются на ~50%. Толщина слоя навоза в хранилище допускается до 1,5—1,8 м. Число вывозов на поля в год связывается со всеми остальными данными след. ф-лой, дающей площадь F навозохранилища в м²:

$$F = \frac{V}{h \cdot n},$$

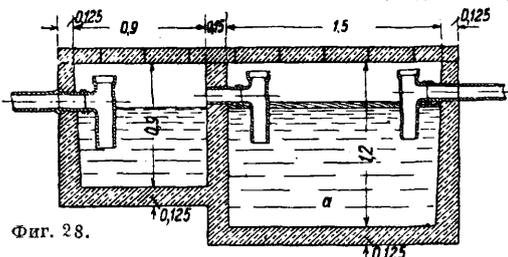
где V —полный суммарный объем навоза, получаемый от всех животных в год, h —толщина слоя навоза (1,5—1,8 м), n —число вывозов в год. При большом числе крупного рогатого скота (200 голов и более) получающуюся величину площади можно уменьшать на ~15%. Удобство перемещений и укладки навоза требует, чтобы площадь одного хранилища не превосходила 1 000 м². План его прямоугольный с шириною в 8—12 м, смотря по его величине, а профиль имеет вид широкой ямы с глубиной 0,5—0,7 м, окруженной валом из вынута земли и водосборной защитной канавой—н ю в с т о м (фиг. 27). Если над хранилищем делается навес, то оно окружается невысокой (0,5 м) кирпичной стеной, служащей доколом для столбов навеса. Дно—со снатами в 1:10—1:15 в середине и покрывается мостовой по слою битой глины в 15 см. Мостовку лучше всего делать из золотого пополам булыжника, плоской стороной вверх. При устройстве навесов ширина хранилища (пролет) не должна превосходить 10 м во избежа-



Фиг. 27.

ние сложных стропил, т. к. постройка столбов внутри хранилища крайне нежелательна. В настоящее время применяют своего рода силосование навоза в непроницаемых высоких (3—4 м) и обширных ящиках (способ Крапца), прикрытых навесом. Навоз подвергается здесь самопресованию и особому физико-химич. процессу для улучшения его удобрительных свойств. Навозохранилище получает компактную форму при объеме 8—12 м³ на голову крупного рогатого скота при двукратном опорожнении в год. Для других животных можно полагать на 1 корову 2 телят, 2 лошади и 3—5 свиней.

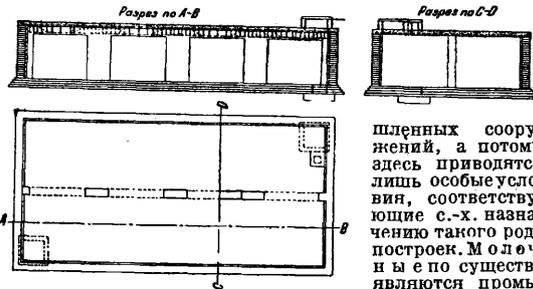
Ж и ж е с о б и р а т е л и получают объем согласно числу выкачиваний жижи в год (не реже 4). Количество жижи, поступающей из стоил и доходившей до собирателя, довольно неопределенно, а потому просто принимают объем его при четырехкратном опорожнении в 0,6—0,75 м³ на голову рогатого скота (1 гол. рог. ск. = 2 телятам = 2 лошадам = 3—5 свиньям). Иногда исходят из цифры в среднем 2,25 м³ жижи на голову рогатого скота в год. Главнейший состав жижи—моча, сильно портящаяся от соприкосновения с воздухом, а потому поверхность жидкости в собирателе не должна превосходить 8—10 м². Глубина берется 1,5—2 м. Сообразно этим цифрам объемы жижесобирателей могут достигать очень больших размеров (до 150 м³), что приводит к их солидной конструкции с остойниками, сливами и вентиляцией. Для защиты поверхности жидкости от воздуха в небольших собирателях кладут на ее поверхность доски, а в больших—наливают тонкий слой масла. Принцип устройства жижесобирателя показан на фиг. 28, где видны остойник а и плавающий доска. Верх-



Фиг. 28.

ние отростки труб дают возможность вентилировать пространство над жидкостью через сточные трубы, снабжаемые сверху вытяжной. На фиг. 29 дан ж и ж е с о б и р а т е л ь из кирпича емкостью до 50 м³. Для сокращения размера жижесобирателя применяют способ сохранения жижи в обширных стойловых канавах, прикрытых сверху плавающими досками (принцип Ормана). Проходя при этом через остойник, в конце канавы жижа попадает в собиратель через сифон. Наружные, вне стоил, канализа-

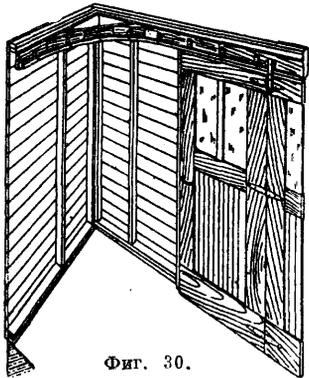
ционные трубы укладывают по общим приемам с принятием всех мер для очистки прохода, для его разобщения с внутренним воздухом стоил и для его вентилирования. Служебные здания строят по общим приемам архитектуры и сообразно технич. требованиям относительно промыш-



Фиг. 29.

сленных сооружений, а потому здесь приводятся лишь особые условия, соответствующие с.-х. назначению такого рода построек. Молочные же по существу являются промышленными зданиями, т. к. при всяких размерах вся суть заключается в их механич. оборудовании. Условия рационального устройства молочных: 1) чистота воздуха от запахов и пыли; 2) ровная, хотя и неодинаковая в различных отделениях т⁰; 3) хорошие водоснабжение и канализация; 4) достаточное освещение (1:10) и 5) возможность легко поддерживать чистоту всех устройств промышленным. Для чистоты воздуха строят молочные вдали от всякого рода очагов его загрязнения, а надлежащая вентиляция поддерживает эту чистоту внутри здания. Ровная т⁰ требует хорошей тепловой изоляции как от холода в рабочих помещениях, так и от тепла—в льдохранилищах и в холодильных камерах. Исходной цифрой для выяснения величины молочных устройств служат число молочных коров, с условной величиной суточного выхода молока в 10 л от каждой. Размер различных отделений молочных зависит от величины и разменения нужных для каждого отделения аппаратов и механич. устройств. Отделения эти: 1) приемное с охлаждающими чанами; 2) сливочное с размером 3—4,5 м³ на каждые 100 кг суточного выхода молока, смотря по размерам сепараторов, и с т⁰ не выше 15°; 3) льдохранилище с размером, достаточным для помещения ~0,4 м³ льда на каждые 100 кг молока. При больших устройствах вместо этого приходится прибегать к искусственному холоду. Те отделения, где требуется ровная и низкая т⁰, охлаждаются соприкосновением с льдохранилищем и, наоборот, где требуется ровная, но по временам сравнительно высокая т⁰, весьма пригодны напр. периодически действующие паро-воздушные аппараты Юнкерса; 4) с у д о м о й я з о ч а г а м и для горячей воды и для вываривания посуды, снабженная галереями для ее сушки и проветривания. Для устранения пыли через вентиляционный воздух должен подвешиваться через пылефильтры (см. Вентиляция), также очень полезно наполнение помещений паром при соответствующем устройстве. Вытяжка трубами или, лучше, электич. вентиляторами, снабжается заслонками и д. б. особенно энергичной в промежуточных между рабочими помещениями и теми, где имеются какие-либо очаги, напр. судомойными. При небольшом числе молочных коров (не выше 10) можно полагать для молочного погреба (ледника) и холодильной камеры 0,7—0,75 м³ на голову. М а с л о д е л ь н и получают особенно развитие при работе с «принудимым» молоком. Здесь д. б.: 1) приемная в 1 м³ на 100 кг суточной выработки масла; 2) маслобойня—1,5—3 м³; 3) масло-обработочная—1—1,2 м³; 4) ледник—0,02—0,03 м³ льда на 100 кг суточной выработки; 5) маслоохранилища—0,6—3 м³ на 100 кг масла, хранящего в боченках по 50 кг при т⁰ в 4° и при количестве сохраняемого продукта 500—5 000 кг (меньшие цифры объема—для большого хранимого количества). С ы р о д е л ь н и имеют: 1) сыроварню, размер к-рой в 30 м³ достаточен для переработки молока от 100 коров, доставляющих молоко специально для сыроделия; 2) помещение для скислителя и сырного пресса в 50—60 м³ и 3) сырохранилища для выдерживания сыров, к-рое можно брать с размером 0,2—0,3 м² на 1 молочную корову. При числе голов, большем 100, эти цифры увеличиваются ~в 1 1/2 раза. В сырохранилище должна поддерживаться постоянная т⁰ в 10° и влажность в 80—85% по психрометру. Механизация молочных помещений состоит из приводов и транспортирующих приспособлений, напр. бидоны могут передаваться по воздушным наружным путям на подвесных платформах по 3—5 на каждой, а внутри,—двигаясь автоматически по наклонным роликовым путям (р о л ь б а н а м). Широко применяются также внутренние перемещения молока самотеком по трубам. И н в е н т а р ь н е с а р а и навесы получают размеры в зависимости от размеров и расположения сохраняющихся в них с.-х. машин, к-рые должны браться точно по каталогам соответствующих фирм. Ставятся они на взаимном расстоянии не менее 40 см, причем в виду увеличения инвентаря надо добавлять излишек площади плана в 15—20%. Для самых общих соображений можно ориентировочно принимать, что на 1 га обрабатываемой

площади достаточно 1—2 м² площади плана сарая. Высота его берется в 2,5 м до стропильных затяжек для простого инвентаря и в 4—5 м² для сложных машин (молотилок, комбайнов и пр.). Размещение инвентаря разнообразно и делается в зависимости от соображений удобства пользования им для работ и его мелкого ремонта. Запасные части д. б. хранятся в особых сухих кладовых, допускающих строгий учет. То же относится и к мелкому инвентарю (косы, грабли и пр.). В общем площадь плана сарая не должна превышать 1 000 м² при ширине ок. 10 м. Для перемещений крупного инвентаря удобны сквозные ворота в длинных фасадах шириною в 3,5 м при высоте в 2—4 м для молотилок и до 6,5 м для комбайнов. Воротные полотна делают складными, створчатыми, с шириною створов в 0,6—0,7 м. Полы сараев лучше всего делать двойными, деревянными с перекрестным настилом по слою глины в 25 см и лежнями. Верхний слой из 5—7-см досок настилается по ходу движения машин и удобно сменяется при изнашивании. Пол д. б. приподнят на 10—15 м над землей, а ворота снабжаются невысокими мощными пандусами. Для тракторов сараи получают размеры соответственно размеру машин, к-рые при зимней уборке можно ставить в интервалами в 0,5 м. Если предполагается возможным их ремонт на месте, то это расстояние увеличивается вдвое.



Фиг. 30.

Пол в сарае для тракторов — торцовый по слою песка в 25—30 см, причем следует ставить тракторы поперек сарая, снабжая его сквозными проездными воротами. При башмаках допустим пол асфальтовый в 5 см. Ввод и вывод машин д. б. холловыми. *Гаражи (см.)* в с.-х. практике строят для автомашин. Следует упомянуть о раздвижных воротах (фиг. 30), дающих удобное открывание, без порчи громоздких воротных полотен. Воротные полотна отодвигаются при этом в сторону по подвижному круглому рельсу. В США применяются еще по д е м н ы е гаражные ворота, складывающиеся гармоникой, очень удобные при небольших размерах помещения.

Контора хозяйств представляет собой обычное жилое здание, известным образом приспособленное к своему специальному назначению. Размеры помещения для бухгалтерии определяются тем требованием, чтобы на каждый стол приходилось не менее 3 м² площади и ок. 0,6 м² для шкафов, включая проходы. В случае надобности контора разгораживается легкими сквозными перегородками высотой в 2—2,5 м. При конторе д. б. помещение для: приемной, табельной, рабочего комитета и партийного руководства; все эти помещения не менее 15—20 м² площади каждое. Иногда при числе людей, занятых в конторе, не менее 10 берут просто 5—6 м² полезной площади конторских помещений на каждого, добавляя ок. 30% на площадь служебную. Высота комнат 3—3,5 м; степень освещенности в главных помещениях 1:6. Число лиц административного и технич. персонала, занятию в конторе, ориентировочно можно считать в скотоводственных хозяйствах в 30—60 человек на 1 000 голов.

Лит.: Альбом проектов построек в колхозах, Харьков, 1926; Белов А. М., Коллективный скотный двор, М., 1930; Правила и нормы проектирования для животноводческих хозяйств, М., 1930; Иванов М., Сельскохозяйственное птицеводство, Л., 1930; Катаньян А. А., Строительное искусство, Горки, 1930; Единые нормы строительного проектирования, Серия VII, Сельскохозяйственные сооружения, М., 1930; Устройство масло- и льдохранилищ при маслодельных заводах, М., 1928; Мачинский В. А., Архитектура специальных зданий, М.—Л., 1927; Прейс П., Постройки сельскохозяйственного значения, М.—Л., 1927; Проект норм для проектирования и возведения жилых и хозяйственных построек в совхозах и заводах Сахаротреста, М., 1928; Страхов П., Сельскохозяйственная архитектура, М., 1930; Уснова О., Кролиководство и его продукция, М., 1930; Дунин М., Новые способы хранения навоза, Москва, 1930; Cleghorn E. W. S. H., Farm Buildings a. Building Construction in South Africa, L., 1925; Ekblau, Farm Structures, N. Y., 1925; Foster W. A., Farm Buildings, N. Y., 1922; Hopkins A., Modern Farm Buildings, N. Y., 1920; Engel-Noack's Handbuch des landwirtschaftlichen Bauwesens, 11 Aufl., B., 1923; Fischer P. u. Jobst G., Ländliches Bauwesen, B., 1928; Hermann F., Der Viehstall, B., 1927; Kallmeyer J., Landwirtschaftliche Gebäudedekunde, Halle, 1928; Koch H., Garagen, B., 1925; U. S. Department of Agriculture, Farmerse Bulletins; Rural Engineering; «Agricultural Engineering», St. Joseph, Mo.; «American Builders», Chicago; «Illustrierte landwirtschaftliche Zeitung», B.; «Deutsche Bauzeitung», B.; «Bauwelt», Berlin.

П. Страхов.

СЕЛЬФАКТОР, см. Мюль-машина. СЕМЕЙСТВО КРИВЫХ И ПОВЕРХНОСТЕЙ.

Одно уравнение, связывающее текущие координаты, определяет на плоскости кривую, в пространстве—поверхность. Если уравнение кривой (поверхности) $\varphi = 0$ заключает кроме текущих координат еще независимый переменный параметр c , то при непрерывном изменении этого параметра кривая (поверхность) будет, вообще говоря, непрерывно изменяться по виду и положению. Полученная этим путем система кривых (поверхностей) и называется семейством кривых (поверхностей), зависящих от одного параметра. Каждому значению последнего соответствует определенная кривая (поверхность) семейства. Два бесконечно близких значения параметра c и $c + \Delta c$ определяют две бесконечно близкие кривые (поверхности) семейства. Пересечение их может, при убытии c до нуля, стремиться к некому предельному положению (характеристич. или предельная точка для кривой и характеристич. линия или характеристика—для поверхности). Для данного семейства совокупность этих предельных положений может образовать кривую (поверхность), называемую огибающей, или огибающей кривой, этого семейства кривых (поверхностей), к-рые по отношению к ней называются огибаемыми. Огибающая касается каждой из огибаемых в общих с нею точках. В тех случаях, когда семейство имеет огибающую, уравнение ее получается исключением параметра c из уравн.: $\varphi = 0$ и $\frac{\partial \varphi}{\partial c} = 0$. Примерами огибающих

кривых могут служить *эволюта* (см.), параллельные кривые и др. Они находят себе применение в различных областях естествознания и техники. Оптика например изучает т. н. каустики, или огибающие лучей плоского пучка, отраженных или преломленных на некой кривой (фиг. 1); вдоль каустик имеет место сгущение световых лучей, вследствие чего их удается иногда наблюдать в виде светящихся линий. В военном деле важно уметь находить огибающую семейства траекторий снарядов.

Пример. Если снаряд выпускается из точки O с начальной скоростью v_0 под углом α к горизонту, то траекторией его (если пренебречь сопротивлением воздуха) будет, как известно, *парабола* (см.), уравнение которой

$$y = x \operatorname{tg} \alpha - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}.$$

Меняя угол α , но оставаясь в той же вертикальной плоскости и сохраняя начальную скорость v_0 , получаем семейство парабол, зависящих от одного параметра, угла α . Найдем огибающую семейства; уравнение последнего

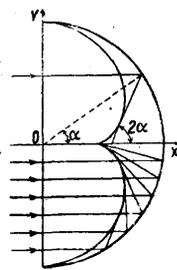
$$x \operatorname{tg} \alpha - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} - y = 0,$$

или

$$x \operatorname{tg} \alpha - \frac{gx^2}{2v_0^2} (1 + \operatorname{tg}^2 \alpha) - y = 0.$$

Введем новое обозначение параметра: $\operatorname{tg} \alpha = c$; тогда имеем:

$$xc - \frac{gx^2}{2v_0^2} (1 + c^2) - y = 0.$$



Фиг. 1.

Ищем частную производную этого выражения по параметру c :

$$x - \frac{gx^2}{2v_0^2} \cdot 2c = 0,$$

откуда

$$c = \frac{v_0^2}{gx}.$$

Исключаем c из ур-я семейства и получаем ур-е огибающей:

$$y = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{gx^2}{2v_0^2}.$$

Итак здесь огибающая тоже парабола, называемая параболой безопасности, потому что точки, лежащие выше ее (фиг. 2), недоступны для снарядов, вылетающих из точки O с начальной скоростью v_0 .

Уравнение семейства кривых, зависящих от одного параметра, $\Phi(x, y, c) = 0$ можно рассматривать как общий интеграл дифференциального уравнения 1-го порядка

$F(x, y, y') = 0$ (см. *Дифференциальные уравнения*). Геометрически оба эти уравнения представляют одно и то же семейство интегральных кривых. Уравнение в конечной форме определяет каждую отдельную кривую семейства как непрерывную последовательность ее точек, дифференциальное уравнение — как непрерывную последовательность направлений, так как оно содержит угловой коэф-т y' касательной и выражает то или иное свойство ее, общее для всех кривых семейства. Т. к. огибающая имеет те же касательные, что и огибаемые кривые в общих с нею точках, то координаты ее удовлетворяют ур-ю $F(x, y, y') = 0$, и ур-е ее является одним из его решений. Вместе с тем ур-е огибающей не содержит параметра, не получается из общего интеграла ни при каких значениях c ; стало быть это не частный, а особый интеграл ур-я $F(x, y, y') = 0$. Т. о. особый интеграл представляет геометрически огибающую семейства интегральных кривых. Ур-е огибающей или особый интеграл можно получить и непосредственно из дифференциального ур-я семейства, если рассматривать в нем y' как параметр и исключить последний из системы ур-ий:

$$F(x, y, y') = \frac{\partial F(x, y, y')}{\partial y'} = 0.$$

Ортогональные траектории данного семейства пересекают все кривые его под прямым углом. Если семейство кривых дано ур-ем $F(x, y, y') = 0$, то ур-е семейства его ортогональных траекторий будет $F(x, y, -\frac{1}{y'}) = 0$. Технически важное значение ортогональных траекторий видно уже из того, что к ним принадлежат семейства силовых линий и линий уровня плоского силового поля, почему мы встречаемся с ними при изучении напр. плоского течения жидкости, плоского магнитного и электрич. полей и т. д. Семейство поверхностей $\Phi(x, y, z, c) = 0$, зависящих от одного параметра c , имеет два типа огибающих: 1-й тип — поверхность, образованная характеристиками. Ур-е ее является результатом исключения c из системы ур-ий:

$$\Phi(x, y, z, c) = \frac{\partial \Phi(x, y, z, c)}{\partial c} = 0.$$

Она касается каждой из огибаемых вдоль всей соответствующей характеристики. Как на при-

мер такой огибающей можно указать на развертывающиеся поверхности (см. *Линейчатые поверхности*). 2-й тип — пространственная кривая (ребро возврата огибающей поверхности семейства), геометрическое место точек пересечения бесконечно близких характеристик; ее ур-е получается исключением параметра c из системы трех ур-ий:

$$\Phi(x, y, z, c) = \frac{\partial \Phi(x, y, z, c)}{\partial c} = \frac{\partial^2 \Phi(x, y, z, c)}{\partial c^2} = 0.$$

Ребро возврата есть огибающая семейства характеристик и касается каждой из них. Дважды бесконечное семейство поверхностей, зависящих от двух параметров a и b , ур-е которого $\Phi(x, y, z, a, b) = 0$, имеет огибающую поверхность, ур-е к-рой получается исключением обоих параметров из систем трех ур-ий:

$$\Phi(x, y, z, a, b) = \frac{\partial \Phi(x, y, z, a, b)}{\partial a} = \frac{\partial \Phi(x, y, z, a, b)}{\partial b} = 0.$$

В этом случае огибающая поверхность касается каждой из огибаемых уже не по целой линии (характеристике), а лишь в отдельных точках.

Пример. Каждую поверхность можно рассматривать как огибающую ее касательных плоскостей. Касательная плоскость к сфере или гиперboloиду зависит от двух параметров и касается огибающей поверхности только в одной точке. Касательная плоскость к конусу или цилиндру зависит от одного параметра, и касание происходит вдоль целой образующей.

Лит.: Гурса Э., Курс математич. анализа, пер. с франц., т. 1, М., 1911; Чезаро Э., Элементарн. учебник алгебры, анализа и исчисления бесконечно малых, пер. с нем., т. 2, Одесса, 1914. В. Ионовалова.

СЕМИДИННАЯ ПЕРЕГРУППИРОВКА, см. *Промежуточные продукты синтеза красителей*.

СЕНОКОСИЛНИ, см. *Жатвенные машины и Уборочные машины*.

СЕНОПОДЪЕМНИКИ, условный термин, под к-рым понимают два совершенно различных типа машин, а именно: сенонагрузчик и стогометатель. Первый служит для подбора в поле сена из валов, образованных механич. граблями, и подъема его на повозку; второй же (стогометатель) поднимает сено, подвезенное к нему тем или иным способом, и укладывает его в стог. Сенонагрузчи-



Фиг. 1.

к и строятся двух основных типов: грабелный и барабанный.

В последнее время в производстве появляется новый тип — барабанно-вилный, представляющий собою комбинацию указанных выше двух основных типов в одном. Грабелного типа сенонагрузчик (фиг. 1) сгребает и поднимает по наклонной платформе на повозку сено двумя

сериями чередующихся в своих движениях грабель. Грабли, прикрепленные к нижним концам длинных планок, приводятся в движение от коленчатого вала (в некоторых конструкциях от 2 валов) или системой рычагов от кривошипов на ведущих колесах машины и при сгребании описывают длинные овалы ходы. Как было указано, обе серии грабель чередуются в своих движениях, а именно: в то время как одна серия захватывает, сгребает и подводит сено к решетке, другая, с поднятыми граблями, в нерабочем положении движется сверху вниз для захвата и сгребания новой порции сена. Сено, поднятое граблями на нижний край наклонной платформы, подхватывается рядом небольших вилок, насаженных по всей длине планок грабель. Описывая в свою очередь овалы ходы, но меньшие по размеру, вилы, как и грабли, перемещают сено к вершине платформы, откуда оно по подвешенному к последней щитку переходит на повозку. Сенонагрузчик барабанного типа отличается от описанного тем, что не имеет грабель, замененных в этом типе барабаном с рядом захватывающих сено пальцев и цепным планковым транспортером, поднимающим его по наклонной платформе. Барабан состоит из свободно подвешенных на стержнях по его окружности захватывающих пальцев; особый механизм барабана удерживает пальцы при сгребании в вертикальном положении и затем подводит их к окружности барабана, благодаря чему происходит захватывание сена. При подносе сена к элеватору механизм перестает удерживать пальцы прижатыми к селу, к-рое и передается на транспортер. Оба типа машин применяют для нагрузки сена на повозки с рядов или валов, но барабанный тип более применим для клеверного или люцернового сена, к-рое меньше на нем перебивается. По той же причине барабанный сенонагрузчик применяют при уборке гороха и бобов, которые при обычном способе нагрузки (вилами) сильно осыпаются. Кроме однобарабанного сенонагрузчика для более чистого сгребания, в особенности мелкого сена, существует еще и двухбарабанный сенонагрузчик. Второй барабан, подвешенный на пружинах за первым, сгребает сено и передает его на первый, к-рый в свою очередь передает его на планковый транспортер. Появившийся в последнее время барабанно-вилочный тип сгребает сено обычным барабаном и передает его на наклонный щит, по к-рому оно перемещается вверх при помощи нескольких планок с вилами (как в грабельном типе). Стогометатели (стогометы)—машин, а часто и приспособление, применяемые для подачи (метки) на стог сена, к-рое подвозится к нему из валов граблями-волокушами или иными способами. Существует несколько систем стогометателей и приспособлений для укладки сена в стог, к-рые все м. б. сведены к пяти главным типам, а именно: 1) перекидному, 2) поворотному, 3) комбинированному, 4) подвесному крану и 5) блочному. В большинстве случаев для подъема сена стогометателем применяют конную тягу, хотя при большом количестве убираемого сена и достаточном числе рабочих для подвозки сена и метки стога с выгодой может быть применена моторная лебедка или трактор, снабженный лебедкой. Перекидной стогометатель распространен (в особенности в США) более других типов. Он легко перевозится с места на место, удовлетворительно выполняет свое назначение

и по стоимости дешевле многих других типов. Высота стога, к-рый м. б. уложен стогометателем этого типа, в среднем 8 м, но в некоторых системах доходит и до 9 м. Пальцевая решетка, при помощи которой производится подъем сена, рассчитана на груз сена 200—400 кг. К стогометателю сено подвозится преимущественно граблями-волокушами. После того как сено надвинуто граблями-волокушами на пальцевую решетку стогометателя, производится подъем решетки с сеном на двух стойках, прикрепленных шарнирно с общей рамой машины при помощи каната, пропущенного через систему блоков. Перейдя несколько вертикальное положение, дальнейшее поступательное движение стоек сразу задерживается двумя веревками, привязанными к ним и к заднему кольцу рамы стогометателя. Благодаря получаемому толчку и силе инерции сено с решетки сбрасывается на стог, где оно укладывается находящимися на нем людьми. Стойки в некоторых системах перекидных стогометателей имеют приспособление для их удлинения и укорачивания. Поворотный, или коромысловый, стогометатель (фиг. 2) представляет собою вертикально установленную на раме мачту, к к-рой на некоторой высоте прикреплены шарнирно две штанги, соединенные в противоположном конце с пальцевой решеткой, на которую грабля-



Фиг. 2.

ми-волокушами надвигается сено. Подъем решетки на требуемую высоту, как в первом случае, производится канатом, пропущенным по системе блоков, после чего мачта автоматически или вручную поворачивается на пятке, благодаря чему решетка по дуге перемещается над стогом и, остановившись на требуемом месте, при расцеплении механизма решетки сбрасывает сено на стог. Возможность сбросить сено на желаемом месте является некоторым преимуществом этого стогометателя. Для работы в местностях с постоянными ветрами этот тип стогометателя удобнее первого, так как для надвигания сена на решетку и подъема его всегда можно выбрать место с подветренной стороны. Высота стога, укладываемого этим стогометателем, несколько менее перекидного. Комбинированный стогометатель представляет собою комбинацию в одной машине волокуш и стогометателя. Этот стогометатель менее производителен, чем предыдущие, но для укладки сена требует минимальное число людей: 2 человека могут производить укладку стога. Стогометатель в виду его постоянного перемещения по полю для работы требует запряжки 2 сильных лошадей. Подъемный кран состоит из мачты, как и поворотный стогометатель, к к-рой на высоте, превышающей вы-

соту стога, шарнирно прикреплена рея (стрела), которая удерживается под нек-рым углом к мате веревкой, привязанной за конец рей и за верх мачты. Рeya снабжена блоком, через который продет канат, при помощи которого по системе блоков производится подъем сена. Для захвата и подъема сена служат кошки, гарпуны или веревочные сетки с планками. Сбрасывание сена из кошек и сеток достигается их размыканием путем натяжения привязанной к их механизму бечевки. Блокочный стогометатель состоит из двух треног, составленных из длинных бревен, к-рые устанавливаются по концам предполагаемого к кладке стога. Между треногами натягивается канат, по к-рому на блоках ходит каретка, при помощи к-рой производится подъем сена. Каретка обыкновенно снабжается кроме блоков, на к-рых она перекатывается, еще и двумя блоками для подъемной веревки. На одном из блоков закрепляется конец веревки, проходящий затем через второй блок к барабану лебедки. Между двумя блоками на веревке надет свободно висящий блок, на обойме к-рого с нижней стороны имеется крюк или петля, к к-рой прикрепляется сетка с сеном или кошка. Каретка, выведенная по канату к одной из треног, у к-рой производится подъем сена, защелкивается на канате особым приспособлением и не может сдвинуться с места, пока происходит подъем. Как только свободно висящий блок с сеном дойдет до каретки и коснется ее своим верхним отростком, механизм, задерживающий каретку на месте, размыкается, и одновременно отросток блока крепко захватывается обоймой каретки, благодаря продолжающемуся натяжению каната лебедкой последняя откатывается по канату по направлению второй треноги. Человек, принимающий сено на стог, дернув за веревку, привязанную к замку сетки или кошки, выбрасывает сено на требуемом месте. При обратном вращении лебедки каретка возвращается в исходное положение, где вновь защелкивается для приема следующей вязанки сена. Подобное приспособление применяется для подъема сена на сеновал, но в этом случае канат обыкновенно заменяется рельсовой дорожкой, устанавливаемой под коньком крыши. Кошка состоит из двух вил с изогнутыми внутрь концами, соединенными в верхней части шарнирно. При помощи особого, пружинно-рычажного приспособления вилы под действием привязанной к ним веревки разводятся, и захваченное ими сено из них выпадает. Сетки-вязанки состоят из двух половин, соединенных вместе одним или двумя замками с защелками. После того как сетка с сеном поднята над стогом при помощи веревки, привязанной к механизму защелки замка, последний размыкается, и сено падает на стог.

Лит.: Бернис Г., Работа уборочных машин с трактором, М.—Л., 1931; Гранич Ф., Farm Equipment for Mechanical Power, N. Y., 1923. Н. Шилковский.

СЕНСИБИЛИЗАЦИЯ, способ-повышения чувствительности фотографич. пластинок в отношении лучистой энергии (см. *Сенситометрия* и *Фотография*). Различают химическую и оптическую С. При химич. С. повышается общая чувствительность пластинок, в то время как при оптич. С. повышается чувствительность их только в отношении отдельных областей спектра. Фотографич. пластинки покрыты слоем светочувствительной бромосеребряно-желатиновой эмульсии (см.). Общая чувствительность этой

эмульсии зависит от способа ее изготовления, от качества данного сорта желатины и от присутствия нек-рых веществ (аммиака, углекислого натрия, углекислого аммония и т. д.). Вещества, присутствие которых повышает общую чувствительность эмульсии, называются химическими сенсибилизаторами. Обыкновенная светочувствительная эмульсия проявляет наибольшую чувствительность к сине-фиолетовым лучам, в отношении же лучей более длинных волн эта эмульсия мало чувствительна. В 1873 г. Фогель обнаружил, что нек-рые красители, примененные к бромистому серебру, сообщают последнему чувствительность к лучам более длинных волн, а именно к тем, которые поглощаются данным красителем. Подобные красители называются оптическими С. В настоящее время известно весьма большое число красителей, проявляющих сенсибилизирующие свойства, но практич. применение имеют лишь немногие. Из наиболее применяемых отметим пинафлавол—для С. к зеленым и желтым лучам; ортохром, пинавердол и пинахром—к оранжевым, желтым и зеленым; пинахромвиолет и дицианин—к красным, оранжевым и желтым; криптоцианин и аллоцианин—к инфракрасным и красным; наконец неочищенный—к инфракрасным лучам спектра. Специальных красителей для С. пластинок в отношении синих лучей не найдено. Для сообщения фотографич. пластинке повышенной чувствительности к тем или иным лучам ее обрабатывают либо одним либо смесью нескольких красителей. Пластинки, сенсибилизированные в отношении желтых и зеленых лучей, называются ортохроматическими, а пластинки, сенсибилизированные в отношении всех лучей видимого спектра, включая и красные,—панахроматическими.

На практике оптич. С. достигается либо введением красителей в бромосеребряную эмульсию при ее изготовлении либо обработкой уже готовых пластинок сенсибилизирующими растворами. Пластинки, сенсибилизированные первым способом, лучше сохраняются, но второй способ дает более надежные результаты в смысле светочувствительности. Результаты С. зависят в первую очередь от состава и способа изготовления светочувствительной эмульсии. Особенно неблагоприятное влияние оказывает содержание в эмульсии бромистого калия; в нек-рых случаях поэтому выгодно перед С. пластинок промыть дистиллированной водой. Отрицательное влияние оказывает повидному также присутствие в эмульсии окисстого серебра. Быстрая сушка пластинок после С. способствует повышению их светочувствительности; для ускорения высыхания к сенсибилизирующим растворам часто прибавляют спирт, однако последний влияет и на сенсибилизирующие свойства растворов, напр. пинахром синий дает лучшие результаты в растворе, содержащем не менее 30 % спирта, в то время как пинахром действует лучше при полном отсутствии спирта. Обычно для рабочих растворов применяется 25 %-ный спирт; в нек-рых случаях он заменяется древесным спиртом или ацетоном. Если раствор имеет кислую реакцию, то сенсибилизирующие свойства красителя могут совершенно исчезнуть; в этих случаях в раствор вводят небольшое количество аммиака (особенно ценно прибавление аммиака при таких красителях, как дицианин). Продолжительность выдерживания пластинок в сенсибилизирующем растворе 2—4 мин.; при удлинении этого срока светочувствительность не повышается, а понижается. Оптимальная t° 15—20°. Свежеприготовленные растворы дают лучшие результаты. Быстрая сушка пластинок при помощи вентилятора и подогретого воздуха способствует повышению светочувствительности.

Процесс С. в основных чертах протекает след. обр. Предварительно готовят запасы раствор красителя. В случае ортохроматич. С. в качестве красителя можно употреблять напр. пинавердол. Согласно указаниям фирмы Афа 0,1 г пинавердола растворяют в 10 см³ подогретого спирта, прибавляют к раствору еще 60 см³ спирта и 30 см³ воды и сохраняют т. о. приготовленный запасы раствор (1 : 1 000) в темноте, т. к. под действием света он легко разлагается. Рабочий сенсибилизирующий раствор по рецептуре той же фирмы содержит 100 см³ дистиллированной воды, 50 см³ этилового спирта, 3 см³ запасы раствора пинавердола (1 : 1 000). Концентрация

этого раствора т. о. равна 1 : 50 000 (вообще сенсibilизирующие растворы применяются в концентрациях от 1 : 10 000 и до 1 : 100 000). В этом растворе пластинки купают в течение 3—4 мин. при темнокрасном свете или в полной темноте, непрерывно покачивая ванночку, после чего без промывки сушат в полной темноте. Указанного количества рабочего раствора хватает на 6 пластинок размером 9×12 см. Для удаления красителя, отложившегося на поверхности пластинок, Гюбль рекомендует их перед просушкой промывать в течение 1 мин. в 90%-ном спирте независимо от того, пользовались ли для С. водным или алкогольным раствором. В случае панхроматич. С. поступают аналогичным образом с той лишь разницей, что раствор приготавливают из нескольких красителей; для этой цели применяют напр. пинавердол и дицианин или ортохром и пинахромвиолет и т. д. Если помимо оптич. С. желательнее повысить и общую чувствительность пластинок, то к рабочим растворам на каждые 100 см³ прибавляют 2—4 см³ аммиачного раствора хлористого серебра. Одновременное повышение чувствительности как общей, так и в отношении отдельных спектральных лучей называется гиперсенсibilизацией.

При С. такими красителями, как криптоцианин, неопцианин и аллоцианин, весьма выгодным оказывается применение уксуснокислых сенсibilизирующих растворов, т. е. водные растворы этих красителей от присутствия незначительных количеств уксусной к-ты обесцвечиваются. В обесцвеченном состоянии раствор красителя теряет свой коллоидный характер и легко проникает в эмульсионный слой пластинки. Пластинка в таком уксуснокислом растворе красителя не проявляет избирательной чувствительности к красным и инфракрасным лучам, что дает возможность производить С. при красном свете. Сенсibilизованная т. о. пластинка приобретает избирательную чувствительность лишь после высыхания. Уксуснокислый способ дает чистые и ровно окрашенные пластинки. Проявление пластинок, чувствительных к красным лучам, производится в полной темноте или при обычном темнокрасном освещении. В последнем случае необходима предварительная обработка их десенсibilизирующими растворами (см. Десенсibilизация). Для С. пластинок в отношении крайних ультрафиолетовых лучей применяются флуоресцирующие составы. Для этой цели обыкновенные пластинки перед съемкой покрываются например тонким слоем минерального масла, которое перед проявлением удаляется промывкой в ксилоле.

Оптич. С. имеет большое значение для спектрального анализа, цветной фотографии, кинематографии и аэрофотографии. В последнем случае фотографические пластинки, сенсibilизованные в отношении красных и инфракрасных лучей, совместно с соответствующими светобильтрами (см.) дают возможность производить фотографич. съемки через легкий туман и воздушную дымку, что при пользовании обыкновенными пластинками представляется совершенно невозможным.

Лит.: Неблит К., Общий курс фотографии, пер. с англ., М., 1930; Гюбль А., Ортохроматич. фотография и светофильтры, пер. с нем., М., 1930; Джонс Лойд А. и др., Фотографирование на цветочувствительных материалах, Теория и практика применения панхроматич. негативных материалов в фото- и кинопроизводствах, пер. с англ., М., 1929; Вентцель Ф., Фотохимия. промышленность, Производство и переработка фото-химич. препаратов, пер. с нем., Л., 1930. Г. Арьянас.

СЕНСИТОМЕТРИЯ, определение светочувствительности фотографич. материалов и числовых величин, которые определяют характер негатива (см.) или позитива (см. Фотография). В настоящее время существуют две главные системы С.—одна, основанная на определении светочувствительности по минимальному количеству света (порог чувствительности), к-рое еще вызывает после проявления заметное

почернение пластинки (порог почернения), и другая (Хергер и Дриффильд), в к-рой светочувствительность получается из рассмотрения кривой, связывающей плотности изображения с количеством света, упавшего на светочувствительный слой.

Если F_0 —световой поток, падающий на равномерно потемневший участок негатива, а F —световой поток, прошедший через него, то отношение $\frac{F_0}{F} = O$ носит название непрозрачности данного места негатива. Десятичный логарифм этой величины пропорционален количеству серебра в слое и носит название плотности негатива D ,

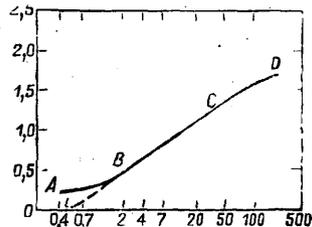
$$D = \lg O = \lg \frac{F_0}{F}. \quad (1)$$

Для позитивного изображения соответственными величинами будут: альбедо, т. е. отношение яркости идеальной белой поверхности (баритовая пластинка) к яркости данного участка позитива O_p , и десятичный логарифм этой величины—плотность позитива D_p .

Фотографическое действие света постоянно-го спектрального состава определяется в первом приближении величиной экспозиции (количеством освещения) E , т. е. произведением силы света I на время освещения t (закон Бунзена-Роско):

$$E = It. \quad (2)$$

Нанося на оси абсцисс величины логарифмов экспозиций ($\lg E$), а на оси ординат соответствующие им плотности в одинаковом масштабе, получим т. н. характеристическую кривую (фиг. 1), представляющую в наиболее полной форме свойства светочувствительного слоя. Для построения характеристик. кривой необходимо, во-первых, подвергнуть светочувствительный слой (по частям) ряду экспозиций, изменяющихся по определенному закону, и, во-вторых, после проявления измерить получившиеся плотности. Приборы, служащие для первой задачи, называются сенситометрами, а для второй (измерения плотностей)—денситометрами. Т. к. по уравнению (2) величина экспозиции определяется двумя сомножителями I и t , то для изменения экспозиции можно варьировать любой из них, оставляя другой постоянным. Соответственно этому имеются два типа сенситометров: со шкалой времени, в к-рых изменение E достигается варьированием t при постоянном I , и со шкалой интенсивностей, с постоянным t , но переменной величиной I . Представителем первого типа может служить сенситометр Хергера и Дриффильда. Он состоит из диска, снабженного 9 ступенчатыми прорезами; для каждого прореза соответствующий центральный угол вдвое меньше предыдущего; диск помещен вилотную перед испытуемой пластинкой и приводится в равномерное вращение (80—100 оборотов в минуту). Тогда каждая часть пластинки будет подвержена действию света разное время—в зависимости от размеров соответствующего прореза диска,—чем и будет достигнуто



Фиг. 1.

требуемое изменение экспозиции.

Второй тип сенситометров, в к-рых используют шкалу интенсивностей, реализуется обычно путем применения серого оптич. клина. Последний (клин Гольдберга или Эдер-Гехта) состоит из стеклянной пластинки, на к-рую нанесен тонкий клинообразный слой желатины, окрашенной в нейтрально серый цвет. Интенсивность прошедшего через такой клин света плавно изменяется вдоль клина, и, освещая пластинку под клином, мы получим требующийся для наших целей ряд интенсивностей. Недостаток подобного рода сенситометров заключается в трудности получения действительно нейтрально серой окраски клина, т. е. равномерного поглощения лучей всех длин волн. Тем не менее простота и удобство подобных сенситометров вызвали широкое применение последних например в фабрично-заводских лабораториях.

Для источников света, применяемых в С., важна, во-первых, сила света, а, во-вторых, — спектральный состав. Международные конгрессы по фотографии в 1928 и 1931 гг. приняли в качестве стандарта пустотную лампу накаливания особого типа, с вольфрамовой нитью и силой света в 10 св. при цветной темп-ре нити, равной 2 360° К. При помощи специального голубого светофильтра распределение энергии в спектре такой лампы приводится к таковому для рассеянного солнечного света (цветная темп-ра = 5 000° К). Для исследования негативных материалов лампу с таким светофильтром, пропускающим 0,1 падающего на него света, помещают на расстоянии 1 м от пластинки и освещают в течение 80 ск. Полученные таким способом сенситограммы проявляются в *пропителе* (см.) специального состава. Для негативов стандартным признан парааминофеноловый проявитель Шеперда, для бромосеребряных бумаг чаще всего применяется метолгидрохиноновый проявитель (по Чибисову). После фиксирования, промывки и сушки, плотности сенситограмм измеряют с помощью денситометров, представляющих собою особо сконструированные фотометры, построенные преимущественно на основе поляризационного принципа (денситометр Мартенса). В характеристич. кривой, построенной по полученным данным плотностей различных полей сенситограммы, можно различать три главные части: участок *AB* (фиг. 1), соответствующий слабым освещением, где плотности возрастают незначительно, — область недодержек; участок *BC*, выражаемый прямой линией, где следовательно плотности возрастают пропорционально $\lg E$ (а следовательно непрозрачности — пропорционально E), — область правильных экспозиций, и наконец *CD*, в котором разность между последовательными плотностями постоянно уменьшается, — область передержек. Наибольшее значение имеет прямолинейный участок *BC* — область правильных экспозиций.

Если пренебречь областью недодержек *AB* и предположить, что при уменьшении экспозиции плотности будут уменьшаться по тому же закону, что и в области *BC*, то пересечение продолженной линии *BC* с осью абсцисс (точка *i*) укажет ту экспозицию, с к-рой начиналось бы образование изображения. Эта величина экспозиции носит название *инерции* и является одной из наиболее важных сенситометрич. характеристик. Понятно, что из двух пластинок более чувствительной будет та, у которой величина инерции меньше. Следовательно

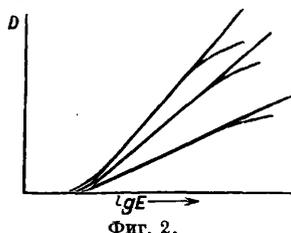
чувствительность S_i можно выразить так:

$$S_i = \frac{k}{i}, \quad (3)$$

где k — коэф-т пропорциональности. Основателями этой системы Хертером и Дриффилдом был предложен коэф. $k=34$; вычисленная т. о. чувствительность выражается в градусах Хертер-Дриффилда (H-D). В наст. время большее распространение получает система Британского фотографич. общества (B.S.), в которой $k=10$.

Существует и другая система С., в которой чувствительность определяют по порогу чувствительности. Наиболее распространенным представителем этого типа является система Эдер-Гехта, использующая в качестве сенситометра упомянутой уже серый клин с нанесенной на нем шкалой. Испытуемый светочувствительный материал подвергается под таким клином экспозиции в 60 ск.-м-св. и после проявления отсчитывается последнее еще заметное деление шкалы, дающее величину чувствительности в градусах Эдер-Гехта (E-H). На этом же клине находятся четыре светофильтра, окрашенные в красный, желтый, зеленый и синий цвета и позволяющие определять чувствительность пластинки к лучам этих спектральных зон. Способ этот однако обладает рядом недостатков, делающих его применимым лишь для ориентировочных сравнительных измерений. Наряду с этими системами С. следует упомянуть также о все более входящей в употребление сист. Джонса. Чувствительность в этой системе определяется по экспозиции, соответствующей такой точке характеристич. кривой в области недодержек, для к-рой величина $\frac{dB}{dE}$

(определяемая тангенсом угла наклона касательной к оси абсцисс) равна 0,2 (минимальный полезный градиент), т. к. с этой точки начинается практическая используемая шкала плотностей. Ограничиваясь лишь областью правильных экспозиций, можно заметить, что величина нарастания плотностей с экспозицией (контраст негатива) будет определяться наклоном прямолинейной части кривой к оси абсцисс и будет количественно характеризоваться тангенсом угла α , образуемого прямолинейным участком с осью абсцисс. Эта величина, обозначаемая буквой γ , является второй важной сенситометрической величиной и называется максимальным градиентом, или фактором проявления. Последнее название объясняется тем, что величина γ в сильной степени зависит от времени проявления, увеличиваясь с его возрастанием. При этом инерция не меняется, т. ч. семейство характеристич. кривых для различных времен проявления имеет вид, указанный на фиг. 2. С увеличением продолжительности проявления γ не возрастает беспрерывно, но приближается к нек-рому максимальному значению, пределу контрастности γ_∞ , характеризующему максимальную степень контрастности, достижимую для данной эмульсии. В силу технич. затруднений γ_∞ не определяется непосредственно, а вычисляется из значений γ для трех различных времен проявления (обычно 2, 4 и 8 мин.) по ур-ию Шеперда-Миза. Наряду с этими величинами важное значение имеет длина прямо



Фиг. 2.

линейного участка кривой, определяющая границы области правильных экспозиций. Эта величина выражается широтой эмульсии l , разностью логарифмов экспозиций, соответствующих концам прямолинейного участка кривой (точки B и C на фиг. 1). Эта величина характеризует очевидно способность эмульсии правильно передавать различно освещенные сюжеты или части их. После проявления некоторое незначительное отложение металлического серебра наблюдается и в местах, не подвергшихся влиянию света при экспозиции, так наз. *вуаль* (см.). Предполагают обычно, что вуаль равномерно распространена по всему негативу, и плотность вуали D_0 (определенную в месте пластинки, не подвергшемся действию света) вычитают из измеренных плотностей сенситометрических полей.

Сказанное выше о S негативных материалов в основном приложимо и к позитивным фотобумагам. Следует учесть однако то обстоятельство, что характер позитивного изображения определяется сенситометрич. характеристиками как негативного материала, примененного для съемки, так и позитивного, примененного для копирования. При этом следует учитывать некоторые дополнительные обстоятельства, влияющие на характер получаемого изображения. Мы воспринимаем фотографич. изображение как составленное из частей с различной яркостью (различной степенью почернения). Мы различаем два смежных участка изображения только тогда, когда отношение их яркостей превышает нек-рый предел (порог различаемости), величина к-рого зависит от многих условий. Если яркости смежных участков будут H_1 и H_2 , то величина $\lg \frac{H_1}{H_2}$ носит название *детали яркости* (в дальнейшем изложении мы будем называть ее просто *деталью*). Многочисленными исследованиями Гольдберга установлено, что минимальная величина детали, к-рая еще должна различаться в изображении, различна для различных участков изображения и в наиболее светлых частях д. б. равна 0,04 (что соответствует отношению яркостей в 10%), а в наиболее темных 0,1—0,2 (25—50%). Достоинство передачи деталей зависит от формы характеристик. кривой и является наивысшим при $\gamma = 1$, т. е. при $\alpha = 45^\circ$. Принимая во внимание характер негатива и позитива, Джонс вывел соотношение для правильной передачи объекта

$$U_{\text{негатив}} \cdot U_{\text{позитив}} = 1. \quad (4)$$

Следует отметить, что к светлым частям предъявляют более высокие требования в смысле передачи деталей, чем к темным, что соответствует известному факту, что большие светлые поверхности, лишённые деталей (например небо без облаков), производят на снимке очень выгодное впечатление. Благодаря этому наиболее важной частью позитива являются светлые места, соответствующие нижней части характеристической кривой. На негативе им будут отвечать наиболее темные части в верхних участках характеристич. кривой. Для позитивного материала очень важной характеристикой является его *копирующий интервал*,

т. е. разность логарифмов освещений, соответствующих точкам, в к-рых величины минимальной детали имеют предельные значения, указанные выше. Копирующий интервал определяет ту шкалу яркостей, к-рая м. б. охвачена данным сортом бумаги и напр. для обычных сортов бромосеребряной бумаги имеет величину 1,4—1,5. Соответственно этому различается и интервал негатива, к-рый д. б. согласован с копирующим интервалом того сорта бумаги, на к-ром его предполагается печатать. Исследования Гольдберга показали, что для нормального негатива величина интервала равна примерно 1,2. Если у негатива равна 1, то для выбора бумаги для печатания можно руководствоваться таблицей Формштехера. Конечно такая таблица

Таблица Формштехера.

Желательный характер отпечатка	Интервал негатива		
	1,2*1	1,2*2	1,2*3
Мягкий	Бромистая бумага мягкая	Бромистая бумага нормальная	Газопечатная (газ-лихт) нормальная
Нормальный .	Бромистая бумага нормальная	Газопечатная нормальная	Газопечатная жесткая
Жесткий	Газопечатная нормальная	Жесткая газопечатная	Очень жесткая газопечатная

*1 Контрастный. *2 Нормальный. *3 Малоконтрастный.

дает скорее лишь представление о принципах подбора бумаги, так как окончательный выбор позитивного материала во многом определяется личным вкусом, особым характером негатива и т. п. Тем не менее изложенные выше положения, в особенности ур-ие Джонса (4), дают способ для управления негативными и позитивными процессами.

Лит.: Н е б л и т К., Общий курс фотографии, пер. с англ. т. 2, М., 1930; Г о л ь д б е р г Е., Образование фотографич. изображения, пер. с нем., М., 1929; Э н г л и ш Е., Основы фотографии, пер. с нем., М.—Л., 1927; С о л ь с к и й Д. и др., Фотография и аэрофотография, М., 1926; Handbuch d. wissenschaftlichen u. angewandten Photographie, B. 4, W., 1930; E d e r J. M., Ausführliches Handbuch d. Photographie, B. 3, T. 4. Die Sensitometrie, photographische Photometrie u. Spektrographie, 3 Auflage, Halle a/S., 1930; F o r m s t e c h e r F., Fortschritte d. Sensitometrie, «Photographische Korrespondenz», W., 1930, B. 66, 5, 6, 7, 8. Я. Бонини.

СЕПАРАТОР, машина для разделения жидкостей на составные части, имеющие различный уд. в., и сыпучих тел по размерам и роду материала. Для жидкостей применяют преимущественно центробежные S ., для сыпучих тел — стовые и магнитные S .

Центробежные S . появились во второй половине прошлого столетия. Одна из последних и наиболее совершенных конструкций S . системы Лавала изображена на фиг. 1, а на фиг. 2 показан барабан, в котором происходит процесс сепарирования. Сепарируемая жидкость поступает в барабан сверху в вертикальный цилиндрич. канал 1, находящийся в центре барабана, вытекает снизу через отверстия и при вращении барабана отбрасывается центробежной силой к периферии. Составные части жидкости давят на стенку барабана с усилием, прямо пропорциональным своему уд. в., так как центробежная сила

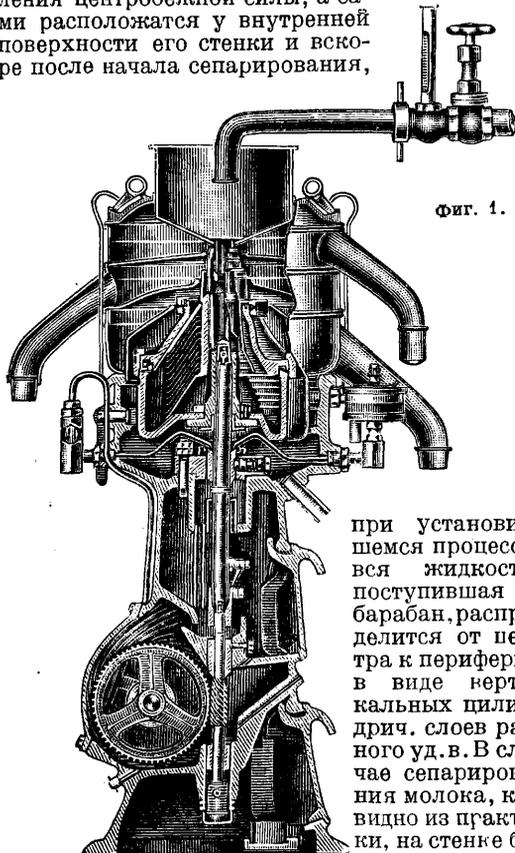
$$P = M\omega^2 r = \frac{Q}{g} \omega^2 r, \quad (1)$$

где M — масса вращающегося тела, Q — его вес, ω — угловая скорость вращения, r — средний радиус и g — ускорение силы тяжести, равное 9,81 $[м/сек^2]$. Но $\omega = \frac{\pi n}{30}$, где n — число об/мин.,

и следовательно окончательно получается

$$P = \frac{Q\pi^2 r n^2}{g \cdot 30^2} = 0,00111 Q r n^2. \quad (2)$$

Естественно, что составные части жидкости, имеющие больший уд. в., будут вытеснять более легкие к центру барабана, против направления центробежной силы, а сами расположатся у внутренней поверхности его стенки и вскоре после начала сепарирования,



Фиг. 1.

при установившемся процессе, вся жидкость, поступившая в барабан, распределится от центра к периферии в виде вертикальных цилиндрич. слоев разного уд. в. В случае сепарирования молока, как видно из практики, на стенке барабана остается

слой, называемый сепараторной грязью или слизью, в количестве около 0,06% от веса пропущенного молока. В этом слое выпадает до 0,5% казеина, а затем сор, грязь и другие примеси большого уд. в. Жир как более легкая составная часть молока располагается слоем внутри молочного цилиндра, откуда он и выводится в виде сливок отдельно от других составных частей молока, наружу, через специальное отверстие *Б* в барабане *С*. Снятое же молоко отводится через свое отверстие *А* (фиг. 2). Если принять уд. в. цельного молока $\gamma = 1,036$, а жира $\gamma_1 = 0,931$, то при 3,4% жира в цельном молоке уд. в. обезжиренной части, т. е. снятого молока,

$$\gamma_2 = \frac{1,036 \cdot 100 - 0,931 \cdot 3,4}{96,6} = 1,04.$$

Относительное ускорение, сообщаемое центробежной силой жировым шарикам относительно всей молочной среды, будет

$$j = a \left(\frac{\gamma_2}{\gamma_1} - 1 \right) \frac{\pi^2}{30^2} r n^2, \quad (3)$$

где a — сопротивление снятого молока, оказываемое жировым шарикам при их выделении. Приняв условно $a = 1$, получим при диам. барабана 300 мм и 6 000 об/м.

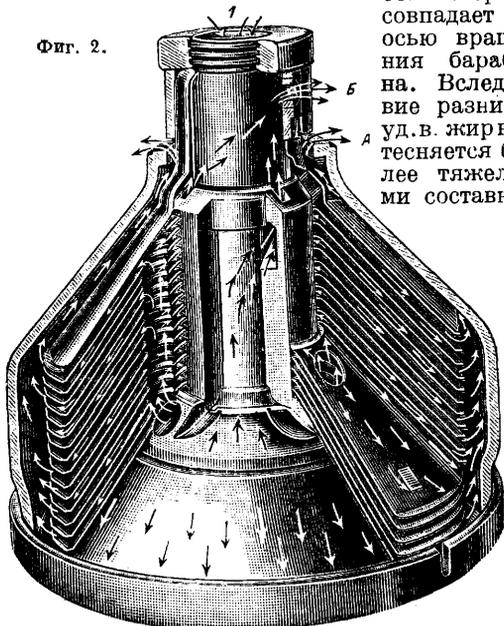
$$j = \left(\frac{1,04}{0,931} - 1 \right) \cdot \frac{9,87}{900} \cdot 0,15 \cdot 6000^2 = 6930 \text{ м/сек}^2.$$

Т. о. теоретически при помощи центробежной силы возможно выделить из молока жир в 6 000 раз скорее, чем при отстаивании, когда действует только одна сила тяжести, по которой относительное ускорение теоретически определяется в 1,16 м/сек². В действительности в современных *С*. процесс отделения жира совершается в течение 5—6 ск. пребывания молока в барабане. Благодаря этому производительность *С*. несомненно выше, чем отстаивников, и в настоящее время уже имеются машины с пропускной способностью до 5 000 л/ч, а чистота обезжиривания доходит до 0,04% жира в снятом молоке. Из ф-л (2) и (3) видно, что величины центробежной силы P и ускорения j пропорциональны расстоянию частиц от оси вращения и квадрату числа оборотов барабана. Поэтому например при внутреннем радиусе барабана, равном 150 мм, жировые шарики получают такое же ускорение, как при отстаивании, уже при 77 об/м. барабана. При 2 442 об/м. ускорение возрастает в 1 000 раз, а при 7 721 об/м. в 10 000 раз. Некоторые конструкторы доводили число оборотов барабана до 24 000, но в большинстве современных *С*. оно, в зависимости от размера барабана, в ручных *С*. равно 6—8 тыс., а в приводных 4—6 тыс.

Опыт усовершенствования первоначальных конструкций показал, что производительность и чистота работы весьма сильно зависят от способа подвода и распределения поступающего в барабан молока. Во время вращения барабана молоко отбрасывается центробежной силой к стенкам барабана и располагается около них слоем в виде вертикального полого цилиндра,

ось которого совпадает с осью вращения барабана. Вследствие разницы уд. в. жир вытесняется более тяжелыми составными

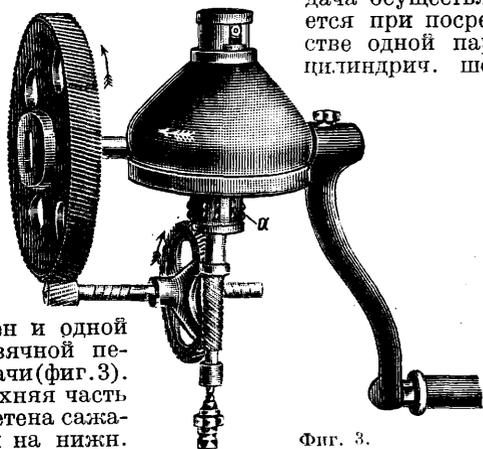
Фиг. 2.



частями молока от периферии к центру барабана и располагается слоем внутри полого молочного цилиндра. Если в это время к центру барабана будут притекать новые порции молока, то оно: 1) не может мгновенно приобрести скорость вращения самого барабана и 2) отбрасываясь к его стенкам, будет увлекать с собой жировые шарики из внутреннего слоя и нарушать правильность процесса. Введенные в 1888 году Бехтольсгеймом вставки в барабан *С*. дали

огромный эффект уже по одному тому, что благодаря им поступающее молоко значительно быстрее приобретает скорость вращения барабана, а затем оно попадает в слой снятого молока, минуя слой сливок (фиг. 2), благодаря чему весь процесс разделения совершается более правильно. Помимо этого благодаря вставкам молоко располагается между ними в барабане тонкими слоями, из которых жировые шарики уже значительно легче вытесняются к центру более тяжелыми составными частями молока.

В настоящее время установились две основные схемы механизмов С. У первой из них барабан надевается обыкновенно свободно на верхний конек веретена, составленного в большинстве случаев из двух подвижно соединяемых частей, благодаря чему вся вращающаяся система имеет точку опоры значительно ниже своего ц. т. Представителем этой группы являются машины типа Лавалея, у которых вращение от руки или от привода получает нижняя часть веретена, несущая на себе червяк. Передача осуществляется при посредстве одной пары цилиндрич. шес-



терен и одной червячной передачи (фиг. 3). Верхняя часть веретена сажается на ниж. свободно и кроме того благодаря особой горловой муфте *a* может смещать в небольших пределах свой верхний конек в любую сторону. В этой системе сепарируемое молоко подводится в нижнюю часть барабана, а сливки и снятое молоко выводятся из отверстий, расположенных в верхней его части. Сама система имеет критич. число оборотов, к-рое обычно ниже нормального числа оборотов барабана. Во второй схеме барабан С. свободно подвешен на нижнем конце веретена, благодаря чему ц. т. вращающейся системы расположен значительно ниже точки опоры. Критич. числа оборотов эта система не имеет. Сепарируемое молоко подводится в верхнюю часть барабана, а сливки и снятое молоко выводятся из нижней части барабана. Представителем этой группы является С. типа Мелотт (Бельгия). Обе системы С. имеют почти одни и те же вращающиеся детали, т. е. веретено и барабан со вставками.

Как во всех механизмах, работающих при очень высоком числе оборотов, главные детали С. требуют помимо правильного расчета хорошего исполнения и тщательной выверки. Некоторая относительная свобода перемещения деталей, при которой их вращающиеся массы могли бы сами уравновесиваться и становиться в их нормальное положение при рабочем числе оборотов, здесь необходима. При жестком соединении самое незначительное смещение ц. т. системы с оси вращения может вызвать

при таком большом числе оборотов деформации или даже разрушение машины. Поэтому кроме тщательности изготовления и сборки необходимо предъявлять определенные требования и к качеству материалов, идущих на ответственные детали С. Из всех деталей самое большое напряжение под действием центробежной силы испытывает барабан С. При расчетах рекомендуется принимать 4-кратный запас прочности (Флейшман). Давление на стенки барабана можно определить по ф-ле (2). Кроме того Флейшман дает для определения давления в $кг/см^2$ следующую ф-лу:

$$P = m^2 (r^2 - r_1^2),$$

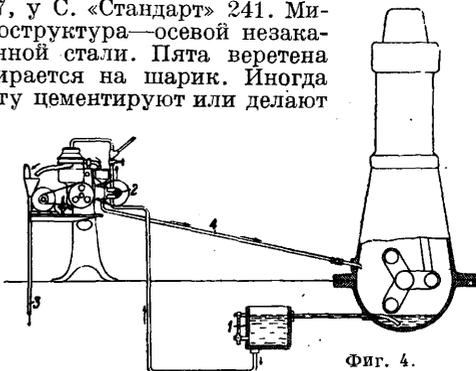
где r —внешний радиус молочного кольца (внутренней стенки барабана), r_1 —внутренний радиус молочного кольца в $см$, а $lg m = 0,7610379 - 9$.

Для определения величины внутреннего напряжения T стенок барабана Флейшман рекомендует следующую ф-лу:

$$T = c \cdot n^2 \left[2,133 (6R^2 + r^2) + \frac{r^2 - r_1^2}{R^2 - r_1^2} (R^2 + r^2) \right],$$

где $lg c = 0,760704 - 9$ и R —внешний радиус барабана в $см$. При определении константы c был принят уд. в. молока—1,0312, уд. в. материала цилиндра—7,7 и ускорение силы тяжести—981 $см/сек^2$.

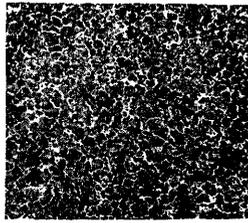
В литературе нет данных для проектирования и расчетов производительности С. и чистоты обезжиривания. Многолетний опыт зарубежных фирм остается пока их достоянием. В СССР в Ин-те с.-х. механики была проделана коллективная работа, результаты к-рой опубликованы Бремером. Выводы ее повидному оправдываются проверочными испытаниями. Данные о материалах для изготовления ответственных частей С. тоже не отличаются полнотой. Сделанные Н. Болховитиновым исследования дали следующие результаты. Веретено С. «Диабло» имеет химич. состав: 0,57% С, 0,29% Mn, 0,094% Si, 0,02% S и 0,026% P. Механические свойства: предел пропорциональности 30 $кг/мм^2$, временное сопротивление 61 $кг/мм^2$, удлинение 17,5%. H_{Br} : у С. «Диабло» 223, у С. «Уралсельмаш» 207, у С. «Стандарт» 241. Микроструктура—осевой закаленной стали. Пята веретена опирается на шарик. Иногда пята цементируют или делают



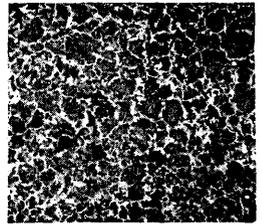
из твердых сплавов. Барабан С. «Диабло» содержит 0,36% С, 0,42% Mn, 0,31% Si, 0,026% S и 0,039% P. H_{Br} : у С. «Диабло» 137, у С. «Стандарт» 93 и у С. «Уралсельмаш» 77. Барабан последнего изготовлен из очень чистого железа (почти один феррит); у С. «Стандарт» углерода больше: феррит и немного перлита; у С. «Диабло» перлита еще больше. Материал тарелок барабана—мягкая сталь—термообработке не подвергается. Из этого же материала



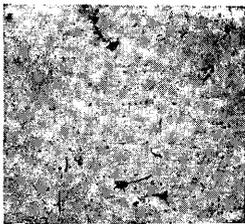
1



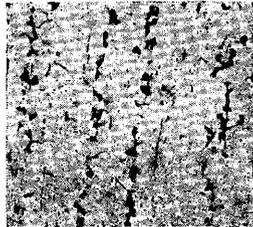
2



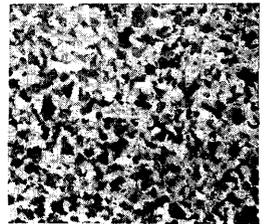
3



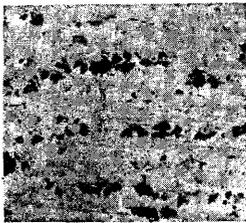
4



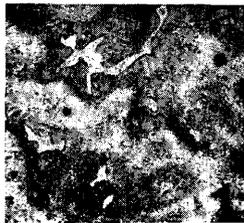
5



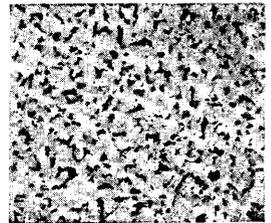
6



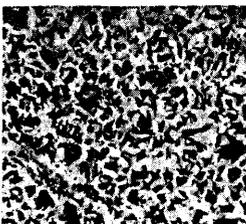
7



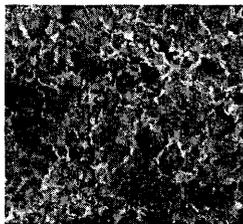
8



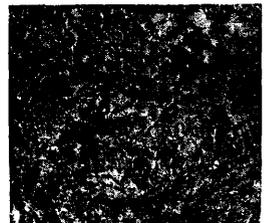
9



10



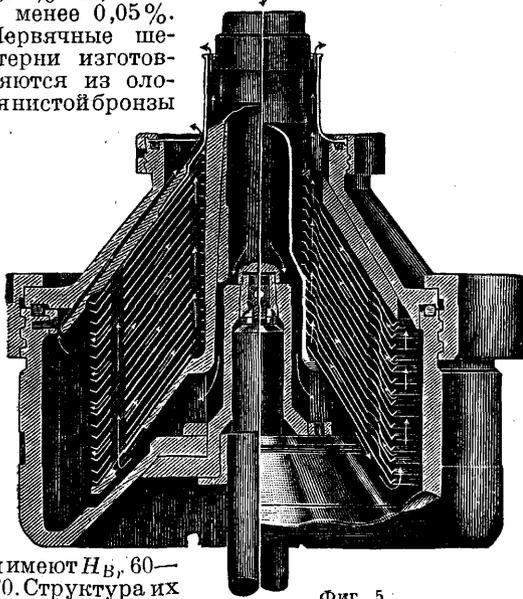
11



12

1. Веретено сепаратора Диаболо. 2. Веретено сепаратора Уралсельмаш. 3. Веретено сепаратора Стандарт.
4. Крышка барабана сепаратора Уралсельмаш. 5. Крышка барабана сепаратора Стандарт. 6. Крышка барабана сепаратора Диаболо. 7. Крепительная гайка сепаратора. 8. Червячная шестерня сепаратора.
9. Валы сепаратора. 10. Малые шестерни сепаратора. 11. Шестерни сепаратора. 12. Корпус сепаратора.

изготавливают и крепительные гайки барабана сепаратора. Все детали барабана лудятся оловом. Вставки барабана штампуются из самого мягкого луженого железа. Вставки у С. «Диаболо» имеют 0,071% С; микроструктура—вытянутые зерна феррита. Втулка горловой муфты изготавливается из обыкновенного серого чугуна и заливается баббитом. Пружина горловой муфты получается холодной навивкой из обыкновенной пружинной стальной проволоки, имеет сорбитовую структуру и высокие упругие свойства. Химич. состав пружины горловой муфты С. «Диаболо» такой: 0,77% С; 0,24% Mn; 0,34% Si; P и S менее 0,05%. Червячные шестерни изготавливаются из оловянистой бронзы



Фиг. 5.

имеют H_V , 60—70. Структура их состоит из дендритов твердого раствора олова в меди и эвтектоида. Валы С. изготавливаются из стали, имеют H_V = 100 и термообработке не подвергаются. Структура их—феррит и немного перлита. Малые шестерни С. изготавливаются из стали с 0,3% С, имеют H_V , 160—170 и термообработке не подвергаются. Структура—феррит и зерна перлита. Чугунные шестерни С. изготавливаются из серого чугуна с мелкими графитными выделениями и перлитной основной массой. H_V выше 170. Корпус С. отливается из серого чугуна, к-рый должен хорошо заполнять тонкостенную форму и обладать удовлетворительной обрабатываемостью (см. вкл. лист).

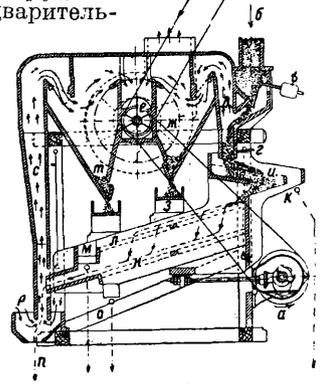
В настоящее время С. нашли себе значительное применение в различных отраслях промышленности, особенно же там, где работают крупные силовые установки с быстро вращающимися механизмами, требующими постоянной и обильной смазки, и где чистота смазочного материала имеет особо большое значение. На фиг. 4 изображена схема такой установки при 3-цилиндровом дизеле. Масло из картера отводится по трубке в контрольный сосуд 1, откуда насосом 2 подается для очистки в С. Из С. отход удаляется по трубке 3, а чистое масло по трубке 4 возвращается снова в картер. Насколько сильно вообще загрязняется смазочный материал, видно из следующего примера: за недельную работу паровой турбины мощностью в 2 000 HP из масла выделено С. сист. Лавалья 160 кг грязи. На фиг. 5 показан продольный разрез барабана Лавалья со вставками, предназначенны-

ми с левой стороны для очистки масла от грязи, а с правой—для осветления масла. Стрелками указан ход масла в барабане во время очистки.

Лит.: Флейшман В., Молоко и молочное дело, пер. с нем., Вологда, 1927; Болдырев П., Молочное хозяйство, машины и орудия, Вологда, 1924; К у и Г., Технич. основы крупного молочного хозяйства, Л., 1931; Б р е м е р Г., Расчет молочного сепаратора на обезжиривание, «Труды ин-та с.-х. механики», М., 1928, вып. 1; С л а д к о в Н., Отчет об испытании сепараторов на Бутырском хуторе в 1909 г., «Известия бюро по с.-х. механике 1912», П., 1912, вып. 3; И н х о в Г., Испытания сепараторов, «Труды Вологодского молочного ин-та», Вологда, 1919, т. 1, вып. 4; В е р е н н о в А., Результаты испытаний приводных сепараторов Альфа-Лаваль тип 41 и Балтик тип ЕВ2, «Записки Детскосельской зоотехнич. опытной станции», Л., 1929, вып. 6; М а к а р о в И., Испытание молочных сепараторов А. Лаваль № 41 и Балтик ЕВ2 на потребление механич. энергии, там же, Л., 1929, вып. 6; Б о л д ы р е в П., Сепаратор Круша марки 150С, «Кооперация Севера», Вологда, 1923, 17—18; Вестник металлопромышленности, М., 1925, 7—8; Б о л д ы р е в П., Сепаратор Альм 125 л., «Вестник металлопромышленности», М., 1927, 5—6; З н а м е н с к и й А., Сепараторы (результаты испытаний), «Труды с.-х. опытных учреждений Дона и Сев. Кавказа, Ростово-Нахичеванская-на-Дону Обл. с.-х. опытная станция», Ростов н/Д., 1925, Бюллетень 198; У с о в с к и й В., Молочные сепараторы для отделения сливок, их устройство и уход за ними, М.—Л., 1930; И л ь е в Б., Исследования на молочных центрифугах, «Годишник на Софийския Университет», София, 1924, вып. 2; M a r t i n В., Geschichte d. Rahmgewinnung, T. 1, Lpz., 1909, T. 2, B. 1, 2, Lpz., 1913—15; E g g K., Entnahmsmaschinen neuester Bauart, «Molkerei-Ztg», Hildesheim, 1924, 47; R ü t e r s P., Die Maschinen u. Einrichtungen d. Molkereien, «Die Milchindustrie», В., 1913, 4, 5, 6.

П. Болдырев, Н. Сладков.

Ситовые С. широко применяются в мукомольном деле для очистки зерна от крупных и мелких примесей при помощи сит и от легких—посредством продувания воздухом. На фиг. 6 изображен разрез С. сист. Зекк с двойными ситовыми коробами: вдоль ситовых коробов и перпендикулярно приводному эксцентриковому валу, вращение к-рого показано стрелкой а. Зерно поступает в ковш 6, проходит через питательный клапан, открытие которого регулируется грузом в, поступает в рукав 2, где продувается воздухом в направлении, указанном стрелками д, входящим в рукав через его нижний открытый конец навстречу движению зерна и направляемым к вентилятору е через осадочную камеру (или С.) жс. Такая предварительная очистка зерна в рукаве 2 при выходе его из приемного ковша отделяет от зерна значительную часть пыли и уменьшает пыление при дальнейшем проходе зерна по ситам машины. Тяжелая пыль осаждается в камере жс и постепенно через клапан выпускается в отводное корыто 3; легкая пыль уносится вентилятором из машины в обслуживающий ее фильтр. Прошедши рукав 2, зерно поступает на предварительное (к о л о ш н о е) сито и, сходом с к-рого получают крупные примеси, например случайно попавшие обрывки веревки и пр., указанные стрелкой к. Зерно, прошедшее сито и, попадает на сортировочное сито л, дающее в м. сходом крупные зерновые примеси (ячмень и пр.). Главная масса зерна просеивается через сортировочное сито л на сито н с мелкими круглыми отверстиями диам. 2 мм или продолгова-

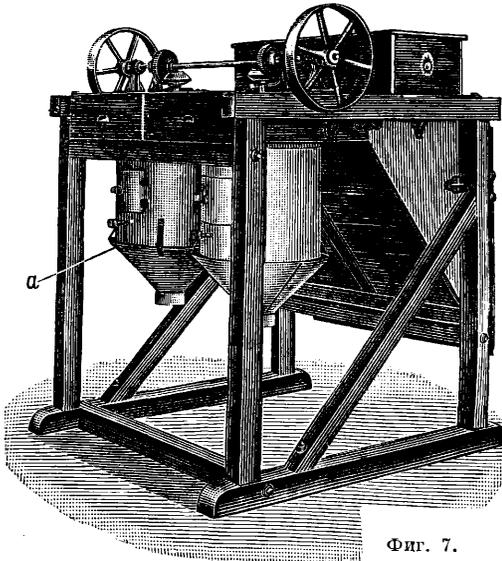


Фиг. 6.

Т. 9. т. XX.

тыми шириною $1\frac{1}{2}$ мм, отсеивающее от зерна песок и прочие минеральные примеси, отводящее из машины рукавом *о*. Зерно, сходящее с сита *н* и выходящее из машины по стрелке *п*, вторично продувается воздухом, входящим через воронку *р* и отводящим пыль через рукав *с* и камеру *т* в вентилятор *е*. Самая крупная машина с двойным ситовым коробом с размером сит $2 \times 1000 \times 1800$ мм (где 1000 мм—ширина и 1800 мм—длина сита в каждом коробе) при общей площади сортировочных сит 3,6 м² дает производительность 50 т/ч для предварительной очистки зерна в элеваторе. Для очистки зерна в мельнице производительность в четыре раза меньше. Длина машины 2770 мм, ширина 3250 мм и высота 2570 мм. Недостатками этих машин являются возвратно-поступательное движение тяжелых сит, тяжелые коленчатые валы, сотрясение машины, которому способствует и высокое расположение вентиляторов. На портовых элеваторах (Новороссийск, Николаев) поставлены С. конструкции Розенштейна и Лиленфельда с круговым движением сит (как у рассевов) с двухкорпусными и двухэтажными коробами с самобалансирным приводом и с отдельно поставленными вентиляторами. Производительность С. 2400 т в сутки при 11,2 м² сортировочных сит ($4 \times 1000 \times 2800$ мм), что исключает работу чрезмерно редкими ситами (на С. сист. Зекк 3,6 м² на 1200 т в 24 ч., а на америк. еще меньшая удельная площадь сит). Во избежание указанных дефектов качательного движения сит в С. сист. Бюлера вместо коленчатого вала применяется самобалансирный привод. В механизме этого привода 2 движущихся в обратном направлении груза уравновешиваются в верхнем и нижнем их положениях и складываются в горизонтальных положениях, вызывая соответствующее качательное движение сита.

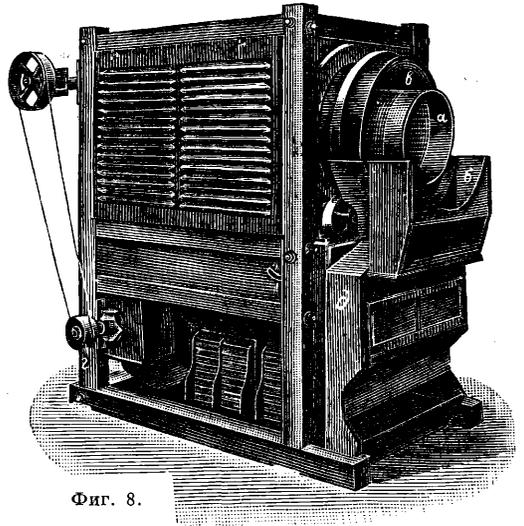
Описанные С. характеризуются предварительным продуванием зерна до поступления на



Фиг. 7.

сита и называются С. с нижними ситами. Имеются небольшие С. с верхним ситом, в которых зерно очищается воздухом только после сита (тарар с ситом). Наконец имеются зерноочистительные машины без сита. К таковым относятся тарар без сита, аспирационные ко-

лонки и дисковые аспираторы. Фиг. 7 изображает двойной дисковый аспиратор без вентилятора, применительно к центральной аспирации. Зерно поступает на диски и разбрасывается веером равномерно к окружности цилиндров; воздух проходит через кольцевые щели *а* между



Фиг. 8.

конусами и цилиндрами. Аспираторы эти изготовляются с вентиляторами, а также с циклонами, причем отходящий из циклона воздух возвращается в машину и совершает т. о. замкнутый цикл. Зерноочистительная машина сист. Шнейдера и Жаке «Меркурий» заменяет С. (фиг. 8). Принцип ее работы: зерно поступает на цилиндрич. вращающиеся сита; внутреннее редкое сито *а* дает сходом *б* крупные примеси; наружное сито *в*—проходом *с* и сходом зерно; вентилятор *г* аспирирует зерно при выходе из машины в шкафу *д*; воздух с пылью проходит через осадочные камеры и возвращается через струю зерна снова в вентилятор, совершая замкнутый цикл.

В горном деле применяются С., основанные на тех же принципах центробежной силы и отсеивания, но в совершенно отличных конструктивных исполнениях, а также магнитные С. См. *Обогащение полезных ископаемых и Воздушное обогащение.*

Лит.: З в о р ы к и н К., Курс по мукомольному производству, Харьков, 1894; К о з ь м и н П., Мукомольно-крупяное производство, 4 изд., М., 1926. Л. Розенштейн.

СЕПЬЯ, органическая краска, добываемая из чернильного мешка каракагитцы (*Seria officinalis*). В состав жидкости—содержимого чернильного мешка—входят углекислые соли щелочных и щелочноземельных металлов и органич. краситель—м е л а н и н (кислота неизвестного строения). Добывание С. производится гл. обр. в Италии. Для этого вынимают чернильные мешки из пойманных животных, перевязывают их и высушивают на солнце, после чего мешки разрезают на части, переводят в раствор путем обработки щелочью, фильтруют и осаждают краситель из раствора, нейтрализуя щелочь соляной или серной к-той, после чего еще раз фильтруют, промывают и сушат. С.—одна из наиболее постоянных по отношению к воздуху и свету органических коричневых красок. Не ядовита, в воде растворяется мало, в спирте и слабых к-тах нерастворима. При действии крепких к-т изменяет цвет. Применяется

почти исключительно как прозрачная акварельная краска. В продаже различают натуральную С. и подкрашенную краплаком. Особенно ценятся жидкие С., к-рые м. б. получены путем интенсивного диспергирования С. в водной среде с защитным коллоидом. Кроме естественной С. в продаже встречаются и искусственные С., получаемые искусственным путем из различных коричневых и черных красителей. Натуральная сеция не должна содержать примесей умбры, посторонних органических красителей и других веществ, которые обнаруживаются в краске при помощи прокаливаний и обработки спиртом.

Лит.: Добрынин И., Естественные органические красящие вещества, Л., 1929; Лидов А. П., Естественные органич. краски, СПб, 1901. П. Черенин.

СЕРА, S, химич. элемент VI группы периодической системы, порядковый номер 16, ат. в. 32,06, ат. объем 15,5 С.—один из немногих элементов, известных еще в глубокой древности.

Физические свойства С. Самородная С.—характерного желтого цвета, приобретающего, в зависимости от примесей, оттенки красный, зеленый или коричневый. С. (как и селен) существует в виде ряда аллотропич. модификаций во всех физич. состояниях: в твердом (кристаллическом) виде, в расплавленном и в парообразном. В определенных условиях С. может быть получена в аморфных модификациях, а также легко образует коллоидно-дисперсные системы. Ромбическая модификация (октаэдрич. С., к-рой относится почти вся С., встречающаяся в природе) образует кристаллы ромбич. системы, уд. в. 2,0788 при 0°; тв. по Мосу 1—2. Средний коэф. расширения $0,5995 \cdot 10^{-4}$; уд. теплоемкость $(0,95^\circ) 0,1751 \text{ см/г}$; атомная теплоемкость 5,95; $t_{\text{пл}}^{10}$ 114,5°; теплота плавления (при 100°) 14,9 Cal; непроводник электричества; при трении электризуется отрицательно.

Моноклиническая модификация (приматич. С., S_{β}) не стабильна при обычной t° и постепенно переходит в ромбическую (S_{α}). Поэтому в природе моноклинч. С. встречается редко. Моноклинч. С. образуется при расплавлении С. и быстром ее охлаждении, при возгонке С. и при переходе аморфной С. в ромбическую (очевидно как промежуточная ступень). Физич. константы этой нестойкой модификации определены менее точно, чем S_{α} . Твердость S_{β} несколько больше, чем у S_{α} ; уд. в. 1,95; уд. теплоемкость $(2-43,4^\circ) 0,1794$; $t_{\text{пл}}^{10}$ 119,2°; скрытая теплота плавления 10,4 Cal. Обе модификации антагонистичны и переходят одна в другую ($S_{\alpha} \rightleftharpoons S_{\beta}$). Существует при определенном давлении определенная t° , выше к-рой существует S_{β} -форма, а ниже— S_{α} -форма; переход из первой формы во вторую и обратно достигается напр. простым изменением t° при постоянном давлении. При быстром понижении t° моноклинч. С. может быть сохранена и при низких t° в переохлажденном состоянии. Наблюдаются случаи и перегретого состояния. Теплота превращения $S_{\alpha} \rightarrow S_{\beta} = 2,4 \text{ cal.}$ (на 1 г С. при 0°). Известны также ряд других модификаций С., б. ч. нестойких, переходящих при низкой t° в ромбическую, а при высокой t° в моноклинч. модификацию; так, известна вторая моноклинч. модификация S_{β} , образующая бесцветные прозрачные листочки или пяти-шестигранные таблечки. Кристаллы обладают двойным лучепреломлением и сильно ирризируют. Уд. в. меньше, чем у ромбич. модификации. Для получения этой модификации растворяют С. в насыщенном спиртовом растворе сернистого аммония и оставляют на воздухе. Появление S_{β} -модификации легко м. б. обнаружено по перламутровому блеску кристаллов, к-рые нестойки и легко переходят в S_{α} . Имеются также указания на существование триклинич. и ромбоэдрич. модификаций С.; последняя получается в виде мелких прозрачных кристаллов при обработке тиосульфид (серноватистой) к-ты хлороформом и испарении последнего; уд. в. модификации равен 2,135.

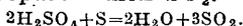
При нагревании С. плавится, становится жидкой и светлой. Около 160—170° плав загустевает и темнеет. При более высокой t° плав становится темнокоричневым и до 200—250° густеет. При дальнейшем повышении t° плав снова становится жидким. Если вылить в холодную воду

расплавленную С. с 120—140°, она встывает в виде ломких кусков; вылитая же при t° ок. 200° (и вообще вязкая С.) в холодной воде образует пластичную массу, называемую пластикой. Этот вид С. содержит некоторое количество аморфной модификации, не растворимой в CS_2 и других растворителях. В зависимости от t° вылившейся С. и присутствия в ней посторонних веществ, особенно воды, количество аморфной С. сильно меняется. В настоящее время обычно принимают, что расплавленная С. содержит две модификации—кристаллическую S_{λ} и аморфную, нерастворимую S_{μ} , причем $S_{\lambda} \rightleftharpoons S_{\mu}$ —равновесная реакция, для протекания которой слева направо благоприятно повышение t° и действие химически активного света (дуговая лампа), что удается обнаружить по понижению t° затм. или по выделению аморфной С. из осветленных растворов. Уд. в. расплавленной С. при 120°—1,81, при 133°—1,86, при 302°—1,70. Коэф. расширения при 115°—557·10⁻⁶, при 150°—380·10⁻⁶, при 170°—210·10⁻⁶, при 190°—262·10⁻⁶, при 212°—320·10⁻⁶. Максимальная вязкость при 200°; уд. теплоемкость $(119-146^\circ) 0,2346$; уд. электрич. сопротивление (при 130°) 2·10¹⁰. Аморфная С. S_{μ} получается при обработке пластич. серы CS_2 ; S_{λ} растворяется и в нерастворимом остатке остается гл. обр. S_{μ} . Возможно, что при всяком осаждении С. в водном растворе сначала образуется S_{μ} , к-рая постепенно переходит в S_{λ} . Обычно осаждению предшествует образование коллоидной С. Присутствие к-т и галогидов каталитически препятствует образованию S_{λ} из S_{μ} ; аммиак и щелочи ускоряют этот переход. При освещении растворов ультрафиолетовым светом происходит образование аморфной формы ($S_{\lambda} \rightleftharpoons S_{\mu}$); так, раствор С. в CS_2 в этих условиях мутнеет с образованием S_{μ} . Твердую S_{μ} в отсутствие S_{λ} получить и сохранять крайне трудно, поэтому большинство констант относится собственно к смеси обеих модификаций, как и в случае пластик. С. Уд. в. S_{μ} при комнатной t° 1,88. Коэф. расширения определен очень ненадежно вследствие перехода S_{μ} в S_{λ} или в S_{α} при более высокой t° . Парообразная С. Плотность паров С. при t° близких к $t_{\text{пл}}^{10}$ (144°), 6,5—6,6, т. е. молекулярная ф-ла С.— S_8 ; при t° , близкой к 1000°, существуют лишь молекулы S_2 ; т. о. при нагревании паров С. происходит диссоциация ее молекул. Выше 1000° молекулы состоят из двух атомов; так, при 1500° $D=2,17$, при 1719° $D=2,19$. В интервале 1240—2020 мол. в. С. соответствует ф-ле $S_{1,7}$. Т. о. с повышением t° молекулярный состав С. падает от S_8 до $S_{1,7}$, причем соответственно меняется цвет паров: светлые при t° кип. пары С. постепенно желтеют и ок. 500° становятся темнокрасными, затем ок. 650° светлеют вновь.

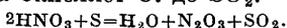
Теплопроводность ромбической серы при 0° 0,0007 cal/cm ск.; $t_{\text{пл}}^{10}$ 112,8°; $t_{\text{кип.}}^{10}$ 445,5°. Упругость паров (при 0°) 0,15·10⁻⁴. Теплота возгонки (при 150°) 18 500 cal/г-атом, при $t_{\text{кип.}}^{10}$ 15 150 cal/г-атом. S_{α} сильно преломляет свет. При 20° $n_{\alpha}=1,9579$; $n_{\beta}=2,0377$; $n_{\gamma}=2,2452$ (для линии D). Электропроводность С. ничтожна, порядка 10⁻¹⁸ мо, для расплавленной С. порядка 10⁻¹² мо при 115° и 10⁻⁸ мо при 430°, т. е. растет с t° . Диэлектрич. постоянная (для $\lambda = \infty$) $\epsilon_{\alpha}=3,811$, $\epsilon_{\beta}=3,97$, $\epsilon_{\gamma}=4,773$; т. о. соотношение Максвелла $\epsilon=n^2$ для S_{α} справедливо. С. сильно диамагнитна. Магнитная проницаемость $\kappa=0,8 \cdot 10^{-6}$ (по сравнению с воздухом). Растворимость С. в воде незначительна (практически нерастворима). Из других растворителей С. (ее ромбич. модификация) следует отметить CS_2 , бензол и толуол; CCl_4 и тетрахлорэтан при комнатной t° дают 1%-ные растворы С. Мол. в. растворенной С. в различных растворителях по криоскопич. и эбулиоскопич. данным колеблется в пределах 240—292, что соответствует ф-ле S_8-S_9 , чаще всего S_8 .

Химические свойства С. Известны три изотопа С. с ат. в. 32, 33 и 34. Химич. свойства С. определяются ее атомным номером (16), т. е. наличием шестивалентных электронов во внешней оболочке атома и в соответствии с этим положением С. в VI группе периодич. системы. Т. о. в соответствии с правилом Абега и Коссея С. образует соединения с главным валентным числом 6 по кислороду и 2 по водороду.

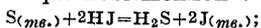
Главное координационное число С. по Вернеру равно 6 (SF_6). Для кислородных к-т С. и их солей главное координационное число равно четырем $H_2[SS_2]$. Благодаря заметно выраженным амфотерным свойствам С. она легко окисляется и довольно легко восстанавливается, давая устойчивые кислородные и сравнительно (но менее) устойчивые водородные соединения. С кислородом С. образует несколько соединений, с водородом за счет главной валентности только одно соединение—сероводород (см.); остальные обязаны своим образованием проявлению сил побочной валентности и все одного типа—полисульфиды. Темп-ра, при к-рой С. реагирует с молекулярным водородом, сравнительно высока (400—450°); с атомным водородом С. реагирует при комнатной t° . Координационное строение полисульфидных кислот $H_2[SS_n]$ и общая ф-ла H_2S_m , где $m \approx 3$. В комплексах с алкалоидами по нек-рым данным m равно 6 и даже 8. С кислородом (за счет главной валентности) С. образует ряд соединений (SO_2 , SO_3 и возможно S_2O_3), кроме того свыше десятка соединений более сложного химич. состава, разного строения и разных свойств. Сюда относятся, кроме сернистой и серной к-т, к-ты с ф-лами $H_2SO_2(?)$, H_2SO_5 , $H_2S_2O_6$, политионовые к-ты, тиосерная к-та и ряд других соединений (см. *Серы соединения*). Как и с водородом, с кислородом С. соединяется также лишь при нагревании, причем загорается и на воздухе. Темп-ра воспламенения С. на воздухе ок. 260°; пламя горячей С. имеет синеватый цвет. При горении в обычных условиях С. образует гл. обр. сернистый ангидрид SO_2 . С галоидами С. соединяется при низких t° (до 100°); исключение составляет иод, с к-рым С. повидимому не дает соединений. С углеродом С. соединяется при t° 900—950°, образуя CS_2 . С селеном и теллуром С. образует сплавы, с кремнием и фосфором—сульфиды. Бор, мышьяк, сурьма, висмут и почти все металлы дают сульфиды. Теплообразования металлич. сульфидов обычно довольно велика. Не получены непосредственным взаимодействием с С. лишь соединения с J, N, Au, Pt (?) (в нек-рых случаях косвенным путем такие соединения м. б. получены, напр. сернистый азот N_4S_4). С конц. серной к-той С. реагирует при t° ок. 300° с образованием SO_2 :



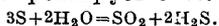
Азотная к-та окисляет С. до SO_2 :



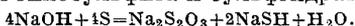
Соляная к-та на С. не действует. Иодистоводородная к-та и газообразный HJ восстанавливают твердую С. при повышенной t° :



реакция эта обратима, причем при высоких t° (с газообразным HJ) и в сильно концентрированных растворах HJ реакция идет слева направо; при больших же разбавлениях равновесие смещается справа налево. CO_2 при t° ок. 400° и выше окисляет С., причем образуется ряд продуктов: COS , SO_2 , CO , CS_2 и др. Вода при высоких t° реагирует с С.:



При кипячении С. с водой, если и наблюдается химическое действие, то его следует приписать гл. обр. действию щелочей, экстрагируемых водой из стекла. Со щелочами С. реагирует с образованием гипосульфита и сульфидрата:



С растворенным Na_2S С. образует полисульфиды типа $Na_2[SS_n]$, где $n = 4$ или 5; в смеси с бер-

толетовой солью С. взрывает от удара и трения; с углем и селитрой образует черный порошок; свойства иона С. см. *Сероводород*. **Б. Ормонт.**

Распространение С. в природе. С. в природе встречается в виде самородной и химически связанной С. в виде 1) сульфидных руд: а) железа FeS_2 (колчедан); б) цветных металлов: Cu_2S (медный блеск), ZnS (цинковая обманка), HgS (киноварь), Ag_2S (серебряный блеск), As_2S_3 (реальгар), As_2S_5 (аурипигмент), $CuFeS_2$ (халькопирит) и т. д. 2) В виде природных сульфатов металлов первых трех групп периодической системы: гипс $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, ангидрит $CaSO_4$, глауберова соль (мирабилит) $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$, глауберит $Na_2SO_4 \cdot CaSO_4$, англезит $PbSO_4$, тяжелый шпат $BaSO_4$, алунит $K_2Al_4(OH)_{12}(SO_4)_4$, и др. 3) В виде С., входящей в состав каменного угля или сопутствующей ему в виде пирита. 4) С. битуминовых сланцев.

С., содержащаяся в нефтях в форме органич. соединений, в минеральных источниках, а также в растениях и в составе животных организмов (белок, волосы, ногти, кровь), промышленного значения не имеет. Значение перечисленных основных групп серных ресурсов в составе доступной человеку зоны земной коры различно, что объясняется самой их генетикой. Поскольку в земной коре имеется зона сульфидов, залегающих непосредственно под зоной окисленных горных пород и минералов, за этой группой остается доминирующее значение; однако выходы сульфидов на земную поверхность ограничены. Наиболее распространены в поверхностных частях земной коры сульфаты.

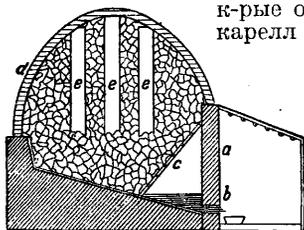
Все месторождения самородной С. можно разбить на следующие группы: 1) месторождения, связанные с выпадением С. из минеральных источников (не имеющие промышленного значения); 2) месторождения, связанные с осадками той или иной системы, с изверженными породами или поствулканич. деятельностью; к этой группе относится главная масса месторождений, имеющих промышленное значение; 3) месторождения, связанные с распадом колчеданов. Самородная С. образуется б. ч. в результате восстановления сульфатов, причем для ее образования необходимо сочетание целого ряда специфич. условий, как то: климат, наличие природных минеральных восстановителей или бактерий и т. д. Почти вся мировая серная пром-сть базируется на самородной С.

С а м о р о д н а я С. встречается в виде гнезд или в мелкодисперсном виде в мергелях, известняке, гипсе, глине и других породах. Главнейшие мировые месторождения самородной С. находятся в Луизиане и Тексасе (США), а также в Сицилии и на материке Италии. Запасы этих месторождений исчисляются десятками млн. т, при среднем содержании С. в руде 20—40%.

Небольшие залежи С. встречаются в Европе—в Греции, Польше (у Кракова), Испании, Германии (Плиссен), Франции, Исландии; в Америке—Чили, Перу, Аргентина, Виргиния, Малые Антильские о-ва; в Азии—Япония (о-ва Хоккайде, Кюшю, Хондо), Ява, Турция, Месопотамия, Белуджистан; в Африке—Египет, Тунис, ю.-з. Африка, Австралия, Новая Зеландия, нек-рые о-ва Новой Каледонии. Из всех перечисленных месторождений С. международное значение имеют лишь залежи США и Италии. Месторождения С. в СССР до настоящего времени еще недостаточно разведаны. Наиболее разведанными являются нек-рые месторождения ср. Азии. Наиболее богатые и мощные месторождения находятся на окраинах СССР. По последним геологоразведочным данным представляет значительный интерес Алексеевское месторождение, расположенное в Самарско-Кинельском районе. Нек-рое значение для местной пром-сти могут иметь месторождения Южноуральской группы (напр. Баскунчакское). Из месторождений Крыма небольшое промышленное значение имеет Чекур-нояское месторождение близ г. Керчи. В с.-в. части Дагестана с начала 19 в. известна Аварская группа, состоящая из шести месторождений, довольно близко расположенных друг к другу. Около г. Махач-Кала расположена Петровская группа месторождений. Серные месторождения Грузии промышленного интереса не представляют. Из месторождений Армении

можно отметить Гемюрское месторождение, расположенное близ г. Нахичевани. С. залегают гнездами в мергелях; процентное содержание С. в руде доходит до 40. Неразведанные месторождения С. имеются в Забайкальи (Нерчинский округ), б. Иркутской губ., Алтае, Кузбассе и на Камчатке. Весьма значительное количество серных месторождений (ок. 30) имеется в среднеазиатских республиках — на месторождениях Шор-су (Юкалди), Кара-нум. С. встречается там гл. образом в мергелях, известняках и конгломератной руде (галька, цементированная сера). Среднее содержание С. в руде 20%. Запасы С. определяются в несколько сотен тысяч т. В настоящее время месторождение Шор-су промышленно эксплуатируется. Каракумское месторождение расположено в Каракумской пустыне в 226 км от г. Ашхабада; С. находится в цементованном ею песчанике и гипсе; содержание ее колеблется от 25 до 80%. Несмотря на большие трудности, Каракумское месторождение промышленно эксплуатируется. Гаурдагское месторождение, открытое в 1926 г., находится у Афганской границы. Запасы С. повидимому исчисляются млн. т. С. залегают в плотных гипсах и известняках. Питьевой воды вблизи месторождения нет, минерализованная имеется. Чангыр-Ташское месторождение расположено в 11 км от ж. д., в 18 км от г. Джалаалабада. С. выщелачивается в гипсах. Содержание С. в руде доходит до 30%.

Добыча и переработка самородных серных руд. Существующие способы получения С. из самородных серных руд разбиваются на следующие технологич. процессы. 1) Выплавка из руды за счет сжигания части С.; 2) выплавка паром или перегретой водой под давлением (надземная или подземная); 3) выплавка или дистилляция при сжигании углеродистого топлива; 4) выплавка при помощи подземных пожаров; 5) экстракция растворителями (сероуглерод, керосин); 6) экстракция высококипящими жидкостями (растворы солей: CaCl_2 , MgCl_2 , NaCl и др.); 7) механич. и аэрационное обогащение серных руд; 8) флотационное обогащение серных руд; 9) электростатич. обогащение серных руд. Наибольшее промышленное значение получили методы (1) и (2). Переработка самородных серных руд начала развиваться с 60-х гг. прошлого столетия в Италии. До этого времени переработка серных руд производилась кустарно — местным населением. Руду складывали в кучи, калькареллы, имевшие высоту 4 м при 2,5 м в диам., или вырывали плоскую яму в 10—20 м глубины, причем ее под шел наклонно к одной стороне, для стока выплавляемой С. Метод основан на том, что часть С. поджигают и за счет теплоты ее сгорания выплавляют другую часть С. Получающийся при выплавке SO_2 выпускают в воздух. С. плавится и выгорает только во внутренней части калькареллы, а внешняя служит как бы крышкой. Калькареллы складывались из 5—6 т руды; выход С. в калькареллах 30—40% от первоначально содержащейся в руде. В 60-х гг. прошлого века калькареллы стали заменять калькаронами (фиг. 1),

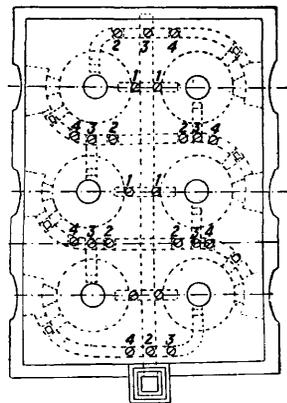


Фиг. 1.

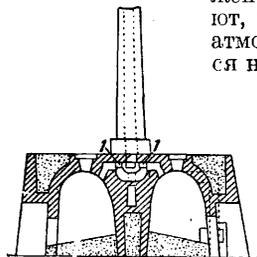
кр-ые отличаются от калькарелл только значительно большими размерами. Калькароны складывают вместимостью от 200 до 2 000 м³ руды. Кроме того у калькарон выкладывают специальные основания, а также делают более совершенную покрывку d из обожженной рудной мелочи. Производительность калькароны значительно выше, чем калькареллы. При хорошем ведении процесса в калькаронах отношение расплавленной С. к сгоревшей 2 : 1. Зажигают калькарону через воздушные каналы e,

бросая горящие пучки соломы, смоченные в С., в каналы; С. плавится, просачивается через колосник c через отверстие b в стенке a и выпускается в специальные формы емкостью 50—60 кг. Выпуск С. начинается через месяц после розжига калькароны и производится 2—3 раза в сутки. Режим печи и нужную t° устанавливают посредством пробивания или замазывания отверстий в нижней части печи, а также утолщением или утоньшением покрывки. Т. к. горящая зона опускается сверху вниз, то С. плавится, не разогреваясь до слишком высокой t° и сохраняя подвижность и светложелтый цвет; примеси в калькаронной С. остается 1—2%. Процесс идет очень медленно, от 1½ до 3 мес., в зависимости от размера калькароны.

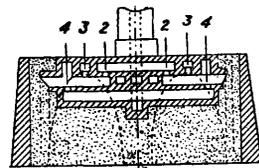
Более совершенным методом выплавки является применение многокамерных печей Жилля (современная 6-камерная печь: фиг. 2 — план, фиг. 3 — разрез по камерам, фиг. 4 — разрез по каналам). Камеры складывают из кирпича и соединяют между собой системой специальных каналов 1, 2, 3, 4, по которым циркулирует воздух и горячие дымовые газы. Каждая камера вмещает 15—40 м³ руды. Разжигают печь забрасыванием пучков соломы в нагруженную до половины камеру или от отдельной топки, идущей на дровах или угле. Воздух входит в камеру, наполненную отработанной горячей пустой породой, и нагретым поступает в камеру плавления; горячие газы из камеры плавления проходят камеру, загруженную свежей рудой, к-рую подсушивают, после чего удаляют в атмосферу или утилизируют на серно-кислотном заводе.



Фиг. 2.



Фиг. 3.



Фиг. 4.

Одна из камер печи всегда находится под нагрузкой и выгрузкой. Пяти- и шестикамерные печи регулируют т. о., что плавление идет сразу в двух камерах. Расплавленная С. по наклонному полу камер стекает в специальные формы (как и из калькароны). Производительность 6-камерных печей исчисляется в 8 000—9 000 т обработанной руды в год; количество примесей в С. не превышает 1½—2½%.

Выплавку С. из руды помощью пара предложил Жилье Джузеппе (1858). Его аппарат состоит из вертикального цилиндра из котельного железа с помещенной внутри аппарата сеткой, на которую загружается руда. В герметически закрытый аппарат под давлением 3—3½ атм (т. е. при t° 125—140°) пускают пар. Разжижен-

ная С. вместе с сконденсировавшейся водой собирается в нижней части цилиндра, откуда и выпускается. По выпуске С. выгружают отра-

Фиг. 5.



ботанную породу. Опыты по выплавке С. с помощью пара показали неблагоприятные результаты при значительном остатке С. в отработанной руде, доходившем до 10—12%. С. получалась нечистой, т. к. при выпуске смешивалась с пустой породой; наиболее благоприятные результаты получались при работе на гипсовых рудах. Несмотря на отрицательные результаты первых опытов по выплавке С. из руд паром, было предложено громадное количество паровых аппаратов различных конструкций, которые можно классифицировать след. обр.: 1) вертикальные паровые аппараты; 2) горизонтальные паровые аппараты; 3) аппараты иного рода (вращающиеся

и др.). Стоимость 1 т С., полученной паровым методом, определяется в 60—70 лр.

Громадный переворот в развитии серной промышленности произвел метод выплавки С. под давлением перегретой водой непосредственно под землей, предложенный америк. инж. Фрашем в 1892 г. С 1902 г. метод Фраша получил промышленное признание. В настоящее время по его методу работает почти вся америк. серная промышленность (75% мировой серной промышленности).

По методу Фраша в буровую скважину, входящую в сероносную породу, опускают 4 концентрически расположенные по отношению одна к другой трубы (фиг. 5); diam. труб: 254 мм, 152 мм, 76 мм, 25 мм. По первым двум трубам из специальных тарельчатых перегревателей в почву поступает горячая вода, к-рая плавит С. под землей; в перегревателе вода подается по трубе 3, пар— по трубе 2, перегретая вода выходит по трубе 1. Расплавленная С. входит в трубу 3 через сетку, имеющуюся в конце 3-й трубы, по к-рой под давлением воздуха, нагнетающегося через трубу 1, выбрасывается на поверхность, где собирается в специальные большие досчатые разборные приемники, где и застывает огромными глыбами высотой в 18—20 м и весом 80 000—120 000 т. Такие глыбы разбиваются динамитом либо механически либо сжатым воздухом при помощи скважин, высверливаемых перфоратором. В последнее время выходящую из скважин С. пускают на стальные конвейерные ленты, на к-рых происходит затвердевание С. Получаемая С. очень чиста (С. выше 99,5%). Метод Фраша требует большого количества воды и топлива (9 м³ воды и 300—400 кг нефти на т С.). Несмотря на громадную производительность (в среднем каждая скважина выбрасывает 300 т С. в сутки), применение этого метода обуславливается наличием на серном месторождении достаточного количества воды и топлива. Кроме того само месторождение должно удовлетворять следующим требованиям: 1) достаточная глубина залегания серных пластов: 150+300 м; 2) руда д. б. богатой—50+70% S; 3) покрывающая порода д. б. достаточно устойчивой и подземному давлению, образуя купол, как бы естественную крышку громадного подземного автоклава. Скважины располагают на расстоянии 25+35 м друг от друга; т. о. выработка месторождения достигает всего 25%. Стоимость 1 т С. по методу Фраша 30+35 лр.

Применение перегретой воды для надземной переработки серных руд было начато в конце прошлого столетия инж. Паоло, Дечю и Паткановым, которыми были сконструированы специальные автоклавы для переработки сыпучих руд. Видоизмененный инж. Волковым этот метод применен на Каракумском месторождении и позднее на месторождении Шор-су. Т. о. в настоящее время месторождения СССР эксплуатируются только этим способом (Чекур-копашское месторождение эксплуатируется с помощью обогатительной ф-ки, выпускающей в качестве продукта не чистую С., а концентрат, содержащий 75% S). Аппарат инж. Волкова представляет собой вертикальный автоклав из котельного железа, выдерживающий давление до 6 atm. Через верхний люк автоклава загружаются руда и вода (в количестве 25% от веса руды), люк герметически закрывается, и в автоклав пускается острый пар, прогревающий всю массу до 150°. Выплавающаяся С. собирается в нижней части автоклава, порода же в виде мелких частиц, смоченных водой, располагается в верхнем слое. Жидкая С. выпускается под давлением через патрубок, имеющийся в нижней части автоклава. После выпуска С. пар перепускается в следующий автоклав, давление снижается до атмосферного, а через люк внизу автоклава выбрасывается отработанная порода, смешанная с водой. Остаток С. в отработанной т. о. породе значителен (до 40—50% от первоначального содержания С. в руде).

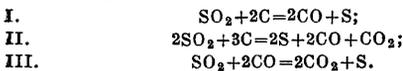
Весьма интересным является момент полного использования С. в руде, при замене С., сгорающей в печи Жилля, каким-либо иным топливом. Здесь можно отметить работы, идущие по трем направлениям: 1) перегонка С. в ретортах; 2) расплавление или дистилляция С. из руды в атмосфере горячих инертных газов, получаемых из генератора; 3) добавка к серной руде, поступающей в плавку, угля. Первый из указанных способов является наиболее старейшим, применявшимся в Италии в 60-х гг. прошлого столетия; реторты (допшионы) составляли батарею, обогреваемую одной печью.

Ин-том прикладной минералогии (Москва) разработан процесс дистилляции С. из руды в шахтных или вращающихся печах горячим инертным газом, после чего охлажденная мелкодисперсная С. должна улавливаться в электрофильтре. Для месторождений, обладающих достаточными топливными ресурсами, применение данного метода может оказаться весьма рациональным. В Перу (Ю. Америка) оказался пригодным метод Roos'a. Руду, состоящую из смеси песка и С. (с содержанием С. до 48%), помещают в вагонетки и пропускают сквозь туннель, где циркулируют горячие газы. По превращении руды в кашеобразную массу ее центрифугируют (чугунная центрифуга); расплавленную С. собирают; остаток С. извлекают из руды обжигом в виде SO₂. Применение искусственной шихты из серной руды и угля было сделано в специально сконструированных печах Руффо, Рибони Пьетре и др., но экономически ни один из предложенных способов себя не оправдал. Методы извлечения С. в экстракторах сероуглеродом не привились вследствие трудностей работы и имевших место несчастных случаев (пожары). Такие не получают широкого распространения и экономически себя не оправдывают методы выплавления С. в кипящих растворах солей: CaCl₂, MgCl₂, NaCl, ZnCl₂. Небольшое количество С. было получено в Италии при помощи оригинального метода подземных пожаров. Первоначально получали С. в рудниках при стихийно возникших в соседних рудниках пожарах; впоследствии Фиори (1910 г.) предложил специальную систему галлерей, позволяющую управлять искусственно вызванным подземным пожаром в целях получения чистой С. Этот способ был применен на некоторых рудниках, но вследствие больших потерь С. в настоящее время оставлен.

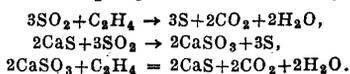
Получение серных концентратов. Концентрат, или обогащенная серная руда (с содержанием С. 70—90%), м. б. применен как продукт (напр. в с. х-ве) или является полуфабрикатом для дальнейшего получения из него чистой С. по одному из вышеописанных методов. Концентраты получают механическим обогащением серных руд, флотационным и электростатич. методами. При механич. обогащении серных руд применяют грохоты раз-

личных систем, помол в шаровых мельницах с деревянными шарами (где сера истирается в порошок, а сопровождающаяся пустая порода остается в виде кусочков) и методы аэрационного отвейвания в специальных сортировочных трубах. *Флотация* (см.) серных руд производится в специальных ваннах в присутствии флотационных реагентов. Серная руда, подвергая процессу флотации, размалывается до 90—100 меш. В заграничной практике процесс флотации серных руд большого применения не имеет, в СССР имеются флотационные серные заводы (Чекур-кояшский рудник—Крым и в Шор-су—Ср. Азия). Электростатический метод обогащения серных руд основан на различной электропроводности серы и других компонентов руды.

Получение С. из сульфидов. Для получения серы из сульфидов было предложено значительное количество различных способов, но промышленное осуществление получили только три: 1-й способ (Клаус-Ченса), выделение С. из сульфида кальция, впервые осуществлен в Англии; 2-й способ получения С., путем термич. выделения половины связанной С. из колчедана, осуществлен в Швеции; 3-й способ, разработанный в Ин-те прикладной минералогии проф. Юшкевичем, инж. Каржавиным и др., осуществлен на Урале. Этот способ основан на сжигании сульфида (применяется флотационный колчедан) в SO_2 в специальных печах, с последующим восстановлением SO_2 генераторным газом и углем до С. в присутствии катализатора (боксит):

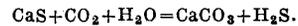


Ин-том прикладной минералогии (проф. Юшкевичем) изучен состав обжиговых газов уральских медеплавильных э-дов с точки зрения извлечения из них С. и проработки методики регулирования состава газовой смеси в смысле предельного снижения CS_2 и COS и обогащения смеси SO_2 . В качестве катализатора при этих реакциях м. б. применены боксит (смесь Fe_2O_3 и Al_2O_3) и другие вещества, напр. FeS на пемзе и др. Вообще проблема получения С. из SO_2 является для СССР одной из важнейших задач современной техники, особенно цветной металлургии; при неиспользовании отходящих металлургич. газов не только теряется огромное количество содержащейся в них С., но и страдает местность вокруг заводов. Говард (W. Howard) запатентовал следующий метод: отходящие газы пропускаются через воду, в к-рую продувается воздух, а смесь SO_2 с воздухом восстанавливается раскаленным углем. Беннер и Томсон предложили метод получения С. из SO_2 восстановлением SO_2 генераторным газом, водородом и т. д. при $t^\circ 300^\circ$; катализатором служит боксит. Интересно применение в качестве восстановителя водорода, метана, естественных газов и других восстановителей. *Pensylvania manufakturaria* ставила опыты по восстановлению SO_2 распыленным минеральным маслом в присутствии CaS по реакциям:

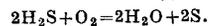


Попытки получения С. из колчеданов путем их разложения оказались до сих пор экономически неудачными. Костеану предложил метод получения С. действием CO_2 на ZnS .

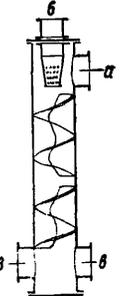
Метод Клаус-Ченса основан на обработке сульфида кальция CaS (к-рый получается как остаток в результате получения соды по Леблану) углекислотой и парами воды:



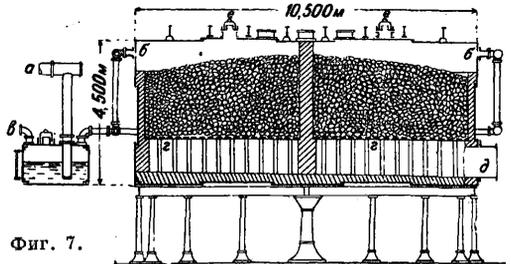
Газ, содержащий 35% H_2S , смешивается с воздухом в специальных смесителях (фиг. 6, H_2S подают через трубу *a*, воздух вдувают через *b*, газы отводят через *e*) и сжигается на поверхности соответствующего катализатора в специальных печах [фиг. 7: *a*—газопровод, *b*—впуск газов, *e*—их выпуск, *g*—решетка для катализатора (боксит), *d*—отверстие для вывода газов, *e*—предохранительный клапан]; H_2S окисляется до S:



Катализатором служит окис железа, вельдонский ил (см. *Хлор*) или, чаще всего, боксит. По этому способу получается весьма чистая С., но в отходящих газах вследствие реакции $3S + 2H_2O = SO_2 + 2H_2S$ теряется некоторое количество С. По другому способу H_2S смешивают



Фиг. 6.



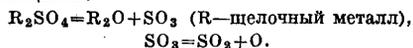
Фиг. 7.

с SO_2 ; в результате окислительно-восстановительной реакции С. выделяется в элементарном виде.

Действуя попеременно то водяным паром то восстановительным пламенем, Холл извлекал С. из пирита и других сульфидов. По другому способу Холл предварительно смешивал колчедан с известью. По мнению автора расход угля при данном способе не должен превышать 10% от веса руды. Разложение FeS_2 на FeS и S производилось в муфелях в шахтных вращающихся печах. Фрелих (Frölich) вел разложение FeS_2 в атмосфере CO_2 или N_2 с примесью O_2 для окисления Fe в Fe_2O_3 . Вальтер вел разложение при недостатке воздуха в печи Герресгофа; Райт—в электропечи при $t^\circ 3000^\circ$; Нью Джерсей (New Jersey)—в муфелях без доступа воздуха; Урбазен—в атмосфере генераторного газа; Хэниш и Шредер составляли шихту из колчедана и конса и вели процесс в шахтных печах. Фирма «Agfa» для выделения С. из пирита применяет шахтные печи, прогреваемые генераторным газом. Уральский научно-исследовательский химич. институт для выделения С. из пирита (брикетированный флотационный колчедан) применяет шахтные печи; в нижней части шахты происходит горение FeS , в верхней части идет отгонка первого атома S из загружаемого колчедана сернистым газом, к-рый используется на серноислотном э-де или восстанавливается по описанному выше методом. Ин-том прикладной минералогии и Гос. ин-том проект. химич. аппаратуры (Москва) ведутся работы по выделению С. из флотационных колчеданов во вращающихся печах, причем отгонка первого атома производится за счет SO_2 , выделяющегося при горении FeS и частично FeS_2 ; SO_2 восстанавливается специально подводимым в печь генераторным газом. Ин-том прикладной минералогии ведутся также работы по выделению С. из углистого колчедана в шахтных и вращающихся печах, при ведении процесса аналогично генераторному (Креймер).

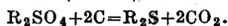
Получение С. из сульфатов. В наиболее распространенных сульфатах содержание С. определяется следующими цифрами: гипс $18 \div 22\%$, ангидрит $22 \div 25\%$, барит 14% и т. д. Для получения из сульфатов элементарной С. предложен ряд методов, которые по существу м. б. сведены к одной из основных двух схем.

Диссоциация сульфата идет при высокой t° по реакциям:



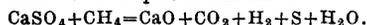
Далее SO_2 восстанавливается углем, генераторным газом и т. п. до S . (как описано выше при получении S из сульфидов).

Предварительное восстановление сульфата в сульфид происходит по схеме:

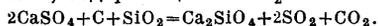


R_2S переводится в сероводород с дальнейшим окислением в S .

Большая часть предложенных методов получения S основана на восстановлении сульфатов углем и другими восстановителями, причем из сульфидов S выделяется по методу Клаус-Ченса. Гипс в смеси с горючим и воздухом подвергается восстановлению в нижней части шахтной печи, причем образовавшийся SO_2 успевает в верхней части печи восстановиться до серы. К гипсу задают добавки, способствующие переводу образующейся CaO в легкоплавкий шлак. Результаты работы по этому методу неудовлетворительны; причины кроются очевидно в малой скорости взаимодействия между SO_2 и CO . Вместо генераторного газа и продуктов неполного сгорания угля Metallbank применяла метан, восстанавливающий гипс до сульфида, причем образовавшаяся вода переводит CaS в CaO с выделением H_2S , диссоциирующего при высокой t° с образованием S :



Однако часть S при этом окисляется водой: $S + 2H_2O = SO_2 + 2H_2$ и поэтому продукты реакции содержат смесь паров S и SO_2 . По другому методу гипс перемалывают с углем и обжигают обычно во вращающихся печах при t° около 1000° . Для извлечения S из CaS применяют либо метод Клаус-Ченса либо метод Гельвига и Шаффнера (нагревание с $MgCl_2$ в присутствии паров воды при t° около 100°). Промышленное применение имел также способ Прехта; по этому способу гипс прокаливается с углем и веществами, содержащими SiO_2 :



SO_2 перерабатывается на серную к-ту или на S . В СССР, богатом залежами гипса в центральных районах, проблема использования S гипса представляет промышленный интерес. Способ получения S из глауберовой соли получает для СССР большое значение в связи с имеющимися большими естественными залежами этого сырья (Карабугаз). Имеет также интерес получение S как побочного продукта из алунитов при производстве алюминия по методу Каменского (Ин-т прикладной минералогии). Размолотая алунитовая порода обрабатывается смесью раствора соды и известкового молока. Образующийся едкий натр разлагает алунит и дает с глиноземом алюминат натрия, с серной к-той алунита — сульфат натрия, к-рый регенерируется по Леблану; отвалы последнего процесса в виде сульфида используются для получения S по Клаус-Ченсу. Из тяжелого шпата S может быть получена при восстановлении барита во вращающихся печах с последующим выделением серы из сернистого бария по Клаус-Ченсу.

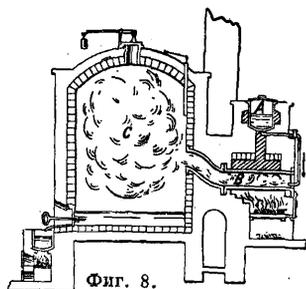
S из угля и сланцев. Содержание S в каменных углях обычно колеблется от 0,5 до 3%, в буром угле до 6%. Общее количество S , содержащейся в добываемого ежегодно в мире $1\frac{1}{2}$ млрд. т угля (каменного и бу-

рого), достигает 18 млн. т, что превышает мировую добычу самородной S в 6 раз. Утилизируются в настоящее время лишь ничтожные количества S угля — при очистке светильного газа нек-рых коммунальных заводов. Широкое же использование S коксовых газов в мировой практике еще не осуществлено. Для выделения S из газов коксовых печей предложено много различных методов, в основном разбивающихся на 1) сухие (с помощью абсорбентов) и 2) мокрые. При получении светильного газа сухой перегонкой угля S , превращаясь в H_2S , CS_2 , тиофен и другие соединения, входит в состав образовавшегося светильного газа, при состав которого S частично переходит в FeS , частично же осаждается в виде элементарной S . (При вылеживании на воздухе FeS выделяет серу). При повторном использовании и регенерации путем окислительной аэрации этой (для м и н г о в о й) массы содержание S в ней доводят до 50—60%. Образующиеся при этом процессе цианиды железа экстрагируются, после чего свободная сера извлекается дистилляцией, экстрагированием сероуглеродом или каким-либо другим способом. Значительная часть серы при обработке массы упомянутыми способами остается связанной и м. б. выделена только при сжигании в SO_2 . На герм. заводах был применен ряд абсорбентов серы из газа, напр. активированный уголь (J. G., Леверкузен), силикагель и др. Дальше S выделяется или экстракцией растворителями или другим способом в элементарном виде. Рашиг предложил воспользоваться реакцией $2H_2S + SO_2 \rightleftharpoons 2H_2O + 3S$, но успеха в этом направлении достигнуть не удалось. В последнее время отдают предпочтение мокрому методу получения S , куда относятся 1) железо-аммиачный, 2) железно-содовый, 3) метод Тейлора, в к-ром участвуют мышьяковистые соли, дающие с серой растворимые в щелочах сульфомышьяковистые соли, а последние при окислении воздухом выделяют элементарную S . Сущность первых двух методов сводится к промывке газа в скрубберах поглотительной жидкостью: слабым (0,5%) раствором соды или аммиака с участием в обоих случаях небольших количеств суспендированной водной окиси железа или никеля. Из образовавшегося или элементарная S получается окислением или продуванием воздуха, а железо регенерируется в водную окись. S , получаемая по данным методам, содержит 40—45% влаги и 20—25% золы, представляющей в подавляющей части окисью железа. По размерам частиц коксовая S приближается к коллоидной (5 м). Значительные количества S содержатся и м. б. выделены из горючих сланцев; S может быть выделена при переработке сланцев на смолу и газ одним из следующих методов: 1) железно-содовым (аналогично очистке коксовых газов); 2) хлорным, причем получается чистый газ S и соляная к-та; 3) активированным сланцевым полуюком: швель-газ пропускается через сланцевый полуюкок, активированный перегретым паром. Сероводород газа окисляется в S , к-рая поглощается полуюком в количестве 75% от собственного веса и затем экстрагируется из него бензином или выплавляется перегретым паром; 4) тионатным способом с получением сульфата аммония и S . (Е. Раковский). Выход S ок. 1,5% от взятого в переработку сланца.

Переработка и очистка S . Добываемая в Америке по методу Фраша S , обычно

настолько чиста, что дальнейшей переработки не требует (99,8—99,9% S). Для применения в с. х-ве и нек-рых других отраслях пром-сти и весьма чистая С. в определенных случаях требует дальнейших операций обработки (напр. размола). С., полученная в результате выплавки в печах или других аппаратах, называется сырой или комовой С. Обычно комовая С. получается достаточно чистой, содержа 98—99% С., но в связи с повышенными требованиями рынка часть комовой С. поступает в переработку на рафинировочные з-ды. В настоящее время значительное количество рафинировочных заводов работает в Марселе (Франция) и в нек-рых городах Сицилии; несколько рафинировочных заводов есть и в СССР.

Рафинированная С. выпускается в виде т. н. серного цвета, т. е. возогнанного или сублимированного серного порошка, а также в виде черенковой (палочной) С. Небольшие количества С. очищают расплавлением и отстаиванием в котлах (есть предложения по очи-



Фиг. 8.

щению С. фильтрацией); главная масса С. очищается в специальных печах (Мишель, Лами и др.). Рафинировочный аппарат (фиг. 8) состоит из чугунного котла А для плавления серы, перегонной реторты В и конденсационной камеры С. Котел для плавления вмещает около 600 кг С.; у одной камеры конденсации устанавливается несколько (2—4) таких котлов и реторт. Реторта В обогревается топкой и окружена каналами, в к-рых циркулируют горячие дымовые газы. С., загружаемая в котел А (t° 125—150°), плавится в нем и понемногу стекает в реторту, в к-рой возгоняется. Пары С. осаждаются в камере конденсации; под ее имеет наклон к выпускному отверстию для жидкой С. Часть возогнанной С. осаждается в виде серного цвета на стенах камеры. Средняя производительность двухретортной печи, при повышенной нагрузке каждой из реторт 4 ч., 1 800 кг дистиллированной С. в сутки. При увеличении t° производительность печи увеличивается, причем получается гл. обр. черенковая С. Если хотят иметь только серный цвет, то выход продукта едва достигает трети от производительности печи на черенковую С., поэтому серный цвет значительно дороже. Черенковая С. собирается непрерывно во время работы печи в специальные формы. Очистка камер от серного цвета производится через каждые 5—6 дней. Потеря С. при рафинации определяется в 2—2,5%. Расход каменного угля 200—250 кг/т полученной С.

Серный цвет адсорбирует серную кислоту и SO_2 , которые всегда образуются в дистилляционных камерах, и поэтому требует перед выпуском на рынок промывки водой (черенковая сера этих примесей не содержит). В последнее время сублимированная сера заменяется молотой С., получающейся путем размола комовой или рафинированной С. на специальных мельницах. Во избежание возможных взрывов серной пыли размол производится в атмосфере инертного газа (азот, углекислота). В СССР предложен аппарат типа центрифуги, для по-

лучения мелкой дисперсной С. из расплавленной. Во Франции каменные камеры конденсации заменяют свинцовыми, причем процесс дистилляции С., благодаря быстрому охлаждению стенок, значительно ускоряется. Вентиляция в ванной С., получаемая за границей распылением, благодаря своей высокой дисперсности и чистоте получает большое распространение. Для специальных целей (фармацевтическая; резиновая и другие виды пром-сти) за границей выпускается на рынок коллоидная С. Институтом прикладной минералогии получены также благоприятные результаты по производству коллоидной (осажденной из растворов) С. Рафинированная С. содержит 99,9% чистой серы.

Получение химически чистой серы. Для полной очистки С. от примесей прибегают к повторной перекристаллизации С. из растворов или к возгонке под вакуумом. Во избежание адсорбции SO_2 (образующегося при возгонке) вакуум держат до полного охлаждения С., однако полная очистка от следов Fe и Ag путем дистилляции является более надежной. Прежде перекристаллизацию С. производили из раствора в CS_2 , причем выпадавшие кристаллы С. отпрессовывали между слоями фильтровальной бумаги и сушили при 80°. В настоящее время в качестве растворителя применяют толуол, от к-рого легче освободить кристаллы (непродолжительным нагреванием до 60°). Гаслингер предложил получать чистую С. осторожным окислением H_2S . Метод этот представляет известный интерес, но требует весьма тщательной очистки H_2S .

Применение и промышленное значение С. Мировое производство С. неуклонно растет с каждым годом, достигая в настоящее время 3 млн. т в год. Главная масса С. добывается из самородных серных руд (США, Италия). Из серусодержащих химич. соединений добывается всего около 1—1,5% общего количества серы, однако перед этими видами серного сырья открывается большое будущее. Одним из главных потребителей С. является лесобумажная пром-сть, к-рая потребляет С. для производства сульфид-целлюлозы. С. х-во потребляет громадные количества С. в качестве инсектицида и фунгицида для опыливания растений и для предохранительных окуриваний. Основная химическая пром-сть потребляет С. гл. обр. для производства сероуглерода, хлористой С., гипосульфитов. Резиновая пром-сть потребляет значительные количества С. и хлористой С. для вулканизации каучука и получения белого факгиса. С. также находит применение в производстве спичек, дымных порохов, кислотоупорных цементов как изолятор, в текстильной и костеобрабатывающей пром-сти для производства серной кислоты (Америка), в лакокрасочной пром-сти, в медицине для дезинфекции, для изготовления пластмасс, мазей и т. п. С. дает очень прочную замазку, применяемую для производства плавиковой к-ты, применяется для грануляции меди в производстве медного купороса, при строительных работах для замазывания железа в бетон и для закрепления болтов и анкеров в натуральном камне. Большое значение С. имеет в военной химии, являясь основным сырьем для получения нек-рых О. В. (иприт), а также взрывчатых и горючих составов, что ставит серную пром-сть в ряд важнейших факторов обороны страны.

Лит.: Лукьянов П., Курс химич. технологии минеральных веществ, М., 1929; Будников И., Химическая технология минеральных веществ, Иваново-Вознесенск, 1927; «Сера», сб. статей акад. Ферсмана, Володава и др., «Материалы КЕПС», Л., 1926, 59; Шербаков Д., «НИ», т. 2, Л., 1927; Мулерт Ф., Сера в угле, пер. с нем., М.—Л., 1932; Коврайский, Плавка дагестанских руд самородной серы в калькаронах, «ГЖ», 1881, ч. 3; Рабчинский И., Сера, М.—Л., 1932; Менковский М., Технология серы, «Труды

Института прикладной минералогии», ч. 1, 1933; Вопросы серной промышленности СССР, М., 1932; «ЖХП», 1931, 1, 2, 11, 12, 14, 1932, 9; Богданович К., Пренгартен В., Нацкий А., Сера, «Естество. производительные силы России», П., 1918, вып. 18; Менковский М., Переработка серных руд, М.—Л., 1933; Gatto, Trattamento mineralurgico dei minerali di solfo, Torino, 1928; Ullm. Enz., 2 Aufl., B. 9; Chemische Technologie d. Neuzeit, hrsg. v. O. Dammer, 2 Aufl., B. 3, Stg., 1927; Brunfaut, De l'exploitation des sulfures, P., 1874; Muspratt, Enzyklopädisches Handbuch d. technischen Chemie, 4 Aufl., B. 7, Brschw., 1900; Gmelin-Kraut's Handbuch d. anorganischen Chemie, 7 Aufl., B. 1, Abt. 1, Heidelberg, 1906; Mellor, A Comprehensive Treatise on Inorganic a. Theoretical Chemistry, v. 7, L., 1927. М. Менковский.

СЕРЕБРА СОЕДИНЕНИЯ не отличаются большим разнообразием, т. к. серебро известно только в одной степени валентности (если не считать мало известные высшие окислы). Окись серебра Ag_2O , чернобурый порошок, образующийся при нагревании порошкообразного серебра до 300° под давлением кислорода не менее 15 атм или же при осаждении растворов солей Ag едкими щелочами. Уже при нагревании до 160° , а также под действием света или восстанавливающих веществ (в том числе и перекиси водорода) Ag_2O разлагается с выделением элементарного серебра. В воде растворяется незначительно (при 25° — $0,025\text{ г/л}$); раствор его обнаруживает щелочную реакцию и осаждает из солей тяжелых металлов их гидроксиды. На воздухе Ag_2O притягивает углекислоту. Более низкие окислы серебра неизвестны; мало стабильные высшие— Ag_2O_2 и Ag_2O_3 —известны, но мало изучены. Коллоидные растворы Ag_2O применяются в медицине при различных заболеваниях. Ag_2O растворяется в аммиаке с образованием комплексных гидроксидов, напр. $Ag(NH_3)_2OH$. Поэтому при добавлении аммиака к растворам напр. азотнокислого серебра сначала выделяется осадок Ag_2O , который растворяется потом в избытке реактива. Азотнокислое серебро $AgNO_3$ является обычно исходным продуктом для получения всех других С. с. Оно кристаллизуется в виде бесцветных ромбич. пластинок ($t_{пл.}$ $208,6^\circ$, уд. в. 4,35), не гигроскопичней, но легко растворимых с нейтральной реакцией в воде (при 0° — 115 г , при 20° — 215 , при 100° — 910 г в 100 г воды) и спирте. Водный раствор расщеплен не гидролитически, а только электролитически, в силу чего при пропускании через него электрич. тока выделяется эквивалентное последнему количеству металлч. серебра на катоде. На этом свойстве основано применение $AgNO_3$ в вольтаметрах. Органические соединения, особенно на свету, разлагают $AgNO_3$ с выделением черного металлч. серебра. Этим объясняется антисептичность свойства $AgNO_3$ и применение его в медицине для прижиганий и т. д. (обычно отлитой в палочки, под названием ляпис, или адский камень). Из растворов $AgNO_3$ при воздействии более электроположительных металлов, как и при восстановлении, выделяется металлч. серебро. $AgNO_3$ каталитически ускоряет нек-рые реакции, напр. окисление толуола персульфатом калия до бензальдегида и бензойной к-ты. Для получения чистого $AgNO_3$ из сплавов серебра с медью металл растворяют в азотной к-те, осаждают соляной к-той хлористое серебро, отмывают его, восстанавливают цинком и разбавленной серной или соляной к-той и полученное чистое серебро вторично растворяют в азотной к-те. По другому способу медно-серебряный сплав растворяют в азотной к-те, упаривают и сухие нитраты осто-

рожно нагревают. При этом азотнокислая медь разлагается (с образованием окиси) раньше, чем соль серебра. После разложения всей медной соли массу выщелачивают водой и кристаллизуют. Для более полной очистки операцию иногда повторяют дважды.

Азотнокислое серебро $AgNO_3$ мало растворимо в холодной, хорошо в горячей воде. Сернокислое серебро Ag_2SO_4 мало растворимо в воде (при 100° — 1 ч . в 69 ч . воды); его получают путем растворения металла в горячей концентрированной серной к-те; с окисью углерода образует соединение $Ag_2SO_4 \cdot CO$. Фосфорнокислое серебро Ag_3PO_4 получается в виде аморфного желтого осадка при осаждении солей серебра фосфорнокислыми щелочами. Мышьянокислое серебро Ag_3AsO_4 бурого цвета, осаждается арсенатами из растворов серебра. Реакцией пользуются иногда в аналитич. практике. Хромовокислое серебро Ag_2CrO_4 труднорастворимое в воде, красного цвета, играет также иногда роль в аналитике. Марганцовокислое серебро $AgMnO_4$ кристаллизуется в виде призматич. темно окрашенных кристаллов, растворимых в 10 ч . холодной воды. Является очень сильным окислителем, благодаря чему применяется в США наравне со смесью перекиси марганца с окисями серебра, меди и кобальта («опналит 1») в качестве активной массы фильтрующих противоязв для защиты от окисей углерода. Аммиачные растворы окиси или солей серебра легко восстанавливаются (формалином, глюкозой и т. д.), причем выделяется элементарное серебро в виде тонкого налета, плотно пристающего к стеклу. Вследствие этого щелочные растворы $AgNO_3$ применяются для серебрения зеркал. При долгом стоянии из них осаждаются темные осадки взрывчатых соединений состава $NaAg_3$ или $NaAg_2H$, неправильно называемые иногда гремучим серебром. Взрывчатыми свойствами обладают также: а) вид серебра N_3Ag , осаждающийся в виде очень светочувствительного белого взрывчатого осадка при воздействии растворов щелочных азидов на растворы солей серебра, флуоридат серебра $AgCNO$ (собственно гремучее серебро), применяющийся иногда для напоялки и запалов, и ацетиленистое серебро Ag_2C_2 , осаждающееся в виде белого, быстро темнеющего на свету осадка при воздействии ацетилена на аммиачные соли серебра. Из нейтральных растворов осаждаются в этих условиях взрывчатые осадки двойных солей. Углекислое серебро Ag_2CO_3 получается в виде бледно-желтого осадка при осаждении растворов солей серебра щелочными карбонатами. При нагревании и под действием света темнеет вследствие разложения. Цианистое серебро $AgCN$, трудно растворимое, осаждается из растворов солей серебра растворами щелочных цианидов. Легко растворяется в избытке реактива с образованием комплексных солей. $AgCN$ и его двойные соли применяются, как и $AgNO_3$, в гальванотехнике для серебрения. Роданистое серебро $AgCNS$ обладает аналогичными свойствами и образует также комплексные соли, как $K[Ag(CNS)_2]$. Сернистое серебро Ag_2S осаждается в виде чернобурого осадка при действии сероводорода или сернистых щелочей на щелочные, нейтральные или слабосильные растворы солей Ag ; образуется также путем непосредственного соединения элементов; оно является причиной почернения серебряных изделий при действии сероводорода и органических соединений в жилых помещениях. Растворяется в цианистых щелочах и в аммиаке.

Галоидные С. с.: хлористое серебро $AgCl$, белого цвета, бромистое $AgBr$, бледножелтого, и иодистое AgI , лимонножелтого, очень трудно растворимы в воде, несколько легче в присутствии большого избытка ионов соответствующего галоида, вследствие образования комплексных солей типа $Me(AgCl_2)$. Все они образуются при осаждении растворимых солей серебра соответствующими к-тами или солями в виде творожистых осадков (обычный способ получения их) или же при непосредственном воздействии элементарных галоидов на металлч. серебро. Все эти С. с. незначительно растворяются в крепком растворе $AgNO_3$ и легко— в растворах щелочных цианидов и тиосульфатов. Во всех этих случаях образуются комплексные соли типов $Na_4[Ag_2(S_2O_3)_2]$, $Na[Ag(CN)_2]$ и другие. Растворимость галоидных С. с. в водном аммиаке падает в направлении от хлора к йоду. В аммиачных растворах существуют комплексные соединения типов $[Ag(NH_3)_2]Cl$ или $[Ag(NH_3)_3]Cl$. $AgCl$. Все галоидные С. с. (как и большинство других С. с.)

разлагаются под действием света с выделением свободного галоида, причем они окрашиваются сначала в фиолетовый, а потом в черный цвет благодаря образованию адсорбционных соединений галлоидного серебра с металлическим (так назыв. фотогалогенидов). На этих свойствах основано применение галлоидных С. с. в фотографии: для обычных сухих пластинок используются обычно бромистым, для бумаг—бромистым и хлористым, для коллоидных пластинок—иодистым серебром. Светочувствительность галлоидных С. с. возрастает, если осадки их выдерживать некоторое время при повышенных t° в растворе, в к-ром они осажжены («созревание» фотографической эмульсии); при этом происходит укрупнение зерен осадка. $AgCl$ плавится при 449° и в сплавленном виде плотно пристает к стеклу и кварцу, благодаря чему применяется в качестве замазки при работах с высоким вакуумом; $AgBr$ при 419° , AgJ при 550° . Благодаря практически полной нерастворимости галлоидных С. с. в воде ими часто пользуются в анализе не только для определения серебра и галлоидов, но и для косвенного определения других элементов и соединений. По тем же причинам пользуются этими соединениями для определения атомных весов разных элементов. Двойная соль AgJ и HgJ_2 состава $AgJ \cdot HgJ_2$, при обычной t° желтоватая, выше 45° оранжевая, а при 90 — 100° красная, применяется иногда для окраски таких частей машин, перегрев которых нежелателен (подшипники и т. п.). Фтористое серебро AgF в отличие от $AgCl$, $AgBr$ и AgJ гигроскопично и легко растворимо в воде.

Все С. с. легко восстанавливаются до металла вследствие низкой теплоты образования Ag_2O : $2Ag + O = Ag_2O + 6,4 \text{ Cal}$. При медленном и осторожном восстановлении растворов можно получить коллоидные растворы серебра бурого, желтого, красного или синего цветов, стабильные в присутствии защитных (обычно органических) коллоидов (см.). Под разными названиями, например «коллаврол», имеются в продаже препараты коллоидного серебра, имеющие вид аморфных, темных кусочков, легко растворимых в воде. Применяются в медицине как и многочисленные органич. С. с. Для качественного и количественного определения серебра пользуются, как упомянуто, гл. обр. трудными растворимыми галлоидными С. с. Для объемного определения титруют раствор соли серебра стандартным раствором щелочного роданида в присутствии соединений трехвалентного железа: раствор принимает красную окраску роданистого железа после того, как все серебро осаждено в виде нерастворимой роданистой соли.

Лит.: Менделеев Д., Основы химии, 9 изд., т. 2, М.—Л., 1928; Любавин Н. Н., Техническая химия, т. 4, ч. 2, М., 1906; Меншуткин Б. Н., Курс общей (неорганической) химии, 3 изд., Москва—Ленинград, 1930; Лукьянов П., Курс химической технологии минеральных веществ, ч. III, вып. 1, Москва—Ленинград, 1932; A begg R. u. Auerbach F., Handbuch d. anorganischen Chemie, В. 2, Abt. 1, Lpz.; Mellor J. W., A Comprehensive Treatise on Inorganic Chemistry, v. 3, L., 1923; D ammer O.—Peters F., Chemische Technologie der Neuzeit, 2 Aufl., В. 3, Stuttgart, 1927; Ullm. Enz., В. 10. **Е. Кронман.**

СЕРЕБРО, Ag , химич. элемент I группы периодич. системы (аналог меди и золота). Ат. в. 107,880. Изотопы 107 и 109. Порядковое число 47. В чистом виде С. представляет собою металл характерного белого цвета, уд. в. ок. 10,5 (в зависимости от механич. обработки), кристаллизуется в кубич. системе; плавится при $960,5^{\circ}$,

кипит ок. 2150° , превращаясь в одноатомный пар. В вакууме паробразование наблюдается уже при 680° . В отношении механич. свойств С. располагается между медью и золотом: в чистом виде оно легко поддается механич. обработке и полировке (является одним из наиболее тягучих металлов—из него можно выковать листы в $0,00025 \text{ мм}$ толщиной); твердость по шкале Моса $2,5$ — 3 , абсолютная 91 , сопротивление на разрыв 10 — 30 кг/мм^2 в зависимости от механич. обработки при удлинении в 3 — 45% . Уд. теплоемкость (при 0°) $0,0557$, атомная $6,00$. Скрытая теплота плавления 25 cal/g или $2,66 \text{ Cal/g-атом}$. Теплопроводность при 18° $1,096 \text{ cal/cm}^2 \text{ ск.}^{\circ}C$. Термич. коэф. расширения (при 0 — 875°) $0,183 \cdot 10^{-4}$. Электропроводность при 0° $6,73 \cdot 10^9$, при 20° — $6,07 \cdot 10^9$ (С. является самым электропроводным металлом). В химич. отношении С. относительно стойко, благодаря чему его причисляют к т. н. «благородным» металлам. С кислородом не соединяется непосредственно, но растворяет его (ок. 22 объемов) в расплавленном состоянии; при застывании С. растворенный в нем кислород выделяется обратно, что ведет часто к разбрызгиванию жидкого металла. Загрязненное С. не обнаруживает этого свойства. Озон, особенно при слабом нагреве, вызывает чернение С. вследствие образования окислов (возможно перекиси), причем окись железа каталитически ускоряет реакцию. Сероводород, особенно влажный, реагирует с С., образуя черное сернистое С. При повышенных t° С. соединяется непосредственно и с элементарной серой. Фосфор растворяется в расплавленном С., но частично выделяется при охлаждении. С галлоидами С. медленно соединяется уже при комнатной темп-ре. Нормальный потенциал С. (по отношению к нормальному водородному электроду) равен $+0,808 \text{ V}$, так. обр. С. располагается в ряду напряжений между ртутью и золотом и обладает слабо электроположительными свойствами. Вследствие этого С. растворяется только в тех к-тах, к-рые ведут к его окислению, т. е. в азотной и крепкой серной. Сухой хлористый водород взаимодействует с металлич. С. при t° красного каления, причем имеет место обратимая реакция



В присутствии кислорода или перекиси водорода С. растворяется в растворах цианистых щелочей, но в отличие от меди без выделения водорода. Расплавленные щелочи практически на С. не действуют, расплавленные щелочные нитраты—очень медленно. В расплавленном виде С. смешивается в любых соотношениях с большинством тяжелых металлов. Из исключений следует отметить железо и кобальт, с которыми С. совершенно не смешивается, и хром, марганец и никель, с которыми смешивается в ограниченных соотношениях. В твердом виде образует непрерывный ряд смешанных кристаллов с золотом и палладием. Медь может содержать не свыше 6% серебра. С ртутью С. легко образует амальгамы (легче всего они получаются путем взаимодействия раствора азотнокислого С. с металлической ртутью или путем электролиза).

Распространение С. в земной коре равно $4 \cdot 10^{-8}$ (приблизительно равно распространению иода, платиновых металлов и ртути). В природе встречается иногда в самородном виде, но чаще всего в соединении с серой и в смеси или в соединениях с сульфидами других

тяжелых металлов. В частности преобладающее его количество связано с сульфидом свинца—свинцовым блеском, а также с сульфидными медными рудами. Более редко встречается в соединениях с галогенидами. Для промышленной добычи С. его содержание в сульфидных рудах цветных металлов имеет более существенное значение, чем самостоятельные серебряные руды. Так, ок. 80% мировой добычи С. извлекается попутно при переработке свинцово-цинковых руд. Руды, содержащие серебро, имеются почти во всех странах мира (см. *Серебряные руды*). Наибольшее значение имеют руды Мексики и США. На рынок С. поступает в виде штыков с содержанием 99,5—99,8% Ag.

При мен е н и е С. обусловливается гл. обр. малой его распространенностью и химич. стойкостью. Его высокая тепло- и электропроводность в виду относительной дороговизны лишь в редких случаях м. б. использована. Уже относительно давно им пользовались для украшений, для предметов роскоши и для чеканки монет. Для последней цели расходуется в настоящее время свыше 50% мировой добычи С. (в виде сплавов с медью; наибольшие количества находящейся в обращении серебряной монеты приходится на страны Востока). В целом ряде отраслей химич. пром-сти пользуются С. как химически стойким материалом для аппаростроения. Значительные количества С. (в виде его соединений) потребляются фото- и кинопромышленностью для производства негативного и позитивного материала. Наконец многочисленные соединения С. применяются в медицине и в химич. и физич. лабораториях (см. *Серебра соединений*).

Е. Нронкин.

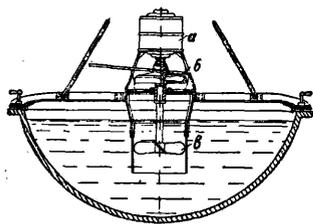
Металлургия С. Большая часть С. получается пиromеталлургич. путем при плавке свинцовых и медных руд; гидрометаллургич. методы играют менее значительную роль в добыче С. Амальгамация в чанах еще в недавнее время представляла собой довольно распространенный метод извлечения С. из руд, но в настоящее время этот процесс вводится в цикл обработки как подсобный процесс при цианировании. Выщелачивание серебряных руд гипосульфитом натрия после предварительного обжига в настоящее время имеет весьма ограниченное применение, в то время как ранее этот процесс широко применялся. С. подобно золоту встречается в самородном виде. Из *серебряных руд* (см.) роговое С. легко поддается амальгамации и цианированию, серебряный блеск (аргентит) поддается цианированию при соблюдении специальных условий, с т е ф а н и т, п и р а р г и р и т, п р у с т и т, д и с к р а з и т с трудом поддаются цианированию и амальгамации, п о л и б а з и т, т е т р а э д р и т не м. б. непосредственно (без обжига) обработаны цианированием. С. весьма часто бывает ассоциировано со свинцовым блеском и с медистыми и медными сульфидами и в этих случаях извлекается в процессах свинцовой и медной плавки.

С п л а в ы С. Серебро дает сплавы с образованием химич. соединений со следующими металлами: щелочными, щелочноземельными, алюмином, ртутью, цинком, кадмием, оловом и сурьмой; без образования химич. соединений оно дает сплавы с медью, свинцом, висмутом, платиновыми металлами, золотом, бериллием и кремнием; не дает сплавов или дает сплавы с ограниченной растворимостью (не во всех соотношениях) с бором, ванадием, молибденом, вольфрамом, хромом, марганцем, железом, ко-

бальтом и никелем. Со ртутью С. дает амальгамы; на этом основан метод извлечения его из руд амальгамацией. По исследованиям Таммана и Стасфурта С. образует со ртутью соединение Ag_2Hg_4 с содержанием 28,7% Ag (весовых). Растворимость С. в ртути при обыкновенной t° равна 0,08%. Ртуть дает в серебре твердый раствор предельной концентрации 17% Hg. Разделение обоих металлов возможно отжимкой амальгам с отделением жидкой ртути и отгонкой ртути, остающейся в твердой фазе амальгамы. Диаграмма состояния системы серебро-цинк (см. *Спр. ТЭ*, т. II, стр. 184) указывает на существование твердого раствора α , содержащего 0—27% цинка, устойчивого при обыкновенных t° . Твердый раствор β (30—58% цинка) устойчив при t° выше 264° и распадается при более низких t° на фазы α и γ . Химич. соединение Ag_2Zn_3 с 48% цинка плавится при $t^\circ 665^\circ$. Кроме того по некоторым исследованиям возможно существование соединения Ag_2Zn_5 , содержащего 60% цинка, плавящегося при 636° и образующего фазу с избытком цинка. Фаза существует при высоких t° и распадается при понижении t° на фазы δ и η . Со стороны цинка существует твердый раствор С. в цинке с предельной концентрацией 1% С. В сплавах с оловом С. дает соединение Ag_3Sn , содержащее 73,1% С. (весовых); эвтектика содержит 3,5% С. и плавится при 220° . Растворимость олова в С. в твердом состоянии достигает 18%; заметной растворимости С. в олове (в твердом состоянии) не замечено. Сурьма в сплавах с С. дает соединения Ag_3Sb (72,9% Ag) с $t_{пл.}^{на.} 559^\circ$; эвтектика содержит 55% Ag и имеет $t_{пл.}^{на.} 483^\circ$; С. содержит в твердом растворе 15% сурьмы; в последней С. в твердом состоянии нерастворимо. В сплавах со свинцом С. не образует химич. соединений или твердых растворов; эвтектика в системе серебро-свинец содержит 2,5% С. и плавится при $t^\circ 304^\circ$. С золотом С. дает непрерывные твердые растворы и следовательно их взаимная растворимость как в твердом, так и в жидком состоянии неограничена. С медью С. не дает химич. соединений; эвтектика серебро-медь содержит 72% С. и имеет $t_{пл.}^{на.} 778^\circ$; в твердом состоянии С. растворяет до 6% меди, а медь—до 2% С. Висмут в сплавах с С. не дает химич. соединений; эвтектика содержит 2,4% С. ($t_{пл.}^{на.} 262^\circ$); С. дает твердый раствор с содержанием до 1,5% висмута; в висмуте С. в твердом состоянии нерастворимо.

Пиromеталлургия С. Извлечение С. пиromеталлургич. путем производится в процессе свинцовой и медной плавки. При этом С. в результате металлургических операций собирается в получаемых слитках металлов. Из черновой меди С. извлекается в процессе электролитич. рафинирования (см. *Медь, металлургия*), в результате специальной обработки *шламов* (см.). При извлечении С. в процессе свинцовой плавки С. получается в результате специальных операций обессеребрения *веркблей* (см.) и других связанных с ними операций. Из богатого веркбля С. извлекают путем трейбования. Обессеребрение веркбля производится по методам: паркессирования (процесс Паркеса) и паттинирования (процесс Паттинсона). П а р к е с и р о в а н и е основано на ограниченной растворимости цинка в свинце и способности цинка давать с С. и золотом химич. соединения, к-рые всплывают вместе с избытком цинка в виде цинковой пены на поверхности

свинцовой ванны. Из числа металлов, присутствующих в веркблее, кроме С. и золота в цинковую пену (пенку или корку) могут переходить медь, платина, палладий и железо. Цинковая пена в основном состоит из соединения Ag_2Zn_3 . Кроме того в ней содержится механически увлеченный свинец, количество которого достигает 30—50%.



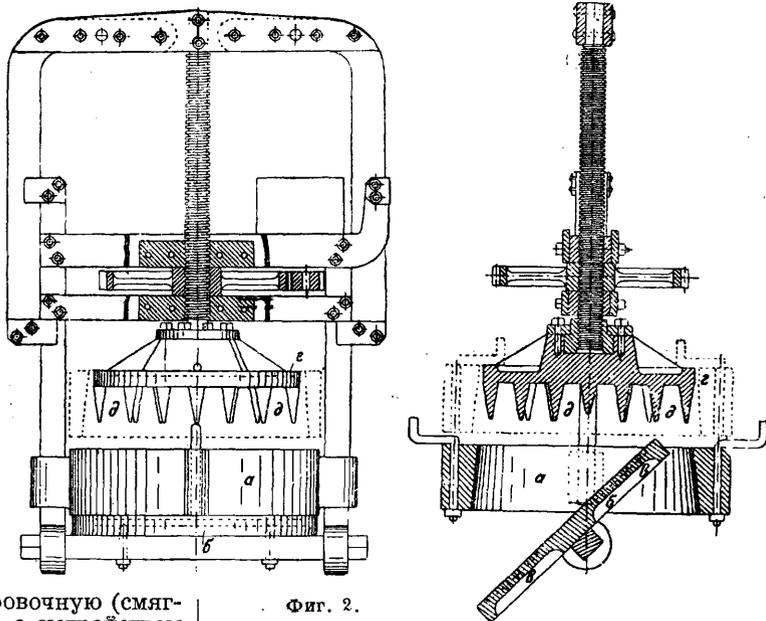
Фиг. 1.

Возможно также (согласно работам Кремона и Гофмейера) образование соединения Ag_2Zn_5 , дающего твердый раствор с избытком цинка. Золото дает с цинком ряд соединений ($AuZn$, Au_2Zn , $AuZn_2$) и еще легче, чем серебро, переходит в состав пены. Присутствие примесей затрудняет и при известном содержании их делает невозможным процесс обессеребрения.

Для того чтобы избежать этих затруднений, медь удаляют путем ликвации (зейгерования), а мышьяк, сурьму и олово — окислительной плавкой. Свинец предварительно подвергается рафинированию (смягчается) путем зейгерования и окислительной плавки. Очищенный свинец поступает для паркессирования в железные или чугунные котлы, которые внутри обмазывают известковым молоком (во избежание прилипания пены) и прогревают до 400° . Вместимость котла $90\text{--}100\text{ т}$ расплавленного свинца. Толщина стенок $4\text{--}7\text{ см}$. Котлы бывают круглого или эллиптического сечения. Из рафинировочной печи свинец поступает в котел самотеком. С поверхности свинца снимают около 1% счисток, являющихся результатом окисления; их направляют в рафинировочную (смягчительную) печь. Разрез котла с устройством для перемешивания представлен выше на фиг. 1, где а — мотор, б — фрикционное сцепление, в — мешалка. Количество прибавляемого цинка зависит от содержания в свинце С. Так, при содержании 0,0952% С. требуется 1,34% цинка; при содержании 0,833% С. количество цинка составляет 2,45%.

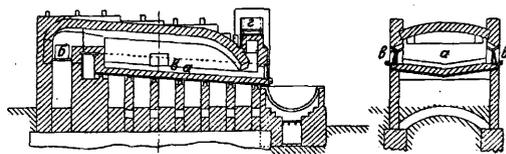
Для обессеребрения необходимо многократное прибавление цинка. Присадка цинка и съёмка пены производятся 2—4 раза (чаще 2—3 раза). Первая порция цинка составляет 50—60% от общего его количества. Рекомендуется чистый цинк, свободный от примесей. Размешивание в котлах производится вручную или посредством особой мешалки в форме пропеллера (свыше 100 об/м.), приводимой в действие мотором в 4 НР. После размешивания содержимое котла охлаждаают до t° немного выше, чем $t^\circ_{пл.}$ свинца. Длительность обессеребрения ок. 20 час. Расход топлива достигает 10% от количества свинца. Отжимка механически увлеченного в пенках свинца производится посредством прессы Говарда, пред-

ставленного на фиг. 2. Цилиндр а наполняется снятой пенкой; откидное дно б имеет отверстия в $\varnothing 12\text{ мм}$. Пуансон в, снабженный зубьями д, мотором или ручным приводом может опускаться и подниматься, производя этим отжимку свинца и раздробление полученного из пенки коржа. В случае отсутствия прессы, удаление свинца из пены производится в печи для зейгерования. Для этого употребляется печь с наклонным подом, в которой поддерживается восстановительная атмосфера. Свинец, накопившийся в нижней части печи, направляется опять на обессеребрение. Разрез печи для ликвации (зейгерования) содержащей свинец пены представлен на фиг. 3, где а — горн, б — топка, в — садочные окна, г — дымовой канал. Наклон пода $0,08$. Размеры пода $3 \times 1,5\text{ м}$. Свинец после обессеребрения содержит еще некое количество цинка и направляется на рафинирование путем окислительной плавки. Обработка цинковой пенки после удаления из нее свинца производится путем отгонки (перегонки) цинка в реторте печи Фабер-дю-Фора.



Фиг. 2.

Данный процесс основан на разности $t^\circ_{пл.}$ цинка (930°), С. (1950°) и свинца (1525°). Печь Фабер-дю-Фора представлена на фиг. 4. Самый метод нередко называют именем Баллбаха. Указанная печь должна допускать сравнительно легкое получение требуемой t° , а также тре-

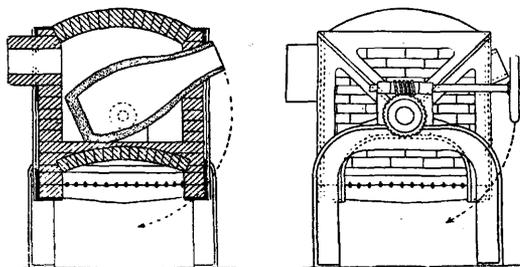


Фиг. 3.

буемые исправления, замену реторты и извлечение вытекшего свинца. Для нагревания в данных печах применяют кокс, нефть, генераторный газ и каменный уголь. Реторты обычно имеют грушевидную форму. Иногда их делают цилиндрическими или в форме тигля. Конденсаторы изготовляют из глины, железа или из

старых реторт. Реторты выдерживают 35—40 операций. Расход топлива до 60% веса пены. Операция длится ок. 8 час. Загрузка из 300—1000 кг цинковой пены и 2—3% древесного угля (для восстановления окислов).

Другим методом обессеребрения свинца является паттинсонирование. В основу этого метода положены данные диаграммы системы свинец-серебро (см. *Спр. ТЭ*, т. II, стр. 173). Чистый свинец выделяется из сплава при 328° (327° по другим определениям); при этом сплав обогащается С. и состав его приближается к составу эвтектики, содержащей 2,3% С. Практически обогащение сплава С. м. б. доведено до содержания 1,53—1,70% С. (максимум до 2%). Дальнейшее обогащение сплава С. является весьма затруднительным, т. к. кристаллы свинца делаются довольно мелкими и отделение от них сплава является практически невозможным в виду небольшой разницы в $t^{\circ}_{\text{отв.}}$. Обессеребранный свинец после этого процесса содержит С. 10—20 г/т. Золото извлекается вместе с С. Паттинсонирование возможно в отсутствие меди, мышьяка и сурьмы. По своему практич. осуществлению оно является методом



Фиг. 4.

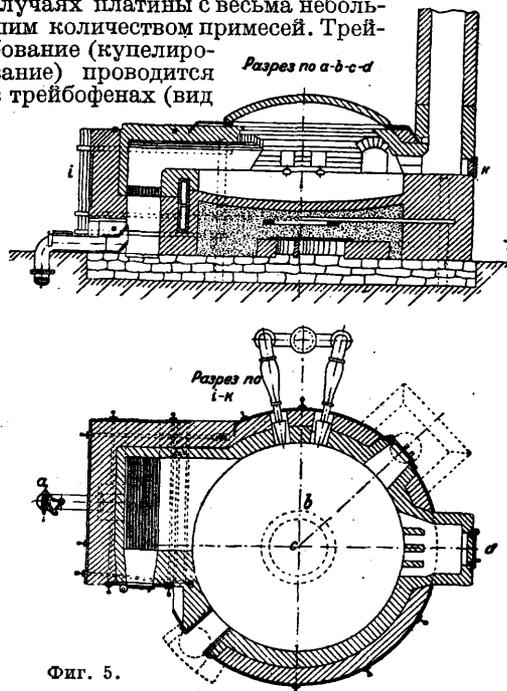
более сложным, чем паркессирование; употребляется в тех случаях, когда извлекают совместно с С. также и висмут. Последний переходит в обогащенный сплав и при последующем купелировании и переходит в глет, из которого и извлекается. Паттинсонирование производится в чугунных котлах (8—15 штук) сферич. формы вместимостью 6—15 т свинца каждый. Кристаллы свинца вынимаются шумовками. Разновидность паттинсонирования по методу Люче-Розано состоит во введении пара под давлением (3 atm). По этому способу сокращается расход топлива и рабочей силы. Расход топлива по обычному методу обессеребрения составляет около 25% от веса свинца.

Купелирование обогащенного веркблея. Окончательное отделение свинца от золота и С., содержащихся в обогащенном веркблее, полученном в результате тех или иных операций, производится путем купелирования (трейбования) в специальных печах (купеляционная печь, трейбофен), имеющих под, набитый смесью цемента с шамотом или магнезитом. Операцию производят при t° выше $t^{\circ}_{\text{пл.}}$ глета (883°). При окислительной плавке происходит окисление свинца по реакции



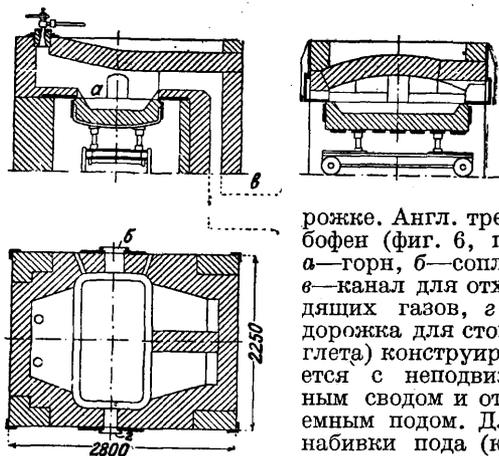
Образующийся глет в расплавленном состоянии стекает по желобку и в известном количестве впитывается подом печи. В результате операции получают шликеры (см. *Свинец*) и глет, содержащий примеси (Cu, Bi). Мышьяк и сурьма частично окисляются и частично переходят в а б ц у г и а б ш т р и-

х и, загрязняющие глет. По окончании операции на поду печи остается бликовое С. или, вернее, бликовый металл (сплав Доре), состоящий из С., золота и в некоторых случаях платины с весьма небольшим количеством примесей. Трейбование (купелирование) проводится в трейбофенах (вид



Фиг. 5.

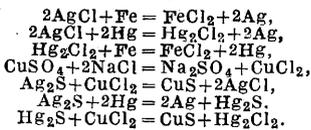
отражательных печей) нем. или англ. типа. В нем, трейбофене (фиг. 5) под неподвижный; свод может отводиться при помощи блока и цепи. На поверхность расплавленного свинца направляют две струи сжатого воздуха, к-рый окисляет свинец до глета и гонит его к глетовой до-



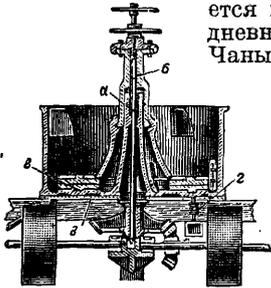
Фиг. 6.

ройке. Англ. трейбофен (фиг. 6, где а—горн, б—сопло, в—канал для отходящих газов, г—дорожка для стока глета) конструируется с неподвижным сводом и съемным подом. Для набивки пода (капели) употребляют следующие материалы: а) магнезит, б) портланд-цемент с шамотом, в) цемент, песок и дробленый кирпич, г) известь с глиной (мергелем). Современные печи работают на нефти, старые—на коксе. Один край капели подвешивают на цепи, что дает возможность наклоном пода регулировать величину глетового кольца. Раньше этого достигали посредством дутья. Английский способ дешевле, применяется к более богатому и к загрязненному веркблею; он дает более серебристый глет.

Амальгамация серебряных руд. Металлич. С. подобно золоту амальгамируется непосредственно; для ускорения этого процесса его производили в специальных чанах—амальгаматорах. Амальгамацией С. может быть извлечено непосредственно из нек-рых его руд, напр. кераргирита и аргентита. Другие более сложные химич. соединения, встречающиеся в виде минералов: полибазита, стефанита, прустита, пираргирита и др., могут подвергаться амальгамации только после предварительного обжига. Процесс Патио применялся (с 16 в.) для обработки богатых серебряных руд района Пачука. Кроме того он широко применялся в Мексике и в Ю. Америке. Руда тонко измельчалась, промывалась и высушивалась. Сухая руда увлажнялась водой (или раствором уксуса), в к-рой растворяли: хлорную ртуть, медный купорос, поваренную соль и иногда железный купорос, после чего заливали ртуть, затем пульпу хорошо перетирали или перемешивали в ступке в течение 1—2 час.; амальгаму отмывали и подвергали отгонке. Процесс Патио применялся нек-рое время в Неваде при обработке комстоковской руды, но оказался непригодным вследствие климатич. условий и был заменен процессом Уэто или амальгамацией в чанах (иногда с подогревом). При амальгамации в чанах происходят следующие реакции:



Процесс Уэто, или амальгамация в чанах, развился на руднике Комстока (Невада). Руда подвергается толчению в сухом и в мокром состоянии, пульпа обрабатывается партиями, обычно ежедневно по три партии на чан. Чаны имеют чугунные днища,



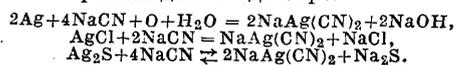
Фиг. 7.

а боковые стенки из деревянных бочарных плах или из листового железа (фиг. 7); через центральный чугунный конус *a* проходит вертикальный вал *б*, приводящий в движение растирающее устройство с чугунными башмаками *в*. Вращением маховичков можно устанавливать подпятник вертикального вала на соответствующем уровне. Нередко под дном чана присоединяется паровая камера. Нагрузка чана изменяется в широких пределах: 360—2 270 кг. Пульпа сначала подвергается уплотнению в деревянном чане, если она предварительно была измельчена в воде; башмаки опускают и на грузку растирают в течение 1—3 ч.; пар подводится по трубке *г* и каналам *д* или вводится рукавом непосредственно в пульпу. Затем прибавляют ртуть в количестве до 10% от веса сухой пульпы (часто 136 кг или 160 кг сразу) и последнюю снова растирают 3—4 ч. Вместе со ртутью часто прибавляют сернистую медь и поваренную соль, иногда серную кислоту или металлич. железо, хотя железо часто получается от износа самих растирающих чугунных частей чана. Затем пульпу разбавляют водой и направляют в чан-сеттлер, представляющий неглубокий сепара-

тор или осадитель с вертикальной осью, имеющий четыре радиальные мешалки. Здесь масса амальгамы и ртуть отделяются и отводятся сифонной трубкой. В нек-рых случаях эта стадия проводится в чане-амальгаматоре при более медленном вращении механизма. Пульпа затем поступает в агитатор, представляющий более глубокий чан с деревянными стенками, к четырем вращающимся мешалками, несущими вертикальные перекладны для добавочного отстаивания небольшого количества амальгамы и крупного материала, и наконец перекачивается и направляется в отстойный прудок. Все сеттлеры и другая аппаратура снабжаются отверстиями в боковых стенках, закрываемыми деревянными затычками для загрузки пульпы. В Комстоке извлекалось 70—85% С. из сульфидной руды, но в обычных условиях обработки извлечение составляло только 65%.

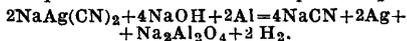
Амальгамация в бочках (Фрейбергский процесс) проводится в деревянных бочках, вращающихся на горизонтальной оси. Руду обжигают с солью и загружают в барабаны с водой и железными обрезками, причем происходит растворение хлорида С. и восстановление его до металла; медь и железо также восстанавливаются из их солей. После этого прибавляют ртуть, и вращение продолжается 16—20 ч. Затем прибавляют воду для разбавления пульпы и после короткого периода вращения ртуть отделяется и руда смывается потоком воды. Этот процесс применялся некоторое время при обработке руды в Комстоке.

Цианирование серебряных руд имеет много общего с обработкой золотых руд (см. Золото, металлургия), но в то же время данный процесс имеет существенные отличия. Концентрация цианистых растворов д. б. выше, так как С. растворяется медленнее золота. Крепость растворов обычно находится в пределах 0,2—0,6% NaCN. Кроме того требуется более длительный контакт между раствором и рудой. Расход цианида обычно выше, чем при цианировании золотых руд, что связано с более длительным контактом руды с раствором, с крепостью раствора и с тем, что на растворение самого С. (содержание которого обычно выше 400 г/м) расходуется большее количество цианида, чем на растворение золота (содержание которого в руде обычно не выше 8 г/м). Для успешного цианирования серебряных руд требуется тонкое измельчение, и обработка руды обычно ведется иловым процессом. Перколяция в случае серебряных руд обычно применима только при обработке тонкого песка, и большая часть з-дов работает по полному иловому процессу, при к-ром для растворения С. требуется 2—4 дня; при этом необходима усиленная аэрация (преимущественно вдуванием воздуха). Сернистое железо вызывает осаждение С., поэтому оно д. б. разложено известью. Присутствие сернистого натрия в растворе также обуславливает осаждение С. в виде Ag_2S . Во избежание этого производится добавка свинцовых солей (уксуснокислый свинец) для осаждения сульфида в виде PbS . Избыток свинцовых солей осаждается в виде металлического свинца в процессе осаждения цинком. Реакции растворения С. при цианировании происходят след. обр.:



Последние две реакции могут идти и в отсут-

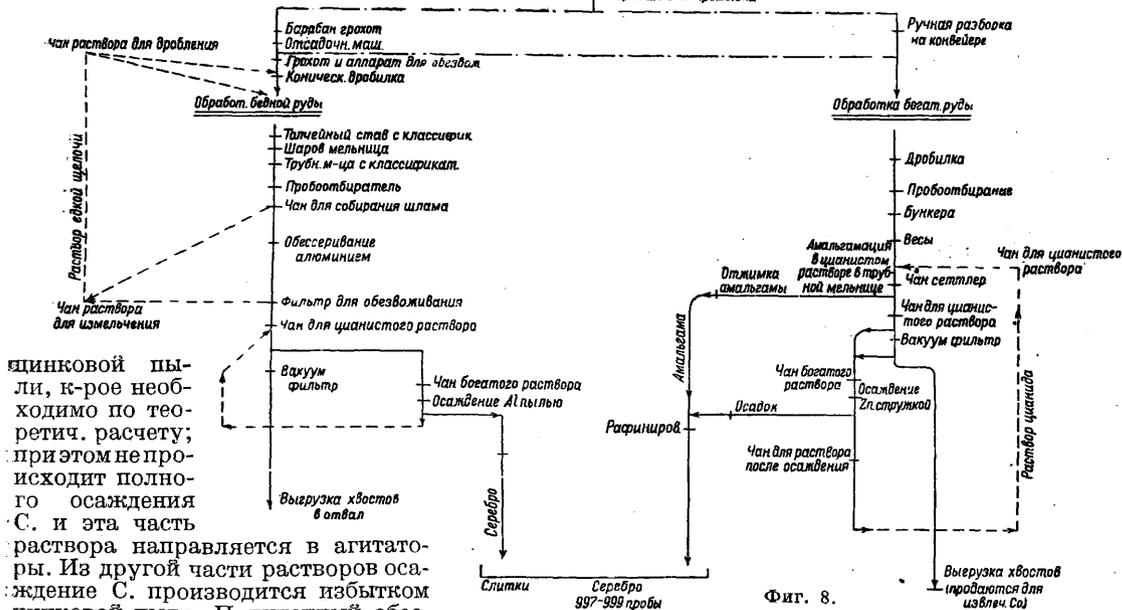
ствии кислорода. Последняя реакция—обратимая и для протекания ее слева направо необходимо 1) удалить Na_2S введением свинцовых солей, 2) повышать крепость цианистого раствора. Сульфидные серебряные руды легче поддаются цианированию или амальгамации после хлорирующего обжига. Но он редко практикуется вследствие того, что стоимость обработки руды при этом повышается. Для осаждения С. из раствора применяют 1) процесс Мерриля—осаждение цинковой пылью (реже—цинковыми стружками в эксгостракторах), 2) осаждение алюминиевой пылью. Осаждение алюминиевой пылью в случае С. имеет существенное преимущество в том отношении, что при этом происходит регенерация цианистого натрия по реакции:



При этом алюминий не образует комплексного цианида, а переходит в алюминат натрия, с чем связана регенерация цианида. Т. к. значительное количество последнего связано с серебром, то таким путем достигают заметной экономии по части расхода цианида. При осаждении цинковой пылью растворы, получающиеся при цианировании и содержащие С., делятся на две части. К первой части прибавляют при осаждении то количество

достаточная аэрация. По окончании обработки в трубной мельнице амальгама отделяется от пульпы в чане-сеттлере (чан для отделения амальгамы от пульпы путем отстаивания с медленно движущимися мешалками). Отделенную амальгаму отжимают в мешках и ртуть отгоняют в ретортах. Пульпу из сеттлера фильтруют. С. из раствора осаждают цинковой пылью. На данном з-де извлечение С. составляет 98,5%.

Хлорирующий обжиг с поваренной солью употребляется в случае присутствия в руде таких минералов, как тетраэдрит, сульфосурьмяные соединения С. и сульфомышьяковые. Ранее он широко практиковался при извлечении С. амальгамацией в чанах-амальгаматорах или при выщелачивании раствором гипосульфита. В настоящее время он употребляется в некоторых случаях перед цианированием для повышения извлечения С. Неудобством обжига является повышение стоимости обработки руды и необходимость улавливания С. из отходящих газов, т. к. в виде хлорида оно при обжиге значительно летит. В процессе Патера извлечение производят растворением хлористого С. в растворе гипосульфита натрия, осаждение С. производят в виде Ag_2S посредством Na_2S . Руду обжигают с прибавлением 4—8% соли, часть которой прибавляют под



Фиг. 8.

цинковой пыли, кое не необходимо по теоретич. расчету; при этом не происходит полного осаждения С. и эта часть

раствора направляется в агитаторы. Из другой части растворов осаждение С. производится избытком цинковой пыли. Полученный обес-серебранный раствор употребляется для промывки экзков на поверхности фильтров. Кроме указанных методов для осаждения С. из цианистых растворов применяется также сернистый натрий Na_2S . В Ниппингине для обработки серебряных руд употребляется комбинированный процесс амальгамации и цианирования в трубной галечной мельнице. Схема обработки руд показана на фиг. 8. Руда содержит самородное С. и аргентит вместе с мышьяковистым никелем и кобальтом. Руду сортируют вручную и отобранную «богатую руду» обрабатывают по комбинированному процессу след. обр.: после дробления руду измельчают в трубной (галечной) мельнице, в к-рой $3\frac{1}{2} t$ руды обрабатывают с $4\frac{1}{2} t$ ртути в 5%-ном цианистом растворе. Обработка продолжается в течение 9 ч., причем производится

конец обжига. Горячую руду увлажняют; ей дают постоять несколько часов для лучшего хлорирования серебра, затем выщелачивают в деревянных чанах теплой водой для удаления хлоридов неблагородных металлов, которые несколько растворяют хлористое серебро, далее производят выщелачивание раствором гипосульфита и вслед за ним промывают водой, причем вытекающая жидкость поступает в чаны с раствором неблагородных металлов до тех пор, пока имеются следы гипосульфита, а затем к чанам с раствором С. Неблагородные металлы м. б. осажжены Na_2S , С. может быть осаждено цементной медью и медь—железным скрапом. Раствор С. обычно осаждают сернистым натрием, причем следует тщательно избегать избытка последнего. В дальнейшем раствор

м. б. снова употреблен. В процессе Кисса вводят также выщелачивание раствором гипосульфита и полисульфида кальция. Последние получают кипячением серы с известью посредством пара. На з-де Ахотла в Мексике (з-д пущен в 1928 г.) перед цианированием руду подвергают хлорирующему обжигу в печах Хольер-Дерна. После обжига медь и другие неблагородные металлы выщелачивают водой. Затем руду обрабатывают водой, содержащей известь, и после этого направляют в цианирование. Извлечение составляет 85% С. и 93% золота. Выщелачивание производят перколяцией и для осаждения из растворов имеется установка Меррилла-Крау. Руда содержит 589 г/т С. и 10,5 г/т золота. Перед обжигом руда измельчается до 20 меш, смешивается с 6% поваренной соли, смачивается 10% воды и обжигается в печах с дутьем, упругость которого равна 25—100 мм водяного столба.

Лит.: Цветные металлы, Спр. под ред. Е. Деречей, т. 1, М., 1932; Уразов Г. и Эдельсон Л., Материалы по металлургии цветных металлов, Л., 1932; Мостович В., Металлургия свинца и серебра, М., 1932 (стендограф.); Плаксин И., Обработка золотых руд, М., 1932; Hofman H. O., Metallurgy of Lead, N. Y., 1918; Tafel V., Lehrbuch d. Metallhüttenkunde, B. 1, V., 1927; Sharwood W., Hydrometallurgy of Gold a. Silver (в книге Liddell D., Handbook of Non-Ferrous Metallurgy), v. 1—2, N. Y., 1926; Bordeaux A., L'Or et l'argent, P., 1926; Voisin J., Métaux précieux, P., 1922; Latsch W., Die Edelmetalle, B., 1925; Hayward C., Outline of Metallurgical Practice, N. Y., 1927; Austin L. S., Metallurgy of the Common Metals, N. Y., 1926; Hofman H. O., Hydrometallurgy of Silver, N. Y., 1907; Hamilton E. M., Manual of Cyanidation, N. Y., 1920; Julian H. F., Smart E. D., Allen A. W., Cyanide Regeneration of Recovery as Practical by the Compania Beneficiadora de Pachuca, Mexico, «American Institute of Mining a. Metallurgical Engineers», Technical Publication, N. Y., 1929, 208; Berkewitz M. W., Flotation Treatment of Gold a. Silver Ores, «Engineering a. Mining Journal Press», N. Y., 1927, v. 124, 16, 17. И. Плаксин.

СЕРЕБРЯНЫЕ РУДЫ, минералы, содержащие серебро в количестве, допускающем выгоду его извлечения. Самыми важными С. р. в собственном смысле, т. н. благородными (в отличие от сернистых соединений свинца, цинка, меди и железа, содержащих серебро), являются следующие минералы (содержание Ag дано в %):

Минералы	Формула	% Ag
Самородное серебро	Ag	100,0
Аргентит (серебряный блеск)	Ag ₂ S	87,1
Полибазит	8Ag ₂ S · Sb ₂ S ₃	75,6
Стефанит	5Ag ₂ S · Sb ₂ S ₃	68,5
Тетраэдрит	4(Cu ₂ , Ag ₂)S · Sb ₂ S ₃	Разл.
Пираргирит	3Ag ₂ S · Sb ₂ S ₃	69,9
Стромeyerит	Ag ₂ S · Cu ₂ S	53,1
Прустит	3Ag ₂ S · As ₂ S ₃	65,4
Кераргирит	AgCl	75,2
Бромаргирит	AgBr	57,0
Иодаргирит	AgI	до 45,9

Кроме того серебро находится в соединении с золотом в виде т. н. электрума. Серебро входит в состав почти всех медных руд. Особенно тесно оно связано со свинцом и цинком, совместно с которыми весьма часто находится в природе; если в руде имеется еще золото и медь, то такие руды получают название *полметаллических руд* (см.). Месторождения этих руд могут принадлежать к разным типам (контактнометаморфическому, метасоматическому и др.). В отношении описания месторождений и условий залегания обычно принято рассматривать серебро и свинец или серебро, свинец и цинк вместе. Большая часть мировой продукции серебра получается в виде побочного продукта при извлечении других металлов (около половины мировой добычи серебра приходится на долю выплавки свинцовых и медных руд). Главными районами серебро-свинцово-цинковых и полиметаллич. руд в СССР являются: Урал, Алтай, Нерчинский район (в Восточно-Сибирском

Продукция серебра по странам (в тройских унциях*).

Страны	1926	1927	1928	1929
США (включая Филиппинские о-ва)	62 273 000	60 434 000	58 463 000	60 938 000
Канада	22 372 000	22 737 000	21 936 000	23 180 000
Мексика	98 291 000	104 574 000	108 537 000	108 700 000
Центральная Америка	3 499 000	3 154 000	2 559 000	2 300 000
Южная Америка	30 340 000	26 863 000	28 883 000	29 500 000
Вся Америка	216 775 000	217 762 000	220 378 000	224 618 000
Британская Индия (включая Бирму)	5 128 000	6 025 000	7 426 000	7 500 000
Япония и Корея	4 828 000	4 852 000	4 583 000	4 500 000
Китай и др.	192 000	125 000	391 000	300 000
Восточная Индия	2 364 000	2 286 000	2 032 000	2 000 000
Вся Азия	12 510 000	13 288 000	14 432 000	14 300 000
Трансвааль	981 000	1 012 000	1 031 000	1 035 000
Родезия	118 000	132 000	104 000	110 000
Конго и остальная Африка	103 000	130 000	130 000	135 000
Вся Африка	1 202 000	1 274 000	1 265 000	1 280 000
Европа	11 499 000	11 593 000	10 889 000	11 100 000
Австралия и Н. Зеландия	11 200 000	7 315 000	10 309 000	11 300 000
Общая добыча в унц.	253 186 000	251 232 000	257 273 000	262 539 000
Общая стоимость в долл.	157 256 000	141 619 479	150 831 728	147 212 439
Средняя цена в центах	62 106	56 370	58 176	53 806

* Тройская унция = 31,1 г.

крае), С. Кавказ, Казакстан и Дальневосточный край (Тетюхе). Свою годовичную потребность в серебре довоенная Россия могла удовлетворить собственным серебром всего на 5%, т. к. добыча серебра сравнительно с другими странами была ничтожна, напр. в 1912 г. Мексика добыла больше 43%, США ок. 33%, а Россия 2,92% мировой добычи серебра. За последние годы наблюдается быстрый и регулярный рост добычи серебра в СССР. На первом месте по добыче серебра стоит Мексика, месторождения находятся в штатах Chihua-hua и Pachuca. Главные месторождения серебро-свинцово-цинковых руд находятся в штатах Айдахо (месторождения в районе Сœur d'Alene с преобладанием свинца), Юта (месторождения Park City и Tintic), Невада, Колорадо. В Канаде главные районы добычи серебра—Онтарио и Квебек. Мексика и С. Америка главные производители серебра. Меньшие количества его добываются в Австралии, Перу, Чили, Боливии, Японии, Испании и других странах. Мировая добыча серебра за период 1923—29 гг. составила: в 1923 г. 7 540 т, в 1924 г. 7 449 т, в 1925 г. 7 626 т, в 1926 г. 7 875 т, в 1927 г. 7 814 т, в 1928 г. 8 002, 286 т, в 1929 г. 8 167,9 т. Данные о мировой добыче серебра по странам помещены выше в таблице. За период 1923—27 гг. выплавка серебра в СССР из серебряных, полиметаллических и золотых руд выражается следующими цифрами (год оканчивается 30/IX): 1923 г. 1 899 кг, 1924 г. 3 500 кг, 1925 г. 5 739 кг, 1926 г. 13 028 кг и 1927 г. 18 370 кг. Т. о. производство серебра в Союзе в 1926/27 г. превысило довоенное производство; большую часть его (90%) дали аффинажные заводы—Н.-Кыштымский и «Красный Выборжец».

Лит.: см. *Полиметаллические руды*.

СЕРЕБРЯНЫЕ СПЛАВЫ, см. *Серебро*.

СЕРЕБРЯНЫЙ БЛЕСК, аргентит, минерал, представляет собой сернистое соединение серебра Ag_2S , содержащее 87,1% серебра, а также примеси свинца, меди и железа. Тв. 2—2,5; уд. в. 7,2. Кристаллизуется в кубической системе, но встречается также в проволочных, древовидных и в зубчатых формах. Имеет черновато-свинцово-серый цвет, отличается ковкостью и гибкостью. Аргентит служит одной из важнейших руд на серебро. Он является почти постоянным спутником свинцового блеска (PbS) и других сернистых минералов. Главные месторождения

самородного серебра и серебряных соединений связаны с кислыми магмами. В биосфере самородное серебро претерпевает ряд изменений, при этом оно обычно покрывается тонкой черной пленкой, которая предохраняет его от дальнейшего изменения. Более полно, чем в воздушной среде, самородное серебро меняется под влиянием водных растворов. Под действием вод, заключающих H_2S , оно переходит в аргентит по схеме: $2Ag_2S + 2H_2O \rightleftharpoons 4Ag + 2H_2S + O_2$. Вначале обыкновенно выделяется серебряная

тем переходит в аргентит. С. б. встречается в Саксонии, Богемии, Венгрии, Мексике, Перу, Чили и в штате Невада (США). В СССР находится на Алтае (Змеиногорский рудник), в Забайкальи, иногда на Урале. См. *Серебряные руды*.

СЕРНАЯ КИСЛОТА, H_2SO_4 или $SO_2(OH)_2$, сильная двусосновная к-та, являющаяся производным шестивалентной серы и отвечающая серному ангидриду SO_3 . По своему промышленному значению, широте применения и размерам производства С. к. занимает первое место среди всех кислот.

Безводная С. к., или моногидрат, по составу отвечающая ф-ле H_2SO_4 ,—бесцветная, прозрачная, маслянистая жидкость; уд. в. при 0° —1,853; $D_4^{20} = 1,8357 - 1,8384$. Чистый моногидрат застывает при t° ок. 0° в большие плоские кристаллы, плавящиеся при $10,49^\circ$. Кипение начинается при 290° ; $t^\circ_{кип.}$ постепенно поднимается до 338° , причем в парах находится смесь H_2SO_4 , SO_3 и воды. Диссоциация моногидрата начинается при гораздо более низких t° ; чистый моногидрат несколько дымит (отдает SO_3) уже при обыкновенной t° и заметно—при $30-40^\circ$. Поэтому получить моногидрат выпариванием невозможно; его приготавливают прибавлением требуемого количества SO_3 к крепкой С. к. известной концентрации. Диссоциация пара H_2SO_4 (на SO_3 и H_2O): при 332° —35,4%; 350° —50%; 365° —59,7%; 416° —100%.

Данные о теплотах образования H_2SO_4 страдают разноречивостью. Если принять по Бертело $S + O_2 = SO_2(газ) + 69,3 \text{ Cal}$, а $S + O_3 = SO_3(газ) + 91,9 \text{ Cal}$, то получим по разности $SO_2 + O = SO_3(газ) + 22,6 \text{ Cal}$. Принимая скрюгую теплоту парообразования SO_3 в 11,3 Cal, а теплоту растворения 80 ч. SO_3 в 18 ч. H_2O в 21 Cal (см. ниже), получим молекулярную теплоту образования для $SO_2 + O + H_2O = 22,6 + 11,3 + 21 = 54,9 \text{ Cal}$; $(S)_{р.м.б.} + 2(O_2) + (H_2) = +193,1$.

О теплоте нейтрализации С. к. см. табл. 1. Теплота парообразования H_2SO_4 при температуре 326° равна 122,12 Cal на кг (=11,97 Cal на 2-молекулу).

Водная С. к. В водных растворах С. к. образует ряд гидратов, изученных Д. И. Менделеевым. Хорошо исследованный дигидрат $H_2SO_4 \cdot H_2O$ легко выделяется из 60° -ной С. к. на холод; плавится он при $t^\circ + 8,62^\circ$, но за-

Табл. 1.—Теплоты нейтрализации С. к. (в Cal).

Уравнение	Все вещества в растворе	Сульфат твердый	Основание и сульфат-тв. в-та-раствор	Все вещества твердые
$H_2SO_4 + 2KOH = K_2SO_4 + 2H_2O$	+31,4	+38,0	+50,8	+82,5
$H_2SO_4 + KOH = KHSO_4 + H_2O$	+14,7	+17,9	+46,3	+48,7
$H_2SO_4 + 2NaOH = Na_2SO_4 + 2H_2O$	+31,4	+31,0	+68,5	+70,2
$H_2SO_4 + NaOH = NaHSO_4 + H_2O$	+14,7	+15,5	+43,2	+43,6
$2NH_3 + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4$	+29,0	+31,4	+66,9	+66,0
$NH_3 + H_2SO_4 = NH_4HSO_4$	+13,6	+13,6	NH_3 -газ +40,3	NH_3 -газ +39,4
$H_2SO_4 + CaO \cdot H_2O = CaSO_4 + 2H_2O$	+31,1	+26,7	+47,6	+49,3
$H_2SO_4 + BaO \cdot H_2O = BaSO_4 + 2H_2O$	+31,1	+36,8	+65,0	+66,7
$H_2SO_4 + MgO \cdot H_2O = MgSO_4 + 2H_2O$	+30,2	+10,2	+28,1	+32,4
$H_2SO_4 + FeO \cdot H_2O = FeSO_4 + 2H_2O$	+24,9	—	—	—
$3H_2SO_4 + Fe_2O_3 \cdot 3H_2O = Fe_2(SO_4)_3 + 6H_2O$	+34,1	—	—	—
$H_2SO_4 + ZnO \cdot H_2O = ZnSO_4 + 2H_2O$	+22,3	+ 3,9	+21,8	+23,5
$H_2SO_4 + CuO \cdot H_2O = CuSO_4 + 2H_2O$	+18,7	+ 2,9	+20,8	+22,5
$H_2SO_4 + PbO \cdot H_2O = PbSO_4 + 2H_2O$	+63,4	+23,8	+41,7	+43,5
	(осад.)			

чернь, землистое видоизменение аргенталла, состоящее из микроопических кристаллов; серебряная чернь за-

стывает вследствие переохлаждения при гораздо более низкой темп-ре. При $205-210^\circ$ тернет одну молекулу H_2O . Вследствие свойства 60° -ной

Табл. 2.—Удельные веса (плотности) водных растворов химически чистой С. к. (по Лунге, Иалеру, Нефу).

D ₄ ¹⁵ (в безвоздушн. простр.)	°Вé	100 вес. ч. соответствующей чистой к-те		1 л содержит химически чистой к-ты (%)	
		% SO ₃	% H ₂ SO ₄	SO ₃	H ₂ SO ₄
		1,000	0	0,07	0,09
1,020	2,7	2,47	3,03	0,025	0,031
1,040	5,4	4,87	5,96	0,051	0,062
1,060	8,0	7,16	8,77	0,076	0,093
1,080	10,6	9,47	11,60	0,103	0,125
1,100	13,0	11,71	14,35	0,129	0,158
1,120	15,4	13,89	17,01	0,156	0,191
1,140	17,7	16,01	19,61	0,183	0,223
1,160	19,8	18,11	22,19	0,210	0,257
1,180	22,0	20,21	24,76	0,238	0,292
1,200	24,0	22,30	27,32	0,266	0,323
1,220	26,0	24,36	29,84	0,297	0,364
1,240	27,9	26,35	32,28	0,327	0,400
1,260	29,7	28,22	34,57	0,356	0,435
1,280	31,5	30,10	36,87	0,385	0,472
1,300	33,3	31,99	39,19	0,416	0,510
1,320	35,0	33,88	41,50	0,447	0,548
1,340	36,6	35,71	43,74	0,479	0,586
1,360	38,2	37,45	45,88	0,509	0,624
1,380	39,8	39,18	48,00	0,541	0,662
1,400	41,2	40,91	50,11	0,573	0,702
1,420	42,7	42,57	52,15	0,604	0,740
1,440	44,1	44,14	54,07	0,636	0,779
1,460	45,4	45,69	55,97	0,667	0,817
1,470	46,1	46,45	56,90	0,683	0,837
1,480	46,8	47,21	57,83	0,699	0,856
1,490	47,4	47,95	58,74	0,715	0,876
1,500	48,1	48,73	59,70	0,731	0,896
1,510	48,7	49,51	60,65	0,748	0,916
1,520	49,4	50,28	61,59	0,764	0,936
1,530	50,0	51,04	62,53	0,781	0,957
1,540	50,6	51,78	63,43	0,797	0,977
1,550	51,2	52,46	64,26	0,813	0,996
1,560	51,8	53,22	65,20	0,830	1,017
1,570	52,4	53,95	66,09	0,847	1,038
1,580	53,0	54,65	66,95	0,864	1,058
1,590	53,6	55,37	67,83	0,880	1,078
1,600	54,1	56,09	68,70	0,897	1,099
1,610	54,7	56,79	69,56	0,914	1,120
1,620	55,2	57,49	70,42	0,931	1,141
1,630	55,8	58,14	71,27	0,948	1,162
1,650	56,9	59,57	72,96	0,983	1,204
1,670	57,9	60,95	74,66	1,017	1,246
1,680	58,4	61,63	75,50	1,035	1,268
1,685	58,7	61,93	75,94	1,043	1,278
1,690	58,9	62,29	76,38	1,053	1,289
1,695	59,2	62,64	76,76	1,062	1,301
1,700	59,5	63,00	77,17	1,071	1,312
1,705	59,7	63,35	77,60	1,080	1,323
1,710	60,0	63,70	78,04	1,089	1,334
1,715	60,2	64,07	78,48	1,099	1,346
1,720	60,4	64,43	78,92	1,108	1,357
1,730	60,9	65,14	79,80	1,127	1,381
1,750	61,8	66,58	81,56	1,165	1,427
1,770	62,8	68,17	83,51	1,207	1,478
1,790	63,7	69,96	85,70	1,252	1,534
1,810	64,6	72,08	88,30	1,305	1,598
1,820	65,0	73,51	90,05	1,338	1,639
1,821	—	73,63	90,20	1,341	1,643
1,822	65,1	73,80	90,40	1,345	1,647
1,823	—	73,96	90,60	1,348	1,651
1,824	65,2	74,12	90,80	1,352	1,656
1,825	—	74,29	91,00	1,356	1,661
1,826	65,3	74,49	91,25	1,360	1,666
1,827	—	74,69	91,50	1,364	1,671
1,828	65,4	74,86	91,70	1,368	1,676
1,829	—	75,03	91,90	1,372	1,681
1,830	—	75,19	92,10	1,376	1,685
1,831	65,5	75,46	92,43	1,382	1,692
1,832	—	75,69	92,70	1,386	1,698
1,833	—	75,89	92,97	1,391	1,704
1,834	—	76,12	93,25	1,396	1,710
1,835	65,7	76,38	93,56	1,402	1,717
1,836	—	76,57	93,90	1,405	1,722
1,837	—	76,90	94,25	1,412	1,730
1,838	65,8	77,23	94,60	1,419	1,739
1,839	—	77,55	95,00	1,426	1,748
1,840	65,9	78,04	95,60	1,436	1,759
1,8405	—	78,33	95,95	1,441	1,765
1,8410	—	78,69	96,38	1,448	1,774
1,8415	—	79,47	97,35	1,463	1,792
1,8410	—	80,16	98,20	1,476	1,808
1,8405	—	80,43	98,52	1,481	1,814
1,8400	—	80,59	98,72	1,483	1,816
1,8395	—	80,63	98,77	1,484	1,817
1,8390	—	80,93	99,12	1,488	1,823
1,8385	—	81,08	99,31	1,490	1,826

С. к. (D₄¹⁵ = 1,71) легко выделять на холоду дигидрат, к-та указанной крепости зимой замерзает. Исходя из физико-химических данных (контракция при растворении и т. п.), считают вероятным существование тригидрата H₂SO₄ · 2H₂O. Известен также гидрат ф-лы H₂SO₄ · 4H₂O с t°_{пл.} -25°; в присутствии воды или H₂SO₄, хотя бы и в незначительном количестве, t°_{пл.} снижается до -70°. Уд. в. растворов С. к. определялись различными авторами и приведены в табл. 2. При пользовании этими таблицами надо иметь в виду, что они относятся к химически чистой С. к.; плотности рыночных к-т всегда несколько выше в зависимости от примесей; средняя ошибка таблиц равна ± 0,05. Если t° к-ты отличается от 15°, то в показание ареометра вводится соответствующая поправка, к-рую вычитают, если t° < 15°, и прибавляют, если t° > 15°. Для практич. целей достаточны средние поправки наших стандартов (табл. 3).

Табл. 3.—Средние поправки уд. в. серной кислоты при изменении t°.

Уд. вес	Поправки для ± 1°С	°Вé	Поправки для ± 1°С
До 1,17	0,0006	0-30	0,07
1,17-1,45	0,0007	30-45	0,06
1,45-1,58	0,0008	45-65	0,05
1,58-1,75	0,0009	65-66	0,04
1,75-1,82	0,0010	—	—
1,82-1,84	0,0008	—	—

При растворении серной кислоты в воде (или разбавлении ее растворов) выделяется значительное количество тепла. Новейшие определения теплового эффекта, данные Паркесом [1], приведены в табл. 4.

Табл. 4.—Теплота растворения С. к. в воде.

SO ₃ (%)	Число Cal, освобод. при растворении 1 г SO ₃ в х г воды				Число Cal, освобод. при добавл. 1 г воды к раствору, содерж. 1 г SO ₃ в х г воды			
	15°	100°	150°	200°	15°	100°	150°	200°
	20	480	540	575	611	5,75	5,97	6,11
50	420	477	511	544	70,1	73,4	75,4	77,3
60	387	442	425	508	135	142	146	150,3
70	343	316	427	458	255	271	280	289
80	279	328	356	385	499	538	560	583
90	179	218	241	264	1 040	1 166	1 240	1 314

Паркес дает также ф-лу:

$$H = \frac{1000 z(100-x)^2}{Q(2,029x+100)} \text{ Cal,}$$

где z—число г H₂O на 100 г к-ты, содержащей x г воды и (100-x) г H₂SO₄; Q=3,76x+5,487z+181,2.

Удельные теплоемкости С. к. разных концентраций даны в табл. 5.

Табл. 5.—Удельные теплоемкости растворов С. к.

°Вé	D ₄ ¹⁵	Тепло-емкость в Cal	°Вé	D ₄ ¹⁵	Тепло-емкость в Cal
66	1,842	0,3315	35	1,320	0,67
63	1,774	0,38	30	1,263	0,73
60	1,711	0,41	25	1,210	0,78
55	1,615	0,45	20	1,162	0,82
50	1,530	0,49	15	1,116	0,87
45	1,453	0,55	10	1,075	0,90
40	1,383	0,60	5	1,037	0,95

Темп-ры плавления С. к. даны Книтчем и сведены в таблицу Лунге (табл. 6).

Табл. 6. — Температура плавления растворов H₂SO₄.

%SO ₃ общий	% H ₂ SO ₄	t° н.п.	%SO ₃ общий	% H ₂ SO ₄	t° н.п.
2	2,45	- 1	76	93,10	-32,0
4	4,90	- 2,0	78	95,05	-16,5
6	7,35	- 3,6	80	98,00	+ 3,0
8	9,80	- 5,3	81	99,25	+ 7,0
10	12,25	- 6,7	81,63	100	+10,0
12	14,70	- 7,9	82	—	+ 8,2
14	17,15	- 9,0	84	—	- 9,2
16	19,60	- 9,8	86	—	- 2,2
18	22,05	-13,2	87	—	+13,5
20	24,50	-17,1	88	—	+26,0
22	26,95	-31,0	89	—	+34,2
23	28,17	-40,1	90	—	+34,2
—	—	ниже	91	—	+25,8
—	—	-40	92	—	+14,2
61	74,72	-40	93	—	+ 0,8
62	75,95	-20	94	—	+ 4,5
63	77,17	-11,5	95	—	+14,8
64	78,40	- 4,8	96	—	+20,3
66	80,85	+ 1,2	97	—	+29,2
68	83,39	+ 8,0	98	—	+33,8
70	85,75	+ 4,0	99	—	+36,0
72	88,20	- 7,2	—	—	(26,0)*
74	90,65	-25,0	100	—	+40
75	91,87	-34,0	—	—	(17,7)*

* Числа в скобках относятся к свежим (не полимеризованному) к-там.

ся ее крайняя гигроскопичность, благодаря к-рой С. к. находит широкое применение в технике для сушки хлора, кислорода и других газов. Темп-ры кипения растворов С. к. определены Лунге [4] и сведены в табл. 8.

Табл. 8. — Температура кипения растворов H₂SO₄.

D ₄ ¹⁵	Содержание H ₂ SO ₄ (в %)	Наблюденная t° кип.	Барометрич. давление (приведенное к 0°), мм
1,8400	95,3	297	718,8
1,8334	92,8	280	723,9
1,8245	90,4	264	720,6
1,8140	88,7	257	726,0
1,7990	86,6	241,5	720,1
1,7800	84,3	228	720,5
1,7554	81,8	218	726,0
1,7400	80,6	209	720,6
1,7203	78,9	203,5	725,9
1,6786	75,3	185,5	725,2
1,6599	73,9	180	725,2
1,6072	69,5	169	730,1
1,5625	67,2	160	728,8
1,5617	65,4	158,5	730,1
1,5437	64,3	151,5	730,1
1,4960	59,4	143	730,1
1,3194	41,5	115	730,1
1,2042	27,6	107	732,9
1,0580	8,5	101,5	735,0

Кипячением С. к. нельзя получить моногидрата. Крепкая к-та, полученная путем дистилляции, всегда содержит некоторое количество воды (по разным авторам 2,14÷1,01% H₂SO₄; в среднем 1,7%). При дальнейшем кипячении С. к. перегоняется, не меняя состава, при постоянной t° 338°. Разбавленная С. к. отдает при кипячении воду, а к-ты с концентрацией выше 85% начинают отдавать и SO₃. Целый ряд других свойств выделяет концентрацию 98,3% H₂SO₄ как особую, критическую концентрацию С. к.: t° кип. и уд. в. здесь достигают максимума, а электропроводность резко падает, с чем связано и уменьшение действия на железе. Замечательно, что С. к. указанной концентрации обладает наилучшей абсорбционной способностью по отношению к SO₂; это свойство использовано в контактом производстве С. к. (см. ниже).

Книтч при этом называет t° н.п. константную t° заст.. Полученные Книтчем данные достаточны для практич. пользования, однако не могут считаться абсолютно точными.

Упругость паров растворов С. к. изучена различными авторами. Пар над С. к., содержащей менее 85% H₂SO₄, при t° до 200° состоит исключительно из воды [2]. Практика концентрационных установок подтверждает, что даже при кипении к-ты крепостью до 60—62° Вé (D=1,71÷1,75) в парах имеется только вода, а не H₂SO₄. Лаборатория Эдинбургского университета установила [3], что пары H₂SO₄ появляются при упарке С. к. при кон-

Табл. 7. — Упругость паров воды над разбавленной серной кислотой.

D	% H ₂ SO ₄	Температура																	
		10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°	95°
		Давление (в мм ртутного столба)																	
1,342	44	4,4	6,1	8,5	11,5	15,5	20,9	28,1	37,4	48,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,361	46	4,0	5,5	7,7	10,5	14,5	19,7	26,3	33,6	44,4	59,6	76,5	96,4	—	—	—	—	—	—
1,380	48	3,7	5,0	7,1	9,6	13,4	18,1	23,9	31,5	40,1	53,5	69,0	86,8	107,2	132,1	—	—	—	—
1,399	50	3,3	4,5	6,5	8,8	12,0	16,4	21,4	27,4	35,9	47,4	61,3	77,0	95,6	118,1	152,0	192,6	236,7	—
1,418	52	3,0	4,0	5,8	7,9	10,9	14,5	18,9	24,1	31,5	41,5	54,0	67,9	84,5	104,5	131,2	166,5	207,9	251,5
1,439	54	2,0	3,6	5,0	7,0	9,5	12,5	16,5	21,3	27,8	36,2	47,2	59,9	74,8	92,6	116,1	146,8	183,5	222,0
1,459	56	2,2	3,1	4,3	6,0	8,1	11,0	14,2	18,6	24,1	31,0	41,6	51,6	65,0	80,6	100,9	128,2	160,0	195,0
1,480	58	1,9	2,6	3,5	5,1	7,2	9,1	12,0	15,8	20,4	26,1	34,5	44,0	55,4	68,4	86,2	110,6	138,5	169,5
1,502	60	1,6	2,1	3,0	4,3	6,1	7,5	10,0	13,0	16,9	21,6	28,7	36,7	46,1	56,7	72,3	94,0	118,7	148,0
1,525	62	1,4	1,8	2,6	3,6	5,0	6,5	8,1	10,5	13,9	17,7	23,9	30,0	37,7	46,2	58,7	73,2	100,7	125,0
1,547	64	1,2	1,6	2,2	3,0	4,0	5,5	6,5	8,2	10,9	14,0	18,7	23,9	30,3	37,4	48,0	63,8	85,7	105,0
1,569	66	1,1	1,4	1,8	2,5	3,5	4,5	5,4	6,5	8,9	11,5	15,2	19,1	24,2	30,3	39,9	52,5	70,0	88,0
1,592	68	0,9	1,2	1,5	2,1	3,0	3,8	4,5	5,4	7,2	9,5	12,3	15,4	19,4	24,4	31,4	42,5	56,0	72,0
1,615	70	0,8	1,0	1,3	1,8	2,5	3,3	3,8	4,4	5,9	7,5	9,5	12,1	15,5	19,8	25,5	33,9	44,4	57,0
1,638	72	0,7	0,8	1,0	1,4	2,0	2,8	3,2	3,6	4,8	6,0	7,5	9,5	12,0	15,4	20,0	26,2	33,7	43,4
1,662	74	0,5	0,6	0,6	1,2	1,7	2,1	2,6	3,1	3,9	4,9	6,0	7,5	9,5	12,1	15,4	19,5	24,5	31,5
1,687	76	0,4	0,4	0,5	1,0	1,4	1,8	2,1	2,5	3,0	4,0	4,8	5,9	7,5	9,5	11,8	15,0	18,5	22,0
1,710	78	0,3	0,3	0,4	0,8	1,1	1,4	1,7	2,1	2,4	3,0	3,5	4,0	5,7	7,0	8,5	10,5	13,0	15,8
1,733	80	0,2	0,2	0,3	0,6	0,8	1,1	1,3	1,6	1,9	2,4	2,9	3,3	4,1	5,0	6,2	7,5	9,3	11,0
1,755	82	0,1	0,1	0,2	0,4	0,5	0,5	0,9	1,1	1,4	1,7	2,0	2,3	2,7	3,2	3,9	4,7	5,6	6,8

центрации не ниже 90% и даже 96%. На практике пользуются таблицей Сореля (табл. 7). Незначительной величины упругости паров воды над концентрированной С. к. объясняет-

Электропроводность растворов С. к. при 18° (мо/см) приведена в табл. 9.

Вязкость растворов С. к.—см. [5]. Коэф. расширения—см. Стр. ТЭ, т. V.

Табл. 9.—Электропроводность растворов H₂SO₄.

% H ₂ SO ₄ в растворе	эквиваленты в л	Уд. в.	Электропроводность в 10 ⁴ мо/см		Температурный коэф.
			Удельная	Эквивалентная	
5	1,053	1,0331	2 085	198,0	0,0121
10	2,176	1,0673	3 915	179,9	0,0128
20	4,655	1,1414	6 527	140,2	0,0145
40	10,649	1,3056	6 800	63,8	0,0178
50	14,258	1,3984	5 405	37,9	0,0193
60	18,375	1,5010	3 726	20,27	0,0213
80	28,25	1,7320	1 105	3,91	0,0349
100,14	—	—	187	—	0,030

Диэлектрич. постоянная—см. *Спр. ТЭ*, т. IV. Коэф. преломления n_D^{20} 1,429.

Олеумом называют раствор серного ангидрида (SO₂) в С. к. Табл. 10 дает соотношение между содержанием свободного SO₂, эквивалентным содержанием H₂SO₄ и общим содержанием SO₂.

Табл. 10.—Соотношение между содержанием свободного SO₂, H₂SO₄ и общим содержанием SO₂ (в %).

Своб. SO ₂	Эквивалент H ₂ SO ₄	Общее содержание SO ₂	Своб. SO ₂	Эквивалент H ₂ SO ₄	Общее содержание SO ₂
0	100,00	81,63	24	105,40	86,04
1	100,23	81,82	26	105,85	86,41
2	100,45	82,00	28	106,30	86,73
3	100,68	82,13	30	106,75	87,14
4	100,90	82,37	34	107,65	87,88
5	101,13	82,55	38	108,55	88,61
6	101,35	82,73	42	109,45	89,35
7	101,58	82,92	46	110,35	90,08
8	101,80	83,10	50	111,25	90,82
9	102,03	83,29	54	112,15	91,55
10	102,25	83,47	58	113,05	92,29
11	102,48	83,65	62	113,95	93,02
12	102,70	83,84	66	114,85	93,77
13	102,93	84,02	70	115,75	94,49
14	103,15	84,20	74	116,65	95,22
15	103,38	84,39	78	117,55	95,96
16	103,60	84,57	82	118,45	96,69
17	103,83	84,76	86	119,35	97,43
18	104,05	84,94	90	120,25	98,16
19	104,28	85,12	94	121,15	98,90
20	104,50	85,31	98	122,05	99,63
22	104,95	85,67	100	122,50	100,00

Удельные веса oleума различной концентрации определены Книтчем (табл. 11).

Табл. 11.—Удельные веса oleума.

Своб. SO ₂ (%)	D ¹⁵			Своб. SO ₂ (%)	D ³⁵		
	D ¹⁵	D ³⁵	D ⁴⁵		D ¹⁵	D ³⁵	D ⁴⁵
0	1,850	1,8186	1,822	20	1,920	1,8919	1,887
2	—	1,8270	—	30	1,957	1,9280	1,920
4	—	1,8360	—	40	1,979	1,9584	1,945
6	—	1,8425	—	50	2,009	1,9733	1,964
8	—	1,8498	—	60	2,020	1,9738	1,959
10	1,888	1,8565	1,858	70	2,018	1,9564	1,942
12	—	1,8627	—	80	2,008	1,9251	1,890
14	—	1,8692	—	90	1,990	1,8888	1,864
16	—	1,8756	—	100	1,984	1,8370	1,814
18	—	1,8890	—	—	—	—	—

Приведенные значения могут считаться только приближенными: они расходятся с определениями других исследователей и часто стоят в противоречии друг с другом. Объясняется это тем, что исследованию подвергались образцы технического oleума разного происхождения. В большинстве приведенные значения выше истинных.

Теплоемкости oleума по Книтчу (при 25—35°) приведены в табл. 12.

Табл. 12.—Удельные теплоемкости oleума.

Свободн. SO ₂ (%)	Общий SO ₂ (%)	Теплоемкость
10,0	83,46	0,3117
20,95	85,48	0,3391
29,74	87,13	0,3692
38,75	88,75	0,3498
46,1	90,1	0,3599
49,4	90,73	0,3660
63,5	93,3	0,4325
70,6	94,64	0,4730
81,0	96,52	0,5698
88,6	97,92	0,6526
98,9	99,8	0,7413

Точки кипения oleума определялись Книтчем как t° первого вскипания жидкости (табл. 13).

Табл. 13.—Температура кипения oleума.

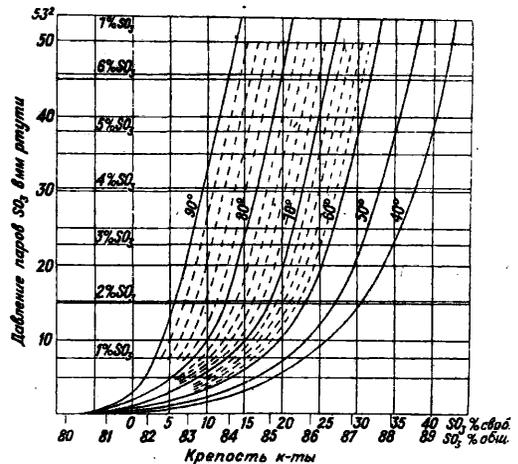
Свободн. SO ₂ (%)	Общий SO ₂ (%)	t° кип.	Барометрич. давление, мм
3,64	82,3	212	759
9,63	83,4	170	759
26,23	86,45	125	759
42,84	89,5	92	759
63,20	93,24	60	759
97,2	99,5	43	759

Упругость паров oleума определялась Книтчем и Давидом [9]. Приводим данные последнего как более точные (табл. 14).

Табл. 14.—Упругость паров oleума.

t°	Своб. SO ₂ (%)									
	мм Hg	мм Hg								
40	20,6	6,1	27,8	11,4	34,9	22,0	39,6	38,9	42,6	51,9
50	16,7	5,5	24,0	10,9	30,3	23,6	35,3	39,1	37,1	51,2
60	14,9	5,5	21,2	12,9	26,3	24,1	31,0	38,5	32,9	50,5
70	9,1	5,3	16,6	11,5	21,1	23,6	24,4	39,5	28,5	50,9
80	—	—	11,2	11,4	13,5	23,4	16,3	37,7	20,4	50,4
90	—	—	4,5	11,4	8,0	23,4	10,4	37,4	14,0	51,2

Те же данные представлены фиг. 1. На горизонтальных линиях показан % SO₂ в газооб-



Фиг. 1.

разной фазе, находящейся в равновесии с oleумом данной концентрации при данных t° (показаны у кривых). Теплоты растворения oleума в воде определены Портером и сведены в табл. 15.

Табл. 15.—Теплота растворения 1 г олеума в избытке воды.

Своб. SO ₂ (%)	Общий SO ₂ (%)	Теплота растворения		Скрытая теплота плавления
		жидкого олеума	твердого олеума	
45,6	90	317	294	Среднее 24,2
56,4	92	349	325	
67,3	94	382	359	
78,3	96	419	395	
89,1	98	459	437	
100	100	504	482	

На основании этих данных и теплоемкостей олеума разной крепости Портер вывел количества теплоты, выделяющиеся при растворении SO₂ в воде (табл. 16).

Табл. 16.—Теплота растворения SO₂ в H₂O.

Конечный раствор (% общ. SO ₂)	Теплота растворения при x г SO ₂ в 1 г воды при t° в cal
81,63	1 222+2,54 (t°-18°)
85,00	1 263+3,16 (t°-18°)
90,00	1 368+4,18 (t°-18°)
95,00	1 577+5,42 (t°-18°)
98,00	1 745+6,12 (t°-18°)

Электропроводность олеума изучалась Книтчем и Кольраушем [7]. В табл. 17 приведены данные последнего автора.

Табл. 17.—Удельная электропроводность олеума при 18° (κ₁₈).

Свободн. SO ₂ (%)	H ₂ SO ₄ (%)	κ ₁₈ × 10 ⁴	Температурный коэф.	Свободн. SO ₂ (%)	H ₂ SO ₄ (%)	κ ₁₈ × 10 ⁴	Температурный коэф.
90	1 075	0,032	2,3	100,51	227	0,032	
92	1 102	0,030	5,0	101,12	269	0,031	
96	938	0,025	9,2	102,08	269	0,031	
96,87	845	0,028	15,7	—	271	0,032	
98,42	592	0,027	24,9	103,53	138	—	
99,08	361	0,028	33,8	105,61	93	0,039	
99,44	213	0,028	40,9	107,61	35	0,050	
99,75	80	0,040	46,1	109,20	14	0,056	
99,98	157	0,031	49,8	110,38	8	0,061	
0,9	100,21	199	0,030	—	111,2	—	

Химические свойства С. к. Соединение концентрированной С. к. с водой является настоящим химич. процессом, что доказывает сильным повышением t°, образованием гидратов определенного состава и концентрацией растворов. С. к.—одна из наиболее сильных к-т: она способна вытеснять при соответствующих условиях все другие к-ты из их солей; однако HCl разлагает сульфаты кальция, натрия, бария, стронция и кальция при красном калении. Измерения степени диссоциации С. к. показывают, что она по своей «силе» уступает таким к-там, как соляная, азотная, бромистая и иодистоводородная и марганцевая. Вытеснение же этих к-т концентрированной H₂SO₄, легко и часто осуществляемое на практике, протекает согласно правилу Бертоле—в условиях, когда вытесняемая кислота удаляется из сферы реакции благодаря летучести или легкой разлагаемости. Со щелочами С. к. дает два ряда солей: кислые—состава SO₂ $\begin{cases} \text{OH} \\ \text{OMe} \end{cases}$ и нейтральные,—отвечающие ф-ле SO₂ $\begin{cases} \text{OMe} \\ \text{OMe} \end{cases}$. Часто встречаются основные соли; известны так-

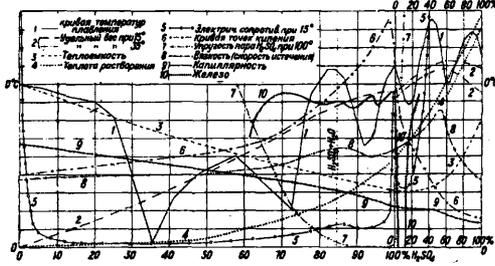
же двойные соли, например нейтральная-кислая K₂H(SO₄)₂, кислая KN₃(SO₄)₂. На металлы С. к. действует различно. При действии С. к. на металлы, разлагающие воду, на холоду выделяется водород; при нагревании цинк и железо выделяют H₂ и SO₂; цинк при определенных условиях выделяет даже H₂S. Большинство тяжелых металлов мало реагирует на холоду с разбавленной С. к.; при нагревании с конц. H₂SO₄ они выделяют SO₂ и одновременно дают сульфаты. На золото, платину, иридий и родий С. к. при обычных условиях не действует. Большой практик. интерес представляет отношение С. к. к черным металлам и свинцу. Чугун мало разедается С. к. как на холоду, так и при нагревании, что широко используется промышленностью. Лунге [8] тщательно исследовал коррозионное действие С. к. на различные сорта чугуна. При обыкновенной t° крепкие кислоты с концентрацией от 50° Вё (D=1,53) и выше очень незначительно действуют на все сорта чугуна. При 100° коррозия не только усиливается, но уже сказывается влияние концентрации: все сорта чугуна оказались приблизительно в 1½ раза более стойкими против кислоты в 66° (1,84), чем против 60°-ной (1,71) и приблизительно в 3 раза более стойкими, нежели против 50°-ной (1,53). Это различие делается еще более резким при t° кип. Железо в общем легче подвергается коррозии под влиянием С. к., чем чугун; практически оно достаточно устойчиво против к-т с уд. в. от 1,60 и выше. При этом д. б. исключен доступ влажного воздуха. В табл. 18 дается убыль в весе (г/м² в час) для чугуна и железа при воздействии С. к. разных концентраций при 18—20° в течение 72 часов (см. Коррозия).

Табл. 18.—Действие серной кислоты на чугун и железо (по Книтчу).

H ₂ SO ₄ (%)	SO ₂ (%)	Чугун (3,55% C)	Литое железо (0,115% C)	Сварочное железо (0,078% C)
48,8	39,9	0,2177	—	—
61,2	50,9	0,1510	—	0,3032
67,7	55,3	0,0847	—	0,0789
73,4	59,9	0,0662	—	0,0623
79,7	65,0	0,1560	—	0,1159
83,7	68,4	0,1398	—	0,1052
88,1	69,5	0,1306	—	0,1034
88,2	72,0	0,1636	—	0,1417
90,6	73,9	0,1760	—	0,1339
92,0	75,2	0,0883	—	0,1040
93,0	75,9	0,0736	0,0987	0,0855
94,3	77,0	0,0723	0,0933	0,0708
95,4	77,9	0,1274	0,1471	0,1209
96,8	79,0	0,1013	0,0815	0,0988
98,4	80,3	0,0681	0,0533	0,0655
98,7	80,6	0,0533	0,0509	0,0570
99,2	81,0	0,0588	0,0418	0,0504
99,3	81,07	0,057	0,042	0,050
99,5	81,25	0,060	0,038	0,049
99,77	81,45	0,066	0,042	0,049
100,0	81,63	0,087	0,038	0,076
Общ. SO ₂	Своб. SO ₂			
81,8	0,91	0,201	0,393	0,323
82,02	2,00	0,190	0,285	0,514
82,28	3,64	0,132	0,441	0,687
82,54	4,73	0,154	0,956	1,075
82,8	7,45	0,151	0,586	1,321
83,5	10,17	0,079	0,758	1,540
84,2	12,89	0,270	1,024	0,892
84,62	16,16	0,271	1,400	0,758
85,05	18,34	0,076	1,938	1,530
86,0	23,78	0,070	0,245	0,471
88,24	44,67	0,043	0,033	0,053
90,07	45,56	0,040	0,018	0,019

Минимум коррозии наблюдается при концентрациях 68÷78% H₂SO₄, 92,5÷95% и 98÷99%.

Эти концентрации соответствуют товарным сортам: башенная (гловерная) кислота, купоросное масло и моногидрат (см. ниже). Слабый олеум, содержащий до 20% свободного SO₃, заметно разбедает как чугун, так и железо, а с дальнейшим повышением концентрации коррозия резко снижается. На практике материалом для аппаратуры, соприкасающейся с олеумом, служит обычно железо, т. е. чугун под действием олеума дает трещины вследствие образования в его порах газов (растворение графита). Взаимозависимость различных свойств С. к. (между прочим и коррозия железа) видна из диаграммы Книтца (фиг. 2).



Фиг. 2.

В последнее десятилетие для работы с разбавленной С. к. все больше применяется кремнистый чугун (15% Si и выше), выпускаемый под разными марками [10]. Он практически очень стоек по отношению к С. к. всех концентраций как холодной, так и горячей, но отличается повышенной твердостью и хрупкостью. На свинец разбавленная С. к. действует слабо вплоть до концентрации купоросного масла (93 ÷ 95% H₂SO₄). Однако уже технич. моногидрат, содержащий около 98 ÷ 99% H₂SO₄, сильно разбедает свинец (в 13 1/2 раз больше, чем купоросное масло) [9]. Олеум разрушает свинец еще больше. С повышением t° корродирующее действие С. к. на свинец быстро растет. Относительно влияния разных примесей и присадок в свинце на коррозию его под действием С. к. имеются противоречивые данные. В настоящее время можно считать общепринятыми выводы Лунге и Шмидта, сводящиеся вкратце к следующему: при t° ниже 200° надо употреблять как самый чистый мягкий свинец (99,98% Pb) как наиболее устойчивый; содержание висмута при всех условиях повышает коррозию и д. б. избегнуто; примесь сурьмы до 0,2% не приносит вреда; в большем количестве сурьма повышает коррозию и может допускаться только при изготовлении твердого свинца (гартблей); при t° ок. 200° и выше полезная примесь меди 0,1—0,2%.

Растворимость окислов азота в С. к. представляет большой интерес для производства С. к. камерной и башенным способами. Закис азота N₂O в С. к. практически нерастворима. Очень мало растворима и окись азота NO, даже в конц. С. к. Лунге нашел, что 1 см³ конц. С. к. растворяет 0,000593 г = 0,035 см³ NO, а разбавленная С. к. еще меньше. По Гемпелю 100 объемных частей С. к. разной концентрации растворяют:

H ₂ SO ₄	=	100%	H ₂ SO ₄	..	3,5 об. ч.	NO
H ₂ SO ₄ · 2,5 H ₂ O	=	68,5%	H ₂ SO ₄	..	1,7 »	» NO
H ₂ SO ₄ · 6,5 H ₂ O	=	45,5%	H ₂ SO ₄	..	2,0 »	» NO
H ₂ SO ₄ · 9,0 H ₂ O	=	37,7%	H ₂ SO ₄	..	2,7 »	» NO
H ₂ SO ₄ · 17 H ₂ O	=	24,3%	H ₂ SO ₄	..	4,5 »	» NO
Вода	=	0%	H ₂ SO ₄	..	7,2 »	» NO

В присутствии кислорода окись азота быстро

поглощается С. к., но в этом случае растворяется уже не окись азота, а образовавшиеся вследствие соединения с кислородом высшие окислы. Двоокись азота (NO₂, N₂O₄) в значительной степени поглощается серной кислотой, однако вряд ли в этом случае имеет место растворение; поглощение двоокиси азота С. к. следует рассматривать как химич. реакцию. Наибольшую роль в камерном и башенном процессах играет азотистый ангидрид N₂O₃. В газообразном состоянии это соединение состоит из молекулярной смеси NO и NO₂: N₂O₃ ⇌ NO + NO₂. Однако эта смесь реагирует как соединение N₂O₃. В С. к. N₂O₃ растворяется лучше всех других окислов азота. Вопрос о том, имеем ли мы в этом случае раствор или химическое соединение, нельзя считать окончательно решенным; Лунге считает, что трехокись азота соединяется с С. к. в нитрозилсерную к-ту (2H₂SO₄ + N₂O₃ = 2SO₃NH + H₂O). Поглощение N₂O₃ С. к. совершается тем легче, чем более концентрирована к-та. С. к., содержащую в растворе трехокись азота (или нитрозилсерную к-ту), называют нитрозо-ой. Это та к-та, к-рая циркулирует в башнях серноокислотных установок (камерных и башенных).

Товарные сорта С. к. На рынке обычно фигурируют следующие сорта: 1) камерная С. к. (52° Вé ± 0,5°), 2) башенная, или гловерная, к-та (58 ÷ 60° Вé), 3) купоросное масло (92,5% H₂SO₄ ± 0,5%) и 4) олеум с содержанием свободного SO₃ 18—19%. Выпускаются и специальные сорта: чистая для анализа, химически чистая, аккумуляторная и олеум большей, чем указано, крепости. Технич. условия на С. к. (по ОСТ) [14]: 1) С. к. техничская, к-та 52° Вé (камерная кислота): уд. в. 1,555 ÷ 1,572 (52° Вé ± 0,5°), содержание H₂SO₄ 65,35% ± 0,7%, N₂O₃ > 0,03%, железа (Fe) > 0,03%, мышьяка (As) > 0,02%, твердого остатка > 0,14%; к-та может иметь слабый бурый оттенок и не должна содержать осадка. 2) На башенную (гловерную) С. к. стандарт в настоящее время только вырабатывается. 3) Купоросное масло: уд. в. 1,828 ÷ 1,833 (65,5° Вé ± 0,1° Вé), содержание H₂SO₄ 92,5% ± 0,5%, железа (Fe) > 0,06%, мышьяка (As) > 0,02%, твердого остатка > 0,2%. 4) Олеум: содержание свободного SO₃ 18,5% ± 0,5%, железа 0,04%, мышьяка, хлора и азотистого ангидрида нет, твердого остатка > 0,15%. Приведенные стандарты СССР подвергаются теперь переработке.

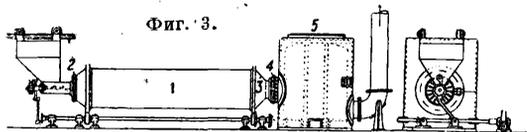
Методы анализа. Содержание H₂SO₄ определяется титрованием N раствором NaOH. Качество и количество испытание на N₂O₃ производится дифениламино- и раствором FeSO₄. Количество и качество определяются титрованием 0,1N раствором KMnO₄. Для определения содержания Fe осаждают аммиаком гидраты окисей железа и алюминия, осадок растворяют в С.к., восстанавливают цинком окись железа в занис и титруют 0,1 N раствором KMnO₄. Мышьяк определяют по Кельшу или Маршу. Твердый остаток определяется выпариванием и последующим прокаливанием остатка. Для определения свободного SO₃ в олеуме оттитровывают сначала навеску 0,1N раствором NaOH и определяют т. о. общую кислотность; затем определяют иодометрически содержание SO₂; по разности находят содержание общего SO₃ (остаток считают водой); вычисляют количество SO₃, соответствующее полученному количеству воды для образования серной кислоты, остальное количество SO₃ и есть свободный SO₃.

Н. Полянов и Г. Фреймер.

Сернокислотное производство.

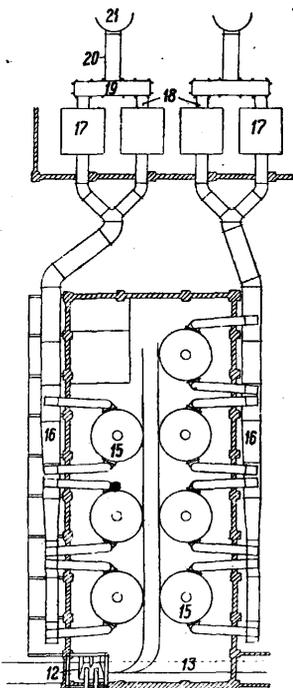
Производство С. к. разбивается на две стадии: обжиг серы или серосодержащего сырья для получения сернистого газа (S + O₂ = SO₂) и соединение SO₂ с кислородом и водой в С. к. (схематически SO₂ + O + H₂O = H₂SO₄).

I. Получение SO_2 . 1. Сырье. Сырьем для получения SO_2 служат: а) сера, б) серный колчедан, в) металлургич. газы, г) газоочистительная масса, д) гипс и е) прочие сульфаты.



а) Сера играет возрастающую роль в производстве H_2SO_4 двух стран: США и Англии. В 1929 г. доля серы в общей продукции С.к. поднялась в США до 70,8%. Экономически и технологически сера является чрезвычайно выгодным сырьем для производства H_2SO_4 (чистый конц. газ, отсутствие отходов). Однако в СССР С. к. из серы не производится, т. к. до последнего времени наши серные месторождения в Ср. Азии (Каракум, Шор-Су, Гоурдак) недостаточно еще разведаны и разработаны. Серу сжигают в периодически загружаемых вручную печах, во вращающихся печах (непрерывного действия) и наконец в форсуночных печах.

Фиг. 3 показывает одну из наиболее распространенных вращающихся печей. Эта печь состоит из железного барабана 1 с навинченными на концах конусами из



Фиг. 4а.

кислотоупорного чугуна. Передний конус 2 закрывается крышкой, несущей загрузочное отверстие, смотровое окно и приспособление для регулирования притока воздуха. Задний конус

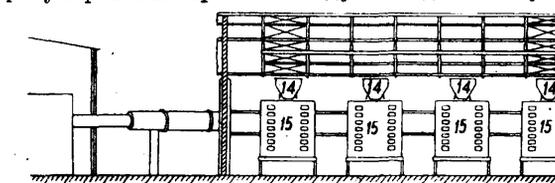
сжигает 5—6 т серы в сутки при расходе энергии в 4—5 Нр. Число оборотов барабана—1 в мин., мотора—144 в мин. В последнее время все большее применение находят форсуночные печи. Расплавленная сера вбрызгивается в камеру сгорания обыкновенной форсунки. Воздух, служащий для горения, предварительно высушивается серной кислотой (печь Chemical Construction Co. на контактных установках сист. Сельдена).

б) Основным сырьем для получения SO_2 является серный (железный) колчедан [12], или *пирит* (см.). Колчедан поступает на сернокислотные з-ды в больших кусках с примесью некого количества мелочи. С неких месторождений (Ревда—Урал) колчедан поступает в виде грубого порошка, т. е. с пылочки. Кусковой колчедан до обжига подвергается дроблению до величины зерен в 6—10 мм. Благоустроенные дробильные установки состоят из *дробилок* (см.) Блека для предварительного дробления, валцов для окончательного измельчения, просеивающих грохотов и элеваторов. Дробленый колчедан подается в печное отделение транспортером или по подвесной дороге. На фиг. 4а и 4б дана схема дробильной установки и печного отделения, как она принята (с незначительными отклонениями) на большинстве наших новых и заграничных сернокислотных з-дов. Из вагонов 1 колчедан выгружается в просторный склад. Кранами (или другими приспособлениями) колчедан со склада подается в бункеры 2, откуда по железным рукам попадает в дробилки 3, где измельчается до кусков в 30—40 мм. Элеватором 4 дробленый колчедан подается по рукам 5 в цилиндрич. грохоты 6, отсеивающие кусочки размером в 10 мм и ниже. Куски большего размера сыплются в бункеры 7, откуда через тарелки 8 попадают на валцы 9 из твердой марганцовистой стали. Измельченный на валцах колчедан сыпается в приемок того же элеватора 4, к-рый поднимает материал, прошедший через дробилки 3, и проходит тот же путь через грохоты 6. Отсеянный на грохотах колчедан, размером зерен 6—10 мм, подается элеватором 10 на транспортер 11, подающий его в запасные бункеры 12 печного отделения. Из последних колчедан

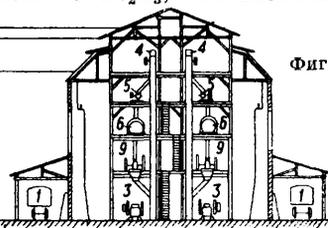


развезен по подвесной дороге 13, снабженной автоматическими или полуавтоматич. весами, по небольшим бункерам 14, находящимся непосредственно над печами 15. Газ из печей (7—9% SO_2) по газоходам 16 идет в пыльные камеры 17, где очищается от увлеченной из печей пыли, и по трубам 18, коллекторам 19 и трубам 20 попадает в аппараты 21 для переработки SO_2 .

Остаток выгоревшего колчедана, состоящий главным образом из Fe_2O_3 , так называемый



о г а р о к, автоматически сыпается в подставленные вагонетки или на железный пла-



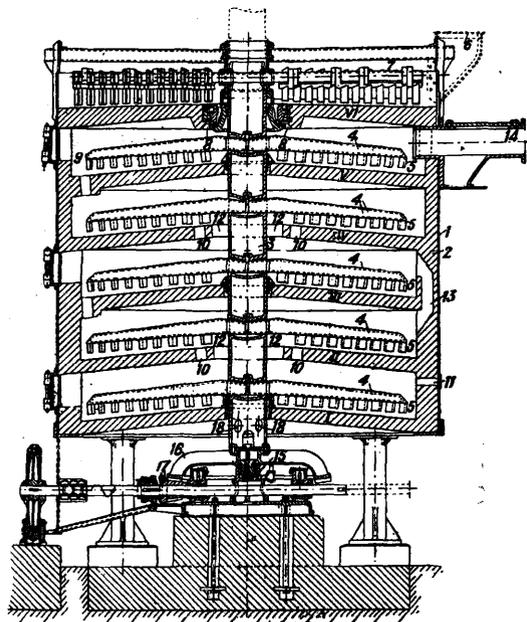
Фиг. 4б.

о г а р о к, автоматически сыпается в подставленные вагонетки или на железный пла-

стинчатый транспортер и выводится из печного отделения.

Основная реакция, имеющая место в обжиговой печи: $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 = 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2$. В верхней зоне печи имеет место частичная возгонка элементарной серы ($\text{FeS}_2 \rightarrow \text{Fe} + \text{S}$) и ее сгорание. Образование промежуточных соединений FeO , FeSO_4 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ не выяснено. Образование SO_2 по схеме $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{катализатор}} 2\text{SO}_3$ под катализатор, влиянием огарка и металлич. частей печи (чугун, железо) бесспорно. Печной газ всегда содержит 5–10% SO_2 от объема SO_2 . Железо в огарке находится гл. обр. в виде Fe_2O_3 ; возможно также присутствие Fe_3O_4 . Сера в огарке связана как с железом, так и с другими металлами в виде сульфидов или сульфатов. При хорошем обжиге в огарке не остается необожженного FeS_2 ; присутствуют однако FeS и основные сульфаты железа. Медь в огарке находится в виде CuSO_4 , Cu_2S , CuS и т. д. ZnS и PbS , если они находятся в колчедане, окисляются в ZnSO_4 и PbSO_4 ; CaSO_4 в процессе обжига не изменяется, а CaCO_3 переходит в CaSO_4 . Мышьяк из колчедана (FeAsS) сгорает в As_2O_3 ; последний уносится с газами. Se сгорает в SeO_2 , но сернистым газом восстанавливается до элементарного селена, уносимого с газами. При производственных анализах огарка определяется только сульфидная сера. При нормальном обжиге количество ее не превышает 1–2%.

Печи для сжигания колчедана употребляются в настоящее время исключительно механические, в несколько этажей, с системой гребков, которые передвигают колчедан со свода на свод.

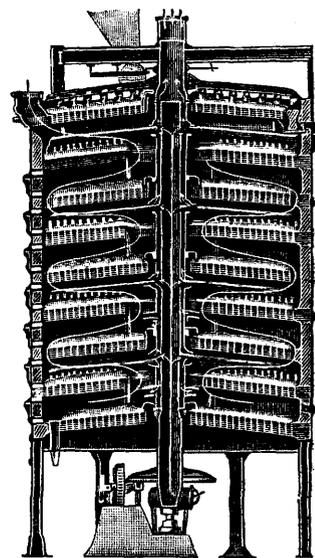


Фиг. 5.

Фиг. 5 представляет вертикальный разрез 3-т печи Герресгофа. Железный ножик 1 футерован огнеупорным кирпичом 2. Печь имеет 6 сферич. кирпичных сводов I, II, III, IV, V и VI, образующих 5 этажей. В центре печи вращается полный чугунный вал 3 с карманами, в к-рые вставляются гребки 4. Последние снабжены зубьями 5, расположенными под углом в 45°. В зависимости от направления зубьев колчедан передвигается по сводам от центра к периферии или обратно. Колчедан загружается в бункер 6, откуда просыпается на верх свода VI, служащего для подсушивания колчедана. На этом своде колчедан подвигается гребком 7 к центру, где и падает через кольцеобразное отверстие 8 на свод V (1-й рабочий), где начинается горение. Горящий колчедан передвигается к периферии и через отверстия 9 попадает на свод IV. Здесь колчедан передвигается от периферии к центру, где проваливается через отверстия 10 на свод III и т. д. Выгоревший колчедан (огарок) попадает с нижнего свода I в вагонетку. Воздух попадает в печь через отверстия II в 5-й этаж печи. Газы движутся снизу вверх через кольцевые отверстия 12 у вала печи и каналы 13 в футеровке и выводятся из печи по газоходу 14. Вал покоится на подшипнике 15 и вращается со скоростью 1 об/2 м., для чего служит система конич. шестерен 16, 17. Вал охлаждается воздухом, поступающим внутрь вала через отверстия 18 благодаря естественной тяге. Печь потребляет ок. 0,75 IP;

напряжение сводов составляет ок. 50 кг S на 1 м² в 24 ч.; огарок содержит 1–1,5% S; t° вала и гребков равна 400–425°; t° в первом этаже 560°, во втором 650°, в третьем 480°, в четвертом 375° и в пятом 260°.

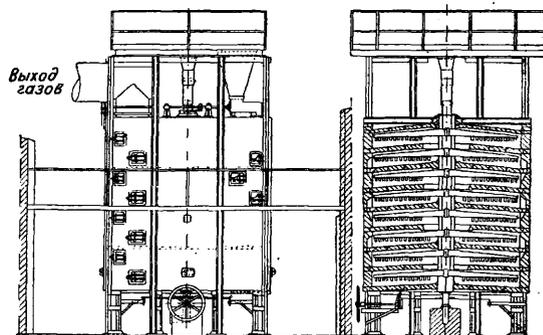
Фиг. 6 схематически представляет новейший тип печи Герресгофа. Воздух охлаждает не только вал, но и гребки (ход воздуха обозначен стрелками); он подается вентилятором низкого давления (42,5–85 см вод. ст.) в нижний конец чугунного вала, собранного из нескольких звеньев, проходит вверх по трубе, находящейся внутри вала, и поступает из нее по ответвлениям в гребки, откуда по кольцевому пространству между внутренней стенкой вала и трубой выводится в атмосферу или используется для отопительных целей (t° = 200–260°) или же наконец, как это показано на фиг. 6,



Фиг. 6.

поступает частично в нижний этаж печи. Колчедан и газы попадают на этажа в этаж через одни и те же отверстия, но последние настолько широки, что газы запыляются не сильно. Гребки и зубья легко и быстро заменяются. Установка вала в вертикальном направлении поддается регулированию.

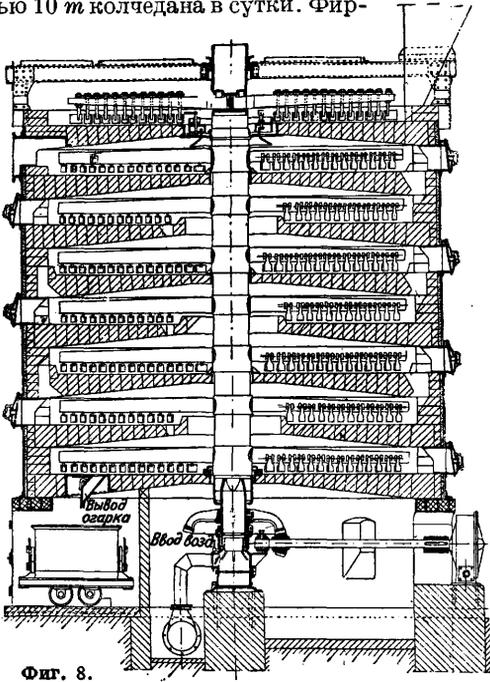
В последние годы в Европе и в СССР наибольшее применение находят печи Брак-Моритца, Гумбольдта, Лурги и Веджа. Фиг. 7 показывает 8-т печь Брак-Моритца [18]. Подача колчедана из бункера на сушильный свод совершается поршнем, действующим от движения вала. Большая приводная шестерня состоит из отдельных заменяемых сегментов; в случае возникновения слияшком большого сопротивления шестерня автоматически выключается. Выдача огарка из печи также автоматизирована. Короткие и легкие гребки быстро и легко сменяются. Печь строится обычно мощностью на 8–10 т колчедана в сутки; D = 4,35 м, кожух железный, футеровка толщиной в 220 мм;



Фиг. 7.

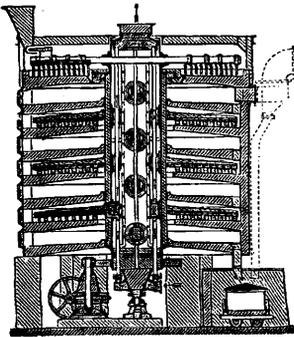
печь имеет 8 этажей, образуемых девятью конич. сводами с наклоном в 220 мм и толщиной в 60 мм при расстоянии между сводами в

460 мм; D вала 352 мм, высота вала 5,30 м, делает оборот в $3\frac{1}{4}$ мин. На фиг. 8 изображена 7-этажная печь фирмы Гумбольдт (Humboldt, Köln-Kalk) [14] производительностью 10 т колчедана в сутки. Фир-



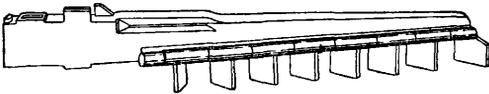
Фиг. 8.

ма строит 7- и 9-этажные печи производительностью до 35 т в сутки. Печь имеет простой и легко поддающийся регулированию тарельчатый питатель; вал большого диам. состоит из нескольких частей и охлаждается воздухом от вентилятора; у печей большой мощности вал кроме того футеруется снаружи огнеупорными камнями; гребки разделены на две полости и охлаждаются воздухом, концы их заострены на конус, плотно сидящий в кармане вала; зубья висят на



Фиг. 9.

приливах гребков и очень легко поддается смене; привод сконструирован так, что избегаются толчки и сотрясения. Очень распространены в Европе (имеются и в СССР) печи Лурги (Lurgi-



Фиг. 10.

gi-Gesellschaft für Chemie und Hüttenwesen) [15]; при \varnothing в 6,5 м они сжигают 18—20 т колчедана (фиг. 9); строятся печи и меньшей мощности. Основные данные приведены в табл. 19. Вид гребка см. фиг. 10.

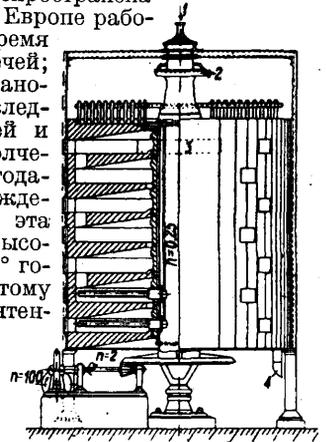
Печи Веджа [16] (фиг. 11, 1—вход воды, 2—выход воды, 3—выход газа, 4—выход огарка) отличаются от всех описанных выше печей тем,

Табл. 19.—Основные данные печи Лурги.

Данные	Тип LC 5	Тип LC 6	Тип LC 6,5
Внешний диаметр печи, м...	5	6	6,5
Число сводов (рабочих)	7	7	7
Поверхность сводов, м	98	129	160
Расход энергии, HP	1,3	1,8	2
Мощность мотора, kW	2	3	4
Расход воздуха на охлаждение вала, м ³ /м	17	25	30

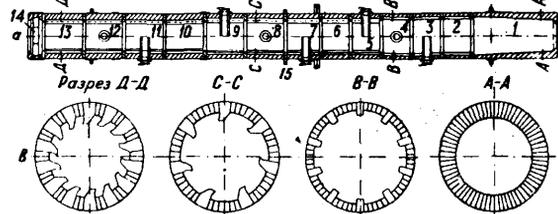
что гребки охлаждаются не воздухом, а водой. Печи строятся разной величины (до 7,6 м диам.; число сводов 3, 5, 7 и т. д.). Хорошо изолированный вал имеет большой диам. (1,2 ÷ 1,5 м), вследствие чего закрепление гребков и необходимый ремонт м. б. произведены с внутренней стороны вала без длительной остановки печи.

Печь эта очень распространена в США; однако и в Европе работают в настоящее время более 125 таких печей; несколько печей установлено и в СССР; последние имеют 7 этажей и мощность в 20 т колчедана в сутки. Благодаря хорошему охлаждению гребков печь эта допускает более высокую, чем обычно, t° горения и может поэтому работать более интенсивно. Водяное охлаждение имеет однако ряд крупных недостатков: 1) в случае аварии проливаясь на своды вода причиняет большие неудобства, 2) при жесткой воде в гребках образуется накипь, что ведет к поломке гребков, 3) расход воды довольно значителен (~ 200 м³ в сутки для 20-т печи).



Фиг. 11.

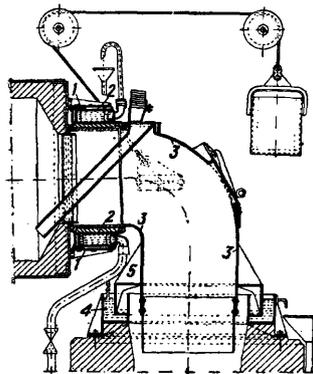
Вращающуюся (баранную) печь для обжига колчедана пытались сконструировать уже давно, но без успеха, гл. обр. вследствие шлакования колчедана. Однако с 1924 г. на целлюлозной ф-ке в Тильзите (Германия) успешно удалась подобная печь, конструкторам которой удалось преодолеть затруднения, связанные с этим типом печей [17]. Фиг. 12 дает представление об этой печи. Железный футерованный барабан (фиг. 12, а) разделен кольцами на ряд камер. Кольца задерживают продвижение колчедана и т. о. удлиняют время обжига. Камеры 2, 3, 4 снабжены стержнями (фиг. 12, б, разрез В-В), а камеры 5, 6, 7, 8, 9—загнутыми лопатами для перемешивания колчедана (разрез С-С). Такие же лопаты находятся в задней



Фиг. 12.

Вращающуюся (баранную) печь для обжига колчедана пытались сконструировать уже давно, но без успеха, гл. обр. вследствие шлакования колчедана. Однако с 1924 г. на целлюлозной ф-ке в Тильзите (Германия) успешно удалась подобная печь, конструкторам которой удалось преодолеть затруднения, связанные с этим типом печей [17]. Фиг. 12 дает представление об этой печи. Железный футерованный барабан (фиг. 12, а) разделен кольцами на ряд камер. Кольца задерживают продвижение колчедана и т. о. удлиняют время обжига. Камеры 2, 3, 4 снабжены стержнями (фиг. 12, б, разрез В-В), а камеры 5, 6, 7, 8, 9—загнутыми лопатами для перемешивания колчедана (разрез С-С). Такие же лопаты находятся в задней

части печи—камеры 10, 11, 12, 13 (фиг. 12, в, разрез Д—Д) вплоть до разгрузочного приспособления 14, которое сконструировано в виде звездочки, обеспечивающей герметичность. Воздух вводится по всей длине барабана через дюзы, сконструированные в виде полого тупого конуса с шибером и шкалой так, что ввод воздуха точно регулируется, благодаря чему избегается местный перегрев и шлакование. Дюзы заканчиваются трубой из специального литья, доходящей до середины печи. Фиг. 13

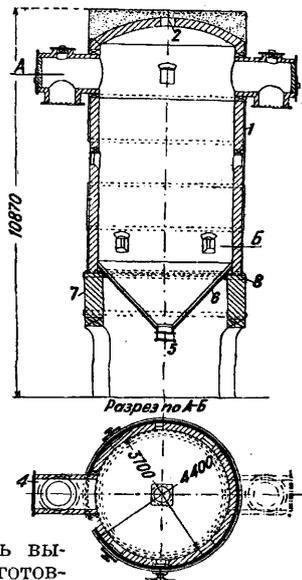


Фиг. 13.

показывает главную часть печи (выход газа). Чугунное кольцо 1 неподвижно привинчено к крышке барабана. Внутри этого кольца находится второе покое кольцо 2, не двигающееся вместе с 1, но способное перемещаться при случайных колебаниях печи. Кольцо 2 футеровано шамотом и охлаждается водой или воздухом. Чугунное колено 3 соединено жестко с 2; давление деталей 3 и 2 компенсируется противовесом; 3 связано с газоподводом посредством гидравлич. затвора 4, 5. Машиностроительный завод Грпель (Бохум, Германия) строит три типа таких печей: на 10 т в сутки— \varnothing барабана 1,6 м, длина 16 м; 17—20 т— \varnothing барабана 2 м, длина 20 м; 24—28 т— \varnothing барабана 2,3 м, длина 24 м. По данным фирмы запыленность газов немногим больше, чем у обыкновенных механических печей, серы в огарке меньше; расход энергии больше, а расходы на оплату рабочих, подсобные материалы, ремонт и замену частей меньше. Большая печь (17—20 т в сутки) весит около 145 т (65 т стали и железа, 80 т кирпича, шамота и т. п.). Площадь под барабанную печь требуется большая, чем под обыкновенные печи, зато высота здания—меньше.

До недавнего времени все производство С. к. в СССР базировалось на рудном колчедане, специально для этой цели добываемом. В последнее время все большее значение получает пирит, полученный в качестве отхода при флотации (см.) медистых колчеданов (флотационные хвосты) и при обогащении угля (углистый колчедан). В 1932 г. переработано на серную кислоту 562 тыс. т колчедана; из них рудного колчедана 407 тыс. т (72,4%), флотационного 116 тыс. т (20,7%) и углистого 33 тыс. т (6,9%). Флотационный колчедан содержит 37—48% серы. Путем перефлотации возможно повысить % серы в низкопроцентном флотационном колчедане до 45. Флотационные хвосты получают на обогатительных фабриках в виде пульпы, содержащей до 80% воды; пирит содержится в этой пульпе в виде очень мелкого порошка (200 меш). Для приведения хвостов в состояние, годное для использования в качестве сернокислотного сырья, они должны быть отфильтрованы и высушены. Первая операция проводится на больших дисковых вакуум-фильтрах, а вторая—на барабанных сушилках. Небольшие сушильные установки существуют в Калате (Урал), Красноуральске, на Полев-

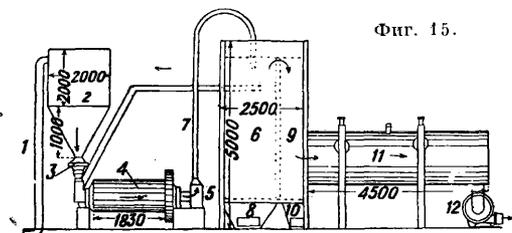
ском и Пермском з-дах. Мощные флотационные и сушильные установки строятся в Калате и Красноуральске. Флотационный колчедан сжигается в обыкновенных полочных печах разных систем и в форсуночных печах. При сжигании в полочных печах приходится принимать некие особые меры, связанные с чрезмерным повышением температуры на верхних этажах и усиленным пылеобразованием. Эти мероприятия сводятся к ускорению прохождения колчедана через печь, добавке воздуха в верхние этажи и усилению мощности пыльных камер. Большие выгоды—как технологические, так и экономические—представляет способ сжигания флотационного колчедана в форсуночных печах наподобие сжигания пылевидного угля. На ряде заводов работает печь, предложенная проф. Юшкевичем (фиг. 14). Она представляет собой простую камеру сгорания, состоящую из цилиндрич. железного кожуха 1, футерованного огнеупорным кирпичом. Пространство между кожухом и футеровкой засыпается шамотом и глиной. Куполообразный верх печи снабжен отверстием 2 для форсунок. Печь снабжена двумя штуцерами 4, соединяющимися с газоподводами и конусообразным бункером 6 для огарка. Железный бункер футерован огнеупорным кирпичом; между железом и кирпичом—изоляционный слой из асбеста с шамотом. Бункер заканчивается железным затвором 5. Печь покоится на кирпичных цоколях 7, скрепленных бандажами 8. Колчедан идет из достаточно высоко расположенного бункера по трубе, входящей в печь через отверстие печи 2 и заканчивающейся съемной трубкой—форсункой. В ту же трубку вблизи печи подается вентилятором воздух, распыляющий колчедан. Другой вентилятор подает вторичный воздух по касательной к окружности форсунки. Регулируя этот вторичный воздух, можно держать концентрацию газа в желательных пределах—не более 12% SO_2 . Печь имеет верхние и нижние люки для наблюдения, смены форсунок и чистки. Эта печь сжигает 25 т колчедана в сутки. Темпера в печи очень высока (900—950°). Изготовление ее просто и дешево; в ней нет изнашивающихся чугунных частей и приводных механизмов; площадь, занимаемая ею, относительно мала; пуск и остановка чрезвычайно просты и кратковременны; при правильном обслуживании выгорание серы нормальное, а газ концентрирован. К недостаткам ее следует отнести сильное пылеобразование и недостаточно разработанное удаление огарка (вручную; часто огарок спекается в бункере). Аналогичный описанному способ сжигания флотационного колчедана разработан в Канаде Фриманом [18] (фиг. 15). Флотационный колчедан с 2% влаги



Фиг. 14.

сжигается в обыкновенных полочных печах разных систем и в форсуночных печах. При сжигании в полочных печах приходится принимать некие особые меры, связанные с чрезмерным повышением температуры на верхних этажах и усиленным пылеобразованием. Эти мероприятия сводятся к ускорению прохождения колчедана через печь, добавке воздуха в верхние этажи и усилению мощности пыльных камер. Большие выгоды—как технологические, так и экономические—представляет способ сжигания флотационного колчедана в форсуночных печах наподобие сжигания пылевидного угля. На ряде заводов работает печь, предложенная проф. Юшкевичем (фиг. 14). Она представляет собой простую камеру сгорания, состоящую из цилиндрич. железного кожуха 1, футерованного огнеупорным кирпичом. Пространство между кожухом и футеровкой засыпается шамотом и глиной. Куполообразный верх печи снабжен отверстием 2 для форсунок. Печь снабжена двумя штуцерами 4, соединяющимися с газоподводами и конусообразным бункером 6 для огарка. Железный бункер футерован огнеупорным кирпичом; между железом и кирпичом—изоляционный слой из асбеста с шамотом. Бункер заканчивается железным затвором 5. Печь покоится на кирпичных цоколях 7, скрепленных бандажами 8. Колчедан идет из достаточно высоко расположенного бункера по трубе, входящей в печь через отверстие печи 2 и заканчивающейся съемной трубкой—форсункой. В ту же трубку вблизи печи подается вентилятором воздух, распыляющий колчедан. Другой вентилятор подает вторичный воздух по касательной к окружности форсунки. Регулируя этот вторичный воздух, можно держать концентрацию газа в желательных пределах—не более 12% SO_2 . Печь имеет верхние и нижние люки для наблюдения, смены форсунок и чистки. Эта печь сжигает 25 т колчедана в сутки. Темпера в печи очень высока (900—950°). Изготовление ее просто и дешево; в ней нет изнашивающихся чугунных частей и приводных механизмов; площадь, занимаемая ею, относительно мала; пуск и остановка чрезвычайно просты и кратковременны; при правильном обслуживании выгорание серы нормальное, а газ концентрирован. К недостаткам ее следует отнести сильное пылеобразование и недостаточно разработанное удаление огарка (вручную; часто огарок спекается в бункере). Аналогичный описанному способ сжигания флотационного колчедана разработан в Канаде Фриманом [18] (фиг. 15). Флотационный колчедан с 2% влаги

засасывается пневматич. путем 1 в бункер 2. Из бункера колчедан попадает на вращающуюся тарелку 3, а с последней в шаровую мельницу 4, через к-рую пропускается вентилятором 5 струя воздуха, нагретого в камере сгорания 6. При этом удаляется влага (2%), оставленная в колчедане в интересах удобства перевозки (при таком количестве влаги устраняется растреска и смерзание колчедана), и измельчаются комки. Колчедан, взвешенный в струе воздуха, затягивается вентилятором 5 по трубе 7 в камеру сгорания 6. Вторичный воздух подается внизу печи через дверцу 8, служащую также для выгрузки огарка. Благодаря сильному току воздуха снизу вверх частички колчедана достаточно долго остаются взвешенными, чем достигается полное их выгорание. Камера сгорания, футерованная огнеупорным кирпичом, разделена вертикальной перегородкой, подходящей почти до верха, на две части. В середине камеры 6 t° достигает 1150°. Вторая камера 9 служит для осаждения грубой пыли; в ней также заканчивается горение сублимированной серы. Внизу камеры 9 имеется дверца



Фиг. 15.

10 для тяги и выгрузки пыли. Огарок слегка оплавлен и удаляется пневматич. путем без обдувного сильного пылеобразования. Газы с t° ок. 1000° с большой скоростью пропускаются через трубы парового котла 11, причем t° их в течение нескольких секунд падает до 250°, вследствие чего избегается образование SO_3 . На 1 т колчедана (48÷51% S) получается свыше 1 т пара. Д diam. труб 20 мм. Из котла газы затягиваются вентилятором 12 в серноокислотную установку. Описанная установка перерабатывает 25÷30 т колчедана в сутки при 0,2% S в огарке и 99% использования всей серы.

Более ограниченное, но растущее значение приобретает углистый колчедан. Извлечение колчедана из угля важно не только с точки зрения серноокислотной пром-сти: оно вызывается также необходимостью уменьшать сернистость углей. Из подмосковных углей удаётся вручную отобирать колчедана ок. 2% от веса угля. При разведанных на 1931 г. запасах подмосковного угля в 450 млн. т запасы колчедана исчисляются следовательно в 9 млн. т. По данным Днепропетровского угольного ин-та Донецкий уголь содержит в среднем ок. 3% пирита, из к-рых извлечь можно однако не более трети. Уральские угли содержат (по данным Губахинской углеобогатительной ф-ки) ок. 6% пирита. Углистый колчедан, не подвергшийся обогашению, содержит от 12 до 18% углерода, однако уже при грохочении через наклонное сито содержание углерода снижается до 9—10%. Опытами, проведенными Оргхимом, установлено, что такой колчедан м. б. сжигаем на этапных печах в смеси с безуглистым кусковым колчеданом, причем пределом является 50% углистого колчедана или 4,5% углерода в шихте. Вследствие того что углерод при горении потребляет значительное количество кислорода,

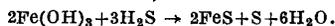
необходимо дать добавочный воздух на верхние этажи печи. Горение указанной шихты сопровождается повышением t° , некоторым уменьшением производительности печей, увеличением расхода азотной кислоты и увеличенным износом гребков. В настоящее время ряд наших камерных и башенных з-дов сжигают углистый колчедан, прибавляя его к уральскому кусковому колчедану в количестве 10÷30%. На контактных з-дах углистый колчедан не сжигают из опасения отравления контактной массы CO и углеводородами, однако опыты УНИХима доказали, что CO не является в данном случае контактным ядом, а опыты Оргхимом показали, что при сжигании углистого колчедана в 10-т печи углеводороды вообще не образуются. С другой стороны, отсутствие мышьяка и селена в углистом колчедане делает этот вид сырья особенно удобным именно для контактных заводов, так как становится возможным упростить очистку газа. Удобно сжигать углистый колчедан после его размола в форсуночных печах. Значительные количества углистого колчедана можно сжигать только при обогащении его, после чего содержание углерода в нем падает до 5—6%, а в уральском (по данным Губахинской опытной ф-ки) до 3%. Обогащение возможно как мокрое (мойка), так и сухое—путем мелкого дробления и грохочения в особых сепараторах, из к-рых отсасывается угольная пыль. Опытная установка для мокрого обогащения работает на Бобриковском химкомбинате; опытная установка для сухого обогащения строится на Каширской электростанции. В США во время войны 1914—18 гг. перерабатывались на С. к. значительные количества углистого колчедана, полученного как ручной, так и механизированной отборкой, причем последним путем удавалось извлечь до 87% всего находившегося в угле пирита. В Англии углистый колчедан также перерабатывается с успехом.

в) При обжиге цинковой обманки и медных колчеданов с целью получения цинка и меди обжиговые газы содержат почти всю серу из руд в виде SO_2 . Эти газы в значительных размерах перерабатываются на С. к. Особенное значение в этом отношении имеют за границей газы цинковых заводов, целиком используемые для производства С. к. В 1918 г. в США из металлургич. газов было выработано 24,2% всей продукции серноокислотной пром-сти, причем 16,1% приходится на цинковую обманку, а 8,1%—на газы медеплавильной пром-сти. В 1929 г. из газов металлургич. печей (как цинкоплавильных, так и медеплавильных) было выработано всего 8,6%, хотя абсолютное количество продукции не сократилось. В Бельгии 65% всей серной к-ты производится из цинковой обманки (главным образом импортной). В Англии в 1914 г. из металлургич. газов производилось 0,15% всей С. к., а в 1928 г. 9,5%. В то время как газы цинкоплавильных з-дов целиком перерабатываются на С. к., газы медеплавильных з-дов в ряде штатов США, в Канаде и т. д. выпускаются в атмосферу. В СССР улавливание металлургич. газов для производства С. к. стало развиваться сравнительно недавно. И до сих пор большие количества серы в этих газах теряются без пользы. В 1932 г. доля металлургич. газов в производстве С. к. составляла 2% (в 1937 г. предположено довести до 30%). Газы, получаемые при обжиге цинковой обманки, достаточно богаты SO_2 (5—7%) и не представляют затруднений при переработке на С. к.

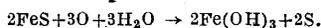
Несколько сложнее вопрос об использовании газов медеплавильной пром-сти. Газы из ватер-жакетов, работающих на богатых серой рудах (пиритная плавка), и из механических печей, служащих для предварительного обжига медь-содержащих сульфидных руд и концентратов, имеют достаточно высокую концентрацию SO_2 . Нек-рые неудобства связаны только с использованием газов, получаемых из ватер-жакетов при обжиге бедной серой шихты, газов из конвертеров, а также при обжиге малосернистых руд на спекательных машинах Дуайт-Ллойда и др. В этих случаях концентрация газа низка (за исключением конвертерного газа) и сильно колеблется, а t° недостаточно высока. Для газов, сильно загрязненных, но с концентрацией SO_2 не ниже 4%, Гениш и Шредер предложили поглощение SO_2 водой под давлением и последующее получение из раствора чистого и крепкого газа. Очень бедные SO_2 газы (ниже 2%) либо совсем не используются либо обогащаются путем адсорбции активным углем или силикагелем. Сущность этих методов сводится к тому, что измельченный адсорбент и газ двигаются противотоком, причем SO_2 поглощается адсорбентом, к-рый затем регенерируется нагреванием; выделяющийся при этом богатый SO_2 газ идет на производство С. к., а адсорбент начинает цикл снова. Подробности по первому методу (адсорбент—активный уголь) см. [19], а по второму (адсорбент—силикагель) см. [20].

г) Некоторое, хотя и меньшее значение в качестве сырья для производства С. к. имеет газоочистительная масса.

При коксовании каменного угля ок. 50% всей серы улетучивается в виде H_2S . В прежние время очистку от сероводорода производили только газовые з-ды пропусканием газа через ящики, наполненные гидратом окиси железа (напр. природной болотной рудой, смешанной с древесными опилками):



Регенерирование производилось путем аэрации—вылеживания на открытом воздухе, причем выделялась сера:

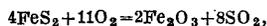


Газоочистительная масса содержит: 45–65% S; 14–17% $\text{Fe}(\text{OH})_3$; 5–11% нерастворимых веществ; 2–5% влаги; 1–2% CaSO_3 ; 3–5% $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$; 1–3% роданистого, хлористого и цианистого аммония; 1–2% $\text{Na}_2\text{Fe}(\text{CN})_6$ и незначительный процент (максимум 0,5%) берлинской лазури. В настоящее время широко практикуется очистка от серы также и коксового газа и других промышленных газов (водяной газ, водород и т. д.); однако более выгодные методы (промывка, адсорбция активным углем) вытесняют старый способ, вследствие чего количества газоочистительной массы сокращаются. Германская сернокислотная пром-сть перерабатывала в 1912 г. 35 500 т газоочистительной массы, а в 1926 г. 25 797 т. В Англии в 1913 году сжигалось 110 000 т газоочистительной массы, что давало 10,6% всей сернокислотной продукции, а в 1923/24 году—148 000 т (21,0%). В дальнейшие годы эти цифры почти не менялись. В СССР газоочистительная масса сжигалась до недавнего времени нек-рыми подмосковными з-дами (в 1929/30 г. из нее было выработано 3 820 т С. к.). Обжиг производился в смеси с колчеданом в ручных печах. В настоящее время газоочистительная масса для производства С. к. не применяется.

д) Производство С. к. из гипса в настоящее время большого значения не имеет. Однако колоссальные запасы гипса и ангидрита (CaSO_4), встречающиеся почти во всех странах, издавна привлекали внимание, и было взято немало патентов на различные способы получения из гипса S и SO_2 . Большое внимание уделяется и в СССР этой проблеме, имеющей несомненное значение для тех областей, которые, как наш крайний север, отдалены от обычных источников сернокислотного сырья и обладают мощными залежами чистого ангидрита. Из многочисленных предложенных методов получения SO_2 из гипса практическое осуществление получил только процесс Байера [21], осуществленный в Леверкузене (Германия). Здесь ангидрит или высушенный гипсовый шлам в смеси с глинистым шифером и коксом обжигается в барабанных (цементных) печах, и получаются цемент и сернистый газ, перерабатываемый на С. к. Месячная мощность этого завода равна 3 000 т клинкера и 2 800 т SO_2 . В 1926 г. этот завод, оборудованный двумя печами по 50 м длины и 2,5 м диам., переработал 20 840 т гипса и ангидрита и получил 12 570 т клинкера. Газ содержит по выходе из печи 6–7% SO_2 . Имеются сведения о постройке з-да по этому методу в Англии [22]. В СССР тщательные опыты по получению цемента из гипса по способу, напоминающему описанный, с успехом проведены Ин-том строительных материалов (ВИСМ).

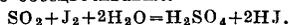
е) Из других сульфатов серная к-та практически не производится. Однако в последнее время интерес к этому вопросу сильно возрос у нас в связи с проблемой использования колоссальных запасов мирабилита ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) Карабугаского залива. Имеется два варианта: 1) обезвоживание мирабилита, восстановление сульфата до сернистого натрия и обработка последнего углекислотой, причем получаются сода и сероводород, сжигаемый на серу и С. к., и 2) получение соды по методу Леблана с одновременным получением сероводорода из отбросного сернистого кальция с дальнейшим сжиганием сероводорода. Предлагается также непосредственный электролиз мирабилита. Первые методы технически не вызывают сомнения, и осуществление их зависит лишь от экономич. факторов. Наоборот, электролиз мирабилита не является еще технически разработанным.

2. Печной газ. Состав печного газа зависит от сжигаемого материала и конструкции печи. При сжигании серы, считая 5% избыточного O_2 , получаем теоретический состав газа: SO_2 11,23%; O_2 9,77%; N_2 79%. Практически столь высокую концентрацию SO_2 получить можно, но обычно она бывает ниже. При сжигании колчедана концентрация SO_2 еще меньше: Если считать, что сжигается чистый пирит, а огарок состоит только из Fe_2O_3 , то, исходя из у-рия



получим следующий состав печного газа: SO_2 8,59%; O_2 9,87%; N_2 81,54%. Обычная же концентрация SO_2 в газе не превышает 8%. Кроме того в печном газе всегда содержится SO_3 , CO_2 и др. Количество CO_2 особенно велико, естественно, при сжигании углистого колчедана. При сжигании цинковой обманки теоретич. состав газа: SO_2 8,12%; O_2 9,69% (избыток 6,4%); N_2 82,19%. Однако даже в печах новой конструкции не получается более 6–7,5% SO_2 .

В анализе печного газа самым важным является определение SO_2 . Оно проводится в большинстве случаев иодометрически по Рейху [23]. Газ пропускается с помощью аспиратора через раствор иода, подсиненный крахмалом, до обесцвечивания:

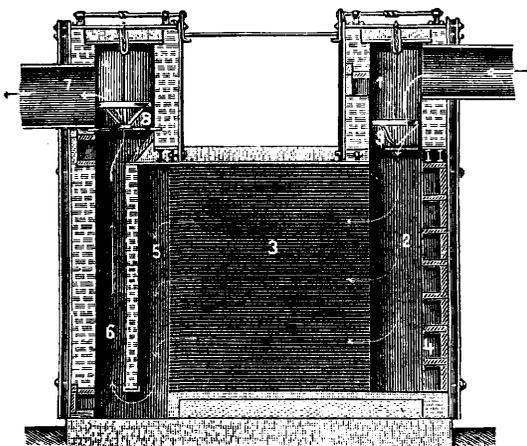


Для анализа обычно берут 10 см³ 1/10 N раствора иода. В этом случае, если обозначить через A количество воды, вытекшее из аспиратора и равное объему протянутого газа, содержание SO_2 в объемных % равно

$$\frac{100 \cdot 10,95}{A + 10,95}$$

Метод Рейха дает точные результаты только при отсутствии в газе окислов азота, т. е. последние окисляют HI . Поэтому для анализа газов, выходящих из камер или башен в серноокислотном процессе (см. ниже), обычно пользуются измененным по Рашигу методом Рейха [24]. К раствору иода прибавляют насыщенный раствор уксуснокислого натрия. SO_2 определяется сначала, как описано выше; затем прибавляют и обесцвеченному раствору несколько капель фенолфталеина и титруют 1/10 N раствором щелочи. Избыток против стехиометрич. расхода щелочи перечисляется на HNO_2 или HNO_3 . Однако и этот метод недостаточен надежен, и при точных определениях приходится пользоваться гравиметрич. способом. В последнее время находят все большее распространение за границей и в СССР автоматич. анализаторы различных конструкций и принципа действия.

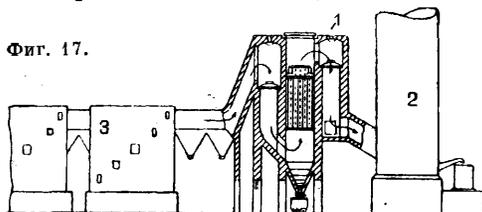
Очистка печного газа. Печной газ должен прежде всего быть очищен от пыли. Исключение составляет газ, полученный при сжи-



Фиг. 16.

гании серы, практически пыли не содержащий. При сжигании колчедана в механических печах количество пыли составляет 1 ÷ 5 г/м³ и состоит гл. обр. из частичек пирита, б. или м. обожженных. Пыльные камеры, устанавливавшиеся на серноокислотных з-дах до недавнего прошлого, работали по принципу уменьшения скорости газового потока и ведения его вдоль больших поверхностей. Из ур-ия $R = 6\pi nrv$, где R —сила, противодействующая силе тяжести, n —вязкость газа, r —радиус пылинки и v —скорость ее, видно, что R пропорциональна v . Однако этот способ обеспыливания не дает значительных результатов. Более эффективны камеры с подвешенными листами большой поверхности, между которыми пропускается газ. Из камер этого типа особенно зарекомендовала себя камера Говарда (фиг. 16). Печной газ из камеры 1 через пространство 2 поступает в камеру 3, заполненную горизонтальными железными листами, отстоящими друг от друга на 60 мм. Разделившись на ряд потоков малой высоты, газ проходит между листами, и пылинки успевают осесть на листы. Пыль с последних очищается через дверцы 4. Из 3 очищенный газ через 5, 6 и 7 уходит из пыльной камеры. Камера выключается в случае надобности колоколами 8 и 9. Камера Говарда задерживает ок. 80% пыли.

В настоящее время пыльные камеры вытесняются электрофильтрами (т. е. камерами, в которых создается электростатическое поле высокого напряжения, и пыль оседает на заземлен-



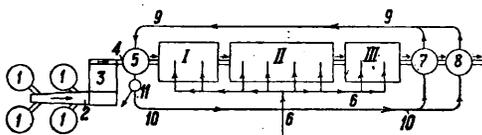
Фиг. 17.

ных электродах, состоящих из подвешенных железных листов или сеток. Фиг. 17 показывает схему соединения электрофильтра 1 с основной серноокислотной аппаратурой (2—башня Гловера, 3—обжигательная печь).

II. Переработка SO_2 на С. к. Содержащийся в печном газе SO_2 перерабатывается на H_2SO_4 : 1) с помощью окислов азота или 2) в присутствии твердого катализатора.

1. Переработка SO_2 с помощью окислов азота. Этот способ по признаку аппаратуры делится на два вида: а) камерный и б) башенный.

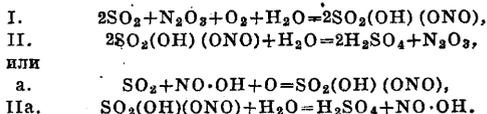
а) Отличительной чертой камерного способа являются закрытые свинцовые камеры большого объема, в к-рых совершается реакция между содержащимися в газе SO_2 и O_2 и вводимой в камеры водой при активном участии окислов азота [схематически: $\text{SO}_2 + \text{O} + n\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4 + (n-1)\text{H}_2\text{O}$]. На фиг. 18 изображена схема камерного способа. Газ из печей 1 по газоходу 2 поступает в пыльную камеру 3 для очистки от пыли и направляется затем по газоходу 4 в башню Гловера 5, орошаемую нитрозой. Под влиянием SO_2 из нитрозы выделяются окислы азота, к-рые вместе с печным газом уносятся в камеры I, II и III, куда по трубам 6 взрывается вода (реже—вводится водяной пар). Выходящие из последней камеры газы, не содержащие SO_2 , но содержащие окислы азота, пропускаются через одну или несколько башен Гей-Люссака 7 и 8, орошаемых крепкой С. к. Последняя поглощает окислы азота и вытекает в виде нитрозы, поступающей по трубе 9 на башню Гловера 5. Газы, освобожденные от окислов азота, выходят из последней башни Гей-Люссака в атмосферу. В башне Гловера цикл начинается снова: нитроза отдает окислы азота (начинается) и в виде т. н. гловерной кислоты через холодильник 11 по трубе 10 подается на



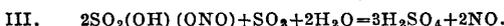
Фиг. 18.

башни Гей-Люссака. Т. к. в башне Гловера часть SO_2 превращается в H_2SO_4 , то количество циркулирующей в системе к-ты постоянно возрастает, и избыток выводится из 11 в виде продукции. Однако продукция главным образом получается в камерах, чрезвычайно сложен, и до настоящего времени нет точной и общепринятой физико-химической его картины, несмотря на то что практически камерный способ эксплуатируется уже около двухсот лет.

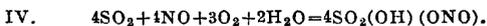
Первую теорию камерного процесса предложили Клеман и Деорм в 1806 г. Вслед за теорией Клеман-Деорма появился ряд теорий, в настоящее время имеющих мало значения. В 1835 г. появилась теория Лунге [25]. В 1888 г. она была автором дополнена [26] и в этом виде имеет наибольшее число сторонников в настоящее время. Основную мысль этой теории Лунге выражает так: «Образование С. к. происходит не вследствие окисления NO в N₂O₃ или N₂O₄, а последующего восстановления этих веществ до NO, а вследствие конденсации азотистой к-ты с сернистым газом и кислородом в нитрозилсерную к-ту и последующего расщепления последней избытком воды». Следующие реакции соответствуют этой теории:



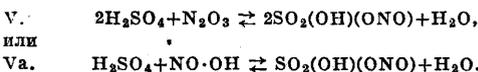
Под N₂O₃ следует понимать молекулярную смесь NO+NO₂, реагирующую как N₂O₃. То обстоятельство, что в передней части камерной системы имеется несомненный избыток NO, Лунге объясняет побочной реакцией:



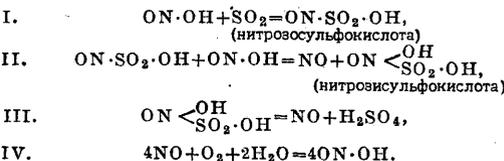
Реакция (III) является однако основной реакцией, протекающей в башне Гловера, где ей способствует большая масса нитрозилсерной к-ты SO₂ и H₂O и высокая t°. Образовавшаяся в передней части камерной системы по реакции (III) NO превращается непосредственно в SO₂(OH)(ONO):



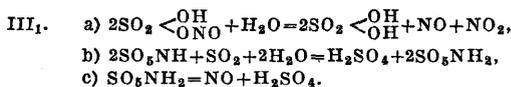
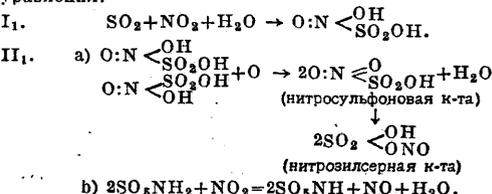
Т. о. теория Лунге отрицает значение для камерного процесса «свободного» NO₂. Преобладание той или иной из приведенных реакций зависит от массы реагирующих веществ. В присутствии избытка O₂ и N₂O₃ преобладают реакции (I) и (IV) и образуется SO₂(OH)(ONO); если же имеется хотя бы относительный избыток NO₂, как это и имеет место в передней части камер, то преобладает реакция дениитрации (III), и SO₂(OH)(ONO) расщепляется с образованием NO; если вследствие неправильного ведения процесса реакция (III) имеет место в задней части камер, происходят большие потери окислов азота в виде NO, не поглощающегося в башнях Гей-Люссака (см. выше). Основная реакция, происходящая в последних, сводится к образованию SO₂(OH)(ONO):



Реакция протекает вправо при недостатке воды, т. е. при высокой концентрации поглощаемой к-ты. В технике для этого употребляют к-ту для орошения башен Гей-Люссака крепостью в 58—60° Бэ. При избытке воды реакция (V) идет влево. Сорель [27] дополняет эти положения указанием на роль равновесия между упругостью окислов азота в жидкой и газовой среде, а также подчеркивает значение большой поверхности стенок камер. Вследствие более низкой t° у стенок капельной к-ты, носимые в виде тумана в газовой среде, здесь имеют более низкую упругость паров и должны разбавляться, а следовательно разлагаться согласно реакции (II) с образованием вновь и вновь N₂O₃, которая в центральной части камер образует опять SO₂(OH)(ONO). Против теории Лунге выступил Рашиг, согласно которому в камерах и башне Гловера протекают следующие реакции:



В результате длительной дискуссии [28] с Рашигом Лунге несильно изменил свою теорию, предложив следующие уравнения:



IV₁. $2NO + O_2 = N_2O_4$.
 Последнее ур-е (IV₁) изучено Боденштейном [29] и определено как ур-е:

$$\frac{dc}{dt} = KCO_2 \cdot C_{NO}^2 \quad (1)$$

В 1922 году появились работы женеvской группы исследователей: Форрера [30], Биттерли [31] и Россиньоля [32], задавшихся целью изучить влияние на камерный процесс отдельных реальных факторов. Эти работы вместе с работами Боденштейна положили начало новому чрезвычайно плодотворному направлению в изучении камерного процесса. Результаты приведены у Грера [33].



Фиг. 19.

а) Скорость окисления NO в NO₂. Ур-е Боденштейна (1) после преобразования и интегрирования принимает вид (2):

$$\frac{k}{2} \cdot t \cdot (2C_0 - C_1) = \frac{1}{C} - \frac{1}{C_1} - \frac{1}{2C_0 - C_1} \cdot \ln \frac{C_1}{C}, \quad (2)$$

где C₀ — начальная концентрация O₂, C₁ — начальная концентрация NO, и C — конечная концентрация NO. Боденштейн дал также значения K:

t	0°	30°	60°	90°	141°
K	64,88	41,69	27,05	18,51	12,53

Считая, что C₁ в первой камере = 0,7%, t° = 96°, C₀ = 10%, а в последней камере C₁ = 0,7%, t° = 55° и C₀ = 7%, получаем % перехода NO в NO₂ за данное время для первой (фиг. 19, кривая а) и последней (фиг. 19, кривая б) камер.

(1) Влияние концентрации SO₂ представлено на фиг. 20. До концентрации SO₂ 8% (точка В) скорость образования С. к. почти пропорциональна концентрации SO₂. Максимум кривой в точке М (13% SO₂) на практике не достигается. Россиньоль повторил опыты Биттерли со смесью газов (SO₂, NO₂, H₂O, O₂ и N₂) представленные на фиг. 20. До концентрации SO₂ 8% (точка В) скорость образования С. к. почти пропорциональна концентрации SO₂. Максимум кривой в точке М (13% SO₂) на практике не достигается. Россиньоль повторил опыты Биттерли с тем же результатом.

в) Влияние концентрации окислов азота. Россиньоль и Биттерли изучали выход (скорость образования) H₂SO₄ в опытной семикамерной системе в зависимости от концентрации NO₂ при постоянной концентрации остальных компонентов. Результаты представлены в табл. 20 и 21.

Табл. 20. — Выход H₂SO₄ в зависимости от содержания NO₂.

№ опыта	Содержание NO ₂ % (объемн.)	Выход H ₂ SO ₄ в %		
		после 1-й камеры	после 4-й камеры	после 7-й камеры
1	0,50	2,89	6,72	9,80
2	1,23	10,99	26,27	37,58
3	2,46	23,84	54,42	69,70
4	3,69	27,96	59,16	69,88
5	4,27	48,70	69,97	69,78
6	4,92	78,38	98,37	99,63

Табл. 21. — Скорость образования H₂SO₄ в зависимости от содержания NO₂.

Содержание NO ₂ в %	7,81	13,10
Промежутком времени до появления жидкой фазы в мин.	6	4
Вес к-ты, образовавшейся за 5 мин. в %	0,697	0,73
Концентрация полученной к-ты в %	64,73	73,88
Выход 100%-ной H ₂ SO ₄ за 5 мин. в %	0,45	0,54

Т. о. концентрация NO₂ при малых ее значениях влияет очень сильно на скорость процесса, но влияние это ослабевает по мере увеличения отношения CNO₂/CSO₂. На практике содержание NO₂ колеблется в пределах 0,5-1,5%, чем и объясняется известное каждому практику значение концентрации NO₂ для производственного процесса.

г) Влияние концентрации кислорода. Результаты опытов Биттерли представлены в табл. 22. Табл. 22.—Влияние концентрации кислорода.

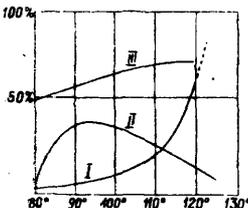
Процентный состав газа					*1	*2	*3
SO ₂	NO ₂	H ₂ O	O ₂	N ₂			
10,83	11,05	32,98	9,53	35,86	5	0,609	0,38
10,83	11,05	32,98	45,32	0,00	1,5	0,588	0,37
18,10	11,01	18,10	11,09	47,70	3,5	0,534	0,42
18,10	11,01	18,10	52,79	0,00	3	0,554	0,43

*1 Время до появления жидкой фазы (в мин.).
 *2 Вес жидкости, образовавшейся в течение 5 мин. (в г).
 *3 Вес H₂SO₄, образовавшейся в течение 5 мин. (в г).

На основании этих опытов можно сделать вывод, что концентрация кислорода не имеет значения для камерного процесса. Это верно однако только для тех высоких концентраций NO₂, с к-рыми работал Биттерли. Грэр, исходя из того, что процесс характеризуется у-риями

1) SO₂+NO₂+H₂O=H₂SO₄+NO и 2) 2NO+O₂=2NO₂, объясняет результаты опытов Биттерли (пн. в и г) тем, что при избытке NO₂ процесс идет в основном за счет у-рия (1).

д) Влияние t°. Результаты опытов Биттерли представлены на фиг. 21 (I—время до появления жидкой фазы, II—вес образовавшейся С. к., III—концентрация С. к.), из к-рой видно, что существует оптимум t°, лежащий ок. 90° (для первой камеры кривая II).

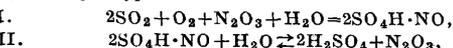


Фиг. 21.

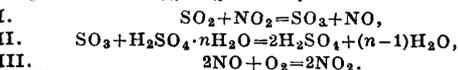
е) Влияние скорости течения газа. Россиноль изменял скорость газа с 8,75 до 17,50 и 33,18 л/ч. При этом начальная скорость процесса составляла соответственно: 70%, 23%, 84% и 13,20%, т. е. уменьшалась с увеличением скорости. К сожалению зависимость общего выхода к-ты от скорости течения газовой смеси не была установлена.

ж) Обратимость реакции образования H₂SO₄. Вопреки обычному представлению о необратимости процесса образования H₂SO₄ (Лунге) Грэр на основании ряда фактов приходит к обратному выводу. Восстановление (разложение) С. к. имеет место при малой концентрации SO₂ и избытке NO, причем явление разложения часто сопровождается восстановлением окислов азота. На практике часто наблюдается разложение H₂SO₄ в башне Гей-Люссака. Во избежание этого необходимо, чтобы процесс окисления SO₂ заканчивался не у самой башни, для того чтобы произошло достаточное окисление NO в NO₂; необходимо также, чтобы в к-те, орошающей башню Гей-Люссака, содержалось нек-рое количество вышних окислов азота; это м. б. достигнуто орошением башни не чистой Gloverной к-той, а нитровой с содержанием ок. 0,5% N₂O₃.

з) Влияние жидкой фазы. Еще Дэви установил необходимость присутствия жидкой фазы для возбуждения процесса. В опытах Форрера получался выход H₂SO₄ в 38,31% в присутствии жидкой С. к. и 2,88-3,29% в отсутствии ее. Опыты Биттерли показывают, что равновесное образование H₂SO₄ начинается с момента появления жидких капель на стенках опытной камеры. Грэр считает действие жидкой С. к. каталитическим. Практика (камеры Мартена, башенные системы) вполне подтверждает огромное значение жидкой С. к. для скорости процесса. Паскаль [34] выражает камерный процесс следующими двумя у-риями:

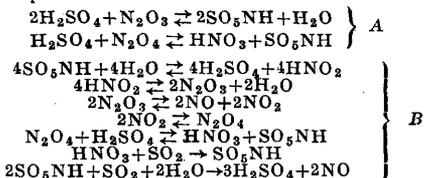


относя у-рие (I) к центру камер, а у-рие (II) к стенкам и дну. Этим Паскаль объясняет известное из практики значение хорошего перемешивания газов. Залесский [35] считает, что основным промежуточным продуктом является SO₃, получающийся непосредственно из SO₂ и NO₂, и предлагает следующую схему:



По Норденгину все реакции в основном протекают в

растворе С. к. Капельки С. к., плавающие в виде тумана в камере, поглощают окислы азота и образуют нитрозилсерную к-ту, к-рая затем разлагается SO₂:



Башня Gloverа работает по схеме В, башня Гей-Люссака—по схеме А. Возврат Норденгина наиболее применимы к интенсивно работающим системам (башенные, интенсивные камерные).

Устройство камер. Камеры устанавливаются достаточно высоко над уровнем земли на столбах или колоннах, чтобы дно было доступно наблюдению и ремонту. На два ряда столбов, установленных по длине камеры, кладут достаточно длинные и крепкие продольные деревянные балки, а на них—поперечные балки; на последние укладывают площадку из досок, хорошо пригнанных друг к другу. Можно также ставить столбы по ширине камеры, класть на них продольные балки и непосредственно на последних строить площадку. На некоторых новых з-дах вся конструкция, несущая дно камеры, сооружена из железа или железобетона. Каркас, несущий свинцовые стены и потолок камеры, б. ч.—также деревянный, состоит для каждой стены из нижней и верхней горизонтальных балок, в к-рые вклинены вертикальные стойки (0,15×0,15 м или 0,175×0,075 м). Чтобы избежать ухудшения теплоотдачи от стенок камеры, стойки часто ставят к камере ребром. На некоторых зарубежных з-дах весь каркас сделан из железа; иногда он подвешивается к кровельным стропилам. Свинец для камер употребляется обычно толщиной в 3 мм (иногда 2 мм). Свинец должен быть возможно чище (99,9% Pb и выше). Верхние края стен навешивают на верхние горизонтальные балки каркаса и прикрепляют их гвоздями, предварительно опущенными в расплавленный свинец. Кроме того стены камер закрепляют на каркасе припаенными свинцовыми лапами шириной 15—20 см. Лапы прикрепляют или к стойкам или к поперечным планкам, вклиненным в стойки. Потолок камеры прикрепляется точно так же свинцовыми лапами к поперечным балкам. Целесообразно заменить тяжелые деревянные потолочные балки железными прутьями диаметром 1/2", подвешенными к стропилам здания. Дно камеры представляет собой открытый противень со стенками высотой в 35—40 см. Стены камеры свободно висят в этом противне, не доходя до дна. К-та, собирающаяся здесь, образует гидравлич. затвор (фиг. 22): 1—лапы, 2—стойки, 3—стена камеры, 4—дно. Классическая форма камер—удлиненный прямоугольный параллелепипед. Лунге приводит следующие наиболее часто практикующиеся размеры: ширина 6÷9 м, высота 5,3÷7,5 м и длина 30÷90 м. Интенсивно работающие камеры новейших конструкций строятся много выше (20 м и более). Камеры соединяются в общую систему. Число камер самое разнообразное: от 2 до 20. Если число камер не превышает 4, они соединяются последовательно; при большем числе камер

Фиг. 22.



имеется несколько параллельных рядов, соединенных общими задними камерами. Очень часто встречается трехкамерная система, причем первая камера больше двух других. Камеры обычно устанавливаются с перепадом от 3-й к 1-й, чтобы вся к-та перетекала в первую камеру, откуда она выводится в наиболее конц. и свободной от окислов азота форме, так как в первой камере t° и концентрация SO_2 наивысшие. Общий объем камер варьирует в среднем от 2 000 до 10 000 м³; в США имеется камерная система с общим объемом, доходящим до 125 000 м³ (35 камер, 10 башен Гей-Люссака). Камеры соединяются свинцовыми газоходами со стороны торцов. В первую камеру газ входит всегда сверху; насчет лучшего места для ввода газа в остальные камеры мнения расходятся.

Ввод воды, необходимой для реакции, происходит сверху, через потолки камер. Практиковавшийся раньше ввод воды в виде пара сейчас почти нигде не применяется без особой необходимости (зимние месяцы в очень холодных местностях), так как пар кроме большей стоимости, излишне повышает t° . Для получения хорошего эффекта вода д. б. взрызгиваема в камеры в возможно более дисперсном виде, что осуществляется распылителями (удар тонкой струи о пластинку) и разрызгивателями (действие центробежной силы). На фиг. 23 изображен распылитель Бенкера с платино-иридиевым соплом, защищенным свинцовой манжеткой. Такой распылитель дает 10÷35 л/ч (при 2,5—5 атм давления). Распылители помещаются непосредственно под потолком на расстоянии ок. 5 м друг от друга. Разрызгиватель Кертинга (фиг. 24) работает с помощью металлич. спирали, сообщающей воде винтообразное движение; вследствие развивающейся центробежной силы вода выбрасывается в виде тонкого тумана (1—стеклянная трубка с концом 2, 3—резиновое кольцо, 4—резиновая трубка, 5—наконечник из гартблея, 6—бронзовая трубка, 7—спираль Кертинга из бронзы). Производительность этих разрызгивателей при давлении в 4,41 кг/см² за 1 час следующая:

d сопла, м.	$1/4$	$1/2$	$3/4$	1	$1\frac{1}{2}$	2	$2\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{2}$
Воды, л.	6,6	8,4	18,2	36,4	63,6	113,6	181,7	263,5

В последнее время находят большое применение для интенсивного процесса (см. ниже) т. н. «атомизаторы» и «турбодисперсеры» (до 1 500 об/м., производительность до 1 500 л/ч), дающие чрезвычайно высокую дисперсность жидкости. Количество воды в среднем должно равняться двукратному весу сожженной серы (вода для реакции + вода для разбавления + + потери—вода, выпариваемая в Gloverе). Излишний ввод воды расстраивает процесс: к-та разбавляется; образуется азотная к-та ($2NO + 3O + H_2O = 2HNO_3$; $N_2O_3 + O_2 + H_2O = 2HNO_3$), к-рая является более пассивным окислителем и растворяется в донной к-те низкой концентрации, разрушая свинец; уменьшения концентрации SO_2 ослабляет реакцию, происходит восстановление окислов азота до N_2O и N_2 . При недостатке воды концентрация донной к-ты слишком возрастает и растворяет все большие количества окислов азота; реакция вследствие

уменьшения азотооборота слабеет; при большом недостатке воды образуются камерные кристаллы (нитрозилсерная к-та). Замена воды разбавленной холодной С. к. в высокодисперсном виде чрезвычайно благоприятна для хода процесса (охлаждение; вливание жидкой С. к. см. выше—воззрения Норденгрена).

О правильном количестве введенной воды судят гл. обр. по концентрации донной и капельной кислот. Капельная к-та называется к-та, стекающая по внутренним стенам камеры и выводимая для «замера» в виде капель, для чего устраивается приспособление, изображенное на фиг. 25: 1—два свинцовых жолоба, припаянных к внутренней стене камеры и сходящихся в отверстии 2; к последнему припаявается с внешней стороны стены сифонообразная трубочка 3; к-та капает в стакан 4 с ареометром; из 4 к-та переливается в маленький свинцовый противень и по трубке 5 опять попадает в камеру. Капельная к-та обычно несколько слабее донной. Концентрации донной кислоты, приведенные Уайлдом, можно считать средними: камера 1—51,2÷54° Вё; камера 2—49,7÷52,7°; камера 3—46,4÷49,5°; камера 4—44,8÷48°. Выгоднее однако держать концентрацию кислот на нижнем пределе. Данные Сореля приведены в табл. 23.

Табл. 23.—Концентрации кислот донной и капельной (в °Вё).

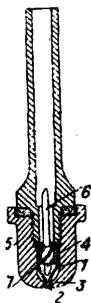
Кислота	1-я камера		2-я камера		3-я камера
	1-я половина	2-я половина	1-я половина	2-я половина	
Капельная внутри камеры	57÷58	60	52÷53		50÷52
Капельная со стен		51÷54	42÷43	45÷47	45÷50
Донная	54,5÷55		48÷48,5		48÷48,5

Оптимальная t° первой камеры лежит, как следует из опытов Биттерли, ок. 90°. По направлению к хвосту системы t° падает. Фиг. 26 показывает падение тем-ры вдоль камер «классической» экстенсивно работающей системы по замерам Лунге и Нефа. Производительность камер также падает от головы к хвосту системы. По замерам Мактира на 14 системах производительность в % равна: 1-я камера 26,1÷81,8; 2-я камера 20,0÷42,2; 3-я камера 0÷22,6. Продолжительность пребывания газа в камерах в среднем равна 2 часам.

Исключительно важное значение для камерного процесса имеет правильное питание камер окислами азота. С увеличением концентрации окислов азота увеличивается скорость кислотообразования, а с ней и производительность системы, но излишек их вызывает чрезмерное повышение температуры, коррозию свинца и большие потери. Большую помощь практику при определении правильной концентрации окислов азота оказывает наблюдение за цветом газа в разных частях системы: в 1-й камере благодаря усиленному кислотообразованию и избытку SO_2 и NO газ д. б. белесый, совершенно непрозрачный и неокрашенный; во 2-й камере газ д. б.



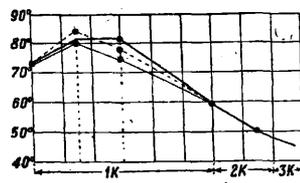
Фиг. 23.



Фиг. 24.



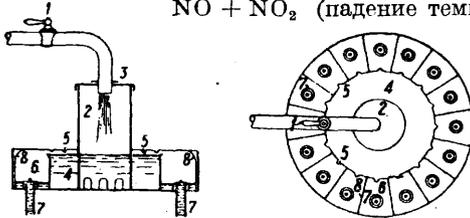
Фиг. 25.



Фиг. 26.

мутный и еле окрашенный в желтый с красноватым отливом цвет (NO_2); в последней камере, где SO_2 почти нет и имеется много NO_2 (особенно в задней части), газ д. б. менее мутный и глубокого красно-оранжевого цвета. Цвет газа наряду с t° и концентрацией окислов азота в нитрозе (см. ниже) является одним из основных показателей правильного азотооборота. Для наблюдения за цветом газа в стенах камер устанавливаются стеклянные колпаки или, что правднее, смотровые окна. О правильной концентрации окислов азота в камерах судят также по тому, что к-та первой камеры почти не содержит окислов азота, а к-та последней камеры (особенно капельная) дает сильную реакцию с FeSO_4 .

Окислы азота (за исключением небольшого количества, поглощенного камерной кислотой) из последней камеры поступают в башню Гей-Люссака, где они поглощаются и возвращаются в процесс. Т. о. теоретически раз введенные в цикл окислы азота должны оборачиваться бесконечно. На практике имеются всегда значительные потери окислов азота, возмещаемые прибавлением азотной к-ты в Glover. Анализы показывают, что около 90% всех потерь приходится на газовую фазу в виде окислов азота, не поглощенных в башне Гей-Люссака и ушедших в атмосферу. Еще Лунге и Неф указали, что одной из причин этого явления служит «свободный» NO_2 , т. е. избыток его над эквивалентным количеством $\text{NO} + \text{NO}_2$, получающийся при избыточном питании камер окислами азота. В этом случае весь SO_2 окисляется задолго до конца камерной системы, и NO успевает окислиться в NO_2 в избыточном против указанного количестве (повышение t° первой камеры, прозрачный и слишком темный цвет газа в последней камере, повышение нитрозности к-ты из башни Гей-Люссака, бурый цвет выхлопных газов). Еще опаснее недостаток окислов азота: в этом случае SO_2 проникает до выхода из последней камеры, NO не успевает окислиться в NO_2 , и получается избыток NO против эквивалентного соотношения $\text{NO} + \text{NO}_2$ (падение темп-ры



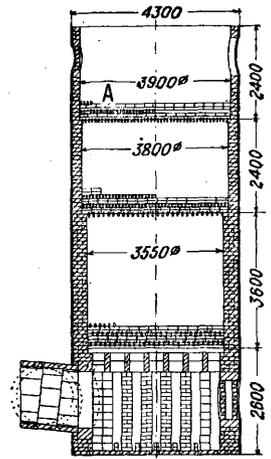
Фиг. 27.

в 1-й камере и повышение в 3-й; газ в последней камере сильно мутнеет и светлеет); NO и SO_2 в больших количествах теряются через башню Гей-Люссака в атмосферу. Однако и при нормальном ходе процесса часть окислов азота теряется, т. к. абсорбция никогда не протекает количественно: с одной стороны, вследствие упругости паров нитрозы, увеличивающейся с t° и разбавлением нитрозы, а, с другой, — вследствие несовершенства самого процесса. Нормальным можно считать расход 7—8 кг HNO_3 на 1 т H_2SO_4 .

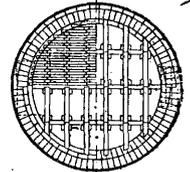
Башня Гей-Люссака строится обычно из свинца толщиной в 3—4 мм, а иногда и из кислотоупорных минералов (вольфик, андезит, бештаунит, гранит). Для увеличения соприкосновения газа с жидкостью башня насаживается коксом, кварцем или, лучше, кольцами Раши-

га; в случае коксовой насадки башня во избежание повреждения свинца футеруется кислотоупорным кирпичом. Большое значение для правильной работы башни Гей-Люссака (в производстве называемой упрощенно «гей-люссак») имеет равномерное распределение к-ты по сечению башни. Распределитель к-ты устраивается в потолке башни по принципу перелива (фиг. 27): 1—кран, 2—промежуточный сосуд, 3—крышка, 4—внутренний сосуд, 5—переливные носики, 6—внешний сосуд, 7—гидравлически закрываемые переливы внутрь башни, 8—перегородки. В целях хорошей абсорбции орошающая кислота д. б. крепкой (60° Вё) и холодной (20—30°), для чего Gloverу к-ту охлаждают в свинцовых холодильниках. Кроме того имеет значение и количество орошающей кислоты, обыкновенно равное 2—5-кратному от суточной продукции. Нитроза, вытекающая из гей-люссака, не должна содержать менее 1 и более 2,5% N_2O_3 . Выхлопные газы должны содержать 5—6% O_2 ; при недостатке кислорода теряется NO . Если в гей-люссак попадает SO_2 , он взаимодействует с нитрозой, и теряются окислы азота. Во избежание нарушений процесса на некоторых заводах с успехом включают между последней камерой и первым гей-люссаком башню, орошаемую в замкнутом обороте («сама на себя») большим количеством холодной нитрозы крепостью 55—56° Вё. Этот т. н. камерный регулятор перерабатывает SO_2 , случайно проникший до хвоста системы, или поглощает часть окислов азота при избыточной их концентрации. Нитроза, вытекающая из гей-люссаков, подается на Glover. Туда же подается и часть камерной к-ты с расчетом ее упарки в Gloverе за счет тепла печного газа до 60° Вё. Перекачка к-т производится на благоустроенных заводах насосами из кремнистого чугуна или гартблея.

Башня Gloverа (фиг. 28), или просто «Glover», выполняет три функции: денитрацию и связанную с ней продукцию (по Лунге: $2\text{SO}_2\text{NH} + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 3\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NO}$), концентрацию и охлаждение газов. Кроме того Glover служит для разложения азотной к-ты, вводимой извне в цикл. Glover строится из свинца и футеруется кислотоупорными камнями, положенными чаще всего всухую. Для кожуха берут свинец в 6 мм толщины, для дна — в 15 мм. Дно делается в виде противня, часто охлаждаемого извне водой. В последнее время дно сваривают с кожухом в одно целое. Glover монтируется иногда и без свинца, из минералов, упомянутых выше при описании башни Гей-Люссака. Футеровка утолщается сверху вниз (напр. от низа вверх на 1,2 м — 50—67,5 см толщины, выше 38—45 см, затем 26—35 см и наконец 12—22 см). Насадка Gloverа может состоять



Фиг. 28.



из кирпича, кварца и т. д., но лучше всего из колец Рашига; высота насадки до буквы А (фиг. 28) (работы по теории орошаемых башен см. [36]). Высота Gloverа 4,5–6 м. Распределитель к-ты часто монтируется аналогично описанному для гей-люссака. В последнее время часто употребляется распределитель Петерсена (фиг. 29); кислота под напором поступает через трубу 1 внутрь коробки 2, где приводит в движение турбинку, сидящую на одной оси 3 с колесом 4 (в виде изогнутых лопаток). К-та из 2 через особые карманы 5 льется на лопатки 4 и разбрызгивается ими. Турбинка может вращаться непосредственно от могора; в этом случае конечно конструкция упрощается. Повышение t° газа до Gloverа улучшает дени-трацию; t° газов за Gloverом колеблется в пределах 60–100°. Часто строят два Gloverа, работающих параллельно (редко последовательно). Для удобства обслуживания Glover обычно монтируют рядом с гей-люссаком. К-та, покидающая Glover, практически не должна содержать окислов азота; темп-ра ее равна 120–130°. Как производственный аппарат Glover чрезвычайно эффективен: 20–25% всей продукции С. к. получается в нем. Интенсивность его (т. е. сьем H_2SO_4 с 1 м³ объема) много больше, чем интенсивность камер: классич. камерные системы работают в Европе и Америке с интенсивностью 3–4 кг с 1 м³, Glover же дает от 50 до 75 кг с 1 м³ своего объема.

Движение газов в системе обеспечивается включением одного или двух вентиляторов низкого давления. Головной вентилятор монтируется перед Gloverом и строится из чугуна; хвостовой вентилятор располагается между последней камерой и гей-люссаком или между гей-люссаками и строится из гартблея или железа, покрытого гартблеем.

Интенсивный камерный процесс. Стремление повысить интенсивность камерной системы пошло прежде всего по наиболее доступному пути увеличения объема башен. Уве-

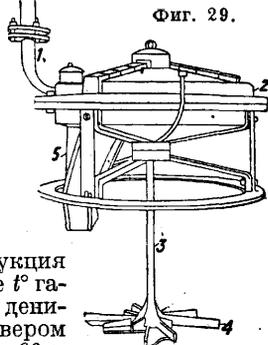
льствие объема Gloverов по отношению к общему объему системы дает до известных пределов увеличение интенсивности; последнее достигается также увеличением азотооборота, что вызывает необходимость увеличивать объем гей-люссаков. В классической камерной системе объем Gloverа составлял ок. 2%, а гей-люссаков—ок. 4% от общего объема системы. В СССР, где камерные системы работают с интенсивностью 6–9 кг с 1 м³, мы имеем на нек-рых ва-

дьях объем Gloverов до 6%, а гей-люссаков—до 8% от общего объема; расход азотной к-ты превосходит все же норму. Для увеличения интенсивности камерных систем предлагались также специальные аппараты, кое-где работающие и сейчас: волчки и газовые холодильники. Волчки и распыляют к-ту (или нитрозу) в камерах малого объема, приводя ее в тесное соприкосновение с газом. Фиг. 30 изображает камеру с волчком: в камере 1 вращается конус 2 с многочисленными отверстиями (до 15 000), опущенный в карман 3. Конус вращается (400–700 об/мин.) от мотора посредством ременной передачи (шкив 4). Конус в верхней части подвешен и для вращения снабжен катящимися роликами 5. Гидравлич. затвор 6 уплотняет место, где волчок вводится в потолок камеры. Газ входит в трубу 7 и выходит через трубу 8. К-та поступает непрерывно в 9 и затем по трубе 10 в карман 3. При вращении волчка пропеллер в нижней части конуса (на фигуре не показан) всасывает кислоту, к-рая под влиянием центробежной силы разбрызгивается во все стороны. Высотой слива 11 устанавливается постоянный уровень к-ты в камере.

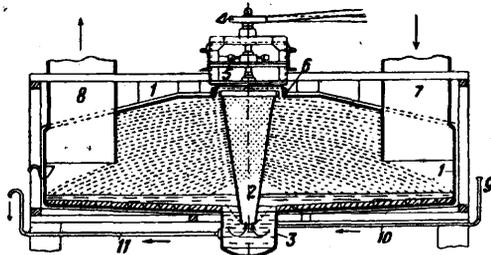
Первоначально предполагалось, что камерная система будет заменена рядом ящиков с волчками. Попытки этого рода не удались. Включение волчков в обыкновенную камерную систему дает увеличение интенсивности. Увеличение интенсивности дают и газовые холодильники или свинцовые трубы, охлаждаемые воздухом или водой, включаемые обыкновенно между последней камерой и гей-люссаками. В этом случае возможно несколько поднять t° в камерах, не опасаясь больших потерь окислов азота. Иногда газовые холодильники включают и между камерами; практикуется также питание холодильников нитрозой.

Наряду с описанными был предложен и ряд более радикальных изменений камерной системы. Нек-рые из этих изменений осуществлены на практике с большим успехом. В начале текущего столетия большое внимание привлекали тангенциальные камеры [37]. Это цилиндрич. в форме башен камеры, в к-рые газ поступает по касательной и получает поэтому вихревое движение, вызывающее хорошее перемешивание. Выход газа находится внизу камеры, недалеко от дна. Результаты работы тангенциальных камер [38] не показали однако значительного превосходства над классической системой.

В 1931 г. существовало 40 установок с тангенциальными камерами. Дальнейший их рост задержало развитие новейших интенсивных систем. Высокие узкие камеры сист. Моррица [39] с железным каркасом играют значительную роль за границей; в 1930 г. работали 82 установки сист. Моррица. При высоте ок. 20 м, ширине ок. 5 м и длине ок. 10 м камеры имеют большую поверхность охлаждения, что и дает возможность вести более интенсивный процесс; сьем однако не превышает 8 кг H_2SO_4 с 1 м³ объема при расходе 8–12 кг HNO_3 на 1 т H_2SO_4 . На сист. Моррица очень похожа сист. Фаллинга, отличающаяся от первой гл. обр. большим количеством камер (до 20) [40]. Значительно более интенсивно работает сист. Марте-на, принцип к-рой состоит в регулировании t° внутри каждой отдельной камеры соответствием оптимальному окислению SO_2 и NO , для чего камеры орошаются С. к. разн. концентраций и темп-р с помощью атомизаторов. Миллберг [41] приводит пример старой 4-камерной системы (2 750 м³; 19 т С. к. 53° В в сутки; сьем 4,7 кг H_2SO_4 /м³ в сутки), к-рая была перестроена следующим образом: две последние камеры были снесены, а две первые переделаны по способу Марте-на. В результате система давала 33,6 т С. к. 53° В в сутки или 15 кг H_2SO_4 /м³ в сутки. Особенно замечательно то, что в условиях испанского лета t° камеры не превышала 87°. Способ Марте-на интересен для СССР тем, что любая камерная система м. б. перестроена на сист. Марте-на с очень небольшими затратами, почти на ходу (выключая поочередно по одной камере).



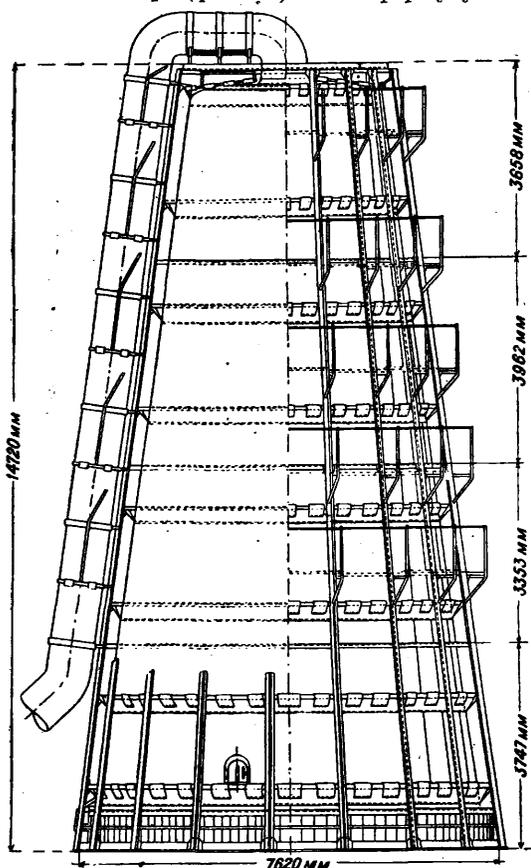
Фиг. 29.



Фиг. 30.

личение объема Gloverов по отношению к общему объему системы дает до известных пределов увеличение интенсивности; последнее достигается также увеличением азотооборота, что вызывает необходимость увеличивать объем гей-люссаков. В классической камерной системе объем Gloverа составлял ок. 2%, а гей-люссаков—ок. 4% от общего объема системы. В СССР, где камерные системы работают с интенсивностью 6–9 кг с 1 м³, мы имеем на нек-рых ва-

Большое распространение имеет за границей система Миллс-Паккарда [42]. Камеры Миллс-Паккард (фиг. 31) имеют форму усечен-



Фиг. 31.

ного конуса, расширяющегося книзу, и орошаются снаружи водой для охлаждения; каркас стальной, железный или железобетонный; вход газа внизу по газоходу, наклонному по дну камеры; выход газа в потолок, который также может охлаждаться водой. Соединение камер между собой—последовательное (до 4 камер) или групповое. Данные о камерах Миллс-Паккард приведены в табл. 24.

Табл. 24.—Характеристика камер Миллс-Паккард.

№ модели	Высота в м	Диам. в м		Объем камер в м ³	Вес в кг		Расход воды в л/ч
		нижний	верхний		свинца	железа	
1	12,19	6,1	3,05	207,4	12 000	5 445	1 250
2	12,19	7,16	4,12	311,3	15 200	6 800	1 800
3	13,97	7,16	3,63	336,5	16 000	7 260	1 800
4	13,97	7,77	4,24	414	18 000	8 165	2 050
5	14,22	8,53	4,88	530,6	20 600	9 072	2 500

Съем в 24 ч. с 1 м³ камерного объема (в моноидрате) и расход HNO₃ на 1 т H₂SO₄ на 5 з-дах составлял по Миллсу: 1) съем—12,3 кг; HNO₃—6,3 кг; 2) съем—13,4 кг; HNO₃—7 кг; 3) съем—13 кг; HNO₃—4,7 кг; 4) съем—11 кг; HNO₃—9,5 кг; 5) съем—11,5 кг; HNO₃—6 кг. Темп-ра свинца колеблется в пределах 18÷30°.

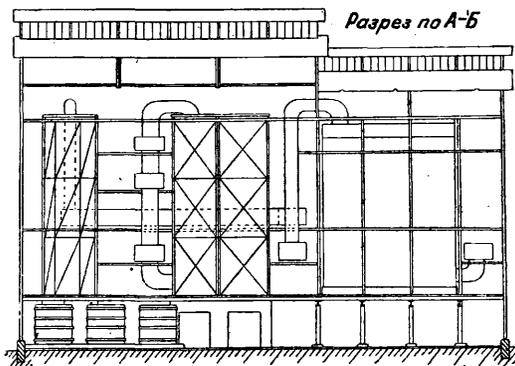
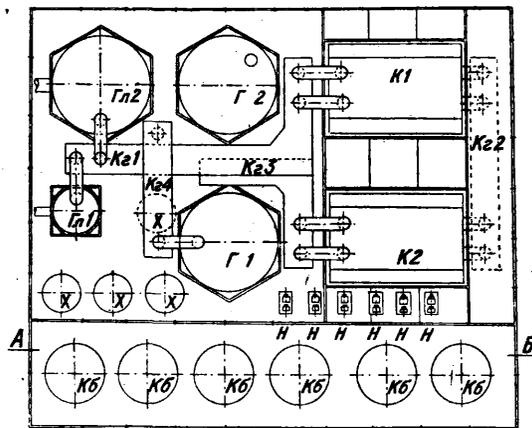
В сист. Гайяра [43] классич. форма продолговатых камер окончательно исчезает, и вся

система состоит из башен. Башни (кроме Glover'a и гей-лоссака) не имеют насадки и орошаются кислотой различной концентрации и нитрозности с помощью турбодисперсера. Система дает 25% всей продукции в виде 60°-ной к-ты, а остальные 75%—кислоту крепостью 54—55° Вé; с помощью концентратора можно почти всю продукцию получить крепостью 59—59,5° Вé. Расход HNO₃—ок. 10 кг на 1 т H₂SO₄. Интенсивность—10 кг H₂SO₄ с 1 м³ общего объема или 14 кг с 1 м³ объема реакционных башен. Сравнительные данные камер разных систем (Трюшо [44]) приведены в табл. 25.

Табл. 25.—Сравнительные данные камер разных систем.

Тип камер	Объем в м ³	Производительность в кг/м ³ в сутки	Вес свинца в т	Вес свинца на 1 т H ₂ SO ₄
Обычные камеры	8 280	3,94	280	8,4
Фаллинг	4 955	6,00	81	2,7
Мориц	3 500	10,68	150	4,0
Миллс-Паккард	1 224	12,00	74	5,0
Гайяр 1921	3 200	10,35	126	3,7

С 1931 г. фирма Лютьенс и Лудевиг (Германия) стала строить свою новую интенсивную камерную систему, т. н. корыт о к а м е р н у ю с и с т е м у. Фиг. 32 изображает установку мощностью на 20 600 т H₂SO₄ в год. Печной газ поступает в два параллельных Glover'a Гл1



Фиг. 32.

и Гл2, откуда он по корыту-газоходу Кз1 поступает в первую камеру К1. Корыто-газоход представляет собою глубокий свинцовый жо-

лоб, по которому течет нитроза. Газ движется в направлении, обратном движению нитрозы. На дне корыта-газохода лежат свинцовые змеевики, по которым протекает охлаждающая вода. Корыто-газоход прикрыто сверху крышкой, также охлаждаемой водой. Согласно данным фирмы интенсивность кислотобразования в корыте-газоходе доходит до $1400 \text{ кг с } 1 \text{ м}^3$. Из $K1$ газ идет по другому корыту-газоходу $K2$ во вторую камеру $K2$, проходит затем третье корыто-газоход $K3$ и поступает в два гей-люссака— $Г1$ и $Г2$, соединенных последовательно, между которыми опять находится корыто-газоход $K4$. Камеры орошаются нитрозой; $K5$ —кислотные сборники, H —насосы, X —холодильники. Размеры башен и камер показаны в табл. 26.

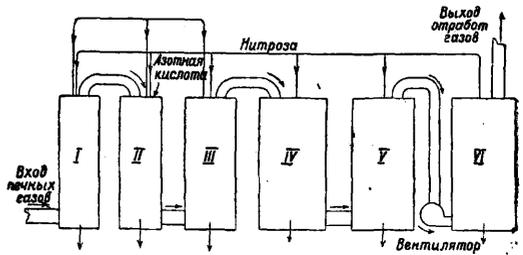
Табл. 26.—Размеры башен и камер.

Названия камер и башен	Диаметр в м или площадь	Высота в м	Объем в м ³
Гловер 1	3	12	85
Гловер 2	6,5	12	398
Гей-люссак 1	6,5	12	388
Гей-люссак 2	6,5	12	388
Камера 1	6,9	11,5	622
Камера 2	6,9	11,5	622

Как видно из табл. 26, объем башен составляет более 50% от общего объема системы. Гловеры оснажены особой формы керамикой, а гей-люссаки—кварцем. Интенсивность системы, считая на объем башен и камер в свинце, равна $24,7 \text{ кг/м}^3$ в сутки, а, присчитывая и объем корыт-газоходов, составляющий ок. 625 м^3 , получим интенсивность в $19,8 \text{ кг/м}^3$ в сутки.

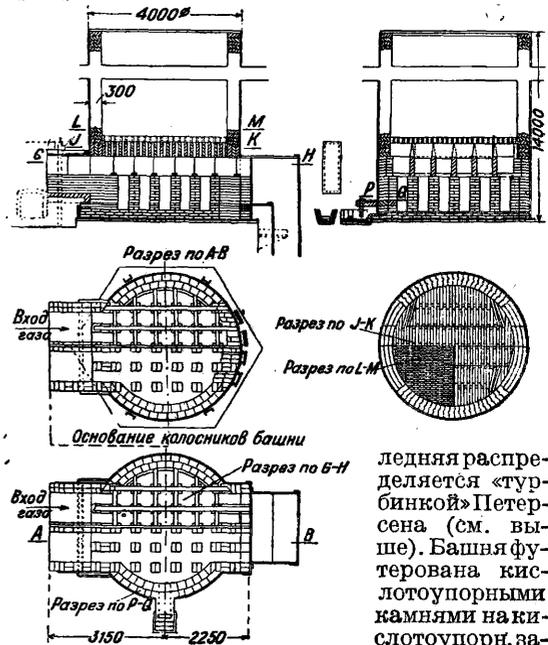
б) Башенный способ. В интенсивных камерных системах ясна тенденция приближать работу камер к работе гловера (увеличение объема гловеров, форма камер, орошение их нитрозой). Система Гайяра состоит уже только из башен, но реакционные башни в этой системе в противоположность гловеру не заполнены насадкой. Это последнее отличие исчезает в собственно башенных системах; в этих системах сильно увеличивается кроме того количество орошающей нитрозы и содержание в ней окислов азота, чем достигается очень высокая интенсивность. Естественно, что этот способ связан со сравнительно большим расходом энергии на перекачку нитрозы и воды, на охлаждение к-т, вытекающих из башен с высокой t° . В Америке башенный способ распространения не получил; в Европе имеется ряд башенных систем; в СССР башенный способ особенно распространен—по этому способу построены все (за исключением одного) сернокислотные 3-дй после-революционного периода, перерабатывающие SO_2 с помощью окислов азота. Все работающие и строящиеся у нас башенные заводы работают по сист. Петерсена (за исключением одного, работающего по системе Шмидель-Кленке). Табл. 27 дает размеры башен (завод «Кр. химик»). Соединение башен между собой в сист. Петерсена видно из

фиг. 33. Башни Гловера (фиг. 34) смонтированы из листового свинца различной толщины на разной высоте (6–10 мм). Дно башен сделано



Фиг. 33.

из свинца толщиной в 12 мм. Свинцовая крышка толщиной в 6 мм имеет отверстия для ввода воды, азотной кислоты и нитрозы; пос-



Фиг. 34.

колосниковой решетке из фасон. каменной. Стабилизатор и гей-люссаки аналогичны по конструк-

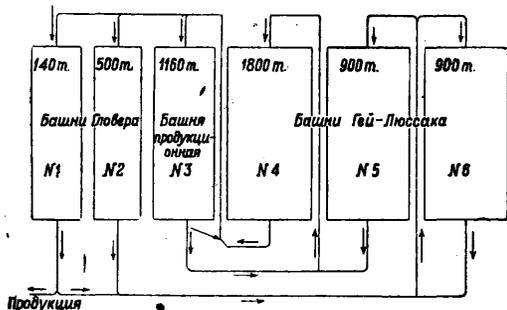
ледняя распределяется «турбинкой» Петерсена (см. выше). Башня футерована кислотоупорными камнями на кислотоупорной замазке. Насадка покоится на

Табл. 27.—Размеры башен системы Петерсена (производительностью 20 тыс. т H_2SO_4 в год).

№ и названия башен	Размеры башен			Объем башен в свинце в м ³	Толщина футеровки в мм	Насадка башен
	внешн. диам. в м	высота в м	площадь в м ²			
I (гловер 1) . . .	4,0	14	12,56	175,8	300	Пятигранные рифленые призмы керамиковые
II (гловер 2) . . .	4,0	14	12,56	175,8	300	
III (стабилизатор или продукционная башня)	5,0	14	19,63	274,8	100	Керамиковые плоск. рифленые плитки «стабиль-формат»
IV (гей-люссак 1)	7,2	14	40,69	569,7	100	
V (гей-люссак 2)	7,2	14	40,69	569,7	100	Кварц в кусках
VI (гей-люссак 3)	7,2	14	40,69	569,7	100	
				2335,5		

ции. Толщина свинца стабилизатора: кожух 6 мм, дно 8 мм; у гей-люссаков: кожух 5 мм, дно 8 мм. Свинцовые стенки башен подвешены

на железном каркасе и затянуты железными обручами; между обручами и свинцом проложены деревянные рейки. Орошение башен 2—6



Фиг. 35.

(фиг. 35) производится посредством брауз—свинцовых стаканов с отверстиями под углом. Нитроза подается тремя центробежными насосами из кремнистого чугуна (три насоса в резерве) в количестве, равном 75-кратному от веса вырабатываемой к-ты. Схему орошения и количество нитрозы, подаваемой на каждую башню (m в сутки), см. фиг. 35. Холодильники имеют целью охладить кислоту, вытекающую из башен 1—4, и представляют собой камеру в форме прямой усеченной пирамиды, поставленной на малое основание. Внутри камеры подвешены на поперечных двутавровых балках 9 змеевиков, по к-рым циркулирует холодная вода, охлаждающая к-ту, находящуюся в камере. Стенки и дно камеры футерованы кислотоупорным нормальным кирпичом. Поверхность охлаждения каждого холодильника = $62,2 \text{ м}^2$; на 1 т вырабатываемой продукции требуется $3,27 \text{ м}^3$ воды для охлаждения. Работа башен вскоре после пуска системы характеризуется данными, собранными в табл. 28.

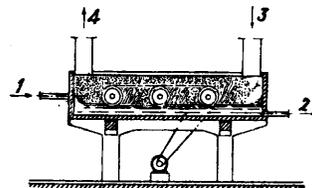
Табл. 28.—Данные о работе башен системы Петерсена.

№ и названия башен	Содержание SO_2 , t° и давление выходящего газа			Состав и t° орошающих и вытекающих кислот				
	SO_2 в объемных %	t°	Давление в мм H_2O	Орошающая кислота			Вытекающая кислота	
				концентрация в %Be	окислы азота в пересчете на HNO_3 в %	t°	концентрация в %Be	окислы азота в пересчете на HNO_3 в %
Электрофильтр	7,4	310	- 4,4	—	—	—	—	—
Башня 1	4,5	75	- 8,3	58,5	2,9	40	58,5	следы
» 2	1,2	80	- 13,7	58,5	2,9	40	58,5	2,2
» 3	0	51	- 15,0	58,5	3,2	40	58,5	3,2
» 4	0	35	- 30,8	58,5	2,4	30	58,5	3,2
» 5	0	28	- 55,5	58,5	1,8	35	58,5	2,15
» 6	0	28	+ 10,0	58,5	1,8	35	58,5	2,0

Система проектировалась на 16 тыс. m моногидрата в год, исходя из съема $20 \text{ кг}/\text{м}^3$ в сутки. В наст. время она дает съем в 28 кг (до 32 кг). При чем никаких изменений в аппаратуре сделано не было. Расход HNO_3 составлял при пуске $10 \div 12 \text{ кг}$ на 1 т H_2SO_4 , а в настоящее время $16 \div 17 \text{ кг}$. В СССР работают башенные з-ды по сист. Петерсена и большей мощности (40 тыс. m ; строится з-д на 80 тыс. m), причем диаметр башен доходит до 14 m . Конструктивно эта система подверглась у нас значительным изменениям: значительно уменьшена толщина свинца; строятся башни совершенно без свинца (из андезитовых камней); работает опытная башня из андезитового бетона; строятся также железные башни Гей-Люссака; браузы заменяются тур-

бинками Петерсена, но работающими от привода. Конструкция холодильников, оказавшаяся ненадежной, заменена в СССР другими конструкциями. В СССР разрабатываются пути дальнейшей интенсификации системы Петерсена. Напр. выключением последней башни описанной выше установки (В. Н. Шульц) удалось довести съем к-ты до $35 \text{ кг}/\text{м}^3$ в сутки без увеличения расхода HNO_3 . Таким же способом съем на системе Шмидель-Кленке был доведен до $45 \text{ кг}/\text{м}^3$ в сутки.

Система Шмидель-Кленке отличается от сист. Петерсена гл. обр. тем, что между башнями включены небольшие аппараты для разбрызгивания нитрозы в потоке сернистого газа—т. н. вальцовые ящики. Новую модель вальцового ящика изображает фиг. 36. Это—свинцовый ящик, крышка к-рого охлаждается водой; по ящику протекает нитроза (1—вход, 2—выход). От мотора приводятся в движение три вальца, полупогруженные в нитрозу, вследствие чего нитроза распыляется в виде тумана (вход газа в 3, выход—в 4). Первоначальные попытки сконструировать всю систему из одних вальцовых ящиков не удалось, но включение вальцовых ящиков в башенную систему дает хорошие результаты. На фиг. 37 изображена схема расположения башен, их соединения и орошения на Щелковском химич. заводе: I—Va—башни; 1—10 и 2a—5a—кислотные сборники; X—холодильники; P₁—P₁₀—насосы; E₁h—вентилляторы; В_я 1a, 1б и 1в—вальцовые ящики первой секции и В_я 2a, 2б, 2в—вальцовые ящики второй секции. Размеры и кубатура башен

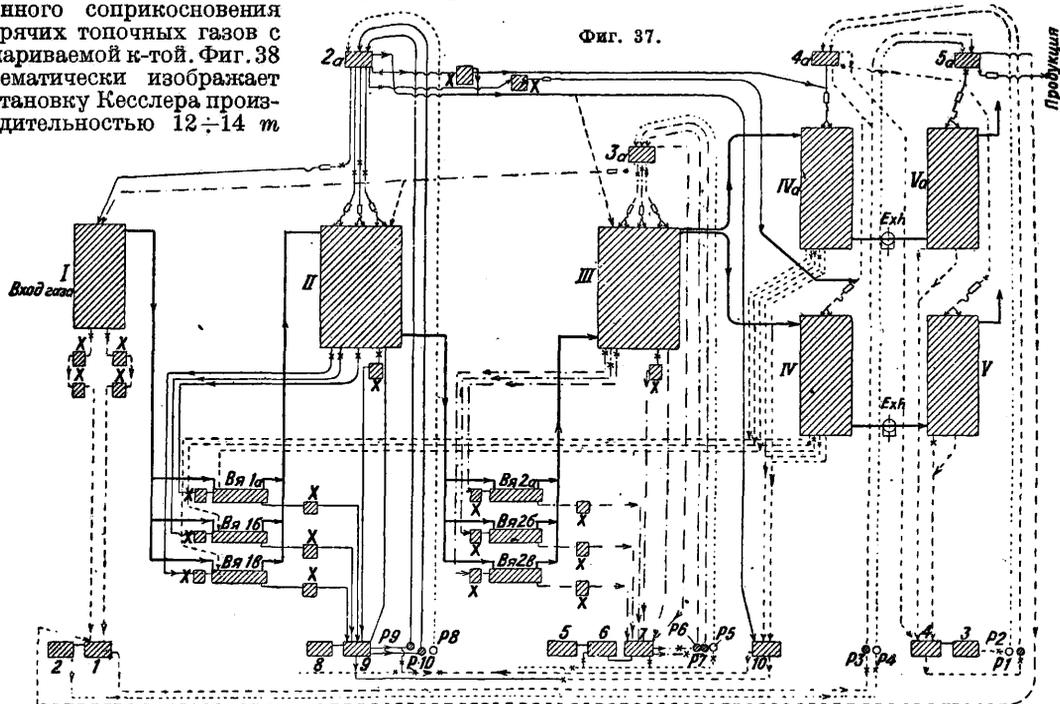


Фиг. 36.

и вальцовых ящиков приведены в табл. 29. Вальцы в вальцовых ящиках имеют $D = 200 \text{ мм}$ и делают 650 об/м. Съем с 1 м^3 общего объема в свинец равен 20 кг при расходе HNO_3 7 кг на 1 т H_2SO_4 . Об опытах интенсификации см. выше. Дно башен сконструировано в виде юкветы (противня). Гловер насажен кислотоупорным кирпичом, башни II и III—кольцами Раппага с кусками кварца внутри них, гей-люссаки—коксом. Орошение производится турбинками от приводов. Данные о работе системы см. табл. 30. В табл. 31 приведены данные о расходе основных материалов на строительство, а также воды и энергии при эксплуатации разных систем. Концентрирование С. к. Камерная или гловерная к-та м. б. упарена до купоросно-

го масла. Для этого употребляют концентрационные установки разных систем. Современные установки работают по принципу непосредственного соприкосновения горячих топочных газов с упариваемой к-той. Фиг. 38 схематически изображает установку Кесслера производительностью 12÷14 т.

слоту. Движение газов и кислоты происходит т. о. противотоком. Длина аппарата 3 320 мм, ширина 1 700 мм, высота сатуратора 880 мм,



в сутки купоросного масла (завод им. Войкова в Москве). Топочные газы из генератора 1 дожигаются в канале 2 (длиною 4,93 м), соеди-

высота рекуператора (над сатуратором) 1750 мм. Сатуратор 3—свинцовая коробка, выложенная кислотоупорными камнями. Рекуператор 4—

Табл. 29.—Размеры башен и вальцовых ящиков в системе Шмидель-Кленке.

Размеры	Башня I (гловер)	Вя 1-я секция	Башня II (продукц.)	Вя 2-я секция	Башня III (стабил.)	Башни IV + IVa (гей-люс-сак)	Башня V+Va (гей-люс-сак)
Высота в м	12	1	14	1	14	14	14
Диаметр в м или площадь в м ²	5	2×6,5	9	2×6,5	9	5	5
Кубатура в м ³	235	39	890	39	890	550	550

няющем генератор с выпарным аппаратом Кесслера, и поступают в последний с t° 900°. Аппарат Кесслера состоит в основном из сатура-

свинцовая башня, футерованная кислотоупорными камнями и разделенная семью горизонтальными полками из кислотоупорных плит,

Табл. 30.—Данные о работе системы Шмидель-Кленке.

Название аппарата	Содержание SO ₂ и t° выходящего газа		Состав и t° орошающих и вытекающих кислот							
			Орошающая кислота			Вытекающая кислота				
			концентрация в °Be	окислы азота в пересчете на HNO ₃ в %	t°	количество в т	концентрация в °Be	окислы азота в пересчете на HNO ₃ в %	t°	
Электрофильтр	7,00	315	—	—	—	—	—	—	—	—
Башня I	6,05	35	58,6	2,21	51	390	59,5	следы	119	
Вя 1-я секция	5,10	57	59,2	2,86	51	900	59,0	2,21	60	
Башня II	0,21	76	58,5	2,47	51	1 190	59,2	2,86	81	
Вя 2-я секция	0	47	58,1	2,86	37	900	58,4	3,12	18	
Башня III	0	45	58,4	2,60	42	1 130	58,5	2,86	51	
» IV и IVa	0	41	59,2	1,82	40	1 055	59,3	1,95	44	
» V и Va	0	34	59,6	0,13	40	795	59,7	0,20	40	

тора 3 и рекуператора 4. Горячие газы приходят сначала в соприкосновение с кислотой в сатураторе, после чего они проходят рекуператор, подогревая стекающую вниз слабую ки-

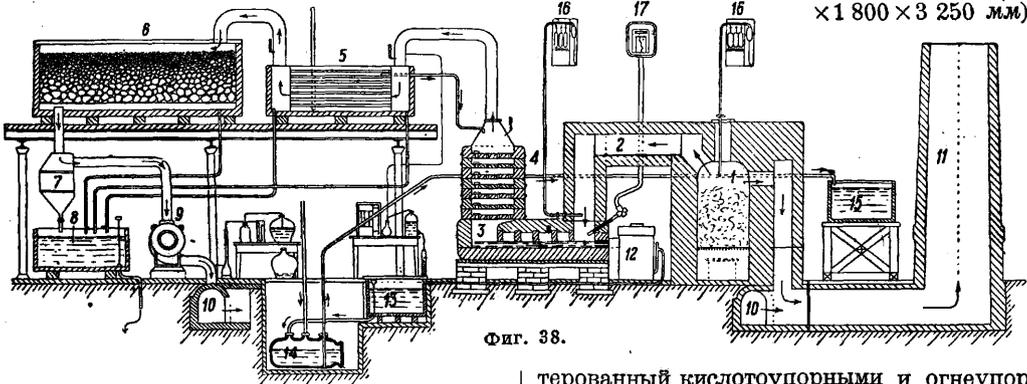
имеющих по 25 отверстий, через к-рые стекает к-та и поднимаются газы. В отверстиях закреплены фарфоровые вставки (супорты), прикрытые колпачками с зубчатыми краями. Высо-

Табл. 31.— Характеристика башенных систем.

Основные данные	На всю систему					На 1 т в сутки				
	Классич. камерная	Гайяр	Лютьенс и Лудевиг	Петерсен	Петерсен (инженсифиц.)	Классическая камерная	Гайяр	Лютьенс и Лудевиг	Петерсен	Петерсен (инженсифиц.)
Производительность в м³/сутки	40	78	62,5	76,5	139	—	—	—	—	—
Съем в кг/м³ в сутки	7—8	10	20	20	35	—	—	—	—	—
Кубатура здания в м³	18 800	20 000	20 000	31 230	34 750	470	256	320	400	250
Свинец в т	360	440	255	329	448	9	5,6	4	4,3	3,22
Футоровка в т	—	845	607	1 032	1 112	—	10,8	9,5	13,6	8,0
Кольца Рашига и «Стабиль-формат» в т	—	—	168	249,5	249,5	—	—	3	3,3	1,8
Кварц в т	—	600	555	2 106	2 106	—	7,7	8,9	27,6	15,2
Вода в м³	—	—	—	—	—	9	15	24	35	35
Энергия в kWh	—	—	—	—	—	14,5	16,5	24	36	36
Ремонт в руб.	—	—	—	—	—	2,5	3	4	5	6
Азотная к-та в кг	—	—	—	—	—	10	10	10	10	10

та супортов обычно такова, что на полках удерживается слой к-ты ок. 40 мм. Газы из рекуператора проходят трубчатый теплообменник 5, где к-та предварительно подогревается до 80°,

2—башня Гайяра, 3—скрубберы, насаженные коксом (конденсаторы), 4—ввод слабой к-ты, 5—ввод к вентилятору. В позднейшем типе к установке прибавился рекуператор, представляющий ящик (3 400 × 1 800 × 3 250 мм), фу-

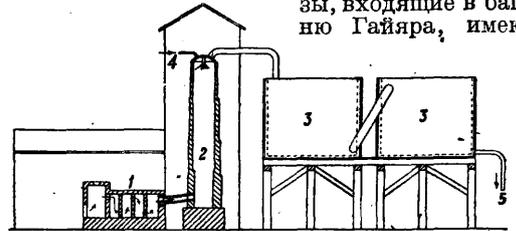


Фиг. 38.

и поступают в коксовый фильтр 6, где освобождаются в значительной степени от туманообразной серной к-ты и воды. Жидкость стекает через ловушку 7 в сборник конденсата 8, а газы выводятся вентилятором 9 через боры 10 в трубу 11. Вместо коксового фильтра с успехом применяют также и электрофильтры. Купоросное масло из сатуратора проходит холодильник 12 и стекает в сборник 13, откуда при помощи монтежю 14 подается в сливной сборник 15; 16 и 17—аналитич. приборы. Разрез сатуратора и рекуператора аппарата Кесслера дан на фиг. 39.

Концентратор Гайяра (см. выше камеры Гайяра) представляет собою полу башню, в верхней части которой слабая кислота при помощи дюзы распыляется на мельчайшие капельки, легко и быстро отдающие воду горячим топочным газам. На фиг. 40 дана схема установки Гайяра в ее первоначальном виде: 1—генератор,

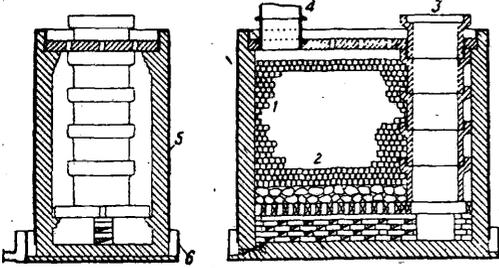
терованный кислотоупорными и огнеупорными камнями с насадкой из колец Рашига (фиг. 41); 1—кольца Рашига 3", 2—кварц 6", 3—вводная труба, 4—выводная труба, 5—свинец 12-фунтовый, 6—свинец 30-фунтовый). Газы выводятся под колосниковую решетку и проходят снизу вверх насадку, орошаемую слабой к-той. Газы, входящие в башню Гайяра, имеют



Фиг. 40.

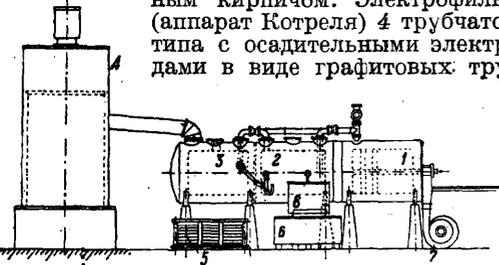
$t^{\circ} = 1\ 100 \div 1\ 000^{\circ}$, а выходящие— $200 \div 220^{\circ}$; при таком тепловом режиме и при крепости поступающей к-ты в 65—68% конечный продукт имеет крепость в 94% H_2SO_4 . К-та входит в рекуператор с $t^{\circ} = 40 \div 50^{\circ}$ и нагревается в нем до t° около 125° . Потеря к-ты не превышает 2%. В конденсаторе получается 2,8—4,5% кислоты уд. веса 1,62—1,63. Аппараты Гайяра всегда более производительны, чем аппараты Кесслера, но расход топлива у них несколько больше. Стоимость упарки 1 т к-ты в пересчете на моногидрат почти одинакова (ок. 13 руб.). В США

в последние годы очень распространен выпарной аппарат «Кемико» (фиг. 42). Это—горизонтальный железный барабан из 12-мм железа, разделенный поперечными перегородками на



Фиг. 41.

3 камеры: 1, 2 и 3. Камера 1 служит топкой, 2—камера крепкой кислоты, 3—камера слабой к-ты. Топочные газы проходят последовательно через камеры 2 и 3, барботируя через кислоту и упаривая ее. Кислота течет противотоком из камеры 3, где она подогревается, в камеру 2, где происходит окончательная упарка. Газы из последней камеры, содержащие пары воды и сернокислотный туман, проходят через электрофильтр 4 до выпуска в атмосферу. Топливом служит нефть (мазут), подаваемая в топку форсункой. Воздух нагнетается вентилятором 7. Трубы, по к-рым идут горячие газы, погружены в к-ту несколько ниже ее уровня; эти погруженные концы, а также переливные трубы для к-ты сделаны из кислотоупорного сплава. Барабан в части кислотных камер выложен 10-мм свинцом и футерован в 3 слоя кислотоупорным кирпичом. Электрофильтр 4 трубчатого типа с осадительными электродами в виде графитовых труб,



Фиг. 42.

5 и 6—сборники кислоты, 8—холодильник. Аппараты «Кемико» строятся разной производительности. На промыслах Азнефти с 1931 г. работает аппарат «Кемико». Его производительность на практике равнялась 58 т купоросного масла в сутки при крепости исходной к-ты в 58—59° Вё. Аппарат «Кемико» выгодно отличается своей большой производительностью, компактностью и простотой. Стоимость переработки 1 т моногидрата в пределах концентрации 70—93% равняется 7—8 руб.

2. Контактный процесс характеризуется тем, что реакция $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$ протекает в присутствии твердых катализаторов и в отсутствии воды, вследствие чего получается не разбавленная серная к-та, как в камерном и башенном способах, а серный ангидрид, из к-рого затем получают к-ту любой крепости. Реакция $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$ обратима. Согласно закону действия масс (см. Действующих масс закон) получаются следующие соотношения:

$$K_p = \frac{P_{SO_2}^2 \cdot P_{O_2}}{P_{SO_3}^2}; K_c = \frac{C_{SO_2}^2 \cdot C_{O_2}}{C_{SO_3}^2} = \frac{P_{SO_2}^2 \cdot P_{O_2}}{P_{SO_3}^2 \cdot RT}$$

где K_p и K_c —константы равновесия для парциальных давле-

ний и молекулярных концентраций; P_{SO_2} , P_{O_2} и P_{SO_3} —парциальные давления, а C_{SO_2} и т. д.—молекулярные концентрации. В классич. работе Боденштейна и Поля (Pohl) [46] даны результаты опытной проверки этих ур-ий. С повышением t° равновесие, согласно принципу Ле-Шателье, передвигается в сторону SO_2 , а числовое значение констант равновесия K_c и K_p увеличивается, и наоборот. Результаты измерения значений K_c при разных темп-рах приведены в табл. 32.

Табл. 32.—Значения K_c при различных температурах.

t°	T°	K_c	$\lg K_c$	$\Delta \lg K_c$	ΔT	$\frac{1}{2} Q_p$ для 1 моля SO_2	$\frac{1}{2} Q_p$ (среднее)
528	801	$1,55 \cdot 10^{-5}$	-4,810	0,681	51	21,300	
579	852	$7,65 \cdot 10^{-5}$	-4,126	0,626	48	22,500	21,900 *1
627	900	$3,16 \cdot 10^{-4}$	-3,500	0,586	53	21,800	
680	953	$1,22 \cdot 10^{-3}$	-2,914	0,463	47	21,500	21,700 *2
727	1 000	$3,54 \cdot 10^{-3}$	-2,451	0,551	62	21,700	
789	1 062	$1,86 \cdot 10^{-2}$	-1,900	0,348	43	21,700	
832	1 105	$2,8 \cdot 10^{-2}$	-1,553	0,463	65	21,100	21,500 *3
897	1 170	$8,16 \cdot 10^{-2}$	-1,089				

*1 Для 877°. *2 Для 979°. *3 Для 1 084°.

Значения K_c найдены экспериментально, а теплота реакции Q_p —вычислением из ур-я изохоры, определяющего зависимость K от T :

$$\lg K_c = \int \frac{Q_p dT}{RT^2} + C$$

или

$$\lg K_c = -\frac{Q_p}{RT} + C$$

(для небольшого темп-рного интервала Q_p принято за постоянную). Из табл. 32 (7-я графа) видно, что Q_p уменьшается с увеличением T , причем (8-я графа) на каждые 100° она изменяется на 200 cal/г-моль SO_2 . Принимая, что такая зависимость Q_p от T распространяется до абсолютного нуля, получим $Q_p^T = Q_0 - 2T$. Для 877° имеем: $21 900 = Q_0 - 2 \times 877$, откуда $Q_0 = 23 654$, и следовательно для любой температуры

$$Q_p^T = 23 654 - 2T. \quad (1)$$

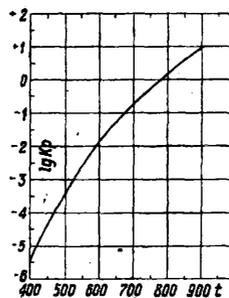
Это ур-е хорошо согласуется с экспериментальным определением Q_p^{290} , произведенным Бертелло. На основании приведенных в табл. 32 экспериментально найденных значений K_c и полученного выражения (1) для Q_p^T ур-е изохоры выразится следующим образом:

$$\lg K_c = -\frac{10 349}{T} - 2,02 \lg T + 13,959 \quad (2)$$

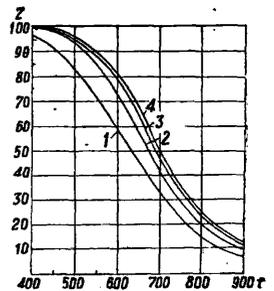
и

$$\lg K_p = -\frac{10 349}{T} - 1,02 \lg T + 12,873 \quad (\text{фиг. 43}). \quad (3)$$

Для практич. целей важно иметь формулу для нахождения максимального возможного процента перехода SO_2



Фиг. 43.



Фиг. 44.

в SO_2 для разных темп-р и разного состава исходного печного газа. Пусть означают: a —%ное содержание SO_2 в печном газе, b —то же для O_2 , c —то же для N_2 и z —степень перехода SO_2 в SO_3 . На 1 моль SO_2 тратится $1/2$ моля O_2 ; для окисления az объемов SO_2 тратится $0,5 az$ объемов O_2 ; общий объем газа уменьшится со 100 объемов до

100-0,5 аз объемов. При общем давлении газа (после превращения), равном 1 atm, будем иметь:

$$P_{O_2} = \frac{b-0,5az}{100-0,5az}; P_{SO_2} = \frac{a-az}{100-0,5az}; P_{SO_3} = \frac{az}{100-0,5az} \quad (4)$$

Но

$$z = \frac{X_{SO_2}}{X_{SO_2} + X_{SO_3}} = \frac{P_{SO_2}}{P_{SO_2} + P_{SO_3}}$$

где X—объемные концентрации в %, P—парциальные давления, откуда

$$\frac{z}{1-z} = \frac{X_{SO_2}}{X_{SO_3}} = \frac{P_{SO_2}}{P_{SO_3}}$$

По закону действующих масс:

$$\frac{P_{SO_3}}{P_{SO_2}} = \sqrt{\frac{P_{O_2}}{K_p}} = \sqrt{\frac{P_{O_2}}{K_c \cdot RT}}$$

Следовательно

$$\frac{z}{1-z} = \sqrt{\frac{P_{O_2}}{K_c \cdot RT}} = \sqrt{\frac{P_{O_2}}{K_p}}$$

и

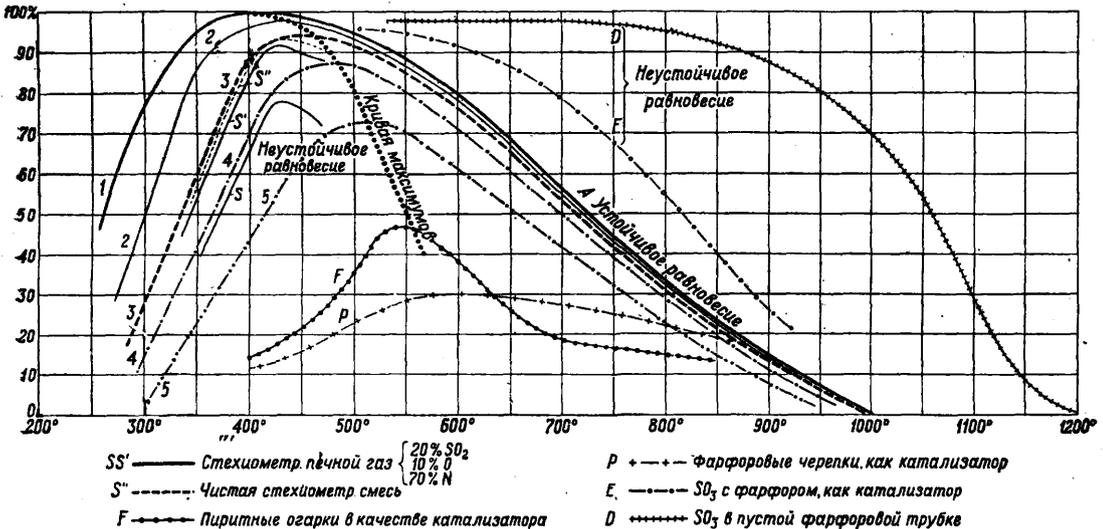
$$z = \frac{\sqrt{P_{O_2}}}{\sqrt{K_c \cdot RT} + \sqrt{P_{O_2}}} = \frac{\sqrt{P_{O_2}}}{\sqrt{K_p} + \sqrt{P_{O_2}}} \quad (5)$$

Из (4) и (5) получаем:

$$z = \frac{\sqrt{\frac{b-0,5az}{100-0,5az}}}{\sqrt{K_p} + \sqrt{\frac{b-0,5az}{100-0,5az}}} \quad (6)$$

Пользуясь ур-ями (3) и (6), Боденштейн и Поль вычислили z для разных темп-р и разного состава печного газа

контактирование (по крайней мере последнюю стадию его) ведут при t° ок. 450°. Табл. 33 и диаграмма фиг. 44 показывают также зависимость превращения от содержания кислорода в газе (а следовательно и SO₂). Сравнение 2-й и 3-й строк таблицы приводит к заключению, что разбавление печного газа воздухом почти на 50% очень мало повышает степень перехода SO₂ в SO₃; сравнение же 1-й и 2-й строк показывает, что уменьшение содержания кислорода с 10% до 5% значительно снижает степень перехода. Поэтому на практике считается нормальным для контактного процесса печной газ, содержащий ок. 7% SO₂ и 10% O₂. Выше было высказано предположение, что количество катализатора или, что то же, время соприкосновения газа с катализатором с избытком достаточно для достижения равновесия. Если количество катализатора, как это всегда бывает на практике, ограничено, то приобретает значение и другой фактор: скорость протекания газа. Фиг. 45 дает зависимость между темп-рой, выходом и различной скоростью протекания газа. Кривые 1, 2, 3, 4 и 5 относятся к печному газу, содержащему 7% SO₂, 10% O₂ и 83% N₂ и контактирующему над 0,5 г платины. Скорость протекания газа: для кривых: 1—300 см³/мин, 2—1 000 см³/мин, 3—2 500 см³/мин, 4—7 500 см³/мин и 5—80 000 см³/мин. Кривые S и S' относятся к стехиометрическому печному газу (20 объемн. % SO₂, 10% O₂ и 70% N₂), протекающему со скоростью: для S—1 000 см³/мин и для S'—500 см³/мин. Кривая S'' относится к чистой стехиометрической смеси над платиной, F—к случаю, когда катализатором являются пиритные огарки (Fe₂O₃, SiO), а скорость протекания газа—500 см³/мин, P—катализатор (фарфоровые черепки), а скорость равна 500 см³/мин. Кривая E относится к нагреву SO₂ над фарфором, а D—к нагреву SO₂ в пустой фарфоровой трубке при скорости протекания в обоих случаях в 500 см³/мин. А показывает область устойчивого равновесия, кривые D и E относятся к области неустойчивого равновесия. Каждая из линий имеет максимум, в к-ром балансируются возрастание выхода вследствие увеличения скорости реакции и понижение выхода вследствие снижавшегося равновесия. Чем больше скорость протекания газа, тем



Фиг. 45.

(см. табл. 33 и фиг. 44, где кривая 1 соответствует исходному газу с содержанием SO₂ в 10%, кривая 2—газу с содержанием SO₂ в 7,0%, 3—в 4,0%, 4—2%).

Табл. 33.—Значения z для разных t° и разного состава газа.

Состав исходного газа			Значения z · 100 при темп-рах (в °C)					
a	b	c	400	500	600	700	800	900
10,10	5,05	81,85	96,2	83,2	59,1	31,9	15,0	7,0
7,00	10,00	83,00	99,3	93,4	73,3	42,5	20,5	9,8
4,00	14,60	81,40	99,4	94,9	78,3	48,1	24,2	11,0
2,00	18,00	80,00	99,5	95,6	80,6	51,3	26,3	12,9

Из табл. 33 и диаграммы фиг. 43 видно, что для получения максимальных выходов необходимо вести превращение при низких t°. Однако при очень низких t° скорость реакции слишком мала даже в присутствии наиболее активного катализатора—платины, вследствие чего на практике

ниже и правее (т. е. в области более высоких t°) лежит этот максимум. Фиг. 46 дает зависимость между темп-рой и процентом превращения (кривая A), а также между темп-рой и максимальным весом SO₂, к-рый м. б. превращен при этих условиях одним г платины (кривая B). Ф-ла (6) была получена для общего давления газа, равного 1 atm; при давлении, равном P, получим

$$z = \frac{\sqrt{\frac{b-0,5az}{100-0,5az}} \cdot P}{\sqrt{K_p} + \sqrt{\frac{b-0,5az}{100-0,5az}} \cdot P}$$

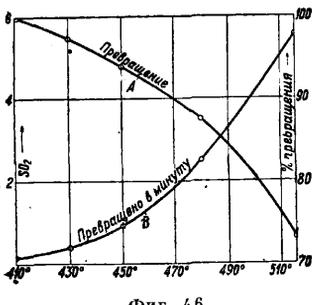
Если P равно напр. 10 atm, то 100 z при 400° равно 99,8; при 450°—99,2 и т. д. Столь незначительное увеличение степени перехода не окупает затрат, связанных с высоким давлением, и поэтому на практике последнее не применяют. Наконец диаграмма фиг. 47 дает зависимость между количеством платины (или временем соприкосновения) и % превращения. При 300° максимум превращения не достигается. С повышением t° высокие выходы достигаются быстрее, а при 450° кривая первое время почти параллельна оси ординат.

Скорость реакции исследовалась Бодлендером и Кепленом [46] и в особенности Бодештейном и Финном [47]. У-ре скорости реакции оказалось вопреки ожиданию (три газовые молекулы!) следующим:

$$\frac{dx}{dt} = K \frac{a-x}{x^2}$$

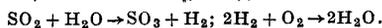
ными словами, скорость реакции прямо пропорциональна оставшемуся количеству SO_2 и обратно пропорциональна корню квадратному из количества образовавшегося SO_3 . Замечательно, что концентрация кислорода (во всяком случае в широких пределах) не отражается на скорости реакции. Темперный коэф-т реакции равен 1,22 на каждые 10° .

Катализатором для реакции $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$ является по существу почти любое твердое вещество. Однако



Фиг. 46.

практически достаточной активностью обладают только платина, соединения ванадия и окись железа, причем степень их активности снижается от первого к последнему. Из двух наиболее распространенных теорий катализа (теории промежуточных химических соединений и теории поверхностной адсорбции) в отношении платины более применима вторая: многочисленные попытки найти переносчик кислорода в виде того или иного окисла платины не увенчались успехом [48]. Мало убедительна и попытка объяснить окисление SO_2 следами влаги, имеющейся всегда в газе:



Наоборот, теория поверхностной адсорбции удовлетворительно объясняет ряд явлений: необходимость тончайшего измельчения платины (увеличение поверхности), замедление реакции с ростом концентрации SO_3 согласно у-ре скорости реакции (диффузия газов через конденсированный поверхностный слой SO_3), умень-



Фиг. 47.

шенный против обычного темп-ный коэф-т (по той же причине) и т. д. Влияние влаги на превращение SO_2 в SO_3 над платиной окончательно не выяснено: остается фактом, что следы влаги для этой реакции необходимы, и газы (SO_2 и O_2), высушенные над P_2O_5 , не реагируют. Большие количества воды согласно лабораторным исследованиям Книгича и Риза [49] не оказывают влияния на равновесие реакции. Однако практика работы сернокислотных з-дов показывает, что влияние воды всегда отрицательно. В высшей степени интересны и важны явления отравления платинового катализатора. В сернокислотном процессе наиболее опасным и частым ядом является As. Отравленный мышьяком платиновый катализатор м. б. регенерирован (да и то не сполна) только радикальными химич.

операциями (см. ниже). Такое же перманентное отравление вызывают Sb, Te, Se, SiF_4 , а также J; Cl и HCl вызывают только временное отравление, легко устраняемое горячей продувкой контактной массы. Действие SiF_4 , PbSO_4 , а также углеводородов объясняется простым механическим загрязнением поверхности катализатора. Причины отравляющего действия других названных веществ не выяснены.

Активность платины как катализатора зависит от способа приготовления контактной массы. Платина наносится на вещество с развитой поверхностью — так наз. «носитель» катализатора. Кроме сильно развитой поверхности носитель д. б. химически устойчив против С. к. и окислов серы при высоких t° и устойчив против механич. действия трения газа. В телтелевской контактной системе (Телтелевский химич. завод в Ленинграде, где эта система была изобретена в начале 20 в.) носителем платины служит платинированный асбест; его пропитывают раствором хлорной платины PtCl_4 , которая затем восстанавливается раствором HCOONa . Промытлая и высушенная масса содержит 7—8% платины. «Телтелевская» контактная масса очень активна (98% превращения), но представляет большое сопротивление току газа и требует поэтому значительного расхода энергии на его перемещение. При отравлении мышьяком масса не поддается оживлению; в этом случае приходится извлекать Pt царской водкой и готовить массу заново.

Очень распространен в качестве носителя катализатора сульфат магнезии MgSO_4 (системы Грилло, Герресгоф-Байера). Для этой цели MgSO_4 д. б. свободен от As, Cl и Na. Соль обжигается на железных сковородах, мелется в тонкий порошок, смешивается с водой и вторично обжигается. При одинарном обжиге масса не обладает достаточной механической прочностью. Раствор PtCl_4 наносится пульверизатором на поверхность MgSO_4 . Восстановление PtCl_4 до Pt происходит в самом контактном аппарате, куда масса загружается и медленно нагревается до 350° горячим воздухом; при этом удаляются HCl и H_2O . Затем пропускают разбавленный печной газ: начинается контактирование, и через несколько дней устанавливается нормальный процесс. Магнезиальная масса представляет гораздо меньшее сопротивление газу, чем асбестовая; содержание Pt в ней равно всего 0,2—0,3%. Магнезиальная масса отравляется теми же ядами, что и асбестовая, но отравление наступает медленнее, и масса легче поддается оживлению. Для оживления отравленную массу увлажняют разбавленным раствором царской водки и опять загружают в конвертер. После нагрева As улетучивается в виде AsCl_3 . Однако активность массы после оживления всегда несколько ниже начальной. В мангеймской системе магне (цыновки), сотканые из асбестового шнура, пропитываются смесью растворов PtCl_4 и HCOONa . Оживление (весьма несовершенное) производится 2—5%-ным раствором HCl. Стремление уменьшить количество необходимой Pt без ущерба для превращения привело в последние годы к большому распространению новых носителей Pt: активной кремнекислоты и формованных керамических тел. В последнее время в качестве носителя Pt широко применяется в СССР силикагель. Количество SO_2 , превращаемое 1 кг Pt в час при разных контактных массах, приводится Майлсом (табл. 34).

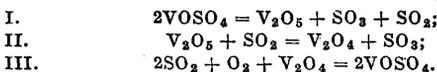
Табл. 34. — Количество SO_2 , превращаемое 1 кг Pt при помощи различных контактных масс.

Название системы и страны	Сжигаемое сырье в т/сутки	SO_2 в кг/ч	Pt в кг	На 1 кг Pt приходится кг SO_2 /ч	Средний % Pt в контактной массе
Грилло, Англия	9 (серы)	762,06	24,95	30,5	0,3
» США	2,2 »	176,90	5,35	33,1	0,2
» Юж. Африка	6 »	508,03	11,25	45,1	0,25
» США	—	—	—	78,0	0,2
» США	—	—	—	56-74	0,1-0,3
Мангеймская, Англия	4,5 (колчедана)	—	—	85 *	60 мат по 24 г Pt
Мангеймская, Англия, завод Нобеля	6 (колчедана)	—	—	102 *	80 мат по 20 г Pt
Тентелевская, Англия	9 (колчедана)	349,27	10,98	31,8	7-9
Исследование Кнitchа	—	—	—	а) 22 при 97,5% превращ. б) 54 при 94% превращ.	10

* Мангеймская система дает однако нижний % превращения.

Число кг SO_2 в ч. на 1 кг Pt для новейших систем Герресгоф-Байера в СССР равно 85; в последнее время делаются попытки довести это число до 130.

В последнее время с платиной как катализатором для окисления SO_2 сильно конкурируют соединения ванадия как за границей, так и в СССР. Каталитич. действие пентаоксида ванадия V_2O_5 и солей ванадиевой к-ты известно с 90-х годов прошлого столетия; оно объясняется легкой окисляемостью и восстанавливаемостью окислов V, связанной с изменчивостью его валентности. Нейман [50] предлагает следующую схему происходящей при этом реакции:



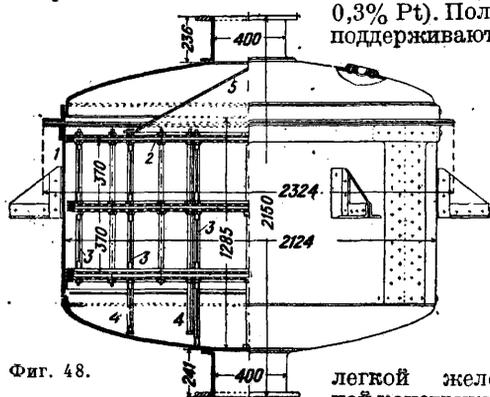
Выдающееся значение V-катализатор получил однако только с 1924 г., когда Егер [51] изобрел в США «цеолитовую» ванадиевую массу. Этот катализатор показывает активность, не уступающую платине, и не отравляется (по крайней мере в течение нескольких лет) обычными контактными ядами. Ряд заводов с V-катализатором, построенных в США, доказал прекрасную работу новой контактной массы. За последние годы V-катализатор получил широкое распространение и в Европе. В СССР работают успешно контактные аппараты с V-катализатором на Владимирском нефтеперерабатывающем заводе; на Константиновском химич. заводе работают два аппарата, загруженные массой, приготовленной по способу Ададурова и содержащей наряду с V также и Sn; все новостроящиеся контактные заводы решено оборудовать V-катализатором. Для изготовления ванадиевой контактной массы обычно пользуются метаванадотом калия и силикатом кальция или бария. Компоненты приводятся в тесное соприкосновение, и масса формируется в небольшие куски.

Употребление Fe_2O_3 в качестве катализатора имеет в настоящее время гл. обр. историч. интерес и сохранилось только на старых заводах мангеймской системы, где катализатором служит огарок из пиритных печей. Этот катализатор не отравляется As, но теряет свою активность под влиянием влаги, вследствие чего воздух, подаваемый в печи, предварительно высушивается H_2SO_4 . При оптимальной темпе-

ратуре 600-620° превращение равно 50-60%. Дальнейшее превращение производится в мангеймской системе над платиной.

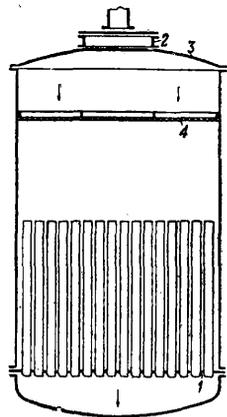
Из многочисленных конструкций контактных аппаратов, или конвертеров, в настоящее время представляют практич. интерес конвертеры полочные и трубчатые. Полочные конвертеры употребляются в сист. Грилло и Герресгоф-Байера, а трубчатые — в тентелевской, Лурги-тентелевской и сельденовской. Фиг. 48 представляет полочный конвертер сист. Герресгоф-Байера. Это — железный клепаемый изнутри котел 1. По высоте аппарата расположены двойные решетчатые полки 2 для контактной массы (платинированный сернокислый магний или силикагель с 0,2-0,3% Pt). Полки поддерживаются

легкой железной конструкцией, состоящей из железных стержней 3, помещенных в газовые трубы 4. К первой (сверху) решетке прикреплен дырчатый конус 5 для равномерного распределения газа по всему сечению аппарата. В системе Герресгоф-Байера мощностью 8-12 тысяч т H_2SO_4 в год устанавливаются два конвертера, и контактирование происходит в две стадии. В первом конвертере имеются только три полки; общее количество Pt в массе составляет 2 кг. Вследствие высокой t° , поддерживаемой здесь (на выходе 580°), % контактирования равен 75-80, но скорость реакции очень велика. Во втором конвертере (5 полок, 7 кг Pt) % контактирования доводится до 96 при t° 430°. Полочные конвертеры м. б. загружаемы и ванадиевой массой.



Фиг. 48.

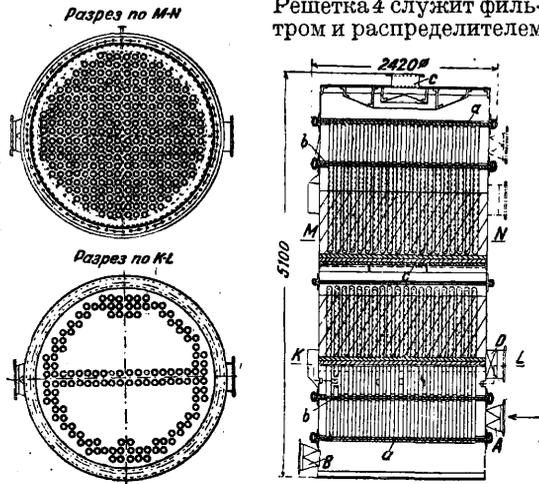
легкой железной конструкцией, состоящей из железных стержней 3, помещенных в газовые трубы 4. К первой (сверху) решетке прикреплен дырчатый конус 5 для равномерного распределения газа по всему сечению аппарата. В системе Герресгоф-Байера мощностью 8-12 тысяч т H_2SO_4 в год устанавливаются два конвертера, и контактирование происходит в две стадии. В первом конвертере имеются только три полки; общее количество Pt в массе составляет 2 кг. Вследствие высокой t° , поддерживаемой здесь (на выходе 580°), % контактирования равен 75-80, но скорость реакции очень велика. Во втором конвертере (5 полок, 7 кг Pt) % контактирования доводится до 96 при t° 430°. Полочные конвертеры м. б. загружаемы и ванадиевой массой.



Фиг. 49. II

Трубчатый конвертер (фиг. 49) употребляется в тентелевской сист. (4 000 т H_2SO_4 в год), а также Лурги-тентелевской. Стальные трубы (200 штук) завальцованы нижними концами

в плиту 1; верхняя половина конвертера образует свободное пространство. Газ поступает через штуцер 2 в крышке 3 и проходит вниз через чугунную решетку 4, на к-рой лежит асбест. Решетка 4 служит фильтром и распределителем

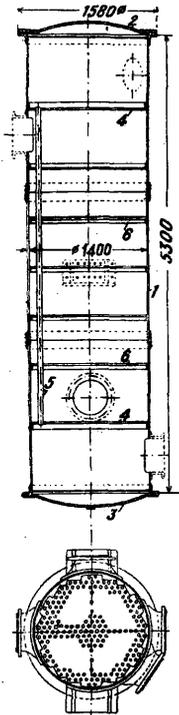


Фиг. 50.

газа. Дальнейшее движение газа вниз происходит с сильно уменьшенной скоростью. Прежде чем попасть в трубы, загруженные контактной массой, газ свободно циркулирует вокруг горячих труб, вследствие чего он нагревается, а трубы охлаждаются. Т. о. тентелевский контактный аппарат относится к типу конвертеров с внутренним теплообменом.

Контактная масса [156 кг асбеста с 7—8% Pt (по весу = 11—12 кг Pt); количество Pt может быть снижено до 7—8 кг] лежит в трубах на специальных чугунных решетках. Диаметр аппарата 2 795 мм, высота цилиндрич. части—3 200 мм, \varnothing труб 119/127 мм, длина труб 2 035 мм. Газ поступает в аппарат с t° около 220°, нагревается вне труб до 380° и с этой t° вступает в трубы. В середине труб температура достигает 470°, а на выходе падает до 430°.

С конструктивной стороны чрезвычайно интересен конвертер типа Сельдена, сконструированный сернокислотной секцией Гипрохима для ванадиевой массы (фиг. 50). Он представляет собою комбинацию из двух контактных аппаратов, поставленных вертикально один над другим. В каждом из них имеется по две плиты *a* и *b*. В плите *a* завальцовано 308 труб \varnothing 33/38 мм, а в плиту *b* столько же труб \varnothing 70/76 мм. Узкие трубы входят в широкие, не

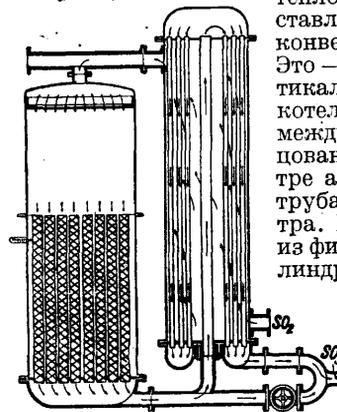


Фиг. 51.

доходя до их дна. Между трубами (косая штриховка) помещена контактная масса. Верхний аппарат отделяется от нижнего решеткой *c*, на к-рой находятся два слоя кварца. Газ (SO_2) с t° 280° входит в нижний аппарат, через штуцер *A* проходит вверх по кольцевому пространству

между трубами, по узким трубам проходит вниз и выходит через штуцер *B*, нагревшись за счет теплоты контактной массы и конвертированного газа до 350°. Отсюда газ попадает в верхний аппарат через штуцер *C*, проходит в узкие трубы, из них в широкие, откуда с t° 470° через отверстия в плите *b* проникает в контактную массу верхнего аппарата и через решетку *e* в контактную массу нижнего аппарата. По пути газ отдает часть теплоты неконвертированному газу и выходит через штуцер *D* с t° 450°. Сложность конструкции описанного конвертера компенсируется весьма совершенным теплообменом между вступающим в конвертер холодным газом (SO_2) и выходящим газом (SO_3), несущим тепло реакции, причем система труб, служащая теплообменником, находится внутри конвертера, предохраняя контактную массу от местных перегревов.

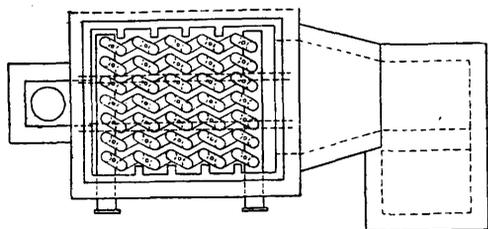
В тех системах, где внутренний теплообмен отсутствует (Герресгоф-Байер, Грилло) или недостаточен (тентелевская), теплообменник устанавливается вне конвертера. Фиг. 51 показывает вертикальный и горизонтальный разрез теплообменника сист. Герресгоф-Байера. Это—железный клепаный цилиндр 1 с крышками 2 и 3. Между двумя плитами 4 завальцованы дымогарные трубы 5, поддерживаемые промежуточными решетками 6. Холодный неконвертированный газ идет по междутрубному пространству, а горячий, конвертированный—внутри труб. В системе Герресгоф-Байера, работающей с двумя конвертерами, имеются и два теплообменника, отличающиеся только размерами. Несколько отличен по конструкции тентелевский теплообменник, представленный вместе с конвертером на фиг. 52. Это—цилиндр, вертикальный железный котел с двумя дисками, между к-рыми завальцовано 320 труб. В центре аппарата помещена труба большого диаметра. Ход газа понятен из фигуры. Диаметр цилиндра 1 830 мм, высота 3 810 мм; диаметр труб 50/58 мм, расстояние между их центрами 75 мм, поверхность теплообмена 190 м^2 .



Фиг. 52.

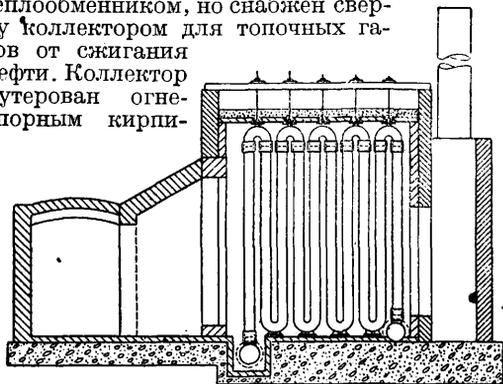
Количество тепла, выделяющееся при контактировании, вполне достаточно для подогрева газа до t° , необходимой для начала реакции. На случай производственных неувязок и пуска системы имеется специальный подогреватель газа. Некоторые заводы системы Грилло работают с постоянным внешним подогревом. На фиг. 53а и 53б изображен подогреватель Грилло для системы производительностью 20—30 т моногидрата в сутки. Аппарат состоит из нескольких секций чугунных U-образных труб, соединенных параллельно с верхним и нижним коллектором. Каждая труба снабжена ножкой и поддерживается сверху железной подвеской. Газ входит в нижний коллектор, распределяется по секциям и выходит в верхний коллектор. Аппарат снабжен топкой для угля. Поверхность нагрева 100—160 м^2 . Длина труб 2 100—2 400 мм; \varnothing 100/118 и 150/175 мм.

Тентелевский подогреватель состоит из 120 стальных труб $\varnothing 86/102$ мм, завальцованных в днище квадратного стального коллектора.



Фиг. 53а.

Последний разделен на две части горизонтальной плитой, в к-рую завальцовано такое же количество труб $\varnothing 32/42$ мм, помещенных внутри труб более широких. Топка угольная или дровяная. Подогреватель системы Герресофф-Байера по конструкции схож с тентелевским теплообменником, но снабжен сверху коллектором для топочных газов от сжигания нефти. Коллектор футерован огнеупорным кирпи-



Фиг. 53б.

чом. Топочные газы идут внутри труб, а нагреваемый газ—в междурубном пространстве. Диам. подогревателя 1 700 мм, высота 3 910 мм. Число труб 503, $\varnothing 48/51$ мм, длина 3 680 мм. Диам. коллектора 2 097 мм, высота 1 210 мм.

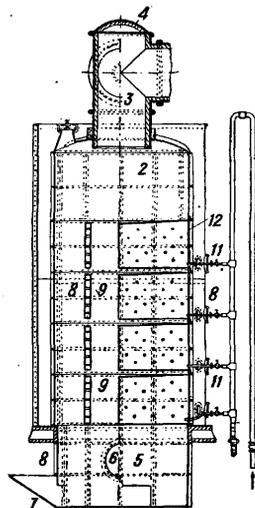
Конвертеры, теплообменники и подогреватель, т. н. контактный узел, являются центральной частью контактного завода. К контактному узлу примыкает с одной стороны аппарата для очистки газа от вредных примесей (остаточной пыли, контактных ядов, влаги), и с другой стороны—аппаратура для абсорбции SO_2 . Методами очистки газа являются: а) охлаждение, б) промывка, в) фильтрация, г) осаждение сернокислотного тумана в электростатическом поле высокого напряжения и д) сушка.

а) Охлаждение печного газа, очищенного в б. или м. степени от пыли, достигается на некоторых з-дах (сист. Грилло) пропусканием его через очень длинный свинцовый газопровод, орошаемый извне водой. Своеобразен по конструкции тентелевский холодильник (фиг. 54; 1—холодильная камера, 2—предкамера, 3—верхний коллектор с крышкой 4, 5—нижний коллектор с выпускным штуцером для газа 6 и сосудом 7 для конденсирующейся к-ты); камера 1 состоит из колец 8, поперек к-рых припаяны полые пластины 9. Аппарат свинцовый; окружен железным кожухом 10, соединенным с впускными для воды 11. Пластины 9 соединены с кожухом посредством шелей 12. Печной газ с $t^\circ = 300 \div 400$ вводится через коллектор 3, теснит вниз между холодильными пластинами и выходит в штуцер 6

с $t^\circ = 80 \div 100$. Внутренний диаметр холодильника 2 440 мм, общая высота 8 765 мм. Крепость конденсата $35 \div 50^\circ$ Вэ.

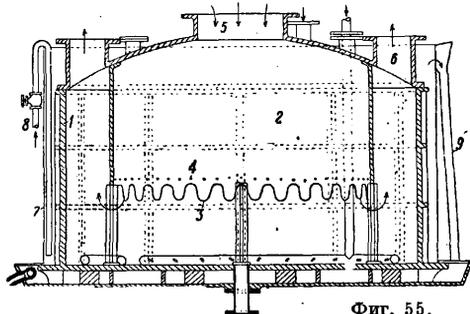
б) Чаще всего охлаждение газа и промывка и его соединяют в одну операцию (Герресофф-Байер, Грилло).

Для этого пользуются холодильными (промывными) башнями типа скрубберов. Обычно ставят 2 или 3 башни, орошаемые с к. разной концентрации. Так, в системе Герресофф-Байера имеются две башни высотой в 12 м и $\varnothing 4$ м. Башни футерованы кислотоупорной керамикой и насажены кольцами Рашига. Первая башня орошается к-той крепостью $50 \div 60^\circ$ Вэ, а вторая—к-той $15 \div 30^\circ$ Вэ. К-та подается насосами из кремнистого чугуна или гартблея. Газ охлаждается в первой башне от $300 \div 350$ до $70 \div 80$, а во второй—до $30 \div 35$. К-та, циркулирующая в башнях, охлаждается в поверхностных водяных холодильниках. В тентелевской системе промывка газа производится в форвашере и в промывн. башне. Форвашер (фиг. 55) отлит из свинца и представляет собою цилиндр 1, внутри которого опущен колокол 2 с волнистыми краями 3 и отверстиями 4. Газ входит в трубу 5, барботирует через слой воды и выходит в трубу 6. Форвашер окружен свинцовой



Фиг. 54.

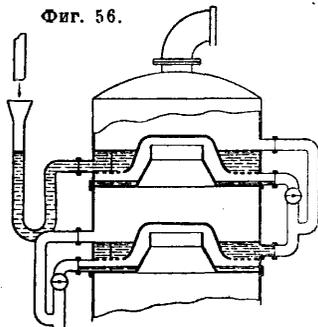
рубашкой 7, в которую вода поступает из 8 и вытекает в 9. Внутренний диаметр 2 000 мм, высота 1 000 мм. Вода меняется раз в сутки. Промывная башня (фиг. 56) представляет собою как бы пять форвашеров, поставленных друг на друга. Газ проходит башню снизу вверх, барботируя в каждом этаже через слой воды ок. 250 мм. Внутренний диам. 1 675 мм, высота 5 635 мм. Промывка барботажем чрезвычайно эффективна и очищает газ полностью, но вызывает большой расход энергии на преодоление сопротивления и сопряжена с громоздкой, мало производительной аппаратурой.



Фиг. 55.

рубашкой 7, в которую вода поступает из 8 и вытекает в 9. Внутренний диаметр 2 000 мм, высота 1 000 мм. Вода меняется раз в сутки. Промывная башня (фиг. 56) представляет собою как бы пять форвашеров, поставленных друг на друга. Газ проходит башню снизу вверх, барботируя в каждом этаже через слой воды ок. 250 мм. Внутренний диам. 1 675 мм, высота 5 635 мм. Промывка барботажем чрезвычайно эффективна и очищает газ полностью, но вызывает большой расход энергии на преодоление сопротивления и сопряжена с громоздкой, мало производительной аппаратурой.

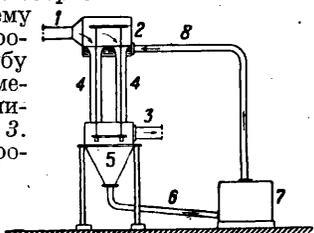
в) Фильтрация газа применяется на нек-рых э-дах или в начальной стадии очистки (между холодильником и скруббером) для очистки от пыли и сернокислотного тумана или же в конечной стадии для сушки и окончательной очистки. Употребляется обычно кокс или кварц, уложенный на освинцованные решетки в длинных ящиках. Так напр., в сист. Грилло (английской) производительностью 22,5 т SO_2 в сутки,



установлены два коксовых ящика между холодильниками и промывными башнями и три — за промывными башнями. Длина ящика — 9 000 мм, ширина 3 600 мм и глубина 3 000 мм. Коксовый ящик небольшой размеров установлен в конце очистной аппаратуры и в системе

Лурги-тентелевской. Реже в качестве фильтрующего материала употребляется асбест (Грилло) и песок (мангеймская система). В тентелевской системе за промывной башней установлена свинцовая башня, насаженная коксом. В системе Герресгоф-Байера башня-фильтр железная, футерованная, насажена кольцами Рашига и установлена за сушильной башней.

г) Очистка газа от сернокислотного тумана и несомых им контактных ядов (As, Se) в новейших системах (Герресгоф-Байера, Лурги-тентелевская) осуществляется посредством электрофильтров. Условием успешности их действия является охлаждение газа до температуры 30–35°; при этом весь As_2O_3 переходит из парообразного в дымобразное состояние. Фиг. 57 представляет схему мышьякового электрофильтра. Через трубу 1 газ вступает в камеру 2 и выходит очищенным в трубу 3. Заземленные электроды 4 представляют собою свинцовые листы, а коронирующие — медные освинцованные стержни; 5, 6, 7 и 8 — трубы и сборники для конденсата; рабочее напряжение — 50 000 В. Обычно устанавливаются три пары камер, которые газ проходит последовательно. Между второй и третьей парами устанавливается башня для увлажнения газа, орошаемая дистиллированной водой (т. н. хлорная башня). Мышьяковые электрофильтры работают очень эффективно; благодаря малому сопротивлению и незначительным расходам на энергию и рабочую силу они распространены повсеместно.



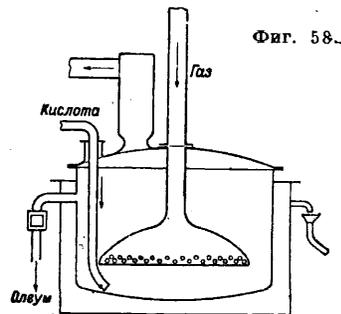
Фиг. 57.

д) Сушка газа производится в башнях, насаженных коксом, кварцем или кольцами Рашига и орошаемых крепкой H_2SO_4 . Обычно ставят 1, 2 или 3 свинцовые или железные футерованные башни. Разбавленная в сушильных башнях к-та обычно идет на питание абсорберов и на разбавление готового олеума. Тентелевская система имеет три свинцовые башни, насаженные коксом. Первая орошается H_2SO_4 крепостью в 58° Вé, вторая — в 62° Вé и третья —

в 66° Вé. Диаметры башен 1 525 мм, высота 5 900 мм. Вытекающая кислота охлаждается в свинцовых трубчатых холодильниках (змеевиках). В сист. Грилло устанавливают такие же башни или заменяют их коксовыми фильтрами (см. выше). В системе Герресгоф-Байера имеется только одна сушильная башня, железная с чугунным дном; высота ее 6 010 мм, диаметр 2 200 мм; футерована кислотоупорной керамикой и насажена кольцами Рашига (25 × 25 мм). Сушильная башня орошается охлажденным моногидратом (98% H_2SO_4), вытекающим из моногидратного абсорбера (см. ниже). Высушенный газ должен содержать > 0,02–0,03% H_2O . Между очистной аппаратурой и контактными узлом монтируется компрессор, к-рый всасывает очищенный и высушенный газ и продавливает его через контактную и абсорбционную аппаратуру.

Абсорбционная аппаратура. SO_2 из контактных аппаратов поглощается не водой, а с. к., так как при поглощении водой образуется в больших количествах сернокислотный туман, очень плохо поглощаемый водой. Наибольшей абсорбционной способностью обладает кислота, содержащая 98,3% H_2SO_4 ; это объясняется тем, что к-та указанной концентрации имеет наименьшую упругость паров как в отношении SO_2 , так и H_2O , иначе говоря, — над к-той почти отсутствуют вещества, образующие сернокислотный туман. Степень абсорбции зависит также от t° ; с понижением t° абсорбция улучшается. Поэтому как газ, так и абсорбирующая к-та должны охлаждаться. Газ, выходящий из контактного узла с высокой t° , охлаждается в трубчатом (т. н. ангидридном) холодильнике. Трубы ангидридного холодильника, по к-рым протекает газ, охлаждаются окружающим воздухом или водой. В последнем случае необходимо держать t° воды около 40°, т. к. резкое охлаждение газа согласно опыту ухудшает абсорбцию, что иногда объясняется склонностью SO_2 при резком охлаждении переходить в β -модификацию, плохо растворимую. Абсорбирующая к-та охлаждается или посредством водяной рубашки, окружающей абсорбер (тентелевская система), или вне абсорберов — в трубчатых холодильниках, орошаемых водой (Герресгоф-Байера). От t° зависит не только степень абсорбции, но и крепость получаемого олеума, т. к. темп-рой определяется упругость паров SO_2 над олеумом, а следовательно и равновесие с концентрацией SO_2 в газовой фазе (см. фиг. 1, ст. 554).

Абсорбция м. б. осуществлена а) в аппаратах с поверхностным поглощением, б) в барботерах и в) в башнях с насадкой скрубберного типа. а) К поверхностным аппаратам относятся абсорберы Грилло старого типа — горизонтальные железн. футерованные цилиндры с газовыми штуцерами над уровнем жидкости. Газ и кислота двигаются противотоком. Абсорбер орошается сверху водой или погружается целиком в воду. Работа таких абсорберов мало эффективна. б) К аппаратам барботирующего типа относится абсорбер тентелевской и Лурги-тентелевской систем. На фиг. 58.



Фиг. 58.

показаны конструкция первого, а также ход газа и к-ты. Основная деталь—колокол с рифлен. краями и отверстиями, опущенный в к-ту. Тесное соприкосновение барботирующего газа с жидкостью способствует поглощению. В системе имеются три абсорбера, включенные последовательно и установленные каскадом. Первый по ходу газа (нижний) абсорбер—железный; он питается слабым олеумом (14—18% своб. SO_3), вытекающим из среднего абсорбера, а образует крепкий олеум (до 35% своб. SO_3).

Средний абсорбер, тоже железный, питается моногидратом из последнего верхнего абсорбера. Моногидратный абсорбер построен из эмалированного чугуна и имеет 4 колокола меньших размеров. Питается он обычно кислотой

из сушильных башен 58° Вё. Высота абсорбера без крышки—2100 мм. в) Абсорбер скрубберного типа, обеспечивая хорошее соприкосновение газа с жидкостью, вместе с тем имеют меньшее сопротивление, чем аппараты барботирующие. В системе Геррестгоф-Байера имеются два абсорбера, причем второй отличается от первого только в деталях. Абсорбер представляет железный сварной цилиндр, футерованный кислотоупорной керамикой и насаженный коль-

ной к-ты 58—60° Вё дает значительную экономическую выгоду. Чем крепче питающая к-та, тем большее количество ее будет закреплено до олеума. Поэтому в последнее время проектируется вывод сушильной кислоты из цикла и выпарка ее в специальной концентрационной установке до купоросного масла. Вместе с купоросным маслом извне она возвращается тогда для питания абсорберов. В этом случае производительность контактной системы по выпуску олеума м. б. удвояна. При желании получать всю продукцию в виде олеума заданной концентрации важно кроме крепости питающей кислоты правильное распределение абсорбции по отдельным абсорберам, что, как мы уже видели, зависит от t° в абсорберах.

Из многочисленных предложенных в разное время контактных систем—баденская, тентелевская, Грилло, Мейстер-Люндус, маннгеймская, фрейбергская, Рабе, Цирен, Геррестгоф-Байер, Лурги-тентелевская, Сельден—некоторые в промышленности совершенно не нашли распространения, некоторые уже устарели и были вытеснены более рентабельными методами. Почти все работающие в настоящее время контактные 3-ды относятся к системам баденской, тентелевской, Грилло, Геррестгоф-Байера и сельденской.

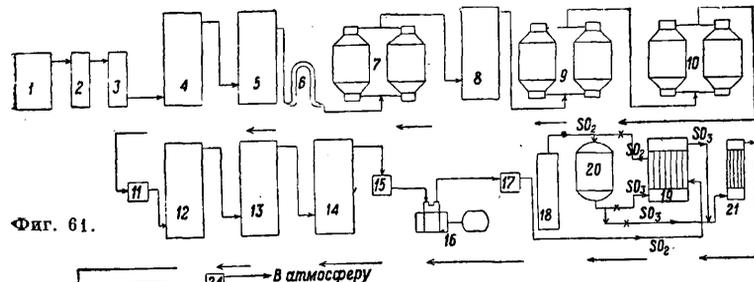
а) 3-ды тентелевской системы работают почти во всех промышленных странах мира. Аппаратура громоздка и не приспособлена к большим мощностям, но срок службы очень велик и к-та очень чиста. Ремонты сравнительно малы, перебой редки и наблюдение несложно. Контактная масса работает десятилетиями при высоком % превращения (96—98%). Баденская система мало отличается от тентелевской. Фиг. 60 дает схему расположения аппаратуры тентелевской системы. 1, 1—печи, 2—газоход, 3—пыльная камера, 4—газоход, 5—холодильник, 6—фор-вашер, 7—промывная башня, 8—банья-фильтр, 9, 10, 11—сушильные башни, 12—компрессор, 13, 14—фильтры для задерживания масла из компрессора, 15, 18—газоходы,



цами Рашига (25×25 мм). Насадка покоится на керамиковых колосниках; газ и жидкость двигаются противотоком. Олеумный абсорбер орошается олеумом уд. веса 1,92 в количестве 15 м³/ч. Моногидратный абсорбер орошается к-той с содержанием 98—98,5% H_2SO_4 («моногидрат») в количестве 60 м³/ч. Т. к. в системе Геррестгоф-Байера сушильная башня и моногидратный абсорбер орошаются к-той одной же крепости (моногидратом), то они имеют общие холодильники и общий сборный бак. Схема орошения абсорберов дана на фиг. 59. В тенте-

16—подогреватель, 17—теплообменник, 19—конвертер, 22—ангидридный холодильник, 23—абсорберы (абсорберы показаны расположенными не каскадом, а один над другим), 24—бак для С. к., 25—монтежу для подачи олеума на склад, 28—смеситель для разбавления олеума до содержания 96—98% H_2SO_4 для питания моногидратного абсорбера, 29 и 30—холодильники, 31—автоматич. монтежу (пульсометр).

б) Фирма Лурги строит измененную тентелевскую систему, снабженную современной системой очистки. В Лурги-тентелевской системе сохранены контактный узел и абсорберы тентелевской системы, а вместо холодильника, форвазера и промывной башни установлены скрубберы и электрофильтры. Снижение сопротивления, а также упрощение аппаратуры при высокой эффективности и длительном амортизационном сроке ставит эту систему в ряд лучших современных систем.

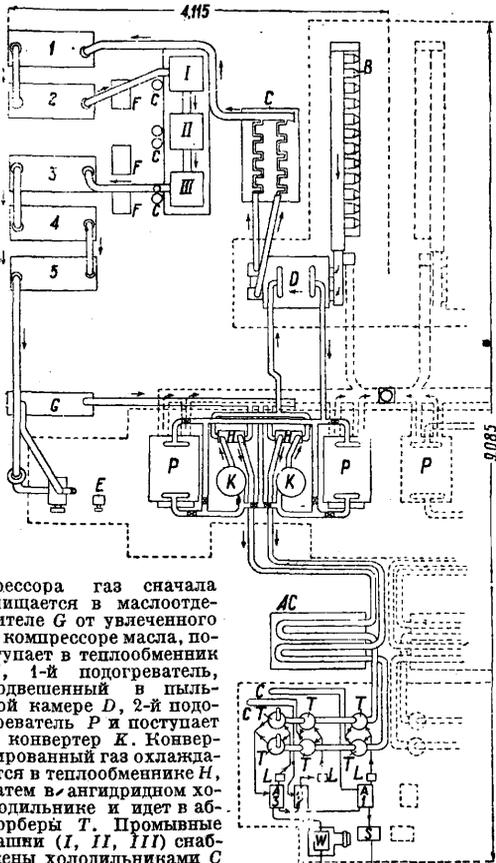


левской системе моногидратный абсорбер питается к-той из сушильных башен крепостью 58° Вё; при недостатке сушильной к-ты вводится вода. Можно также вводить к-ту извне, напр. башенную к-ту или купоросное масло, и закреплять их до олеума. Использование контактной системы для концентрации башен-

На фиг. 61 приведена схема этой системы: 1—печь, 2—пыльная камера, 3—электрофильтр для улавливания пыли, 4 и 5—холодильные (промывные) башни, 6—газовый холодильник (поверхностный), 7, 9 и 10—мыльняковые электрофильтры, 8—увлажнительная (хлорная) башня, 11—ковшовый фильтр, 12, 13 и 14—сушильные башни, 15—ловушка для брызг, 16—компрессор, 17—маслоотделитель, 18—подогреватель, 19—теплообменник, 20—конвертер, 21—ангидридный холодильник, 22—олеумный абсорбер, 23—моногидратный абсорбер, 24—ловушка для брызг.

в) Система Грилло представлена за границей значительным количеством 3-дов, отличающихся однако в значительной степени друг от друга. Затраты на строительство меньше, чем в тентелевской системе, расход энергии тоже меньше, но срок службы контактной массы невелик вследствие несовершенной очистки. Эта система считается в значительной степени устаревшей. На фиг. 62 дана схема сист. Грилло на 20—25 т SO_2 в сутки, построенной в 1915 г. в Грете (Англия). Газ из пещей В идет в пыльную камеру D, служащую одновременно для обогрева газа, идущего в конвертер. Из пыльной камеры газ идет в хо-

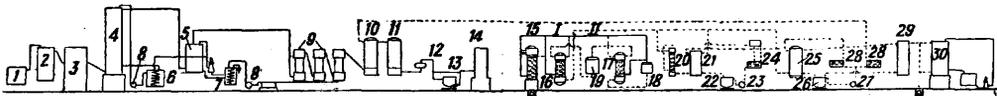
лодильники С (поверхностные), проходит два ящика с коксом—1, 2, затем промывается в башнях I, II, III, орошаемых H_2SO_4 , проходит опять 3 коксовых ящика—3, 4, 5 и засасывается компрессором Е. По выходе из ком-



Фиг. 62.

прессора газ сначала очищается в маслоотделителе G от увлеченного в компрессоре масла, поступает в теплообменник H, 1-й подогреватель, подвешенный в пыльной камере D, 2-й подогреватель P и поступает в конвертер K. Конвертированный газ охлаждается в теплообменнике H, затем в ангидридном холодильнике и идет в абсорберы T. Промывные башни (I, II, III) снабжены холодильниками С и сборниками F для промывной к-ты. Абсорберы T точно так же снабжены холодильниками С, насосами и кислотосборниками А. S—хранилище олеума; W—цистерна-весы.

г) Система Герресгоп-Байера очень распространена в Европе и в последние годы также в СССР. Почти все контактные 3-ды, построенные у нас после революции, а также и ныне строящиеся, принадлежат к этой системе. Она совмещает хорошую очистку газа с сравнительно малыми строительными и эксплуатационными расходами. Стан-

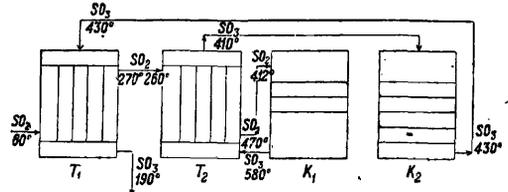


Фиг. 63.

дартная система рассчитана на 8 тыс. т H_2SO_4 в год (считая на моногидрат). Схема расположения аппаратуры приведена на фиг. 63: 1—печь, 2—пыльная камера, 3—электрофильтр для пыли, 4 и 5—холодильные (промывные) башни, 6 и 7—холодильники змеевидные для промывной к-ты, 8—насос, 9—мышьяковые электрофильтры, 10—сушильная башня, 11—башня-фильтр, 12—компрессор, 13—маслоотделитель, 14—камера сжатия нефти для подогревателя, 15, 16, 17—теплообменники, 18, 19—конвертеры, 20—ангидридный холодильник, 21—олеумный абсорбер, 22—олеумный сборник, 23—насос, 24—холодильник олеума, 25—моноглицерольный абсорбер, 26—сборник моноглицерола, 27—насос, 28—холодильник моноглицерола, 29—ловушка для брызг, 30—башня, орошаемая раствором соды для улавливания неперевращенного SO_2 . Схема контактного узла дана особо на фиг. 64. Газ поступает в 1-й теплообменник T_1 с $t^\circ=60^\circ$, нагревается за счет идущего из 2-го конвертера K_2 газа до 270° и с $t^\circ=260^\circ$ поступает во 2-й теплообменник T_2 . Здесь он нагревается за счет идущего из 1-го конвертера K_1 газа до 470° и идет в 1-й конвертер, вступая в него с $t^\circ=412^\circ$. После контактирования газ приобретает $t^\circ=580^\circ$ и с этой t° вступает в трубы 2-го теплообменника T_2 и охлаждается здесь до 410° , он поступает в конвертер K_1 и

где за счет реакции нагревается до 430° . Отсюда газ идет в трубы 1-го теплообменника T_1 , охлаждается до 190° и с этой t° поступает в ангидридный холодильник.

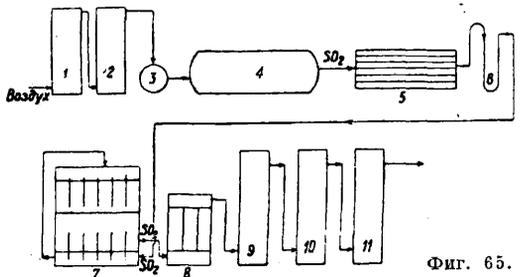
д) Сельденовская система, работающая на сере и с V-катализатором является наиболее простой и рентабельной вследствие отсутствия очистной аппаратуры, большой компактности, ничтожного сопротивления движению газа и высокого % превращения. Фиг. 65 дает схему этой системы (С. Ф. Шпанглер [52]). Воздух сушится H_2SO_4 в башне I, проходит башню 2, насаженную коксом для улавливания брызг, и подается вентилятором 3 в горизонтальную камеру 4, где снижается предварительно расплавленная сера. Сера подается в печь 4 форсункой. По выходе



Фиг. 64.

из печи газы проходят под паровым котлом 5, где их тепло используется для парообразования. Охладившись под котлом, газы проходят еще небольшой добавочный холодильник 6 и поступают в конвертер 7. Конвертированный газ охлаждается в ангидридном холодильнике 8 и поступает в абсорберы 9 и 10. Выхлупные газы проходят еще через башню 11 насаженную коксом для улавливания брызг С. к. и выходят в атмосферу.

III. Потребление С. к. является одним из основных продуктов химич. промышленности. Значение ее для народного хозяйства огромно и применение чрезвычайно многообразно. 41,25% мировой продукции (в 1929 г. 13 млн. т



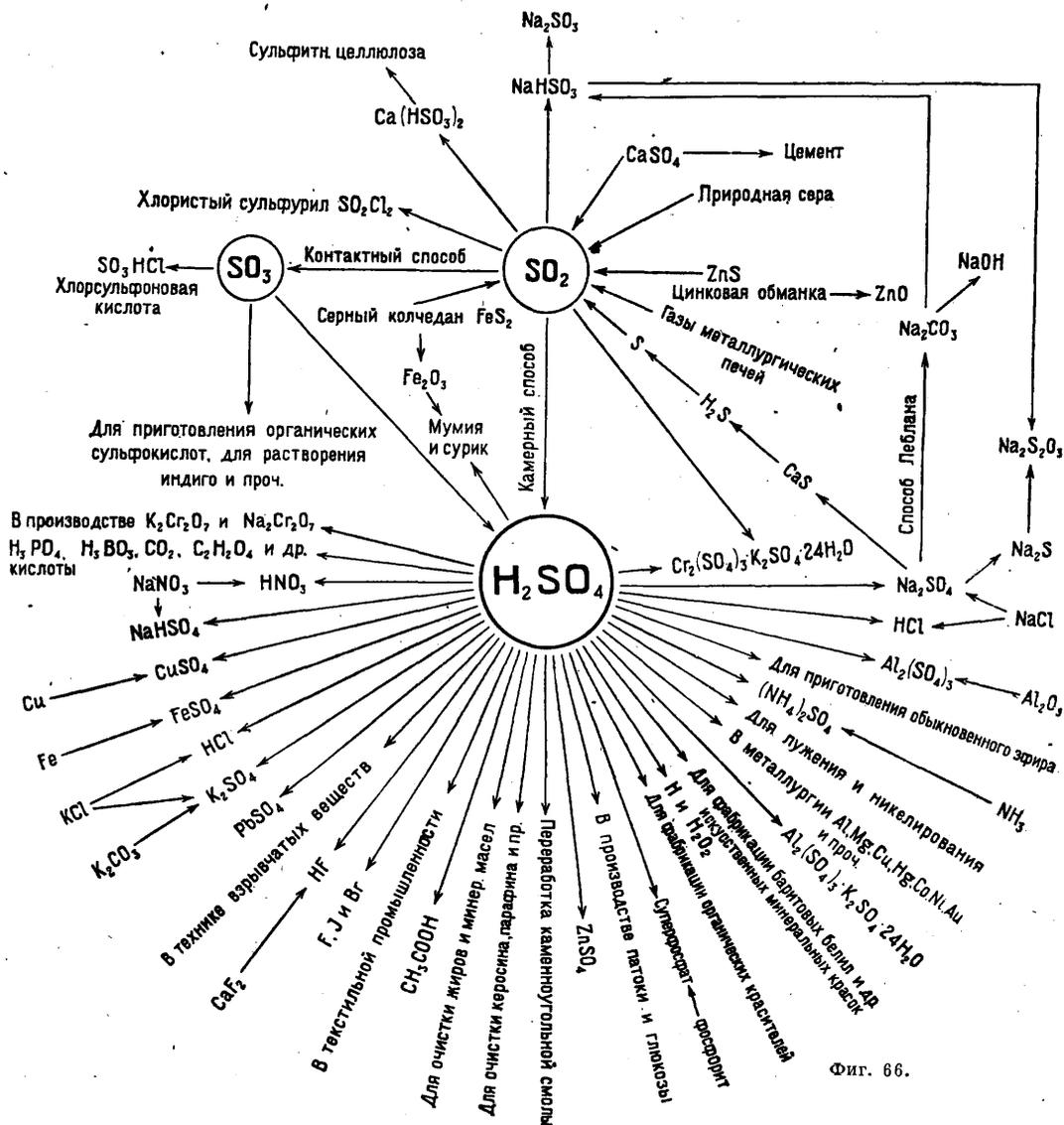
Фиг. 65.

С. к. в пересчете на 100%) потребляется суперфосфатной промышленностью. Большие количества С. к. употребляются для связывания аммиака в сульфат аммония. Так. обр. тукова

пром-сть является главным потребителем С. к. В туковой пром-сти применяются камерная и гловерная (башенная) к-ты. Области применения камерной и башенной к-т вообще совпадают. Башенная к-та имеет перед камерной к-той обр. преимущество транспортability, т. к. ее перевозят в железных цистернах, в то время как камерную к-ту можно перевозить только в стеклянных бутылках. Из других значительных областей применения камерной и башенной к-т назовем: производство соляной к-ты и сульфата натрия, кислот стеариновой, фосфорной, борной, уксусной и т. д.; получение брома, иода, фосфора; сульфатов магния, алюминия, железа, цинка, меди, ртути, бария (бланфикс); металлургию меди, кобальта, никеля, платины, серебра, золота, хрома; хромпика; про-

изводство и очистку многих органических красителей; производство искусственного волокна; красильную, ситцепечатную и кожевенную промышленность и т. д. Купоросное масло применяется для производства плавиковой кислоты (в барабанных печах), жирных кислот путем дистилляции, производства пикриновой кислоты,

в качестве реактива в лабораториях для научно-исследовательских и аналитических работ и в фармацевтической промышленности. Аккумуляторная кислота (66° Вё и 22° Вё)—очищенная контактная кислота применяется для изготовления аккумуляторов, гальванических элементов и в гальванопластике. Схему применения С. к. см. на фиг. 66.



Фиг. 66.

нитробензола и других нитросоединений и азотнокислых эфиров; для очистки бензола, нефти и минеральных масел; в бесчисленных случаях как водутнимающее вещество; для производства искусственного волокна. О л е у м (частично также и технич. моногидрат) применяется для производства многих органических сульфокислот, анилокрасителей (в первую очередь индиго и ализарина), пироксилина, нитроглицерина, нитроглицерина и многих других нитросоединений; для аффинажа золота и серебра и т. д. Олеум высокопроцентный (до 60% своб. SO₂) применяется гл. обр. для сульфирования многих полупродуктов анилокрасочной промышленности. С. к. химически чистая применяется

Из мировой продукции С. к. в 13 млн. т в 1929 г. ок. 5 млн. т падало на США. Распределение этого количества по потребителям (в пересчете на 50° Вё) таково:

	т	%
Туни	2 360 000	29,7
Очистка нефти	1 570 000	19,8
Химич. продукты	820 000	10,4
Каменноугольн. пром-сть	820 000	10,4
Железо и сталь	770 000	9,7
Проч. металлургия	625 000	7,9
Краски и пигменты	215 000	2,7
Взрывчатые вещества	193 000	2,5
Текстильная пром-сть	85 000	1,1
Искусственный шелк	145 000	1,8
Равные	320 000	4,0

В 1913 г. мировая продукция С. к. составляла 7 440 000 т H₂SO₄ (100%), из к-рых суперфосфатная промышленность переработала 53,29%. США в 1919 г. выработали 2 215 500 т,

из них для суперфосфатной пром-сти 1 426 000 (64,5%). Значительное снижение доли туковой пром-сти в потреблении С. к. объясняется гл. обр. расходом пром-сти связанного азота и азотистых удобрений. Россия произвела в 1913 г. 164 000 т С. к. (100%); на производство суперфосфата шло ок. 50 000 т. В 1931 г. по всему СССР было выработано 419 700 т H_2SO_4 (100%). Из этого количества на суперфосфат пошло 174 000 т. В 1932 г. выработано 600 000 т H_2SO_4 .

Лит.: Лукьянов П., Курс химии, технология минеральных веществ, 2 изд., ч. 1, М.—Л., 1931; его же, Производство серной кислоты контактным способом, М., 1922; Waeser B., Handbuch der Schwefelsäure-fabrikation, B. 1—2, Brschw., 1930; Miles F., The Manufacture of Sulphuric Acid (Contact Process), L., 1925; Braidy H., La fabrication de l'acide sulfurique par le procédé de contact, P., 1925; de Jussieu, Evolution de la fabrication de l'acide sulfurique, P., 1927—28; Pierson L., Les procédés modernes de fabrication de l'acide sulfurique, P., 1929; Wolf Ph. and Larison E. L., American Sulphuric Acid Practice, N. Y., 1921; Wild W., Raw Materials for the Manufacture of Sulphur Dioxide, L., 1923.—1) Parkes, The Concentration of Sulphuric Acid, L., 1924; 2) Перриш и Шедлинг, Концентрация серной кислоты, пер. с англ., М.—Л., 1930; 3) Wild W., Raw Materials for the Manufacture of Sulphuric Acid, L., 1923; 4) Lunge, «B», 1878, B. 2, p. 370; 5) Rhodés u. Warbour, «Ch. Ztbl.», 1924, 2, p. 746; 6) Knietzsch, «B», 1901, p. 4069—4115; David M., «Journ. Soc. Chem. Ind.», 1924, p. 57; 7) Köhlgäusch, Das Leitvermögen d. Elektrolyte, p. 156, Lpz., 1898; 8) Lunge, «Chem. Ind.», Lpz., 1886, p. 47; 9) Lunge u. Schmidt, «Z. ang. Ch.», Lpz., 1892, p. 642; 10) Г. П. 338230, 340067, 340185, 341795, 400138, 435710; Австр. П. 84755, 85252, 85015; Швейц. П. 93328—93330, 94497; Ам. П. 1444891; Норв. П. 36436, 36723; Голл. П. 330; Шведск. П. 54987; 11) ОСТ 43, 44, 45 и 46; 12) Truchot P., Les pyrites—pyrites de fer, pyrites de cuivre, P., 1907; Фр. P. 527 821; 13) Паскаль А., Колчедан, «ИИ», т. 2, стр. 143, Л., 1927; Тихонович Н., Серный и медный колчеданы, сборн. «Источники минерального сырья для химии промышленности», т. 2, 1928; Дембо М., Демьянов Н. и Зельдович Г., Флотационный колчедан и его использование в серноислотной промышленности, М.—Л., 1932; 14) Лукьянов П., Механические печи для сжигания серного колчедана, Петроград, 1920; Pascal P., Traité de chimie minérale, t. 2, P., 1932; Г. П. 250623, 257424, 321119; «Chem. Apparatur», Lpz., 1915, p. 95, 105; 14) Ам. П. 27061 (1906); Г. П. 243613, 358730, 453299; 15) Г. П. 243913, 263399, 268602, 273942, 325895, 350645, 355885; Ам. П. 273976 (1927); Фр. П. 659977; Чех.—сл. П. 2716 (1926); 16) Ам. П. 648183, 649183, 654335, 777577; 842736, 976525, 1123965/6; Г. П. 168468, 231004, 243235, 247334, 255048, 350646, 350831, 351406; 17) «Chem. Apparatur», Lpz., 1928, B. 15, p. 25; «Ch. Ztbl.», B., 1928, T. 2, p. 1028, 1929, T. 1, p. 3033; 18) Dengg K., «The Technologist», 1931, v. 37, p. 15; 19) Г. П. 421725; 20) Г. П. 460771, 369107, 403254, 396212, 406293, 380575, 407179, 307761, 411636, 391786, 290656, 413330, 304262, 414205, 377520, 378608, 421027, 428470, 423262, 460252; Фр. П. 594078, 612386; Ам. П. 1145579; Австр. П. 87315; 21) Г. П. 297922, 299033, 300849, 310070, 388848, 388849; Швейц. П. 90640; Австр. П. 92887; 22) «Chem. Ind.», Lpz., 1929, p. 470; 23) Reich F., Die bisherigen Versuche zur Beseitigung des Hüttenrauches bei den fiskalischen Hüttenwerken zu Freiberg, Freiberg, 1858; 24) Raschig, «Z. ang. Ch.», Lpz., 1909, p. 1182; 25) Lunge, «B», B. 18, p. 1391; 26) Lunge, ibid., 1888, B. 21, p. 67, 3323; 27) Soré E., La fabrication de l'acide sulfurique et des engrais chimiques, P., 1887; 28) Raschig, «Liebigs Ann.», Lpz., 1885, B. 231, p. 242; 1888, B. 248, p. 123; «B», 1888, B. 21, p. 3223; «Chem. Ind.», Lpz., 1888, p. 570; «Z. ang. Ch.», Lpz., 1904, p. 1390, 1777; ibid., 1905, p. 1281—1323; ibid., 1907, p. 1694, 1809; «J. Ch. I.», 1911, p. 166—172; «Z. ang. Ch.», Lpz., 1925; «B», B. 60, 1927, p. 616; ibid., 1927, p. 1183; ibid., 1928, p. 207; ibid., 1904, p. 1859; ibid., 1905, p. 60; ibid., 1906, p. 807, 857, 881; ibid., 1907, p. 794, 1743, 2074; 29) Bodenstein M., ibid., 1909, p. 1153; «Z. f. phys. Ch.», Lpz., 1922, B. 100, p. 68—123; «Z. f. Elektrochemie», Berlin, 1918, B. 24, p. 183; 30) Forremer, Contribution à l'étude physico-chimique du procédé des chambres de plomb, «Université de Genève», Thèse 689; 31) Villarrell E., Recherches sur le mécanisme de formation de l'acide sulfurique par le procédé des chambres, ibid., Thèse 687; 32) Rossignol M., Contribution à l'étude de la fabrication de l'acide sulfurique par le procédé des chambres, ibid., Thèse 713; 33) Graige A., «Ch. et Ind.», 1926, p. 3, 181; «Технология серной кислоты», сборник под ред. проф. В. Н. Шульц, М.—Л., 1932; 34) P. 341, Synthèses et catalyses industrielles, P., 1925; 35) «ЖХИ», 1926, т. 3, стр. 1279; 1927, т. 4, стр. 12; 36) Kaltenbach, «Ch. et Ind.», P., 1918, p. 389; «I. A. Eng. Chem.», Wash., 1916, p. 825; Partington A. Parker, «J. Ch. I.», 1919, p. 75; Donnau, ibid., 1920, p. 236; Adeney a. Becker, «The Phil. Mag.», L., 1919, Serie 6, v. 38, p. 317; van Arsdel, «Chem. a. Met. Eng.», N. Y., 1920; Lewis, «I. A. Eng. Chem.», Wash., 1916, p. 825; Haslam, «Chem. a. Met. Eng.», N. Y.,

1923, p. 66; Haslam, Ryan a. Weber, «Ind. a. Eng. Chem.», Wash., 1923, p. 1103; Draue, ibid., 1922, p. 186; Whitman a. Keats, ibid., 1922, p. 186; Deschamps, «Ch. et Ind.», P., 1922, p. 1167; Ziesberg, «Chem. a. Met. Eng.», N. Y., 1920, p. 765, 1925, p. 39; Tungay, «Chem. Age», L., 1919, p. 11—13; Donald a. Tyson, «Trans. of the Chem. Eng.», L., 1923, p. 69; Baker, Hagemann a. Manning, «Chem. a. Met. Eng.», N. Y., 1923; Miller, ibid., 1920, p. 1155; Cavack a. Patrick, «J. Ch. I.», 1920, p. 67; Weissenberger u. Piatti, «Chem. Apparatur», Lpz., 1926, p. 233; Kowalke, «Chem. a. Met. Eng.», N. Y., 1925, p. 506; Brown, «Ch. a. Ind. Review», L., 1925, p. 410; Cantelo, «Chem. a. Met. Eng.», N. Y., 1926, p. 680; Riou, «CR», 1927, p. 195; Burke a. Plummer, «I. Eng. Chem.», Wash., 1928, p. 11; 1929, p. 238; 37) Meyer T., «Z. ang. Ch.», Lpz., 1904, p. 477; 38) Hess, ibid., 1905, p. 367; Lunge, ibid., 1902, p. 151; 39) Pierson L., Les procédés modernes de la fabrication de l'acide sulfurique, p. 476, P., 1929; Moritz, «Ch. et Ind.», P., 1932, v. 27, p. 466; Г. П. 235800; Ам. П. 981103; Фр. П. 395694, 444474, 573673, 593627; 40) Г. П. 241509; Ам. П. 932771; Фр. П. 410550; «Eng. Min. Journ.», 1909, p. 441; «J. Ch. I.», 1909, p. 1032; Petersen, «Z. ang. Ch.», Lpz., 1911, p. 880; Falding a. Cathcart, «Ind. a. Eng. Chem.», Wash., 1913, p. 223; Kerpeler, «Jahrb. d. Chemie», 1912, p. 381; Pratt, «Z. ang. Ch.», Lpz., 1923, p. 1271; Hoffmann, «Ch.-Ztg. Cöthen, 1913, p. 1271; 41) Millberg, «Ind. Chim.», 1926, t. 13, p. 491; «Chem. Trade Journ.», L., 1926, v. 79, p. 558; Г. П. 4550735; 42) Г. П. 321407, 331039, 440339; Ам. П. 1142546, 1312741, 1312742, 1627043; Фр. П. 472366 и доб. 29945, 598453; Голл. П. 5490; «Chem. Trade Journ.», L., 1915, p. 131; 43) Г. П. 346121, 437911; Фр. П. 528080 и доб. 26747; Parrish P., «Chem. a. Met. Eng.», N. Y., 1929, p. 68—72; 44) Truchot, «Chim. et Ind.», P., 1922, p. 289; 45) Bodenstein u. Pohl, «Ztschr. f. Elektrochemie», B., 1905, B. 11, p. 373; 46) Bodländer u. Köppen, ibid., 1903, B. 9, p. 559, 787; 47) Bodenstein u. Fink, «Z. f. phys. Chem.», Lpz., 1907, B. 60, p. 1; 48) Taylor a. Barus, «J. of the Amer. Chem. Soc.», Wash., 1921, p. 1273; Rideal, «Ch.-Ztg. Cöthen, 1927, p. 690; Feussner, «Metallbörse», B., 1927, p. 1489; Kaul, «Metallbörse», B., 1928, p. 734, 846; Ramsay und Shields, «Z. f. phys. Chem.», Lpz., 1898, B. 25, p. 685; Haber u. Grinberg, «Z. f. anorg. u. allg. Chemie», Lpz., 1898, B. 18, p. 39; «Z. f. phys. Chem.», Lpz., 1900, B. 34, p. 515; Bredig, Müller v. Barneck, Jkeda E., ibid., 1899, B. 31, p. 256; 1901, B. 37; 1901, p. 1, 448; Bredig, «Anorg. Fermente», p. 94, 1891; Engler u. Wöhler, «Z. f. anorg. u. allg. Chemie», 1901, B. 29, p. 1; Wöhler, Foss u. Plüddemann, «B», 1906, B. 39, p. 3538; Bodenstein u. Fink, «Z. f. phys. Chem.», Lpz., 1907, B. 60, p. 1; Stock u. Bodenstein, «B», 1907, B. 40, p. 570; Wöhler L., Plüddemann W. u. Wöhler P., «Z. f. phys. Chem.», Lpz., 1908, B. 62, p. 641; Willstätter R. u. Jaquet, «B», 1918, B. 51, p. 767; Willstätter R. u. Waldschmidt-Leitz, ibid., 1921, B. 54, p. 113; Wieland, ibid., 1912, B. 45, p. 685; Waldschmidt-Leitz, «B», 1921, B. 54, p. 113; Reese, «J. Ch. I.», 1903, v. 22, p. 351; Neumann, «Z. f. Elektrochemie», B., 1929, p. 42; Panzner, «Z. f. Elektrochemie», B., 1928, p. 696, 734; Küster (Franke), «Z. f. anorg. u. allg. Chemie», Lpz., 1904, p. 453; Koppel-Behrend, ibid., 1903, p. 154; Auger, «CR», 1921, t. 473, p. 306; Auger-Eichner, ibid., 1927, t. 185, p. 208; Eichner, ibid., 1927, t. 185, p. 1204; Sieverts-Müller, ibid., 1928, B. 173, p. 313; Neumann-Jüttner, «Z. f. Elektrochemie», B., 1930, p. 87; Ефремов и Розенберг, «Ж», Л., т. 59, стр. 701; Акадулов и Боресков, там же, стр. 805; Nickell L., «Chem. a. Met. Eng.», N. Y., v. 35, p. 153; Heely junior, «Chem. a. Met. Eng.», N. Y., 1928, p. 361; Spangler S. F., «I. A. Eng. Chem.», Wash., 1929, p. 417; Jaeger A., ibid., 1929, p. 627; Waeser B., «Metallbörse», B., 1929, p. 1349, 1906; 51) Ам. п. 1657753, 1657754, 1660511, 1675308, 1675309, 1678626, 1678627, 1682787, 1685672, 1694123, 1695285, 1696546, 1701075, 1716028, 1728732, 1741309, 1741310; Ам. П. 266007, 279466, 279819, 280712, 283887, 286212, 286708, 287401, 290089, 294975, 295270, 296048, 298142, 301491, 301799, 305636, 306442, 306474, 306519, 307457, 309582/3, 310956, 313153, 33537/29, 4361/30, 4849/30; Фр. П. 629049, 635717, 641619, 642361, 642362, 642471, 647770, 649525/6, 664632, 665284, 669702, 670396, 673602, 676292; Швейц. П. 125003, 136364, 136365, 136366, 136367, 136368, 136419, 136638; 52) Spangler S. F., «Chem. a. Met. Eng.», N. Y., 1928, p. 361. Г. Крайнер.

СЕРНИСТЫЕ КРАСИТЕЛИ, нерастворимые в воде соединения, образующиеся при крашении на волокнистых материалах при окислении лейкосоединений, получаемых восстановлением этих красителей сернистыми щелочами (Na_2S). Строение С. к. до настоящего времени не установлено, но предполагают, что в них имеются

дисульфидные группы $-S-S-$, или полисульфидные $-S-(S)_x-S-$, или тиозонные $\begin{matrix} S & & C \\ & \diagdown & / \\ & S-C & \\ & / & \diagdown \\ S & & C \end{matrix}$, или тиофеноль-

ные (меркаптанные) SH-группы. При восстановлении С. к. (при помощи Na_2S , $Na_2S_2O_4$, глюкозы) образуются тиофенолы RSH, растворимые в щелочах с образованием тиофенолятов RSNa (окрашенных в желтый цвет); Na_2S производит одновременно восстановление С. к. и растворение их. С. к. встречаются в виде а) нерастворимых в воде красителей — порошковых, осажденных из плавов высаливанием или продуванием воздуха и содержащих гл. обр. ди- или полисульфидные группы, и б) отчасти растворимых в воде — пастовых, не осажденных плавов, содержащих повидимому тиофеноляты RSNa, обуславливающие растворимость их в воде. С. к. выпускаются красочными ф-ками с характерными для них названиями, по к-рым можно узнать принадлежность красителя к классу С. к. (сернистые, тиогеновые, криогеновые, катиогеновые, иммедальные, эклипсовые, тионовые, тиюксиновые и др.). С. к. находят применение почти исключительно для растительных волокнистых материалов; животные волокна они также окрашивают, однако это крашение до настоящего времени практического значения не имеет, так как при крашении в щелочной ванне может произойти ослабление крепости и даже разрушение животных волокон.

Крашение растительных волокнистых материалов (хлопка, льна и других). Продукты восстановления С. к. (лейкосоединения) представляют тиофенолы, растворимые в щелочах с образованием тиофенолятов, которые по отношению к целлюлозным волокнам обладают субстантивными свойствами; при погружении растительных волокон в щелочной раствор лейкосоединений С. к. происходит в ы б и р а н и е (адсорбция) лейкосоединений целлюлозным волокном по уравнению адсорбции (см. *Крашение, теория крашения*), а затем закрепление его, как это имеет место при крашении субстантивными красителями растительных волокон. До настоящего времени не установлено, в каком виде на волокне происходит закрепление лейкосоединения: в виде RSH или RSNa. Субстантивные свойства лейкосоединений повидимому объясняются высоким молекулярным весом С. к. и способностью образовывать коллоидные растворы. Закрепление лейкосоединений можно регулировать, с одной стороны, нейтральными солями ($NaCl$, Na_2SO_4), уменьшающими степень дисперсности и устойчивости частиц красильного раствора и способствующими (до известной степени дисперсности, Р. Галлер) закреплению на волокне, а с другой — щелочными солями или щелочами (Na_2S , Na_2CO_3 , $NaOH$), увеличивающими степень дисперсности и устойчивости и замедляющими таким образом закрепление. Закрепление волоком лейкосоединение С. к. в заключение подвергается окислению при з а в е ш и в а н и и на воздухе или при промывке водой (за счет растворенного в ней воздуха). После этого окисления на волокне образуется С. к. Общие ориентировочные указания относительно крашения этими красителями сводятся к следующему: необходимое для крашения количество красителя предварительно восстанавливается при кипячении в концентрированном

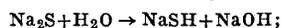
водном растворе (1 ч. красителя на 10—30 ч. воды) сернистым натрием Na_2S в присутствии соды или едкого натра (в редких случаях вместо Na_2S берут гидросульфид натрия или глюкозу). Для быстрого и полного восстановления порошоквые (осажденные) красители предварительно смачивают раствором контакта Т, ализаринового масла и др., а затем уже прибавляют воду, Na_2S , Na_2CO_3 и др. Полученный концентрированный щелочной раствор лейкосоединения С. к. вливают в красильную ванну, длина которой д. б. короткой (о длине ванны см. *Крашение, К. кислотными красителями*) и в зависимости от применяемой аппаратуры, волокнистого материала и др. условий колеблется в пределах от 3:1 до 30:1, причем в барках она составляет от 20:1 до 30:1, механич. аппаратах от 7:1 до 20:1 и в джиггерах от 3:1 до 5:1. Приготовленная к крашению красильная ванна содержит необходимое количество красителя (в зависимости от требуемого цвета и свойств красителя содержание его в ванне доходит до 25%, считая на осажденный типовой краситель), такое же количество (по отношению к типовому порошковому красителю) плавленого (62—64%-ного) Na_2S (для пастовых красителей Na_2S берут меньше), 1—4% кальцинированной соды и до 20% (для черных красителей до 50%) поваренной соли или сульфата. Приведенные количества берут от веса волокнистого материала при крашении в первой ванне. Иногда красильная ванна содержит у с и л и т е л и — аммониевые соли (NH_4HCO_3 , NH_4Cl и др.), способствующие выбору и закреплению лейкосоединений волоком.

Крашение заключается в том, что волокнистый материал, предварительно подготовленный замочкой, расшлихтовкой, отваркой или белинием, погружают в указанную ванну, где его выхаживают от $\frac{3}{4}$ до 1 часа (за исключением крашения в плюсовке и проходном аппарате, где продолжительность выхаживания $> 1-2$ м.) при $t_{мин.}$ или близкой к ней. Нек-рыми красителями окрашивают при $t^\circ 20-90^\circ$. Во время крашения стремятся по возможности уменьшить проникновение воздуха в красильный раствор во избежание получения неровной и пятнистой окраски. По этой причине волокнистый материал находится во время крашения обыкновенно под уровнем красильного раствора и вынимается из него лишь для перетягивания, напр. мотков пряжи или ткани при крашении в барках и джиггерах. Тотчас по окончании крашения волокнистый материал вынимают из красильной ванны и подвергают равномерному отжиму или отсосу (или продувке сжатым воздухом) для равномерного удаления избытка незакрепленного лейкосоединения. В противном случае, особенно при быстро окисляющихся лейкосоединениях С. к., может получиться неровная окраска. Равномерно отжатый волокнистый материал зашепивают на воздухе для окисления лейкосоединения или же сразу подвергают промывке водой, при к-рой происходит окисление за счет кислорода воздуха, растворенного в воде. С. к. при крашении не выбираются полностью, поэтому для экономии красителя пользуются старыми красильными ваннами и работают в т. н. постоянных ваннах, куда перед каждым новым крашением добавляют лишь часть красителя, Na_2S , Na_2SO_4 и др., от количеств, взятых для первой ванны. Обыкновенно красителя при работе в постоян-

ной ванне берут $\frac{1}{3}$ — $\frac{2}{3}$, столько же Na_2S ; NaCl , Na_2SO_4 и Na_2CO_3 берут $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{5}$ или даже $\frac{1}{10}$ от первоначального (для первой ванны) количества. При работе с постоянными ваннами необходимо следить за тем, чтобы плотность раствора не становилась выше 7—8° Вé (для черных), 5—6° Вé (для других интенсивных окрасок) и 3° Вé (для малоинтенсивных). В противном случае волокнистый материал приобретает неровную пятнистую и бронзирующую окраску. Для увеличения прочности и яркости окрасок раньше применяли последующие обработки готовых окрасок С. к., напр. а) обрабатывали H_2O_2 , Na_2O_2 или запаривали пропуском через паровой ящик с целью увеличения яркости окрасок; б) применяли обработку солями хрома и меди ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ и CuSO_4) для увеличения прочности окрасок к свету и мытью и в) подвергали сочетанию с диазотированным нитроанилином и т. д. В настоящее время эти обработки почти никакого применения не находят. С. к. для крашения растительных волокнистых материалов находят в настоящее время большое применение, т. к. при относительной дешевизне и простоте работы окраски обладают в большинстве случаев хорошей прочностью: к свету 5—7 (за исключением желтых и фиолетовых С. к., имеющих прочность к свету 2—3), мытью 4—5 (иногда 3), воде 5, поту 4—5. Недостатки окрасок С. к. следующие: а) неудовлетворительная прочность к хлору (1—2), что ограничивает их применение для изготовления пестротканых изделий, подвергаемых последующей отбелке (NaClO или же Na_2O_2); в настоящее время выпускают С. к. марки СL, обладающие несколько лучшей прочностью к хлору (2—3); б) сравнительно тусклый цвет окрасок у большинства С. к.; для получения более ярких цветов приходится готовые окраски С. к. подцветивать основными, что конечно отражается на прочности окрасок к свету и мытью; в) ослабление с течением времени крепости растительных волокнистых материалов, главным образом окрашенных черными С. к. Ослабление это обуславливается H_2SO_4 , образующейся при окислении серы С. к. и вызывающей образование гидроцеллюлозы. Для частичной защиты волокон от этого ослабления целесообразно после крашения промыть окрашенный волокнистый материал обработать раствором соды (0,5—5 г в 1 л), уксусонатриевой соли (1—10 г в 1 л), танина с $\text{Ca}(\text{OH})_2$ или мыла, отжать и, не промывая, высушить. Эти соли нейтрализуют выделяющуюся серную кислоту и предохраняют волокнистый материал от ослабления. Несмотря на ряд перечисленных недостатков С. к. все же находят большое применение для крашения хлопка и льна как в виде пряжи, так и в виде тканей.

Крашение животных волоконных материалов. С. к. для крашения животных волокон пока не применяются, т. к. при крашении в щелочной ванне может произойти разрушение волокон. Кроме того имеются указания (Левинштейн), что неизменная щелочами шерсть не имеет сродства с этими красителями; несмотря на это все же имеется целый ряд попыток предупредить вредное влияние щелочи на волокно и применить С. к. для крашения шерсти, шелка и особенно полушерсти и полупелка. В качестве способов, предлагаемых для крашения этих волокон, необходимо отметить следующие: а) понижение t° крашения, напр. до 40—50°, сокращение времени краше-

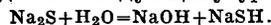
ния и уменьшение количества Na_2S , при гидролизе выделяющего NaOH , согласно ур-ию:



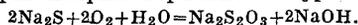
б) замена Na_2S гидросульфитом натрия, глюкозой или сернистым аммонием; в) прибавление в красильную ванну веществ, нейтрализующих NaOH (выделяющийся при гидролизе Na_2S) или действующих в качестве защитных коллоидов (Na_2HPO_4 , NH_4Cl , NaHSO_3 , глицерин, танин, фенол, сульфитцеллюлозные шелоки и др.); г) предварительная обработка шерсти формалином с целью уменьшения ее восприимчивости к действию щелочей (Канн). До настоящего времени практического применения эти способы не нашли.

Лит.: Lange O., Die Schwefelfarbstoffe, 2 Aufl., Лpz., 1925; см. также Крашение. Д. Грибоедов.

СЕРНИСТЫЙ НАТРИЙ, сульфид натрия Na_2S , кристаллизуется из водного раствора с 9 молекулами воды в бесцветных октаэдрах или заостренных столбиках, легко растворимых в воде и спирте. Технический продукт обыкновенно содержит ~ 62% Na_2S и бывает окрашен в цвет от желтого до коричневого. Водные растворы Na_2S сильно гидролизуются и показывают резко щелочную реакцию. Гидролиз С. н. идет по следующему ур-ию:

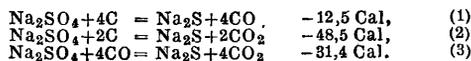


На воздухе раствор С. н. легко окисляется в тиосульфат натрия вероятно по ур-ию:



С. н. в растворах способен присоединять элементарную серу до образования тетрасульфида натрия Na_2S_4 .

Получение С. н. Раньше С. н. получали из сульфата натрия Na_2SO_4 (или соды) и сернистого кальция CaS —отброса содового производства (по способу Леблана), причем CaS можно заменить сернистым барием. CaS (или BaS) обрабатывали сульфатом натрия и водой под давлением пара в 5 атм [1] или кипятили с раствором соды [2]. Однако эти способы теперь оставлены, потому что при отделении раствора от осадка первый находился в условиях, способствующих окислению Na_2S . Теперь наиболее распространен способ получения С. н. восстановлением Na_2SO_4 углем при t° 850—1000°. Теоретически при этом возможны три основные реакции:



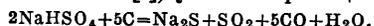
Многочисленные исследования отходящих газов при восстановлении сульфата углем показывают лишь очень небольшое содержание свободной CO , главная же масса их состоит из CO_2 [3]. На практике для восстановления приходится брать значительно больше угля, чем это требуется по теории (обычно сульфат и уголь берут в отношении от 2,5 : 1 до 3 : 1), вследствие того, что помимо реакции (1) CO_2 действует на углерод смеси по схеме



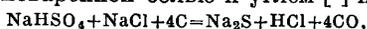
При температуре 850 ÷ 1000° равновесие в реакции (4) достигается при концентрации [4]: 6 ÷ 0,34% CO_2 , 94 ÷ 99,3% CO . На практике основной реакцией вероятно является (2), а вторичными процессами (4) и (3). Часть серы при восстановлении сульфата теряется в виде H_2S , COS , SO_2 с отходящими газами, а в получаемом плаве помимо Na_2S остаются Na_2CO_3 , многосернистый натрий и др., что свидетельствует о некоторых побочных реакциях. Про-

цесс плавления протекает быстро и спокойно; как только плав начинает размягчаться, его перемешивают гребками; синеватые огоньки над плавом являются признаком правильного хода процесса; масса делается сначала жидкой, затем густеет.

С. н. может быть получен также восстановлением бисульфата натрия (отброса от производства азотной к-ты [5]) углем по реакции:



Однако во втором способе помимо того, что приходится брать исходные материалы в больших количествах, имеется еще тот недостаток, что под печи раздается значительно скорее (почти на 65%), чем в первом случае; кроме того происходит значительная потеря серы в виде SO_2 . Иногда би ульфат добавляют к сульфату натрия. Р. Хаак предложил в качестве исходного материала применять бисульфат натрия в смеси с поваренной солью и углем [6] по схеме

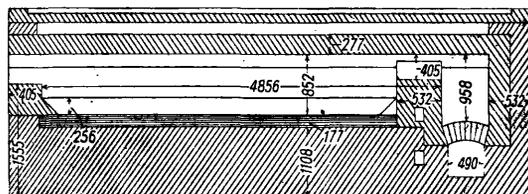


получая в качестве побочного продукта соляную к-ту; этот способ однако не нашел практического применения.

Заводский метод восстановления сульфата углем при высокой t° натолкнулся сначала на большие затруднения, так как расплавленный Na_2S действует разрушающе на шамотную футеровку. Печной под поэтому выкладывают огнеупорными кирпичами, к-рые д. б. плотны, тверды и звонки (рыхлые кирпичи с глухим звуком скоро пропитываются щелочью и разбедаются). Практика показала, что более стойкими являются магнезитовые, хромистые, хромото-магнезитовые, хромото-диасперовые и высоко глиноземистые кирпичи или кирпичи, сделанные с конусовой изью или графитом. Кроме того при работе следует избегать перегрева сульфата (хорошо перемешивать массу), препятствовать доступу воздуха, который способствует образованию полисульфидов, и не брать большого избытка угля. При плохом перемешивании выход С. н. значительно понижается. Плав, полученный при плохом перемешивании, содержит ок. 62% Na_2S , при хорошем перемешивании содержание Na_2S доходит до 66—70%. Если площадь пода 20—25 м², то рабочий может еще хорошо перемешивать массу, но при большей площади хорошее перемешивание затруднительно. Порог печи следует делать высоким и охлаждать его посредством проходящего внутри воздушного канала. По теории из 142 вес. ч. сульфата и 48 вес. ч. угля должно получаться 78 вес. ч. С. н. Лучший сульфат получают из NaCl и H_2SO_4 . Если пользоваться сульфатом от производства муравьиной к-ты, то выход С. н. понижается примерно на 10%. Большие потери получают при использовании сульфатом, полученным при производстве NH_4Cl из NaCl и $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, так как он содержит много примесей. На практике приходится брать избыток реагирующих веществ, т. к. часть сульфата и угля не входит в реакцию. К смеси сульфата с углем прибавляют иногда в качестве флюса некое количество соды (~5% веса сульфата); кроме того она нейтрализует свободную к-ту сульфата. Отмеренные количества сырых материалов д. б. хорошо смешаны. Для получения С. н. из сульфата натрия и угля смесь их в отношении 3 : 2 растирают до такой тонкости, чтобы она проходила через сито с 670 отверстиями на 1 см² без остатка, и затем сплавляют в муфле при 700—800° (Verein chemischer Fabriken, Mannheim) [7]. На нек-рых ф-ках уголь загружают постепенно, по мере частичного расплавления сульфата в печи [8]. Этот способ позволяет значительно повысить выход С. н. в плав. Уголь (иногда вместе с сульфатом) предварительно хорошо измельчают на бегунах, шаровых мельницах, машинах Клеро или др.; величина зерен д. б. не более 2 мм. Нежелательно, чтобы уголь содержал более 7—8% золы, т. к. иначе выход сернистого натрия в плавте понижается.

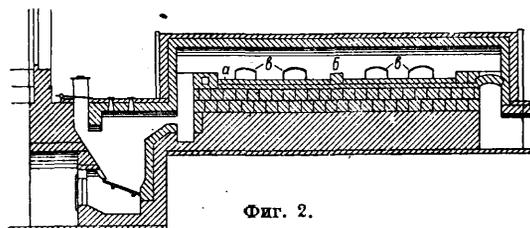
Печи для производства С. н. бывают обыкновенно пламенные с горизонтальным подом, с 1, 2 или 3 площадками или непрерывнодействующие с наклонным подом; предложены также шахтные и вращающиеся печи. Обычный тип пламенной печи с одним подом показан на фиг. 1. Этот тип печи на одном из заводов СССР вырабатывает в сутки ~ 650 кг готового продукта с содержанием до 62% Na_2S . Средний расход сульфата ~ 32 кг на 16 кг безводного С. н. Расход топлива ~ 3 т еловых дров в сутки. Вес плава при одной загрузке, состоящей из 96 кг

Na_2SO_4 , 8 кг NaHSO_4 и 48 кг антрацитового мела, равен около 72 кг. Отходящие газы из печи часто используются для упаривания раствора С. н. На другом заводе система из двух более мощных одноплощадочных печей дает в сутки 6 100—6 300 кг плава; загрузка состоит из 9 т Na_2SO_4 и 3,9 т угля (с содержанием 8% золы);



Фиг. 1.

число плавок на двух печах—30; угля расходуется 3 т. Месячный выход готового продукта (с 60—62% Na_2S) в пересчете на кусковой С. н.—61,4 т. Расход материалов: 202 т сульфата, 88 т угля (для восстановления), 72 т угля в качестве топлива, 28 т угля на уварку, 50 т на котлы, 1 т на кузницу. Тип пламенной двухподовой печи с горизонтальным подом и генераторной топкой показан на фиг. 2. Под этой печи а разделен стенкой б на две одинаковые по величине части; для того чтобы плавы не смешивались. Каждая площадка имеет 2 окна в (загрузочное и выгребное). При трехплощадочной печи смесь загружают через загрузочное окно. Когда плав готов, его выгребают



Фиг. 2.

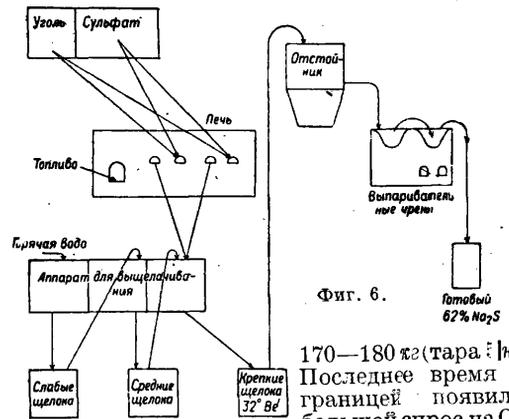
через второе окно, смесь передвигают на освободившееся место и загружают новую порцию смеси. Масса, находящаяся рядом с топкой (1-я площадка), остается на каждой половине площадки 55—60 мин. В одну смену (6 ч.) производительность 1-й площадки равна 5—6 плавам, 2-й—4—5, а 3-й—3—4; расход топлива в сутки ~ 3 т сухих дров (ель—сосна) или ~ 1,5 т нефти [9]. При среднем составе сульфата [95,42% Na_2SO_4 , 1,76% H_2SO_4 , 0,85% NaCl , 0,25% $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, 1,05% $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, 0,69% нерастворимого остатка и 0,5—3,4% (средняя 1,07% влажности) и угля (71,55% кокса, 7,65% золы, 14,92% летучих веществ и 5,88% влаги) для загрузки берется смесь из 352 кг сульфата и 160 кг угля. Средний вес плава—225 кг (200—250 кг) с содержанием в среднем 55% Na_2S , что составляет 124 кг чистого С. н. (теоретически должно получаться 144 кг). Для того чтобы процесс получения С. н. сделать непрерывным, предложена печь с наклонным подом (фиг. 3). Сульфат имеет сравнительно низкую $t^\circ_{пл}$ (884°), но для восстановления его углем или другими восстановителями требуется высокая t° , тем более что С. н. необходимо удерживать в расплавленном состоянии, чтобы он мог из печи непосредственно (во избежание окисления) непрерывно стекать в аппарат для выщелачивания. При добавке к сульфату в качестве флюса

заграничных э-дах установлено 8—10 ящиков размером $1,5 \times 1,5 \times 1,3$ м. Щелок спускается из ящиков при помощи двух кранов, находящихся под ложным дном, и направляется по желобам самотеком в деревянные сборники, углубленные в землю и снабженные паровыми инжекторами. При этом различают щелоки: слабый (15—17° Вё), средний (25—27° Вё) и крепкий (30—32° Вё и выше). Крепкий щелок направляют в отстойники, а затем на уварку в т. н. лодки. Слабые и средние щелоки направляют опять в аппарат типа Шанкса для выпелачивания новых порций плава. Выпелачиванию подвергают горячий или, лучше, остуженный (спустя $1\frac{1}{2}$ —2 ч. по выходе из печи) плав; остужать плав следует во избежание окисления в закрытой тележке, а перед выпелачиванием разбивать на куски. На одном из герм. э-дов готовый плав выгружается в тележку, где он остается на 8 ч. Охлажденный сырой плав содержит больше С. н., чем горячий. Содержание С. н. доходит иногда в холодном плаве до 74—81%. Для выпелачивания «колобашку» (плав) забрасывают в аппарат Шанкса, наполненный щелоком средней крепости; полученный крепкий щелок спускают в сборники для крепких щелоков, а оставшийся плав заливают слабым щелоком, при этом получают щелок средней крепости; затем остаток плава заливают горячей водой. После выпелачивания остается так наз. отвал, он содержит 15% С. н., 4,5% сульфата натрия Na_2SO_4 и до 40% нерастворимых веществ. Отброса остается около 15% веса выпелачиваемого плава. Количество необходимой для выпелачивания воды для одного плава (вес 225—250 кг) составляет ~360 л. Для выпелачивания С. н. применяется также аппарат Фришера: в нем плав С. н. дробится, а затем направляется элеватором в вертикальный вращающийся дырчатый барабан, находящийся в котле с горячей водой (имеется змеевик). Имеются также аппараты для выпелачивания под давлением и др.

Отстаивание и уваривание щелоков. Щелок крепостью в 30—32° Вё отстаивается от взмученных частиц; при этом во избежание кристаллизации (если работа ведется в холодную погоду) его подогревают глухим паром. Отстойники располагают выше лодок; их делают цилиндрическими из котельного железа (6 м длиной, 1,8 м шириной и 1,05 м высотой) емкостью на 11—12 м³, при этом часто с конич. дном. После отстаивания щелоки по трубам направляют самотеком в две лодки для уваривания (одна из них чугунная, другая из котельного железа). Последние представляют собой полуцилиндры, вделанные в кирпичную кладку и обогреваемые угольной или дровяной топкой. (По способу Zahn'a плав из вращающейся цилиндрич. печи после остывания дробится, а затем направляется в закрытые котлы с мешалкой, куда пускают пар.) Давление в котле поддерживают в 2—3 atm. Весь плав в течение $\frac{1}{2}$ ч. переходит в раствор (крепость 26—28° Вё), к-рый пропускают через фильтрующий аппарат и направляют на уваривание. Последнее производят в железных сквородах на голом огне; размер их ~100 × 60 × 10 см. Емкость лодок 5 м³ (длина 3,5 м, ширина 2,3 м, глубина 0,85 м). Щелок поступает сначала во вторую лодку, обогреваемую отходящими газами из-под первой лодки; из второй (т. н. подварочной) лодки щелок железными черпаками вручную переливают в первую

(т. н. уварочную). Продолжительность варки 36—40 ч., при этом уровень щелоков поддерживается на одной высоте добавкой их из подварочной лодки, а в последнюю добавляют щелок из отстойников. После каждой уварки лодки чистят (1 раз в двое суток). Конец уварки узнается по $t^{\circ}_{\text{кип.}}$ жидкости. Так напр., для продукта с содержанием 62% С. н. $t^{\circ}_{\text{кип.}}$ 176°, а для 68—70% С. н. 186—188°. Расход топлива на 1 лодку ~3 т сухих дров (ель, сосна, осина) на 7 т готового товара. Общая схема производства С. н. показана на фиг. 6.

Готовый продукт разливает в железные барабаны, которые затем запаивают; вес барабана



Фиг. 6.

170—180 кг (тара: 15 кг).

Последнее время за границей появился большой спрос на С. н. в виде чешуек, к-рый получается как обр.: горячий сгущенный С. н. поступает в сосуд, в котором вращается цилиндр, охлаждаемый изнутри водой; приставший к цилиндру С. н. соскребается особым ножом. Продажный продукт в среднем содержит 62% Na_2S , 2—3% Na_2SO_4 , немного сульфита и гипосульфита, 0,4—0,5% железа, 0,15—0,2% нерастворимого остатка и воду. Если щелок крепостью в 32—33° Вё (или с содержанием 900 г Na_2S в л воды) спустить в кристаллизаторы, то он в течение 6 дней выделяет прозрачные кристаллы $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, к-рые отделяются от маточного раствора и упаковываются в бочки. Если к щелоку добавить $\sim\frac{1}{2}$ % NaCN , то кристаллы С. н. получают совершенно светлыми; кроме того такой продукт менее гигроскопичен. При уваривании С. н. в лодках выпадает осадок; его перечерпывают сеткой из уварочной лодки в подварочную. Такого отвала с каждой варки получается ~640 кг. Т. к. он содержит значительное количество С. н., то это иногда добавляют к смеси сульфата с углем или перерабатывают на гипосульфит, для чего осадок растворяют в воде (осадок, взятый из лодки при $t^{\circ}_{\text{кип.}}$ 134°, содержит 18,4% Na_2S , 18,9% Na_2CO_3 , 9,2% Na_2SO_4 , 16,4% Na_2SO_3 ; осадок, взятый при $t^{\circ}_{\text{кип.}}$ 167°, содержит ~24,5% Na_2S и 38,5% Na_2CO_3); полученным раствором орошают башню с насадкой из керамики. Цилиндриков или шаров, пропуская навстречу SO_2 . Происходящая при этом реакция м. б. выражена следующим у-ием:



Стекающий раствор гипосульфита упаривают и выкристаллизовывают. Готовый продукт содержит 95,65% $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

Применение С. н. С. н. служит для получения сернистых красителей (см.), в кожевенном производстве как средство для удале-

ния волос с кожи, для производства серы (см.) гипосульфита, в химич. анализе и т. д.

Испытание С. н. Обыкновенно определяют количество активной серы (Na_2S и NaHS), Na_2SO_4 , Na_2CO_3 , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, железа и нерастворимый остаток. Согласно ОСТ 67 плавильный сернистый натрий должен содержать $62\% \pm 0,5\%$ С. н., не более 1% нерастворенного остатка и следы углистых частиц. В 100 г насыщенного раствора заключается 9,3 г сернистого натрия при -10° , 13,4 г при $+10^\circ$, 16,2 г при 22° , 19,1 г при 32° , 24,2 г при 45° .

Лит.: 1) Г. П. 20907; 2) Г. П. 20948; 3) Lunge G., Handbuch d. Sodaindustrie u. ihre Nebenzweige, В. 1—3, 3 Aufl., Brschw., 1906—09; 4) Handbuch d. anorg. Chemie, hrsg. v. R. Abegg u. Fr. Auerbach, В. 3, Apt. 2, p. 190, Leipzig, 1909; 5) Budnikoff P., «Ch.-Ztg», 1924, 53, p. 278; 6) Г. П. 126601; 7) Г. П. 231991; 8) Г. П. 279010; 9) Г. П. 273878, 255029 (Chem. Fabr. Griesheim Elektron, Frankfurt am Main); 10) Настюковы А. М. и К. И., Сов. П. 15 сент., 1924 («ЖХП», 1924, т. 1, 1, стр. 62); 11) Г. П. 255029.—Будников П., Сернистый натрий, («ЖХП», 1926, 1; его же, Сравнительные методы количественного определения сернистого натрия, «Ж», 1925, т. 7, вып. 3—5; «Ztschr. f. analyt. Chemie, München, 1925, В. 67, p. 241; его же, Руководство к практич. занятиям в техно-химич. лабораториях, Рига, 1923; его же, Химич. технология минеральных веществ, Иваново-Вознесенск, 1927; Минаев В., «Изв. Томского технол. ин-та», Томск, 1923, т. 44; Шейнберг И., Выщелачивание плава сернистого натрия, «Химстрой», М., 1930, 2, стр. 354; Черкасский Л., «Химик на производстве», М., 1932; Ильинский В. и Тарасов Г., Получение сернистого натрия электрохимич. путем, «Труды Всесоюзного съезда по осн. химич. промышленности», Л., 1932; Ullm. Enz., В. 8; Budnikoff P. a. Shilov E., «J. Ch. I.», 1928, v. 47, 16, p. 111; Budnikoff P. u. Sisow A., «Ztschr. f. anorg. u. allgem. Chemie, Lpz., 1928, В. 170, Н. 3, p. 225; Freeman H., «Chemical and Metallurgical Engineering, N. Y., 1928, 32, p. 787. П. Будников.

СЕРНОКИСЛОТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО, см.

Серная кислота.

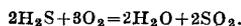
СЕРНЫЙ КОЛЧЕДАН, см. Пирит.

СЕРОВОДОРОД, H_2S , при комнатной t° бесцветный газ, неприятно пахнущий (запах тухлых яиц). Плотность по воздуху $\Delta = 1,1906$; вес 1 л (при 0° , 760 мм) = 1,5392 г; теплопроводность (при 0°) $3,045 \cdot 10^{-5}$ cal/cm сек. $^\circ\text{C}$. Вязкость (при 0°) $1154 \cdot 10^{-7}$ пуаза; уд. теплоемкость (11—20°) 0,24318 cal/g. С. диамагнитен; магнитная проницаемость $\mu = 0,034 \cdot 10^{-6}$. В присутствии воды С. окрашивает лакмус в красный цвет. С. легко сжигается (при обыкновенной t° под давлением 17 atm) в бесцветную жидкость пригорно-сладковатого вкуса с $t_{\text{кип.}} = 61^\circ$; уд. вес жидкого С. 0,95 (при -60°). В смеси с твердым CO_2 и эфиром в вакууме жидкий С. затвердевает в снегообразные кристаллы с $t_{\text{пл.}} = -83^\circ$. Теплота испарения (при $-61,9^\circ$) 131,98 cal/g. Растворимость С. в воде по Винклеру:

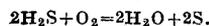
Темп-ра	Объем газа на 1 объем воды	Вес H_2S (в г) на 100 г воды
0	4,621	0,699
10	3,362	0,505
20	2,554	0,380
30	2,014	0,295
40	1,642	0,233
50	1,376	0,156
80	0,906	0,076

Прибавка электролитов обычно уменьшает растворимость; С. образует с водой кристаллогидрат $\text{H}_2\text{S} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. С. хорошо растворим в спирте и глицерине. Жидкий С. плохо проводит ток; уд. электропроводность (вблизи $t_{\text{кип.}}$) $0,1 \cdot 10^{-8}$; хороший растворитель для многих органич. соединений (альдегиды, кетоны, спирты, эфиры, органич. к-ты); из неорганич. соединений С. растворяет PCl_5 , PBr_3 , J_2 (1,14 г в 100 см³).

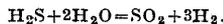
Водные растворы С. на воздухе вследствие окисления выделяют свободную серу. При нагревании С. распадается на элементы; степень диссоциации α при 500° равна 0,000233, при 1100° —0,0308, при 1600° —0,49. При пропускании С. чрез накалившую трубку разложение начинается при 400° и заканчивается при 1690° . Зажженный С. горит голубым пламенем, образуя сернистый газ и воду:



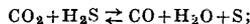
При острогом окислении (при недостатке кислорода) выделяется сера:



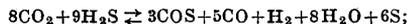
В присутствии катализаторов (Pt, Ag, Cu, активированного угля, боксита) окисление С. воздухом протекает при обыкновенной или несколько повышенной t° . С водой С. реагирует при красном калении, образуя сернистый газ и водород:



С углекислотой С. реагирует лишь при t° красного каления:



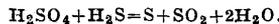
реакция обратима и по нек-рым авторам протекает сложное:



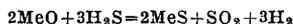
с SO_2 С. выделяет серу:



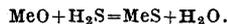
Конц. H_2SO_4 восстанавливается сероводородом (при нагревании)



Дымящая HNO_3 реагирует с С. бурно, химически чистая HNO_3 —значительно медленнее. Окислители (хлор, хлорная известь, царская водка) энергично реагируют с С. В присутствии воды иод окисляет С. до образования 52%-ной HI , что легко в основу иодометрич. определения H_2S . Газообразный С. действует на металлы гл. обр. при высокой t° : Cu, Zn, Fe, Sn, Cd при 100° ; Sb, As, Mn, Al, Cr, Ni при 450° ; Hg при 500° . Образующийся на металле слой сульфида часто приостанавливает протекание реакции; при более высокой t° наступает термич. диссоциация сульфидов. Окислы металлов почти не вступают в реакцию с сухим С. при комнатной t° ; при высоких t° взаимодействие все же наблюдается (Муассан); при этом получаются сульфид SO_2 и водород:



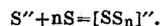
или (гл. обр. для окислов щелочных и щелочно-земельных металлов) водяной пар:



С. как кислота. Водный раствор С. является слабой двуосновной кислотой (константа диссоциации $k = 0,91 \cdot 10^{-7}$), т. е. С. более слабая к-та, чем угольная, но более сильная, чем борная к-та. Теплота нейтрализации:



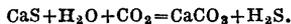
Ион S'' бесцветный; он легко окисляется до S воздухом и различными окислителями. Элементарная S за счет побочной валентности присоединяется ионом серы с образованием полисульфид-иона:



Соединение типа H_2SS_n образуется при приливании раствора полисульфида к раствору соляной к-ты, в виде желтой маслянистой жидкости. Неустойчивость иона серы несколько уменьшается в присутствии ионов металлов, т. е. в растворах сульфидов (см. ниже).

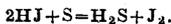
Нахождение С. в природе. С. встречается в природе довольно часто; он выделяется

при вулканич. извержениях и находится в растворенном виде во многих минеральных серных водах. В этих источниках присутствие С. объясняют процессом восстановления гипса до сульфида CaS и разложением последнего при помощи углекислоты:

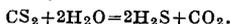


H_2S образуется также при гниении органич. соединений, гл. обр. белков, содержащих серу; этим объясняется присутствие H_2S в тухлых яйцах, в кишечнике человека, в выгребных ямах, и т. п. С. находится иногда также в нефти и образуется при пиролизе серосодержащих материалов. В каменноугольном газе С. содержится в значительных количествах (в 100 м^3 светильного газа—до 5 кг соединений серы, из которых на долю С. приходится 94–97%; остальное—органич. соединения серы). Очистка газов от С. и возможность утилизации последнего—важная проблема в газовом производстве.

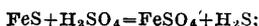
Получение С. H_2S м. б. получено многими способами. 1) Непосредственно из элементов—действием водорода на пары серы при 400° или пропусканием паров серы и водорода через пористые тела (пемза, кизельгур); реакция обратима, так как при этой же t° происходит и диссоциация С. Атомарный водород уже при комнатной t° восстанавливает серу до H_2S . 2) При восстановлении водородом соединений серы: даже серная к-та при высокой t° восстанавливается до H_2S . 3) При кипячении серы с водой, особенно в присутствии небольших количеств щелочей. Реакция между серой и щелочами идет достаточно энергично. 4) При действии иодистого водорода на паробразную серу или на водные коллоидные ее растворы:



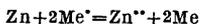
5) Из сероуглерода и воды, особенно при высокой t° ($400\text{--}450^\circ$):



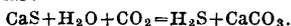
Вследствие побочных реакций образуются и другие продукты. 6) Из сульфидов: а) при разложении их сильными к-тами:



для очень плохо растворимых сульфидов (CuS , Ag_2S , HgS) эта реакция не имеет места. Для извлечения С. в кислый раствор бросают неблагоприятные металлы, напр. цинк; тогда вследствие реакции



концентрация ионов благородного металла резко понижается, и растворение сульфидов делается возможным. б) Гидролизом сульфидов, окислы которых трудно растворимы и представляют слабые основания; так например, при сплавлении алюминия с серой получают чистый сульфид алюминия, с водой образующий H_2S . в) При действии CO_2 или бикарбонатов на CaS или BaS :



Также MgCl_2 с водою и CaS дает MgO и H_2S . Нередко из этих сульфидов получают С. действием соляной кислоты. 7) Восстановлением SO_2 углем в присутствии паров воды; реакция имеет технический интерес.

Применение С. H_2S и его водный раствор (сероводородная вода) широко применяются в химич. анализе. Применяют С. также для выделения меди из медного купороса, при получении серы и серной кислоты, при восстановлении органических нитросоединений (в при-

сутствии аммиака); тиомочевину и цианамид готовят также при помощи С.

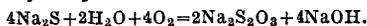
Очистка С. Для очистки С. его пропускают над твердым иодом и через воду; при этом AsH_3 и другие летучие гидриды окисляются. Промывание водою освобождает С. от следов HJ . Иногда пропускают С. в суспензии MgO или $\text{Mg}(\text{OH})_2$ в воде; при этом образуется раствор $\text{Mg}(\text{SH})_2$. По отфильтровании раствор нагревают, причем получается довольно чистый С. и вновь выпадает $\text{Mg}(\text{OH})_2$. Для сушки С. H_2SO_4 и CaCl_2 негодны; P_2O_5 годен, но при условии, что он совершенно свободен от примеси фосфора. Для удаления кислорода газ конденсируют в смеси твердой углекислоты с эфиром и подвергают дробной дистилляции. Для освобождения от водорода С. конденсируют в жидком воздухе и эвакуируют водород. Особый и важный в технич. отношении вопрос представляется очистка от С. газов. Помимо окислов железа (см. *Сера*) в последнее время для этой цели употребляется активный уголь. Для лучшей адсорбции С. уголь распыляют в газе.

Аналитическое определение С. Для качественного определения С. кроме характерного запаха служит почернение бумажки, смоченной раствором свинцовой соли и аммиаком; эта реакция обнаруживает наличие 1 ч. С. в 10 000 000 ч. светильного газа. Хлорная ртуть с незначительным количеством С. в ирешном растворе соляной к-ты дает лимонножелтую муть или осадок; реакция очень чувствительна. Ацетат натрия, растворенный в аммиаке, с С. дает желтый осадок CdS ; $0,0002 \text{ г}$ H_2S в 100 см^3 жидкости еще могут быть различены. Серебро чернеет от С. вследствие образования Ag_2S . Жидкость, содержащая С. или гидросульфид, с нек-рым количеством NaOH или нитропруссидного натрия дает фиолетово-красное окрашивание. Бумажка, пропитанная аммиачным раствором нитропруссидного натрия, служит для обнаружения С. в других газах. Качественные количества С. обнаруживаются реакцией с метиленовым синим: раствор этого красителя обрабатывают $1/20$ ч. (по объему) соляной к-ты, прибавляют несколько кристалликов диметил- η -фенилендиамина и 1–2 капли раствора FeCl_3 ; от действия С. жидкость принимает интенсивно синий цвет; этой реакцией можно еще различить $0,0000182 \text{ г}$ С. Другие реакции основаны на сжигании С. в SO_2 . При количественном определении С. наиболее распространено иодометрический метод: $\text{H}_2\text{S} + 2\text{I} = 2\text{HI} + \text{S}$; избыток иода оттитровывают гипосульфитом. По другому методу С. окисляют до H_2SO_4 с помощью брома:



Сульфиды, соли сероводородной кислоты. С. дает кислые и нормальные соли: гидросульфиды (сульфгидраты) типа MeHS и сульфиды типа Me_2S . Сульфиды широко распространены в природе. Искусственно их получают путем нейтрализации оснований сероводородной к-той, сплавлением элементов, действием С. на нек-рые соли (карбонаты, хлориды) и их растворы. Сульфиды получают часто и при многих других реакциях, например при сплавлении металла с сульфидом другого металла. Наблюдающееся при этом вытеснение одного металла другим, дающим сульфид с меньшей упругостью диссоциации, имеет технич. применение, напр. сплавлением железа с сернистой сурьмой получают FeS и Sb . Из сульфатов сульфиды получают при помощи восстановителей. Сульфиды металлов имеют значительно более солеобразную структуру, чем сульфиды металлоидов (нек-рая аналогия с кислородными соединениями). Сульфиды металлов окрашены темнее, чем оксиды. Нек-рые сульфиды металлов в кристаллическом виде обладают смешанной и даже металлической электропроводностью и металлическим блеском поверхности; проводниками первого рода являются напр. PbS , FeS_2 (пирит), сульфиды Sn , Ni и Ag . Сульфиды с неметаллическим видом поверхности обычно плохие проводники, или изоляторы; таковы сульфиды As , Sb , Zn , FeS_2 (марказит), киноварь. Большая часть

сульфидов тяжелых металлов обладает незначительной растворимостью (произведение растворимости для $PbS = 3,4 \cdot 10^{-28}$, для $HgS = 1 \cdot 10^{-53}$, для $Bi_2S_3 = 3 \cdot 2 \cdot 10^{-91}$ и т. п.). По отношению к воде и растворам кислот сульфиды делятся на три группы: 1) сульфиды, практически нерастворимые в к-тах (сульфиды Hg , Cu , Ag , Bi); 2) сульфиды, растворимые в к-тах, но нерастворимые в воде (сульфиды Fe , Zn , Ni , Co , Mn); 3) сульфиды, растворимые в воде и гидролизующиеся при растворении (сульфиды щелочных и щелочноземельных металлов, магния, алюминия). Сульфиды металлов обладают различной термич. устойчивостью: сульфиды Bi , Sb , As , Cu , Ag диссоциируют при нагревании до 1000° , CdS —ок. 600° , Al_2S_3 и ZnS не диссоциируют и при 1500° , Au_2S_3 распадается уже при 200° . Сульфиды металлоидов ведут себя также весьма разнообразно: CS_2 образуется лишь при 950° ; сульфиды кремния и бора вполне устойчивы при этой t° ; сульфид азота N_4S_4 взрывает при обыкновенной t° . При высокой t° сродство к S меняется, и Zn , Sn и Pb вытесняют S из соединения с медью (Фрик). Галоиды окисляют сульфиды с образованием солей металлов и галоидных производных серы. Галоидводороды энергично реагируют с образованием S в галоидных производных серы. Кислород при обыкновенной t° не окисляет сухих сульфидов металлов; в присутствии влаги или в водной среде этот процесс идет с заметной скоростью. При нагревании на воздухе сульфиды окисляются до сульфатов. Если сульфаты обладают большой упругостью термич. диссоциации, то образуются окислы и выделяется SO_2 или смесь SO_2 и SO_3 . Очень часто образующийся сульфат восстанавливается сульфидом, что усложняет ход реакции. С водой при t° выше 300 — 400° сульфиды, нерастворимые в воде, но растворимые в к-тах, реагируют с образованием S и окислов. Нерастворимые в к-тах сульфиды реагируют с водяным паром лишь при белом калении, восстанавливаясь до металла. Углерод при высоких t° восстанавливает сульфиды Cu , Sb , Pb , Bi до металлов; сульфиды щелочных и щелочноземельных металлов и группы железа образуют карбиды; сульфиды Mn и Al не реагируют с углеродом. Растворимые сульфиды в водном растворе окисляются с образованием гипосульфита, например



В присутствии серы образуются полисульфиды $Me_n[SSn]$, где $n > 4$.

Сульфиды добываются гл. обр. в виде сернистых руд черных и цветных металлов и служат сырьем для металлургии. Пирит идет непосредственно для обжига с целью получения SO_2 и серной к-ты. Остающиеся после обжига пирита колчеданные огарки за границей нередко десульфидируются и идут на выплавку чугуна. В СССР до последнего времени огарки являлись отбросами производства; в настоящее время разрабатываются методы использования их в металлургии, для изготовления минеральных красок, абразивных материалов и т. д. Описание и применение отдельных сульфидов см. в статьях о соответственных химич. элементах.

Лит.: см. Серы соединения.

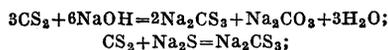
Б. Ормонт.

СЕРОУГЛЕРОД, CS_2 , бесцветная, легко подвижная жидкость с характерным запахом. Обычно С. вследствие присутствия примесей обладает своеобразным запахом, напоминающим запах редьки.

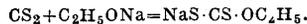
Физико-химические свойства С.: $t^\circ_{\text{отв.}} -116^\circ$, $t^\circ_{\text{пл.}} -112,8^\circ$, $t^\circ_{\text{кип.}} (\text{при } 760 \text{ мм}) 46,25^\circ$, $D_4^{20} = 1,2922$, $D_4^{20} = 1,2633$; плотность пара 2,63; уд. теплоемкость (при 30°) 0,240 Cal. Упругость пара при 20° 298 мм, при 30° 435 мм, при 40° 618 мм, при 50° 657 мм. Скрытая теплота парообразования ($t^\circ_{\text{кип.}} 46,1^\circ$) 83,8 Cal; коэффициент преломления $n_D^{15} = 1,6315$; диэлектрич. постоянная (при 20°) 2,64. Растворимость в воде (г С. в 100 г H_2O):

0°	10°	20°	30°
0,258	0,239	0,201	0,195

При t° ниже 30° устойчив гидрат $2CS_2 \cdot H_2O$. При действии солнечного света С. желтеет, что обычно приписывают выделению серы по схеме $nCS_2 = (CS)_n + nS$, и образует полимеры. С. горит на воздухе и легко воспламеняется при соприкосновении с нагретыми металлич. поверхностями. Т. к. смеси его с воздухом взрывают (даже при содержании 0,063 г С. в 1 л воздуха), то С. в пожарном отношении крайне опасен. Будучи эндотермич. соединением, С. взрывает и в отсутствие воздуха (вследствие детонации или даже удара). С.—хороший растворитель (для жиров, масел, серы, иода, смол, каучука и т. п.), однако вследствие его опасности в пожарном отношении и сильной ядовитости вытесняется другими растворителями, например трихлорэтиленом. Конц. H_2SO_4 и HNO_3 с CS_2 не реагируют. При комнатных t° С. почти не реагирует с Fe , Cu , Zn и другими металлами. При 400° С. реагирует с платиной с образованием Pt_2CS_2 . Со щелочами и сернистым натрием С. дает тиокарбонат:



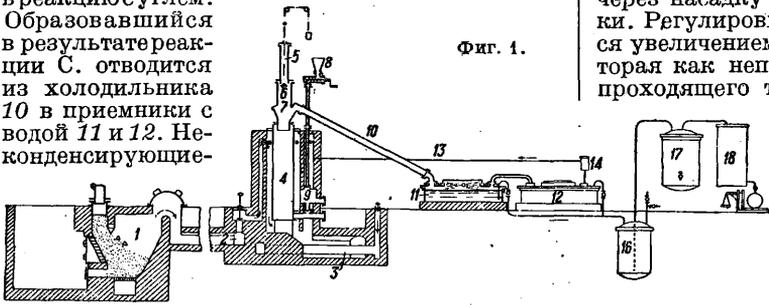
поэтому $NaOH$ не годится для промывания С. Со спиртами в присутствии щелочей С. дает ксантогенаты, например



На этой реакции (образование ксантогената целлюлозы) основано применение С. в производстве вискозы (искусственное волокно). При действии хлора или хлористой серы образует четыреххлористый углерод.

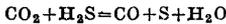
С. образуется при взаимодействии S и C при t° красного каления. Этот метод применяется и в технике. Кроме того С. получается при прокаливании угля с сульфидами, при нагревании CCl_4 с сульфидами и $CSBr_4$ с серным цветом, при сухой перегонке каменного угля и при некоторых других реакциях (см. ниже). В основе современного производства С. лежит прежде всего пропускание паров серы над раскаленным углем или коксом, причем реакция протекает (при $t^\circ 800$ — 900°) по ур-ию $C + 2S = CS_2 - 26 \text{ Cal}$. При этом процессе используется обычно 85÷90% серы. Технически этот синтез осуществляется в печах нескольких типов: в старом (ретортном) с обогревом за счет горячих газов и в ряде новых—в электрич. печах по методам Тейлора, Шульца и др. Электрич. печи привились гл. обр. в Америке и понемногу распространяются и в Европе. Ретортные установки с многими небольшими ретортами заменяются ретортами укрупненного типа. Значительным распространением пользуется аппарат Эккельта (фиг. 1). Отдельные детали аппарата: 1—газогенератор, 2—канал для газа, 3—канал для воздуха, 4—реторта (шамотовая). Уголь прокаливается за счет проходящих газов и вводит-

ся в реторту через 5, 6, 7. Сера поступает в воронку 8 и по шнеку — в газообразователь 9. Пары серы направляются в реторту и вступают в реакцию с углем. Образовавшийся в результате реакции С. отводится из холодильника 10 в приемники с водой 11 и 12. Не конденсирующиеся

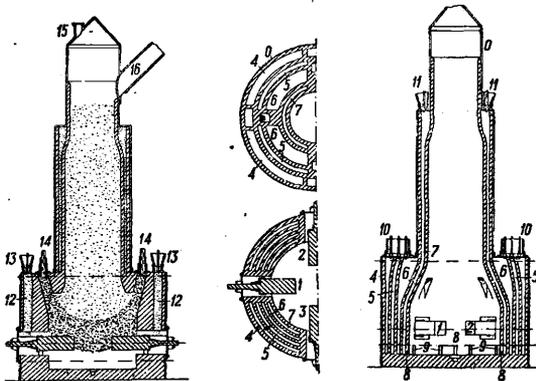


Фиг. 1.

горючие газы, в том числе и COS, через трубопроводы 13 и 14 передаются в топку, а оставшийся уголь удаляют при помощи насадки 16, а оттуда в ректификационный аппарат 17 (с холодильником 18), причем H₂S удаляется. Остаток в ректификационном аппарате сера расплавляется перегретым паром и выпускается из прибора, после чего м. б. возвращена в производство. Сероводород сжигают либо до серы (см. Сера) либо до SO₂ (для получения H₂SO₄). Для того чтобы воспрепятствовать образованию сероводорода, Эккельт предложил пропускать через печь углекислоту. Вследствие реакции



и вследствие образования сероводорода потеря серы по данным Эккельта резко уменьшается. Из электрич. печей большое распространение получила печь Тейлора (фиг. 2). Печь выкла-



Фиг. 2.

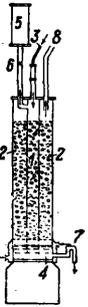
дывают из огнеупорных материалов и окружают железным кожухом 0. Обогрев обеспечивается четырьмя электродами (на фигуре только три: 1, 2, 3), изолированными от кожуха асбестом или слюдой. Внутри печи имеется несколько кольцевых каналов 4, 5, 6, 7, соприкасающихся с печью при помощи отверстий 8 и 9. В каналы сера поступает через воронки 10 и 11, т. ч. теплота излучения расходуется в значительной мере на подогрев и плавление серы. Для охлаждения концов электродов устроены особые каналы 12, наполняемые серой через воронки 13. Для предохранения электродов от разрушения через трубки 14 вводят куски графита от дуговых углей. Наполнение шахты углем производится через 15. При пропускании тока нижняя часть массы разогре-

вается, и сера начинает реагировать с углем (с графитом реакция идет гораздо медленнее). Поднимаемая сквозь уголь, С. охлаждается и через насадку 16 направляется в холодильники. Регулировка процесса может производиться увеличением количества вводимой серы, которая как непроводник уменьшает количество проходящего тока. Размеры печи следующие: диаметр нижней части около 5 м, в шахте 2,5 м, верхняя часть 1,7 м; высота печи 12 м. Дневная продукция равна 4,5 т. О получении С. из угля и сульфидов (пирита и др.) см. Сероводород.

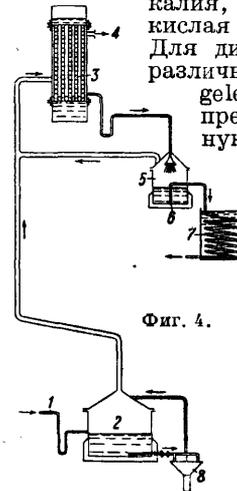
Получение С. из сероволоды и угля также было предметом технологич. исследования. По Вальтеру реакция $2\text{H}_2\text{S} + \text{C} = \text{CS}_2 + 2\text{H}_2$ при высокой t° протекает почти количественно. Получение С. из COS исследовано Штоком, причем оказалось, что при высокой t° имеет место реакция $2\text{COS} = \text{CO}_2 + \text{CS}_2$ (реакция эндотермична). В 1924 г. был взят патент на получение С. по аналогичному методу. Для получения С. по этому методу смесь CO и паров S пропускается при 400—600° в присутствии катализаторов. Существует еще возможность получения С. из сульфатов (Na₂SO₄, CaSO₄ и др.): по Régi и Desjardin действием кремневой к-ты при высокой t° на сульфаты и последующим восстановлением SO₂ углем; возможно получение С. при действии CO на CaSO₄ при t° 900° (Завалский, Косак, Нарбут).

О ч и с т к у С. производят дистилляцией. Сама по себе дистилляция С. не дает хорошего продукта, и потому С. предварительно обрабатывают различными веществами. Для такой предварительной очистки С. предлагались различные вещества: едкое кали, известковая вода, закись железа, беллиная известь и хлорная вода, нитрат свинца, бром с последующей дистилляцией над ртутью, раствор перманганата калия, безводная и водная серно-кислая медь, свинцовые белила.

Для дистилляции С. предложена различная аппаратура. Аппарат Langel'a и Esselman'a (фиг. 3) представляет дистилляционную колонну, состоящую из двух концентрич. труб 1 и 2, наполненных кусочками керамики и т. п. Технич. С. поступает через 3. Навстречу по трубе 1 поднимаются пары С., нагреваемого в 4. Пары поступают обратно в холодильник 5 через 6. Здесь С., конденсируясь, возвращается обратно в колонну, а H₂S и другие легко летучие примеси удаляются; в 4 собирается понемногу трудно кипящий погоню, выпускаемый через 7, сероуглерод же дистиллируется, проходит через трубу 2 и направляется в холодильник через 8. Устройство аппарата Zahn & Co. дано на фиг. 4. Технич. С. после отделения от части серы поступает через 1 в приемник 2, где нагревается



Фиг. 3.



Фиг. 4.

до кипения. Отсюда пары идут в холодильник 3; H_2S и другие газы удаляются через 4, а С. стекает в приемник 5, проходя через распылитель 6. В приемнике С. снова нагревается до кипения, и пары его направляются в холодильник 3. Очищенный С. сливается через холодильник 7. Тяжелые погоны, содержащие серу, поступают из 2 в сосуд 8 (с паровым или иным обогревом и внутренними перегородками), где С. испаряется, а сера конденсируется. Удаляющийся из аппарата сероводород смешивается с воздухом и поступает в печь Клауса; сера поступает в камеру, где образует серный цвет; жидкую серу удаляют из печи.

С. применяется в производстве искусственного волокна, для получения CCl_4 , ксантогенатов, для борьбы с вредителями с. х-ва (суслики и т. п.), для протравливания семян, для вулканизации каучука и отчасти как растворитель (вытесняется в последнее время трихлорэтиленом); хранить С. следует с осторожностью—опасен в пожарном отношении и сильно ядовит.

Полимер С. ($CS)_n$. При освещении ультрафиолетовыми лучами помещенного в кварцевое стекло четыреххлористого углерода, содержащего небольшое количество С., Doran a. Gillau удалось получить с помощью лучей не короче 275 $m\mu$ небольшое количество красноватого порошка, состав которого соответствует ($CS)_n$; порошок нерастворим в воде, бензоле, немного растворим в пиридине, хорошо растворим в растворах $NaOH$, NH_4OH и в конц. H_2SO_4 с образованием коричнево-красной жидкости. ($CS)_n$ образуется в результате медленного разложения CS_2 под влиянием света; это же вещество является продуктом действия на CS_2 активного азота (наряду с азотистой серой).

Лит.: Kausch O., Schwefelkohlenstoff, В., 1929; Stock A., «В», 1924, В. 57, р. 719; Comaille, «СР», 1868, т. 66, р. 1273; Doran a. Gillau, «J. Ch. I.», 1929, в. 47, р. 259; Muhler F., Der Kohlenschwefel, 1930. Б. Ормонт.

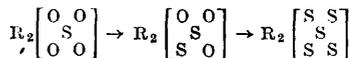
СЕРПАНТИН, ткань гроденаплевого переплетения, выработываемая из различных волокнистых материалов, принадлежит к группе креповых тканей. Характерные борозды делают эту ткань весьма схожей с гофрированной бумагой. Эти борозды (гофре), идущие в длину ткани, достигаются проведением ткани через выгравированные горячие валы или прессованием ткани, а также химическим способом и делают гофре постоянным. Ткань не допускает и не требует глажения. Ткань имеет обычно белый цвет, но выработывается и набивной шириной до 76 см.

СЕРПАНКА, грубая, весьма редкая и непрочная льняная или пеньковая ткань полотняного или гроденаплевого переплетения. Ткань выработывается ручным и механич. способами при плотности основных и уточных нитей от 8 до 20 на 1 дм. Ткань имеет узкое специальное назначение: на подклейку под обои, на подкладку и т. п.

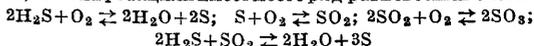
СЕРЫ СОЕДИНЕНИЯ. Сера способна давать соединения с большинством других элементов—с кислородом, водородом, галоидами, металлами, амфотерными элементами—вплоть до азота. Некоторые С. с. играют огромную роль в народном хозяйстве как необходимые реактивы, сырье и полуфабрикаты.

В теоретич. отношении свойства С. с. и их состав в значительной мере определяются свойствами самой серы как элемента. Сера образует соединения двух типов: как шестивалентная (по кислороду положительная валентность) и

как двувалентная сера (по водороду—отрицательная валентность). Для нее оказываются стабильными не только те многочисленные конфигурации валентных электронов, при к-рых максимальная главная валентность оказывается далеко не достигнутой, но и такие, в к-рых последняя (за счет побочных связей) как бы превзойдена. Особенным разнообразием в этом отношении отличаются кислородные С. с. от гипотетич. сульфокислотной к-ты H_2SO_4 или окиси серы S_2O_3 до надсерной к-ты, к-ты Каро и недавно открытого смешанного ангидрида обеих этих кислот S_2O_{11} . Между кислородными и водородными С. с. усматривается (еще со времени Вернера) в отношении проявления побочных связей некий—формально постепенный—переход от сульфатов к гипосульфитам и полисульфидам, тесно примыкающим к сероводороду:



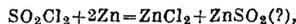
переход, сточки зрения современных взглядов на природу валентности имеющий особый интерес. Водородные С. с., присоединя за счет побочной связи серу, переходят в полисульфиды, присоединя кислород, — в сульфаты. Сходство и различие этих соединений не исчерпываются внешним сходством или различием структурно-координационных Ф-л и представляют область, интересную для исследования при помощи современных электрохимических, оптических и других методов изучения вещества. Ряд $H_2S-S-S-SO_2-SO_3$ также представляет своеобразный интерес. В ряде реакций широко проявляются (и используются) окислительно-восстановительные свойства S и SO_2 , восстановительные—сероводорода и окислительные—серного ангидрида; большая часть этих реакций легла в основу важнейших технологич. процессов и всесторонне изучена с теоретич. и технологич. стороны (см. схему, стр. 635—636). В этих реакциях имеет место ряд равновесных систем:



и т. д., получивших огромное прикладное значение. Известен целый ряд соединений S с галоидами. Одно из них, SF_6 , интересно не только тем, что оно—один из тяжелых газов, с трудом конденсирующийся, несмотря на большую мол. вес, но и тем, что SF_6 —единственное С. с., в к-ром атом S (за счет гомеоплярной связи) одинаково прочно удерживает вокруг себя все шесть атомов F , образуя вполне устойчивую молекулу, где максимальное валентное и максимальное координационное числа серы совпадают. Другие С. с. этого ряда обладают сильными окислительно-восстановительными свойствами, активно участвуют во многих реакциях и значительное количество процессов катализируют. Обладая низкими диэлектрич. постоянными, они в то же время легко образуют многочисленные комплексные соединения и являются хорошими растворителями не только для веществ с молекулярной решеткой, но и для ряда солей—особенно иодидов. Еще в большей степени эти свойства выражены у оксигалоидных соединений; окислительная способность их чрезвычайно велика и всесторонне используется в технике. Исследования над сероуглеродом позволили в свое время опровергнуть неверное по существу положение Бертелло, что теплота реакций служит мерой химич. ср-ства: сероуглерод, образующийся с большим эндотермич. эффектом, довольно устойчив. С технологич. точки зрения С. с.—важнейшие и интереснейшие объекты (см. схему).

Кислородные С. с. Окислы и кислородные кислоты серы весьма многочисленны. Низшим окислом является $SO(?)$, затем следуют: окись серы S_2O_3 , двуокись серы SO_2 , серный ангидрид SO_3 , ангидрид надсерной кислоты S_2O_7 , ангидрид кислоты Каро SO_4 . Им соответствуют кислоты: сульфокислотная H_2SO_2 , гидросернистая $H_2S_2O_4$, сернистая H_2SO_3 , серная H_2SO_4 , надсерная $H_2S_2O_6$ и кислота Каро H_2SO_5 . Кроме того существуют так называемые т и о н о в ы е кислоты: тиосерная, или серноватистая, кислота $H_2S_2O_3$, дитионовая $H_2S_2O_6$, тритионовая $H_2S_3O_6$, тетратионовая $H_2S_4O_6$, пентатионовая $H_2S_5O_6$ и гексатионовая $H_2S_6O_6$. Описан (J. Maisin) также окисел S_3O_{11} —смешанный ангидрид к-ты Каро и надсерной к-ты.

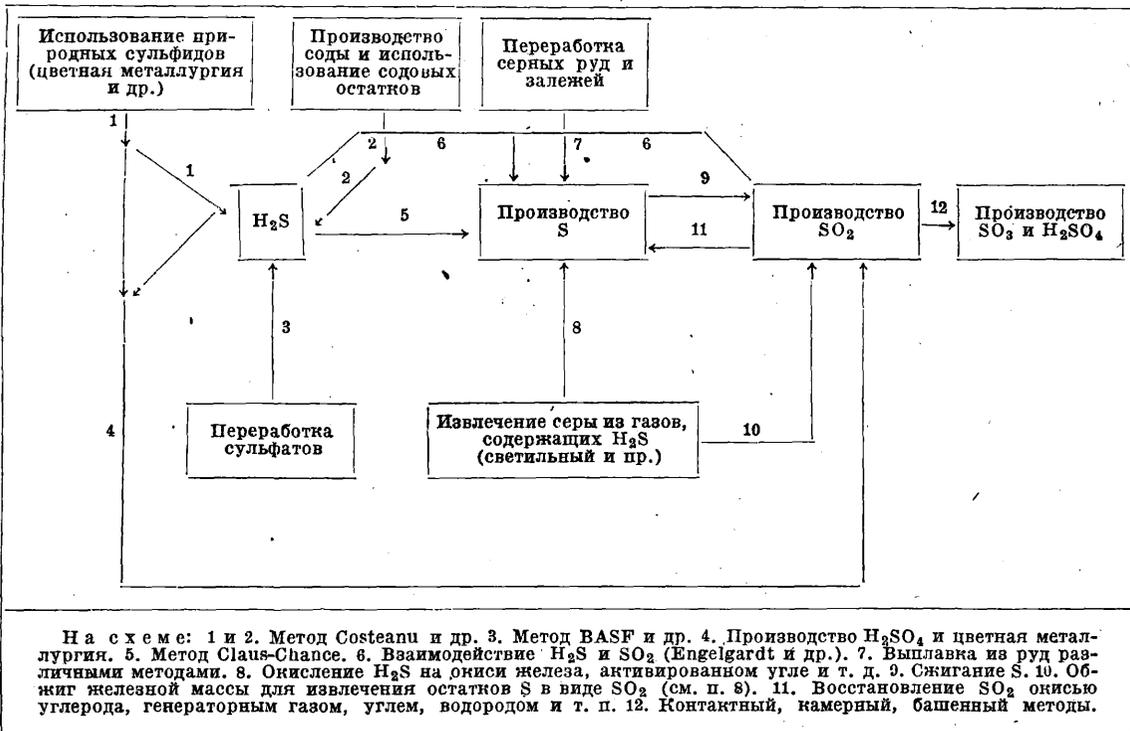
Сульфокислотная кислота H_2SO_2 наименее изучена; известна ее цинковая соль $ZnSO_2(?)$, получаемая в эфирных растворах SO_2Cl_2 восстановлением при помощи цинка:



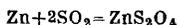
но в твердом состоянии не выделенная. Ангидрид сульфокислотной к-ты $SO(?)$ также не выделен.

О к и с ь с е р ы S_2O_3 получается при действии серы на серный ангидрид SO_3 . Представляет ли это вещество раствор серы в SO_3 или индивидуальное соединение—во

Технологическая связь между производствами $H_2S-S-SO_2-SO_3$ и соответствующими кислотами.



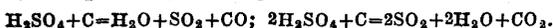
прос еще не решенный. S_2O_3 —синеватые кристаллы, нестойкие и быстро распадающиеся на S и SO_2 . В SO_2 окись серы растворима мало; в дымящей серной к-те растворяется с синей окраской. С водою S_4O_6 образует H_2SO_5 , H_2SO_6 , $H_2S_2O_6$ и др. Гидросернистая кислота $H_2S_2O_4$ дает соли—гидросульфиты (см.), которые получают при действии сернистого ангидрида SO_2 на цинк (или гидрид калия) в алкогольной суспензии



или

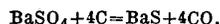


Двуокись серы (сернистый ангидрид, сернистый газ) SO_2 известна с глубокой древности, одно из наиболее изученных химических соединений, образуется всюду, где (при доступе воздуха) имеются залежи серы или ее выделения, особенно при высокой t° . При сжигании каменного угля почти вся его сера переходит в SO_2 ; в небольшом количестве SO_2 содержится в воздухе городов и особенно фабричных районов. В некоторых производствах (напр. в цветной металлургии) наблюдается выделение SO_2 в огромных количествах (обжиговые газы), причем до сих пор эти газы многими заводами выпускаются на воздух, отравляя окрестности. Получается SO_2 при сжигании S или H_2S в избытке воздуха; вся сера количественно переходит в SO_2 , дальнейшее же окисление SO_2 в SO_3 требует присутствия катализаторов. При прокаливании сульфата (вследствие термической диссоциации) имеет место образование SO_2 . В присутствии угля, серы и некоторых металлов сульфаты, и особенно серная кислота, восстанавливаются до сульфитов, выделяя SO_2 (при сильном восстановлении — до сульфидов). В частности H_2SO_4 восстанавливается серой и углем при 400° :



Для получения SO_2 из сульфатов путем прокаливании с углем предложено [1] восстанавли-

вать сначала часть сульфата до сульфида, напр.

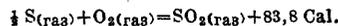
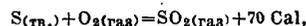


При этом BaS сплавляется с избытком $BaSO_4$:



Уголь м. б. заменен железом. Для получения чистого SO_2 в лабораториях нагревают H_2SO_4 с медью или исходят из элементов.

При обыкновенной t° и нормальном давлении SO_2 —бесцветный газ с своеобразным запахом. Плотность (по воздуху) $\Delta = 2,2639$. Вес 1 л SO_2 (при 0° и 760 мм) равен 2,9267 г. Конденсируется SO_2 очень легко и при нормальных условиях дает заметные уклонения от газовых законов; $t^\circ_{кип.}$ (760 мм) -10° , $t^\circ_{пл.}$ $-72,5^\circ$; критич. темп-ра $+157,24^\circ$, критич. давление 78 atm, критич. плотность 0,52. Теплопроводность SO_2 (при 0° $1,95 \cdot 10^{-5}$ cal/cm ск. $^\circ C$). Уд. теплоемкость (средняя для интервала $16 \div 202^\circ$) = 0,1544, молекулярная = 9,891. Коэф. преломления газообразного SO_2 $n_D = 1,000676$. Диэлектрич. постоянная (при 0°) $\epsilon = 1,0095$. SO_2 диамагнитен. Молекулярная теплота образования:



Теплота конденсации (испарения) $SO_2(газ) \rightarrow SO_2(жидк.) + 6 \text{ Cal.}$ Теплота испарения на 1 г 92 cal (при 0°), 96 cal (при -10°). Упругость пара SO_2 :

Темп-ра ($^\circ C$)	Давление (мм Hg)	Темп-ра ($^\circ C$)	Давление (atm)
-90	2,5	0	1,53
-50	87	33,5	4,80
-20	478	54,6	9,1
-10	782	72,2	16,10
-5	947	105,2	31,10

Уд. в. жидкого SO_2 1,43 (при 0°), 1,49 (при -20°), 1,38 (при $+20^\circ$). Плотность насыщенного пара и жидкого SO_2 :

Температура (°C)	Плотность пара	Плотность жидкости
34,9	0,01553	1,3379
129,75	0,1593	0,9560
151,9	0,402	—
155,0	—	0,6370

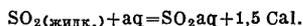
Средняя уд. теплоемкость жидкого SO_2 (в интервале $-20,6 \div +9,8^\circ$) равна 0,3178. Коэф. преломления $n_D^{20} = 1,342$. Молекулярная рефракция (по формуле Lorentz—Lorenz'a) 9,79. Диэлектрическая постоянная жидкого SO_2 14 (при 20°) и выше. Магнитная проницаемость удельная (при 16°) $2,97 \cdot 10^{-7}$. Жидкий SO_2 — хороший растворитель для J, Cl, Br, S, P, H_2SO_4 (немного), HCl, SO_2 (очень хороший). Вода растворима мало. Растворяются иодиды и бромиды щелочных металлов (первые с желто-оранжевой, вторые с зеленоватой окраской). Многие органич. вещества хорошо растворимы в жидком SO_2 . Уд. электропроводность $(0,4 \div 0,9) \cdot 10^{-7}$ (при 0°), т. е. близка к электропроводности воды. Растворы в жидком SO_2 иода, серы, фосфора, PCl_3 , AsCl_3 , SbCl_3 и др. не проводят тока; растворы Cl, Br, S_2Br_2 , SbCl_5 , HCl, HBr, иодидов щелочных металлов хорошо проводят ток. SO_2 хорошо адсорбируется углем и другими пористыми телами. Древесный уголь адсорбирует при атмосферном давлении $50 \div 100 \text{ см}^3 \text{ SO}_2$ на 1 г угля. Довольно значительна адсорбция SO_2 на асбесте и стекле. Уд. в. водных растворов SO_2 :

% SO_2	Уд. вес	% SO_2	Уд. вес
1	1,0056	6	1,0328
2	1,0113	7	1,0377
3	1,0158	8	1,0426
4	1,0221	9	1,0474
5	1,0275	10	1,520

Растворимость SO_2 в воде при разных t° :

Темп-ра (°C)	Растворимость	
	объемы SO_2 на 1 объем воды	вес SO_2 (г) на 100 г воды
0	79,789	22,83
10	56,647	16,21
20	39,374	11,28
30	27,161	7,80
40	18,766	5,41

Теплота растворения газообразного SO_2 (при 25°) $7,5 \text{ Cal}$ ($\text{SO}_2(\text{газ}) + 250\text{H}_2\text{O} = \text{SO}_2\text{aq} + 7,5 \text{ Cal}$), для жидкого SO_2 известна не очень надежная величина:



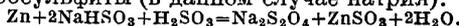
В технике имеет значение растворимость SO_2 в конц. серной кислоте; 86%-ная серная к-та (близкая по составу к $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) показывает минимум растворимости.

Крепость к-ты в % H_2SO_4	Объемы SO_2 на 1 объем к-ты	Вес SO_2 (г) на 100 г к-ты
55,1	26,4	5,13
61,6	25,63	9,82
74,1	21,06	3,63
80,2	18,87	3,21
85,8	17,48	2,80 (min)
90,8	19,71	3,10
95,5	23,66	3,69
98,5	25,85	4,03

SO_2 — довольно стойкое соединение; однако при действии химически активных лучей на SO_2 наступает разложение. На свету SO_2 и его растворы постепенно разлагаются: $3\text{SO}_2 = \text{S} + 2\text{SO}_3$, что обнаруживается прежде всего по выделению серы. Водород восстанавливает SO_2 даже при 160° , а в присутствии платины — и при комнатной t° . При действии высокой t° (180°) растворы SO_2 в воде (в запаянных трубках) разлагаются, причем также образуются сера и серная кислота. Термическая диссоциация:

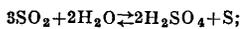
$\text{SO}_2 = \frac{1}{2} \text{S}_2 + \text{O}_2$ практически не имеет места и при t° в 1500° . При действии искрового разряда SO_2 распадается на серу и SO_3 . Как химич. реагент SO_2 проявляет восстановительные и окислительные свойства. Реакция его окисления ($\text{SO}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 = \text{SO}_3$) лежит в основе произ-

водства серной к-ты; восстановительное действие SO_2 используется во многих технологич. синтезах. Непосредственно газообразный SO_2 и его растворы с кислородом реагируют крайне медленно; однако нек-рые соли, напр. CuSO_4 , ускоряют заметным образом протекание этой реакции. В присутствии окислов тяжелых металлов SO_2 дает сульфиты и дитионаты, при окислении воздухом медленно переходящие в сульфаты. Газообразный SO_2 при высокой температуре реагирует с окислами металлов различным образом: он восстанавливает Fe_2O_3 до Fe_2O_4 (окисляясь до SO_3) и окисляет FeO (восстанавливаясь до S). В равной мере SO_2 окисляет SnO (но не восстанавливает SnO_2), CuO восстанавливает в Cu_2O по ур-ию: $3\text{CuO} + \text{SO}_2 = \text{Cu}_2\text{O} + \text{CuSO}_4$. Если элемент имеет несколько окислов, то как правило выше из них окисляют SO_2 ; в свою очередь SO_2 окисляет низшие окислы SO_2 , отнимает кислород от перманганатов, бихроматов, хроматов, хлоратов, нитратов и HNO_3 , окисляясь до SO_3 . Растворы азотной к-ты или окислов азота в серной к-те также быстро окисляют SO_2 (производство серной кислоты по камерному методу). В присутствии щелочей окисление SO_2 идет обычно быстрее. Галоиды также являются окислителями для SO_2 , образуя (в водных растворах) галоидодородную к-ту и H_2SO_4 . Как окислитель SO_2 вступает в реакции с низшими окислами элементов и с соответствующими им солями (FeCl_2 , CuCl , HgCl). Сероводород окисляется SO_2 до серы; реакция $2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{S}$ обратима; следы воды ускоряют ее протекание; при низких t° она идет целиком слева направо. При высоких t° SO_2 окисляет C в CO; однако реакция эта равновесная и при понижении t° до красного каления CO_2 восстанавливается действием SO_2 до CO с образованием SO_3 , причем кроме CO образуется и COS (вследствие побочной реакции CO с O_2). Реакция восстановления SO_2 углеродом и CO также представляет большой практический интерес, т. к. на ней м. б. основано извлечение серы из обжиговых газов (см. *Сера*). Водород восстанавливает SO при 300° . Восстановление идет до S или H_2S в зависимости от условий реакции и присутствия катализаторов. Галоидодороды восстанавливают SO_2 до S с образованием воды и галоиды (реакция обратима). Металлы Mg, Cd, Cu и др. восстанавливают SO_2 , причем образуются сульфиды. При действии Zn на водные растворы SO_2 , напр. в присутствии NaHSO_3 , образуются гидросульфиты (в данном случае натрия):



При нагревании до 150° в запаянной трубке

с водой SO_2 окисляется, выделяя серу



реакция эта обратима.

SO_2 широко применяется в технике: в производстве серной к-ты, при изготовлении сернисто-кислых щелочей (в бумажной промышленности), при получении селена, теллура, золота, сульфитов, для дезинфекции (уничтожения паразитов) и консервирования, как растворитель жиров и масел (жидкий SO_2), при очистке нефтепродуктов и т. д.

Сернистая кислота H_2SO_3 известна лишь в виде растворов и получается растворением SO_2 в воде. Т. к. она образует соли типа R_2SO_3 , т. е. ведет себя как двуосновная к-та, то строение ее солей изображается координационной ф-лой $\text{R}_2 \left[\text{O} \begin{array}{c} \text{S} \\ \text{O} \end{array} \text{O} \right]$. Однако практически

диссоциация H_2SO_3 идет гл. образом по схеме $\text{H}_2\text{SO}_3 = \text{H}^+ + \text{HSO}_3^-$, тогда как реакция $\text{HSO}_3^- = \text{H}^+ + \text{SO}_3^{2-}$ почти не имеет места; в виду этого строение H_2SO_3 схематически иногда изображают так: $\text{H} \begin{bmatrix} \text{H} & \text{O} \\ & \text{S} \\ \text{O} & \text{O} \end{bmatrix}$, т. е. лишь один атом

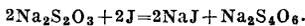
водорода удерживается ионогенной связью. Константа диссоциации $\text{H}_2\text{SO}_3 = \text{H}^+ + \text{HSO}_3^-$, $k_1 = 0,0174$; константа диссоциации $\text{HSO}_3^- = \text{H}^+ + \text{SO}_3^{2-}$, $k_2 = 1 \cdot 10^{-7}$. Теплоты нейтрализации H_2SO_3 при 18° (Cal):

NaONa	2NaONa	4NaONa	KONa	2KONa
16,3	29,2	29,3	16,6	31,8

MnO_2 и PbO_2 окисляют H_2SO_3 с образованием сульфатов Mn и Pb . Перекиси щелочных и щелочноземельных металлов окисляют H_2SO_3 до H_2SO_4 и дают соответствующие сульфаты.

H_2SO_3 образует соли, *сульфиты* (см.). Тиосерная, или серноватистая, кислота $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$ неустойчива, но соли ее, тиосульфаты, или гипосульфиты, довольно прочны (см. *Гипосульфит*).

Политионовые кислоты. Дитионовая к-та $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_6$ обычно рассматривается как продукт соединения двух радикалов HSO_3 . Она получается при осторожном окислении H_2SO_3 твердыми окислителями (MnO_2 , $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и др.); очень стойка по отношению к окислителю и не реагирует с хлором и азотной к-той, а также не присоединяет серы. Высшие тионовые к-ты $\text{H}_2\text{S}_n\text{O}_6$ (где $n \leq 4$) обычно рассматриваются как производные $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_6$, в которой сера удерживается по типу углеродных цепей: $\text{HSO}_3 - \text{S}_n - \text{SO}_3\text{H}$; подлинная структура этих к-т еще не выяснена. Политионовые к-ты гораздо менее стойки по сравнению с $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_6$. Получаются они напр. действием окислителей на гипосульфит:



В зависимости от выбора окислителя получают соли той или иной политионовой кислоты.

Серный ангидрид, трехокись серы SO_3 , окисел шестивалентной серы; не м. б. получен непосредственно из элементов без помощи катализаторов. Получение SO_3 термич. диссоциацией сульфатов практически сильно усложнено тем обстоятельством, что для большинства сульфатов диссоциация наступает при t° , при которой и SO_3 диссоциирует по схеме: $2\text{SO}_3 \rightarrow 2\text{SO}_2 + \text{O}_2$. Основные пути получения SO_3 следующие: 1) окисление SO_2 до SO_3 в присутствии окислов азота (см. *Серная кислота*, ба ш е н н ы й и к а м е р н ы й п р о ц е с с ы); 2) окисление SO_2 в присутствии катализатора, находящегося в твердой фазе (контактный процесс); 3) окисление SO_2 с помощью озона [1] при комнатной t° ; 4) действие ультрафиолетового света на смесь SO_2 и кислорода (при $t^\circ 300^\circ$); 5) окисление SO_2 галлоиды в частно-

сти хлором: $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2 = \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl}$; 6) термическое разложение сульфата железа $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$. Реакции 3—6 промышленного значения не имеют. SO_3 существует повидимому в нескольких (не менее двух) изомерных или полимерных модификациях: льдовидной и двух (?) асбестовидных, хотя число, природа и свойства этих модификаций до сих пор еще окончательно не установлены и даже самый факт их существования, как химич. индивидуумов, до настоящего времени является спорным. Уд. в. SO_3 (в жидком состоянии):

t°	11°	16°	25°	40°	50°	100°
Уд. в.	1,944	1,910	1,904	1,833	1,781	1,529

$t^\circ_{\text{пл.}}$ 16,8° (Smits нашел для льдовидной модификации $t^\circ_{\text{пл.}}$ 16,8°, для асбестовидной I—32,5° и для асбестовидной II—62,2°); $t^\circ_{\text{крит.}}$ равна 44,8° (при 760 мм); $t^\circ_{\text{крит.}} = 218,3^\circ$; критическое давление 83,8 atm, критическая плотность 0,633. Плотность пара SO_3 равна 40 (при 22,8°), что указывает на отсутствие полимеризации SO_3 в парях. Теплоты образования SO_3 :

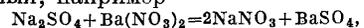
С-тв. (а) + 1,5O ₂	= SO ₃ тв.	+ 103 700 Cal
	= SO ₃ ж.	+ 103 240 "
	= SO ₃ газ.	+ 91 000 "
SO ₂ газ + 0,5O ₂ газ	= SO ₃ аq	+ 142 410 (141 000) Cal
	= SO ₃ тв.	+ 34 400 Cal
	= SO ₃ ж.	+ 32 160 "
	= SO ₃ газ.	+ 22 600 "

Теплота плавления льдовидной модификации 1,8 Cal/моль, асбестовидной I 2,9 Cal/моль, асбестовидной II 6,2 Cal/моль. Теплота возгонки тех же модификаций—соответственно 11,9, 13,0 и 16,3 Cal/моль. Теплота испарения жидкого SO_3 150,9 cal/g, 12,072 cal/g-атом. Поверхностное натяжение у жидкого SO_3 , при 19° 34,17; при 44,9° 29,47. Коэффициент преломления $n_D = 1,40965$, для газообразного $\text{SO}_3 n_D = 1,000737$ (при 0° и длине волны 589 $m\mu$). Диэлектрическая постоянная ϵ (для $\lambda = 84$ при 19°) 3,64. SO_3 при нагревании диссоциирует на SO_2 и O_2 ; константа диссоциации $k_c = \frac{[\text{SO}_2]^2[\text{O}_2]}{[\text{SO}_3]^2}$ при различных температурах:

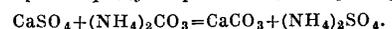
t°	528°	627°	727°	832°	897°
$k \cdot 10^2$	1,55 \cdot 10^{-3}	3 \cdot 16 \cdot 10^{-2}	3 \cdot 54 \cdot 10^{-1}	2,80	8,16

Пары SO_3 с парообразной или жидкой водой дымят на воздухе и образуют H_2SO_4 ; SO_3 способен действовать как окислитель и как дегидратирующий агент. Отнимая воду от органических веществ, SO_3 обугливает их. Окислительная способность SO_3 характеризуется выделением иода и брома из HI и HBr , окислением фосфора и нек-рых металлов. SO_3 дает ряд соединений с кислотными окислами, напр. $\text{NO}_2 \cdot \text{SO}_3$, $\text{As}_2\text{O}_3 \cdot \text{SO}_3$, $\text{P}_2\text{O}_5 \cdot 3\text{SO}_3$, $\text{SeO}_2 \cdot \text{SO}_3$ и т. д., дает продукты присоединения с Se, Te, J (SeSO_3 , TeSO_3 , JSO_3), т. е. максимальное координационное число серы для SO_3 , равное 4. Присоединяя воду, SO_3 образует *серную кислоту* (см.).

Соли серной кислоты (сульфаты). Серная кислота образует средние соли типа R_2SO_4 и кислые— RHSO_4 . О нахождении сульфатов в природе см. *Сера*. В технике и лаборатории сульфаты получают растворением металлов, их окислов и карбонатов в кислоте, а также обменным разложением, причем либо получаемый сульфат д. б. менее растворим, чем исходный, например

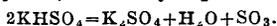


либо меньшей растворимостью должен обладать второй продукт реакции, например



Последняя реакция имеет большой технич. ин-

терес. Наконец сульфаты можно получать окислением сульфидов и сульфитов. Из нейтральных сульфатов многие плохо растворимы в воде. Основные соли нек-рых хорошо растворимых сульфатов также мало растворимы и выпадают при разбавлении или нагревании их растворов вследствие гидролиза (напр. основные соли Bi, Cr, Hg). Кислые сульфаты обычно хорошо растворимы. Температуры заметной термич. диссоциации сульфатов лежат довольно высоко (свыше 700—800°) кроме $Fe_2(SO_4)_3$ (при 600° упругость разложения $p=26$ мм, при 650° она равна 116 мм, при 700°—445 мм). Кислые сульфаты при нагревании легко распадаются на к-ту и средний сульфат:



Сульфаты дают ряд двойных солей, например *квасцы* (см.). Кристаллогидраты известны почти для всех сульфатов. Нек-рые из сульфатов называются *купоросами*, напр. медный купорос $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, железный купорос $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ и цинковый купорос $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$.

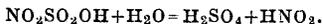
Нитрозилсерная кислота, $HO \cdot SO_2 \cdot O \cdot NO$ образуется при изготовлении H_2SO_4 по камерному способу (см. *Серная кислота*); реакция (по Lunge) протекает по следующему уравнению:



Для получения твердой нитрозилсерной к-ты пропускают в сильно охлажденную азотную к-ту SO_2 до застывания массы. Высушивается масса при 20—30° или в вакууме. Твердая нитрозилсерная к-та — ромбические кристаллы, плавящиеся при 73° с образованием ангидрида нитрозилсерной к-ты $NO_2 \cdot SO_2 \cdot OSO_2 \cdot NO_2$, а выделяющаяся вода разрушает часть нитрозилсерной к-ты. Нитрозилсерная к-та растворяется в конц. H_2SO_4 . Она является сильным окислителем, в частности для SO_2 ; с PCl_5 реагирует с образованием хлорсульфоновой к-ты:



с водой распадается на серную и азотистую кислоты:



Нитрозилсерная к-та, как полагают, представляет таутомер, реагирующую то как нитро- то как нитрозосоединение. Ее состав характеризуют обычно ур-ием:

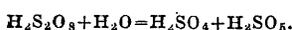


Соли нитрозилсерной к-ты неизвестны; ангидрид ее получается также действием SO_2 на NO :

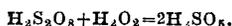


он образует белые кристаллы с $t_{пл.}$ 217° и $t_{кип.}$ 360°. Известен хлорангидрид нитрозилсерной к-ты $NO_2 \cdot SO_2 \cdot Cl$, получаемый из $NOCl$ и SO_2 ; белая масса, разлагающаяся при нагревании и растворимая в олеуме.

Надсерная кислота $H_2S_2O_8$. Химизм образования аналогичен химизму образования дитионовой к-ты, только электрон отнимается здесь не от HSO_3 -иона, а от HSO_4 -иона. Получается электролизом серной к-ты (см. *Перекиси*). С водой надсерная к-та дает к-ту Каро:



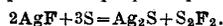
Кислота Каро H_2SO_5 получается также действием перекиси водорода на надсерную к-ту:



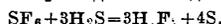
Обе последние к-ты являются окислителями (см. *Перекиси*).

Галоидные С. с. Сера, соединяясь с галоидами, образует обычно вещества типа S_2R_2 . Кроме того известны соединения типа SR_6 и SR_4 . Существование соединений типа SR_2 пока сомнительно.

С фтором сера образует два соединения— S_2F_2 и SF_6 . Фтористая сера S_2F_2 получается при сплавлении серы с фтористым серебром при $t_{пл.}$ серы.

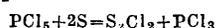


S_2F_2 —тяжелый бесцветный газ с запахом хлористой серы; водою разлагается, выделяя SO_2 , HF и S. Мол. в. газа 93, а при более высокой t° лишь 86; обе величины заметно меньше, чем это следует из ф-лы S_2F_2 . При низкой t° застывает в кристаллы, плавящиеся при $-105,5^\circ$. Уд. в. жидкой S_2F_2 при -100° равен 1,5. Ш е с т и ф т о р и с т а я с е р а SF_6 образуется из элементов с выделением тепла (в медной трубке); бесцветный, не имеющий запаха, химически инертный, тяжелый газ, уд. в. 5,03. Замерзает в кристаллич. массу с $t_{пл.}$ -55° . В жидком состоянии SF_6 стабильна лишь при повышенном давлении. Уд. в. жидкой SF_6 $D^{20} = 1,31$. SF_6 мало растворима в воде; несомненно лучше в спирте. В воздухе не горит. При t° , близких к $t_{пл.}$ реагирует со щелочными и щелочноземельными металлами; с H_2S медленно выделяет серу:

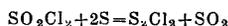


Соединение интересно своей малой реакционной способностью и той прочностью, с которой удерживаются, очевидно за счет главной валентности, все шесть атомов F.

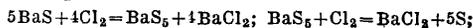
Соединения серы с хлором. Известны хлориды S_2Cl_2 , SCl_2 (?) и SCl_4 . Наиболее постоянным из них является S_2Cl_2 ; два других хлорида гораздо менее прочны, причем существование SCl_2 подвергается сомнению. О д н о х л о р и с т а я (обыкновенная хлористая) сера S_2Cl_2 получается при действии Cl на расплавленную серу. В технике эта реакция проводится в железных реакторах при $125—130^\circ$. Для этой же цели применяется иногда раствор S в хлористой сере, на к-рую действуют хлором на холоду. Кроме этого S_2Cl_2 получается при взаимодействии хлористого фосфора и серы по следующему уравнению:



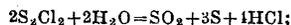
и сульфурхлорида с серой по уравнению:



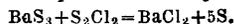
в присутствии $AlCl_3$. Хлористая сера получается также при действии хлора на сульфиды, например



S_2Cl_2 желтая жидкость с неприятным запахом, $t_{пл.}$ -80° , $t_{кип.}$ $137,7^\circ$. Уд. в. 1,70941. Теплота образования 14 260 Cal ($2S_{(в)} + Cl_{2(газ)} = S_2Cl_{2(газ)} + 14 260$ Cal). Плотность пара $\Delta = 4,70$. Коэф. преломления $n_D = 1,65298$. Диэлектрич. постоянная (для $\lambda = \infty$) при 12° равна 5,3; S_2Cl_2 хорошо растворяет (особенно при нагревании) серу, а также Cl_2 и Br_2 . В воде S_2Cl_2 нерастворима и быстро гидролизуется по ур-ию:

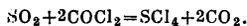


гидролиз протекает в несколько стадий и сопровождается побочными реакциями. S_2Cl_2 является прекрасным растворителем для CS_2 , SO_2 , H_2S , Br, J, хлоридов As, Sb, Sn, Cd, Hg, углеводородов и т. д. S_2Cl_2 ядовита, хотя и несколько менее, чем сероуглерод. Применяется хлористая сера при вулканизации каучука холодным способом, для получения четыреххлористого углерода (несколько устаревший метод), этиленхлоргидрина из гликоля, дихлоргидрина из глицерина, для получения уксусного ангидрида и т. д. В войне 1914—18 гг. S_2Cl_2 применялась в производстве *иприта* (см.) и хлористого мышьяка [2]. S_2Cl_2 м. б. применена для извлечения серы из полисульфидов, напр.



Ранее она применялась также для борьбы с вредителями в сельском хозяйстве.

Четыреххлористая сера SCl_4 , темнокоричневая жидкость, полученная Руффом (Ruff) действием Cl_2 на S_2Cl_2 в запаянной трубке. Замерзает в кристаллы, плавящиеся при -31° . При комнатной t° диссоциирует на Cl_2 и S_2Cl_2 . Водой гидролизует, образуя SO_2 и HCl . Легко образует комплексные соединения типа $SCl_4 \cdot MeCl_n$, где $Me = Sb, Sn, V, Fe, Ti, J$. Получается кроме того [3] действием фосгена на SO_2 :



Двуххлористая сера, — коричнево-красная жидкость, по составу приблизительно отвечающая ф-ле SCl_2 , получающаяся при действии избытка хлора на S_2Cl_2 ; применяется при синтезе азотистой серы.

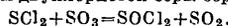
Из соединений серы с бромом известен лишь низший тип — бромистая сера S_2Br_2 , полученная растворением серы в жидком бром. Красная жидкость уд. в. 2,6355 (при 20°), $t_{пл.} -46^\circ$, $t_{кип.} +54^\circ$. Разагазается водой аналогично S_2Cl_2 . Употребляется в органическом синтезе для бромирования.

Соединения серы с иодом с достоверностью не известны.

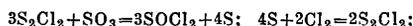
Оксигалоидные соединения. Сера образует ряд оксигалоидных соединений типа $SOCl_2$ и SO_2Cl_2 , из к-рых наибольшее значение имеет хлористый сульфурил (сульфурилхлорид) SO_2Cl_2 . Последний образуется при непосредственном соединении SO_2 и Cl_2 . Равновесие $SO_2 + Cl_2 \rightleftharpoons SO_2Cl_2$ при обычных темп-ре и давлении смещено в сторону образования SO_2Cl_2 , тем не менее взаимодействие имеет место лишь в присутствии катализаторов или химических активных лучей. Катализаторами служат активный уголь, уксусный ангидрид или камфора. Реакция над камфорой идет при комнатной t° с достаточной скоростью. По методу BASF [1] камфору растворяют в жидком SO_2 и вводят жидкий хлор. По англ. методу в реактор загружают некоторое количество готового SO_2Cl_2 и в качестве катализатора — порошкообразный активный уголь, непрерывно взмучиваемый (механич. перемешиванием) в жидкой реакционной среде, затем пропускают непрерывный ток хлора и SO_2 , выпуская время от времени образующийся SO_2Cl_2 через фильтр. Дистиллированный SO_2Cl_2 почти бесцветен, но при стоянии, особенно на свету, желтеет вследствие диссоциации и образования свободного Cl_2 . Для получения возможно более чистого SO_2Cl_2 удаляют (по Вальдену) продукты разложения пропуская инертного газа, напр. CO_2 . Хлористый сульфурил — бесцветная, слабо дымящая жидкость с уд. в. $D_4^{20} = 1,70814$ и $t_{кип.}$ (при 760 мм) $69,3^\circ$. Темп-ра замерзания определена ненадежно (от -68° до -46°). Теплота образования при синтезе: $SO_2(г) + Cl_2(г) = SO_2Cl_2(ж.) + 18700$ Cal. Теплота образования из элементов $89,540$ Cal [$S(тв.) + O_2(г) + Cl_2(г) = SO_2Cl_2(ж.) + 89,540$ Cal]. Средняя уд. теплоемкость (в интервале $15-63^\circ$) $0,233$. Коэф. преломления $n_D = 1,44375$. Электропроводность SO_2Cl_2 очень мала. SO_2Cl_2 является растворителем ряда иодидов (Rb, Cd, Hg, Sn, As), для $FeCl_3$, углеводородов и т. д. SO_2Cl_2 хорошо смешивается с жидким SO_2 ; SO_2Cl_2 гидролизуетс я водой (холодной) сравнительно медленно, с присоединением сначала одной, а затем и второй OH-группы и отщеплением HCl ; SO_2Cl_2 обладает сильным хлорирующим действием, к-рое усиливается в присутствии катализаторов; так, в присутствии $AlCl_3$, SO_2Cl_2 хлорирует растворенную в нем серу при обычной t° (в отсутствии $AlCl_3$ процесс протекает при 200°). Натрий, цинк, ртуть, сурьма, мышьяк и фосфор (до PCl_5) хлорируются SO_2Cl_2 уже при комнатной t° . Окислы металлов не реагируют обычно с SO_2Cl_2 при комнатной t° (кроме окислов Hg и Pb). В органич. синтезе

SO_2Cl_2 применяется для производства уксусного ангидрида из уксусной к-ты и в ряде реакций хлорирования. В военно-химическом деле SO_2Cl_2 имел некоторое применение при снаряжении химических снарядов, в которых он играл роль растворителя для O. В. и дымообразователя.

Хлористый тионил (тионилхлорид) $SOCl_2$ получают впервые действием SO_2 на PCl_5 ; образуется также при действии Cl_2O на серу; обычно же получают $SOCl_2$ окислением двуххлористой серы серным ангидридом:



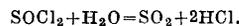
Во избежание потерь хлора на герм. ф-ке Grisheim применяется не SCl_2 , а S_2Cl_2 , и выпадающая сера регенерируется в виде S_2Cl_2 :



$SOCl_2$ — бесцветная жидкость с неприятным запахом, напоминающим SO_2 . Уд. вес $1,675$. Температура замерзания -105° , $t_{кип.}$ $78,8^\circ$, теплота испарения $54,5$ cal/2 или 6480 cal/мол. Средняя уд. теплоемкость (между 17 и 60°) $0,243$. Теплота образования 47200 Cal.



Коэф. преломления $n_D = 1,5271$. Водой $SOCl_2$ легко гидролизуется:

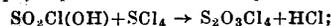


$SOCl_2$ обладает хлорирующим и окислительным действием. Так, Se, Sb, Zn окисляются $SOCl_2$, причем образуются соответствующие высшие хлориды. Железо хлорируется по у-рю



(в присутствии избытка железа получаются $FeCl_2$ и FeS). Олово с избытком $SOCl_2$ дает $SnCl_4$; сурьма, мышьяк, золото и некоторые другие металлы реагируют с $SOCl_2$ в интервале $t^\circ 20-200^\circ$. Окислы металлов хлорируются $SOCl_2$ до безводных хлоридов; эта реакция представляет технич. интерес. HBr и HJ реагируют с $SOCl_2$, причем первый образует $SOBr_2$ и HCl , а второй — SO_2 , HCl , J_2 и серу. NH_3 и H_2S реагируют с $SOCl_2$ более сложно. $SOCl_2$ с $AlCl_3$ и $AlBr_3$ дает комплексные соединения — $2AlCl_3 \cdot SOCl_2$ и $2AlBr_3 \cdot SOBr_2$. С органич. соединениями $SOCl_2$ вступает в разнообразные реакции.

Оксилорид серы $S_2O_3Cl_4$ — единственное твердое соединение серы типа хлоросисы. Получается при пропускании влажного хлора в смесь S_2Cl_2 и Cl_2 или действием хлорсульфоновой к-ты на SCl_4 :



иглычатые кристаллы со своеобразным запахом; $t_{пл.}$ 57° (с частичным разложением). При хранении разлагается постепенно ($S_2O_3Cl_4 \rightleftharpoons SOCl_2 + SO_2Cl_2$), водой — быстро.

Хлорсульфоноязид $ClSO_2H$, бесцветная, сильно дымящая на воздухе жидкость, при сильном охлаждении застывающая в твердую массу. Плавяющаяся при $-81-80^\circ$; $t_{кип.}$ (сопровождающаяся частичным разложением) $155-156^\circ$ (при 14 мм давления); $D^{18} = 1,776$. С водой разлагается со взрывом на HCl и H_2SO_4 ; с Te дает красную, с Se зеленую окраску. При нагревании с H_2SO_4 дает SO_2 , HCl , H_2SO_4 и S_2Cl_2 , с 100%-ной H_2O_2 разлагается на к-ту Каро и надсерную к-ту; сульфuriрует ароматич. соединения. С ее помощью из ароматич. углеводородов получают хлориды серной к-ты. Соли ее, например $ClSO_2Na$, получают нагреванием к-ты с хлористыми металлами, напр. с $NaCl$. К-ту получают из пиросерной к-ты, вводя в нее сухие пары HCl . Целесообразнее всего действовать HCl на газообразный SO_3 в реакционных башнях или пропускать газ в готовую $ClSO_2H$. Применяется как контактное вещество при изготовлении сахараина, при апетилировании целлюлозы. Смесь $ClSO_2H$ (60%) с SO_3 (40%) во время войны пользовались для получения дымовых завес.

Тионилбромид $SOBr_2$, оранжевая жидкость, $D^{18} = 2,68$, $t_{кип.}$ (при давлении 400 мм) $\sim 68^\circ$, $t_{заст.}$ 50° ; уд. в. (при 18°) $2,68$.

Азотистая сера, или сернистый азот, N_4S_4 . В настоящее время атому соединению приписывают циклич. структуру — чередованием атомов S и N в восьмичленном цикле ($-N-S-N-S-$). Уд. вес N_4S_4 $2,24$; $t_{пл.}$ 178° ; взрывает от удара, трения и при нагревании до 207° ; при поджигании горит без взрыва; растворима в бензоле, хлороформе, CCl_4 , спиртах, CS_2 и жидком аммиаке. По-

лучается пропусканием сухого NH_3 в раствор S_2Cl_2 в бензоле при охлаждении; перекристаллизовывается [5] из CS_2 или CCl_4 . Употребляется в запахах, напр. для тринитротолуола, в смеси с азидом свинца [9]. Было выделено также аналогичное соединение, соответствующее гидриду сернистого азота (HSN_2), также с циклич. структурой ($-\text{N}=\text{SH}-$).

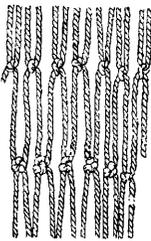
Из роданидов серы известны $\text{S}_2(\text{CSN})_2$ и $\text{S}(\text{CSN})_2$ —твердые бесцветные кристаллич. вещества.

Лит.: 1) Г. П. 229274; 2) Ullm. Enz., B. 10, p. 143; 3) Г. П. 284935; 4) Г. П. 138531; 5) Walbing, «Z. anorg. Ch.», Lpz., 1908, v. 57, p. 281; 6) Wöhler, «Z. ang. Ch.», 1911, v. 24, p. 2089. См. также Сера и Серная кислота. Б. Ориент.

СЕТИ РЫБОЛОВНЫЕ, редкая ткань, служащая для ловли рыбы. Нитки этой ткани в местах перекрещения сплетены узлами, образующими глазки или т. н. «ячей», в виде ромбов (фиг. 1а, 1б и 1в). Основа А идет с бобин, уток Б—со шпуль. По классификации С. р. разделяются на 2 основные группы. К первой группе относятся сетное полотно, идущее для изготовления ставных и плавных сетей, носящих общее наименование жаберных сетей; ко второй—



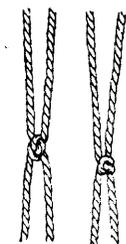
Фиг. 1а.



Фиг. 1б.

сетное полотно, идущее для изготовления неводов, ловушек и др. других орудий рыбной ловли, носящих

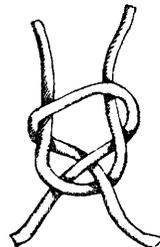
общее название сетей дели. Сети других наименований—разновидность одной из указанных выше групп. Для изготовления сетей служат нитки разных номеров, изготовленные из разных видов сырья. Сырьем для изготовления пряжи и ниток для сетей служит пенька, лен, хлопок и шелк (в незначительном количестве). Для изготовления пеньковой пряжи идет исключительно пенька высших сортов первых групп. Изготавливается пряжа как мокрого, так и сухого прядения № 8, 10 и 12. При изготовлении нитки из пряжи количество сучений берется в зависимости от требуемых №№ и крепости ее и м. б. в 3, 4, 5 и 6 сучений; нитка особой крепости, называемая перекрутом, изготавливается из трех ниток по три сучения. Наиболее употребительные №№ ниток, идущих для изготовления сетей, следующие: 8/3, 8/4, 8/5, 8/6, 10/4, 10/6, 8/3/3. Из хл.-бум. пряжи изготавливают гл. обр. следующие №№ ниток для сетей: 20/3, 20/9, 20/12. Из льняной пряжи № 24 и 30 повышенной добротности изготавливают нитку для сетей гл. обр. в 2 и 3 сучения. Наиболее употребительна льняная нитка № 30/2 и 30/3. Из хл.-бум. фильдекосовой пряжи 50—60—80—100—120 готовится нитка б. ч. в 6 сучений. Отличительной особенностью ниток для С. р. является повышенная добротность пряжи, из к-рой готовится нитка, значительная крепость и эластичность.



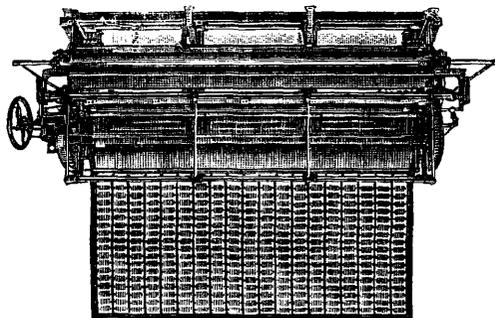
Фиг. 1в.

Неводные С. р.—дели—изготавливают из пеньковой и хл.-бум., а жаберные сети—из льняной и фильдекосовой ниток. В зависимости же от

величины ячеек и их числа по ширине сети для каждого из видов сетей берется разная по номеру и числу кручений нитка. До последнего времени сетевязальные ф-ки получали готовую нитку (по специальным заказам), изготавливаемую другими ф-ками. В связи со специализацией сетевязальные фабрики стали изготавливать пряжу и нитки сами, и т. о. весь процесс сетевязания, начиная с обработки сырья и кончая готовой сетью, сосредоточен в одном месте. По виду сырья и роду изготавливаемых С. р. сетевязальные ф-ки разделяются на пеньковые ф-ки, изготавливающие сети-дели из пеньковых и хл.-бум. ниток, и льняные ф-ки, изготавливающие жаберные сети из льняных и фильдекосовых ниток. В довоенное время главное место по выработке С. р. занимали кустари. В последнее время благодаря большой производительности сетевязальных машин, качеству и более дешевой стоимости механич. обработ-

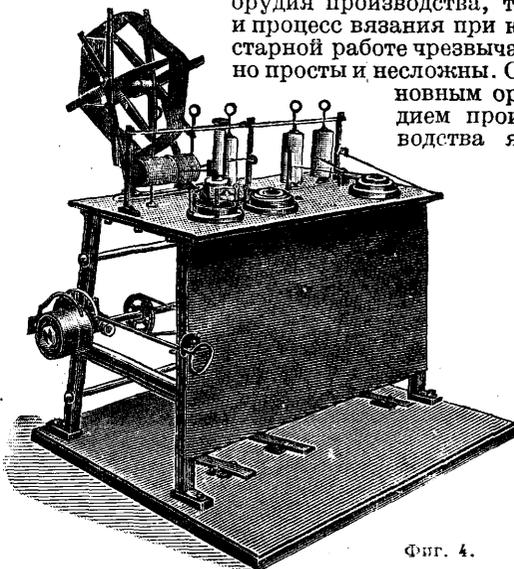


Фиг. 2.



Фиг. 3.

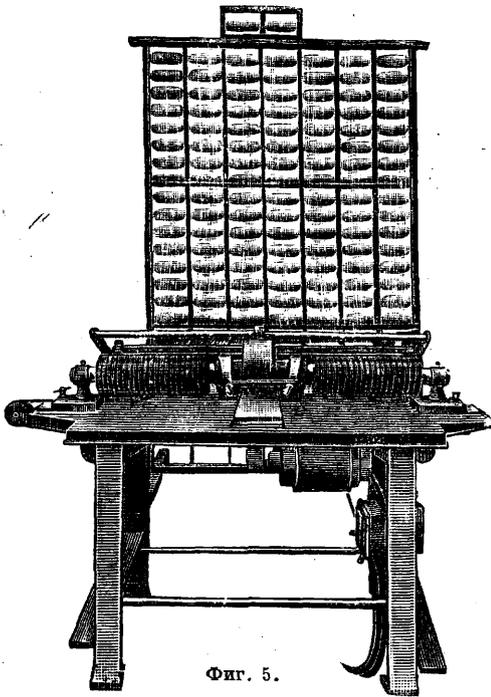
ка значительно увеличилась. Ручным вязанием сетного полотна занимаются и в настоящее время довольно значительные районы. Как орудия производства, так и процесс вязания при кустарной работе чрезвычайно просты и несложны. Основным орудием производства яв-



Фиг. 4.

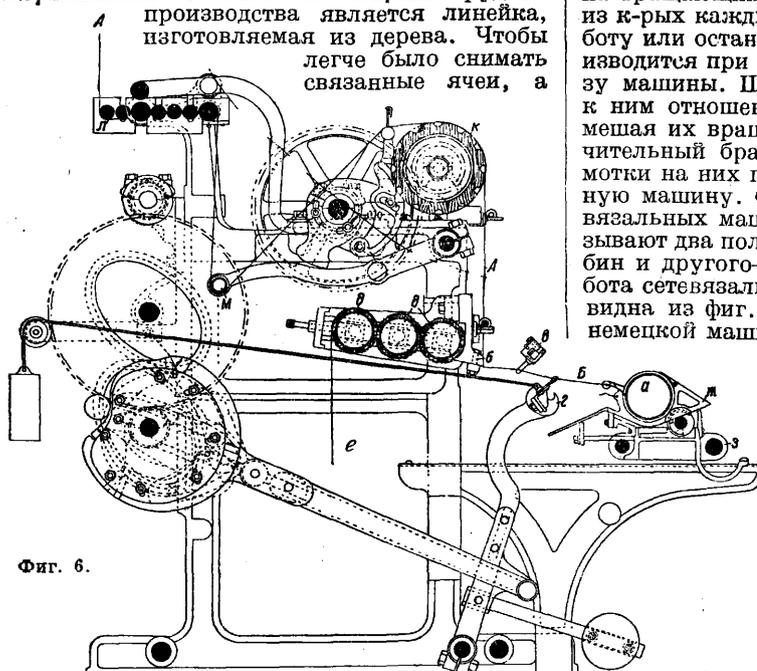
ляется игла, представляющая собой длинную пластинку, заканчивающуюся с одной стороны дужкой, с другой—овальной дугой с язычком, изготовленная из различного материала: креп-

ких пород дерева (дуба, клена, рябины и пр.), металла (железа, стали) или кости. По своему внешнему виду и размерам иглы различны. Дли-



Фиг. 5.

на игл в зависимости от рода изготавливаемого сетного полотна и ширины ячей 20—30 см; бывают иглы и длинные. Очень часто игла носит еще, название челнока. Вторым орудием производства является линейка, изготавливаемая из дерева. Чтобы легче было снимать связанные ячеи, а



Фиг. 6.

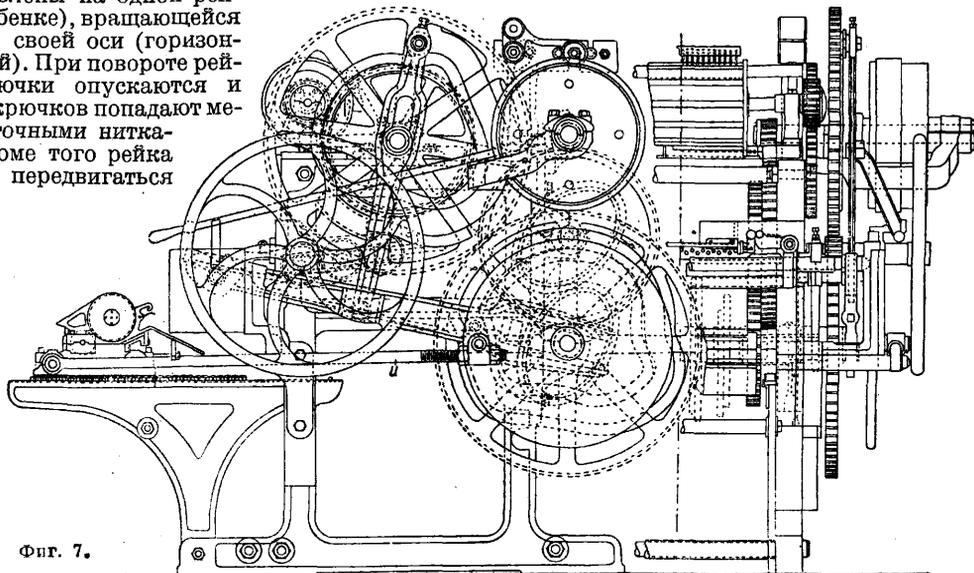
также чтобы лучше и крепче затягивался узел, края линеек уточняются. Обыкновенно иглы и линейки готовят кустарным способом. Виды узлов, употребляемых при вязке, различны. Общеупотребителен так называемый двой-

ной узел (фиг. 2). Кроме этого употребляют еще двойной крестовой, скользящий и комбинированный узлы. Для получения сети определенной ширины сетное полотно сшивают в местах кромки. С целью обеспечения максимального улова сетному полотну при помощи различных приспособлений придается различная форма. Это делается гл. для того, чтобы снасть во время лова была растянута и ячеи были достаточно натянuty. Придание той или иной формы и устройство приспособлений, способствующих натяжению ячеи, носит название посадки сетей и записит гл. обр. от рода сетей и цели их назначения.

Механич. вязка С. р. производится на сетевязальных машинах разных систем: немецкой, французской и японской. Сетевязальные ф-ки СССР оборудованы гл. обр. франц. машинами и в незначительном количестве немецкими. На фиг. 3 изображена сетевязальная машина сист. Либеркнехта. Механич. вязка С. р. делится на три стадии: приготовительный процесс, сетевязание и отделка С. р. Приготовительный процесс состоит из перемотки вареных ниток на бобины—для основы и на шпули—для утка. На бобины размотку производят на крестомотальных машинах (см. *Мотальная машина*); перемотка на шпули производится на шпульном столе обычно с числом головок 2—10. На фиг. 4 изображен шпульный стол с тремя головками: каждый шпиндель включается отдельно путем нажатия педали. Этот стол может служить также для перемотки пряжи с мотков. При большом производстве С. р., когда их вырабатывают из одного № пряжи, применяют шпульные столы большой производительности—до 200 шпудл (фиг. 5). Уточные шпули устанавливают на вращающихся горизонтальных шпинделях, из к-рых каждый отдельно м. б. включен в работу или остановлен. Останов всего стола производится при помощи нажатия на педаль внизу машины. Шпули требуют очень бережного к ним отношения; малейшее искривление их, мешая их вращению в челноке, вызывает значительный брак. Бобины и шпули после намотки на них пряжи поступают на сетевязальную машину. Основной принцип работы сетевязальных машин состоит в том, что очи связывают два полотна (ряда) ниток, одного—с бобин и другого—со шпудл. Конструкция и работа сетевязальной машины в основных частях видна из фиг. 6, 7 и 8, где приведены чертежи немецкой машины новейшей конструкции з-да

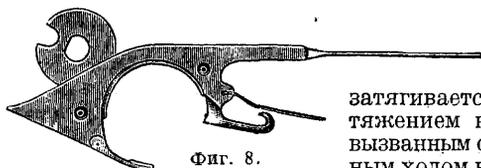
A. G. Itzehoe. Ряд основных ниток А сходит с бобин, находящихся на установленном сзади машины шпулярике; ряд ниток В (уточных) сматывается с уточных шпудл а. Оба ряда встречаются на поперечной балке б, где они при помощи крючков в верхней гребенки и нижних гребней з при посредстве челнока ж завязываются узлом и затем в виде готовой сети е отводятся натяжными роликами д. Челноки ж (фиг. 6) установлены рядом на скользящей тележке з, к-рая перемещается по машине при посредстве тяги и (фиг. 7), действующей от эксцентрика. Число челноков соответствует числу ячей, расположенных по ширине машины; т. о. машина в 400 челноков вырабатывает

при одном ходе машины 400 ячеей по всей ширине сети. Количество крючков и нижних гребней соответствует числу челноков. Крючки в установлены на одной рейке (гребенке), вращающейся вокруг своей оси (горизонтальной). При повороте рейки крючки опускаются и зубья крючков попадают между точными нитками; кроме того рейка может передвигаться



Фиг. 7.

по направлению оси для захвата уточной нити крючком. Крючки также могут вращаться вокруг своих осей вправо и влево. При работе машины крючки благодаря движению рейки и своему вращению захватывают поочередно то уточные то основные нити, причем из них образуются петли. Для образования узла через петлю проходит челнок, в то же время узел



Фиг. 8.

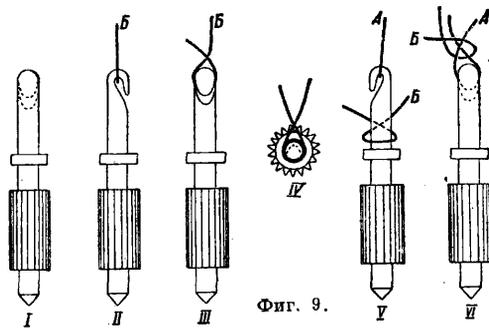
затягивается натяжением нитей, вызванным обратным ходом ниточного вальшна (фиг. 6) и работой нижних гребней *г*, захватывающих уточные нити. Работа крючков, образование петель перед затягиванием узлов изображены на фиг. 9: *А* — нитки основы, *Б* — нитки утка.

Чтобы получить узел хорошо затянутый, одинаковой плотности и равномерности, необходимо, чтобы нитки, идущие с бобин и шпуль, были одинаково натянуты. Уточная нитка при выходе из шпули обвивается вокруг крючка челнока два раза, чем достигается большая сопротивляемость вытягиванию. Нитка основы проходит через зажимные валы *Л* (фиг. 6) и задевается за осадный вал *М* и затем обвивается два раза вокруг ниточного вальшна *К*, покрытого с целью уменьшения скольжения нитки наждаком. В том случае, когда узел получается перетянутым в сторону нитей, идущих со шпуль, валы *Л* при помощи нажимных винтов *м. б.* прижаты друг к другу, благодаря чему создается большее сопротивление при протягивании нитей; это увеличивает натягивание нитки и выравнивает узел. Чтобы пропустить челнок через петлю, необходимо, чтобы диам. петли был равен диам. челнока.

Сетевязальные машины конструируют с разным количеством челноков. Это количество челноков зависит от № ниток, из к-рого плетется

сетное полотно. Минимальное количество челноков для толстой пряжи составляет 50 при диам. шпуль в челноке 200 мм и расстоянии

между челноками 35 мм. При работе тонкими нитками на этой же машине *м. б.* максимально установлено 700 челноков при диаметре шпули в 56 мм и расстоянии между челноками 5 мм. Размер челнока и шпули и расстояние между челноками берутся в зависимости от требуемой величины ячей. Размер ячей осуществляется сменной необходимыми в каждом случае шестерен, передающих движение наборных валов. На одной сетевязальной машине можно сделать разное количество *С. р.* в зависимости от того, какой ширины *С. р.* нужна. По краям сетки ставится обычно нитка двойная или более толстая, чем та, к-рая идет в сеть, и носящая название кромочной. На машине можно также работать разными нитками и получать *С. р.* различного назначения. На фиг. 10 изображе-

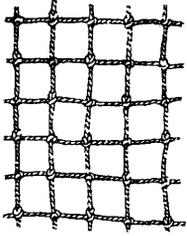


Фиг. 9.

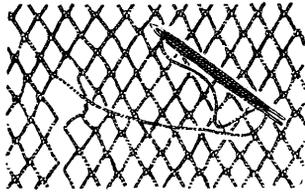
на *С. р.* с горизонтально расположенными ячейми. Ширина сети определяется числом этих ячеей, а длина сети измеряется при вытягивании ее в виде жгута. Для того чтобы получить из нескольких узких сетей широкую, достаточно в местах кромки обеих или нескольких сетей последние сшить (фиг. 11); можно из одного сетного полотна получить несколько сетей, разрезав сетное полотно по кромке. Потребная мощность для сетевязальной машины 0,5 лр. Машина в 500 челноков обслуживается одной сетевязальщицей. Основными еди-

нинами измерения производительности сетевязальной машины являются число ячей в сети по ширине ее и их размер. При подсчете производительности обычно исходят из следующих норм: для льняных сетей—30 ячей (по ширине сетей) размером 37 мм; для хл.-бум. делей—100 ячей размером 22 мм; число ячей (по ширине сетей) 100 шт.; для фильдекосовых сетей—30 ячей по 30 мм; число ячей по ширине сетей 30 шт.

Производительность сетевязальной машины определяется на 1 000 челноков в 1 ч. Так как часть челноков между сетными полотнами остается незаправленной или заправляется цветной ниткой, чтобы отделить сети друг от друга, то на это количество обычно сбрасывается 4% общего количества челноков, по которым



Фиг. 10.



Фиг. 11.

идет исчисление производительности. В виду того, что размеры шпуль небольшие и вызывают частую необходимость смены, а также в виду частых обрывов, кпд машины считается обычно равным 0,50. Принимается также во внимание при расчете количества ходов каретки (в среднем 9,5 в 1 мин.). Так обр. производительность сетевязальной машины (по ОСТ) м. б. выражена следующей формулой:

$$\frac{A \cdot B \cdot V \cdot Г \cdot Д \cdot Е}{Ж \cdot З \cdot И}$$

где *A*—размер ячей в мм, *B*—число тыс. челноков, *V*—число ходов каретки в мин. (здесь принято 9,5), *Г*—время (60 мин.), *Д*—коэф-т загрузки челноков ($D=0,96$), *Е*—кпд машины ($E=0,5$), *Ж*—1 000 мм, *З*—длина одной сетки (144 м), *И*—число ячей по ширине сетки ($I=30$). Подставляя в ф-лу вышеуказанные величины при размерах ячей в 37 мм, мы получим, что производительность 1 000 челноков в 1 ч.—2,35 сетки по 144 м каждая. Чтобы узнать производительность 1 000 челноков в смену, достаточно 2,35 умножить на число часов работы в смену. При других размерах ячей, числе ходов каретки и количестве ячей по ширине для вычисления производительности соответствующие цифровые выражения подставляются по формуле ОСТ 436.

Снятие с машины сетные полотна подвергаются браковке, заключающейся в просмотре полотна и нахождении порванных ячей, незаконченных или оборванных нитей, а также в проверке правильной затяжки узла. Все полотно с замеченными дефектами передается для исправления в чинку, где работники вручную (деревянными иглами) производят соответствующие исправления. Для затяжки слабых узлов С. р. подвергается вытяжке. После просмотра и починки С. р. упаковывают, причем каждую свертывают в куклы. Куклы на обоих концах перевязывают по изгибу и в трех местах по длине. Перевязанные т. о. С. р. пакуют в паковочную ткань в кипы весом 50—80 кг. Рыбаки обычно подвергают С. р. противогнилостной пропитке дубовым экстрактом,

после чего их готовят к посадке. Благодаря широко развитому рыболовному промыслу производство С. р. было распространено в России. Производство это в довоенное время было развито в районах крупных месторождений технич. культур (льна и конопли) и в районах рыболовства. Густая сеть этих промыслов была расположена в прибрежных селениях крупных рек (Днепр, Волга, Ока, Кама). Кустари этих районов обслуживали также и рыбные промыслы морей, в к-рые впадают указанные речные системы. К 1900 г. стали появляться механизированные ф-ки, к-рые изготовляли пряжу и нитку для С. р. Сильное развитие рыболовства требовало значительного количества сетей. Производимого внутри страны кустарями количества С. р. было недостаточно для удовлетворения потребностей рыболовной пром-сти. Кустари, эксплуатируемые скупщиками и фабрикантами, не развивали производства, и недостающее количество С. р. приходилось компенсировать импортом, причем импортировалась гл. обр. хл.-бум. сети и пряжа.

Табл. 1.—Производство и ввоз рыболовных сетей.

Годы	Производилось в России				Ввозилось хл.-бум. С. р.	
	пеньковые и льняные С. р.		хл.-бум. С. р.		т	р.
	т	р.	т	р.		
1910	198	316 599	2,0	9 920	419,5	408 194
1911	129,8	208 059	0,6	2 800	480	539 420
1912	420,7	722 269	11,1	57 460	667,1	578 512
1913	—	—	—	—	996,4	1 046 622

Табл. 1 указывает на явный рост потребления С. р., который объясняется расширением и развитием рыболовного промысла. Покрытие потребности идет гл. образом за счет импорта, который рос значительно выше производства; значительный рост импорта объясняется тем, что возимые С. р. были значительно дешевле вырабатываемых кустарями, благодаря чему кустарное производство стало падать, т. к. не в состоянии было конкурировать с механизированным. Наиболее интенсивно импорт С. р. шел из Германии, Норвегии и Японии; С. р. из этих стран попадали гл. обр. на ближайшие рыбные промыслы. Основными потребителями ниток и сетей до 1914 г. были местности, тяготеющие к городам: Сталинграду, Астрахани, Баку, Архангельску, и районы Азовско-Черноморский, Северо-Западный, Сибирский и Уральский и район Аральского моря. На табл. 2 даны сведения потребления сетей в России и источники их покрытия.

Табл. 2.—Потребление рыболовных сетей в России (в т).

Наименование С. р.	Потребность	Покрытие внутри страны		Ввоз
		фабр.	куст.	
Пеньковые дели . . .	750	330	420	—
Хл.-бум. » . . .	217	—	—	217
Льняные сети . . .	500	165	325	—
Фильдекосовые сети . . .	170	15	—	155

Следует отметить, что в зависимости от сырьевых районов шла в царской России и специализация по изготовлению сетей: так, районы, богатые пенькой, давали гл. обр. пенько-

вые сети, богатые льном давали льняные сети. В связи с этим главная масса пеньковых сетей (дели) шла из Нижегородского края, где расположена Решетихинская фабрика и значительный кустарный район, льняные же сети шли с ф-к Решетихинской и Астраханской; кроме того на места лова поступали с ф-к значительные количества льняных и пеньковых ниток, перерабатываемых кустарями в С. р. Быстрое восстановление и развитие рыболовного промысла, охват новых районов, коллективизация рыбацкого бедняцко-средняцкого хозяйства требуют значительных количеств С. р. После Октябрьской революции выработка С. р. была сосредоточена в организованном специальным тресте Сетеснасть, а в настоящее время в Союзпенькоджуте. В состав этого объединения входят сетевязальные ф-ки: Решетихин- Табл. 3.—Рост числа машин на фабриках Союзпенькоджута.

Фабрики	1928 г.	1929 г.	1931 г.	1932 г.
Решетихинская	39	59	76	82
Касимовская	1	13	132	176
Астраханская	22	22	22	22
Всего	62	94	230	280

ская пенькопрядильная и сетевязальная ф-ка, Астраханская сетевязальная ф-ка и Касимовская льно-пенькопрядильная и сетевязальная ф-ка. Рост числа машин на этих ф-ках характеризуется данными, приведенными в табл. 3.

СЕТИ ТЕЛЕФОННЫЕ, совокупность станционного и линейного оборудования, предназначенного для осуществления телефонной связи абонентов. Телефонная связь в СССР подразделяется на городскую, пригородную, междугородную и низовую, однако такая классификация имеет условный характер. В действительности произвести более или менее строгое разделение на указанные виды связи не представляется возможным. Рост удаленных пригородов, усиливающаяся связь их населения с общей жизнью города и образовании «больших» городов, охватывающих огромные территории, уже в настоящее время сильно сглаживают отличительные черты этих видов телефонной связи. Перспективы же развития связи в ближайшем будущем позволяют говорить об органическом слиянии всех видов телефонной связи в одну общую телефонную связь страны. Такой процесс изменения характера отдельных видов связи особенно резко сказывается на городских С. т. Первоначальная роль этого вида телефонной связи, в основном сводившаяся к обслуживанию городского населения в пределах официальной границы города, в результате присоединения к городским С. т. значительного количества дальних абонентов постепенно расширяется, захватывая область пригородной связи. Далее, потребность телефонизации отдельных крупных промышленных комбинатов (например Кузнецкого бассейна) по типу городской связи стирает грань между городскими С. т. и междугородной связью. Также коренные изменения в существе задач, стоящих перед городскими С. т., требуют изменения и технических приемов устройства сети, ассимилируют основные способы оборудования междугородной связи. Отсюда, взамен первоначальной классификации телефонной связи все чаще и чаще начинает входить в обиход разделе-

ние только на два вида связи—на дальнюю и городскую связь, причем их отличительным признаком может служить лишь характер процедуры предоставления связи. В этом отношении городские С. т. характеризуются простой процедурой предоставления связи с затратой времени на все операции по осуществлению требуемого соединения с момента ответа станции до момента посылки вызова абоненту от 8 ск. на станциях системы ЦБ до 12—18 ск. на станциях систем МБ и АТС. Дальняя связь (см. *Междугородные телефонные станции*) характеризуется усложненной процедурой предоставления связи. В последнем случае является необходимым произвести предварительный заказ на требуемое соединение, после чего телефонная станция выполняет работу по подготовке этого соединения, и, когда все элементы связи подготовлены, станция предоставляет требуемую связь вызвавшему абоненту. Затрата времени с момента вызова станции для передачи заказа на требуемое соединение до момента предоставления связи значительна и определяется от нескольких минут до нескольких часов; т. о. в настоящее время классифицировать телефонную связь возможно лишь по второстепенному признаку—по процедуре предоставления связи, причем и этот признак, оставшийся по традиции от навыков эксплуатации до-революционного периода, имеет временный характер. Дальнейшее развитие телефонной связи сообразно потребностям хозяйственной и общекультурной жизни страны дает основание ожидать полного органич. объединения всех видов телефонной связи. В связи с изложенным в дальнейшем речь идет о городских С. т.

По уставу связи (сборник законов и распоряжений Раб.-кр. Прав. СССР 1929 г. № 22) все виды телефонной связи, в т. ч. и С. т., подразделяются на а) связь общего пользования, б) связь специального назначения и в) связь частного пользования. Сообразно этому оборудованию каждого из указанных видов связи имеет свои специфические особенности.

В технич. отношении С. т. состоят из двух основных частей: станционного оборудования и линейного оборудования. В своей принципиальной схеме устройство С. т. состоит из аппарата абонента, соединенного со станцией абонентской линией из двух или одной проволоки. Абонентские линии на станции оканчиваются приборами, с помощью которых абонент может вызвать станцию и потребовать от нее соединения с любым другим абонентом, присоединенным к этой же станции. Соединение абонентов на станции производится с помощью станции и линии, причем операции по соединению абонентов могут производиться либо вручную либо автоматически. В первом случае станция оборудована приборами «ручной системы» и носит название «ручная телефонная станция», сокращенно РТС, а во втором случае—приборами «автоматической системы» и носит название *автоматическая телефонная станция* (см.), сокращенно АТС. Сущность значения ручной и автоматич. систем станционного оборудования при сооружении С. т. определяется следующими принципиальными соображениями. Линейные сооружения сети, состоящие из абонентских линий, в общей сумме стоимости оборудования составляют 50—60%, между тем использование линейных сооружений ничтожно мало. Даже при самой большой «разговариваемости» абонентов—30

двухминутных разговоров в сутки—абонентская линия бывает занята всего в течение одного часа в сутки, бездействуя в течение остальных 23 ч. Отсюда коэффициент использования абонентских линий достигает в лучшем случае 4%. Если же учесть, что на С. т. всегда имеются «незадействованные» (запасные) линии, то общий действительный процент использования линейного оборудования оказывается еще ниже. На большинстве С. т. коэф. использования колеблется около 1%. Единственным средством повышения использования линейного оборудования является уменьшение средней длины абонентской линии путем устройства районных телефонных станций, обслуживающих только часть всей территории С. т. При этом очевидно, чем меньше емкость районной станции, тем меньший район она обслуживает, тем меньше стоимость малоиспользуемой части сооружений С. т.—абонентских линий. Обычно наилучшая емкость ручных районных телефонных станций определяется в 10 000 номеров.

Каждая районная станция для связи с другими районными станциями имеет соединительные линии, причем при применении ручной системы каждая районная станция должна соединяться с каждой из остальных. Выполнением этого условия достигается определенное качество обслуживания абонентов, так как заставляя абонента получать соединение с вызываемым абонентом более, чем через две станции ручной системы, признается недопустимым. Получаемая при этом паутина соединительных линий при значительном числе районных станций представляет большие строительные и эксплуатационные затруднения. Дальнейшее развитие С. т. и увеличение числа районных станций все более и более усложняют сеть соединительных линий и затрудняют обслуживание станций телефонистками. Собственно, удовлетворительная работа 72 районных станций Лондона и тем более 240 районных станций Нью Йорка при таком способе оборудования С. т. становится задачей неразрешимой. Однако рост числа абонентов на крупных С. т. рисовал перспективы развития их уже в самое ближайшее время, определяемые млн. номеров, причем имеются все основания ожидать, что на этом числе предельная емкость С. т. не останется. В качестве предела современной перспективы, на которую должны рассчитываться отдельные крупнейшие С. т., является оборудование на 10 млн. номеров. Разрешение таких задач для системы ручного обслуживания совершенно не под силу, т. к. технически мыслимый предел для нее определяется в 100—200 тыс. номеров. Применение автоматич. системы устраняет обязательное требование соединять каждую районную станцию с каждой из остальных. Как бы ни было расположено все станционное оборудование, в одном ли месте на центральной станции или на многих районных станциях, как бы эти районные станции ни были соединены между собою,—во всех случаях операция, к-рую должен выполнить абонент для получения требуемого соединения, остается одна и та же—пользование номерным диском, с помощью к-рого набирается номер вызываемого абонента. Отсюда следует, что при применении автоматич. системы процесс районирования С. т. стоит вне зависимости от требований качества обслуживания абонентов. Применение автоматич. системы дает возможность районировать сеть, производя дробление станцион-

ного оборудования по районным станциям до любых, оправдываемых экономич. соображениями пределов, причем схема соединения этих районных станций м. б. выполнена в любой, оправдываемой экономич. соображениями форме.

Конкретные решения о наилучшей емкости районной станции зависят от системы конструкции линейных и станционных сооружений С. т., а также от количества абонентов и расположения их на территории города. Основные требования, которым должны удовлетворять линейные сооружения С. т., заключаются в а) надежности телефонного сообщения, б) возможности расширения линейных сооружений без капитальных переустройств и в) экономичности сооружения. Линейные сооружения состоят гл. обр. из абонентских линий и по отношению к ним составляется схема С. т. Исходя из требования экономичности сооружения, сеть конструируют т. о., что аппарат абонента соединяется не непосредственно с телефонной станцией, а проходит ряд распределительных устройств, в к-рых осуществляется соединение составных частей сети между собою. Таких частей, составляющих сеть абонентских линий, три. Первая из них—магистральная сеть—представляет собою совокупность линий на участке от телефонной станции до уличных распределительных шкафов. Вторая часть—распределительная сеть—представляет собою совокупность линий от распределительного шкафа до абонентской коробки. Наконец третья часть—абонентская сеть—представляет собою совокупность линий от абонентской коробки до аппарата абонента. Такое разделение схемы сети является типовым за исключением малых С. т., линии к-рых состоят из воздушных голых, подвешенных на столбах или стойках проводов. В этом случае аппарат абонента соединяется с телефонной станцией прямо, без захода в какие бы то ни было линейные распределительные устройства. На С. т. с подземными линиями необходимость разделения сети на три части диктуется следующими соображениями. Все исходящие со станции магистральные линии разбиваются по отдельным направлениям, каждое из которых предназначается для обслуживания части территории сети. Общее число исходящих со станции магистральных линий всегда д. б. более намечаемого на данный момент числа абонентов. Этот запас магистральных линий необходим в виду того, что является совершенно невозможным заранее точно предугадать число абонентов, подлежащих присоединению на каждом магистральном направлении. Опыт эксплуатации С. т. показывает, что совершенно достаточным является иметь запас в размере 20% против ожидаемого числа абонентов через 3 г. развития С. т. о. в момент устройства или очередного расширения магистральной сети запас магистральных линий определяется при 20% ежегодного прироста абонентов примерно в 100%. Все магистральные линии выходят со станции в виде крупных подземных кабелей (см.) емкостью обычно 300—1 200 пар и оканчиваются в уличных распределительных шкафах. Распределительные шкафы применяются в СССР двух ходовых типов: на 200 и 400 магистральных линий. Каждый шкаф т. о. обслуживает небольшую территорию С. т. с 200 или 400 абонентами. Из распределительного шкафа выходят кабели распределительной сети, разбивающиеся по

отдельным направлениям, каждое из которых обслуживает часть территории шкафа. Общее число исходящих из шкафа распределительных линий д. б. более числа магистральных линий. Этот запас распределительных линий необходим в виду того, что является совершенно невозможным заранее точно предугадать число абонентов, возможных к присоединению на каждом распределительном направлении. Опыт эксплуатации показывает, что запас распределительных линий должен быть порядка 50% от числа вошедших в шкаф магистральных линий. Все распределительные кабели выходят из шкафа кабелями емкостью обычно 10—200 пар и оканчиваются 10-парными абонентскими коробками, устанавливаемыми на стенах зданий. От абонентских коробок идут однопарные кабели, или шнуры, к аппаратам абонентов. Эти однопарные кабели, или шнуры, представляют собою абонентскую сеть. Все применяемые на С. т. кабели конструктивно состоят из следующих трех основных частей: медных проводящих жил, изолирующей эти жилы оболочки и внешней защитной оболочки. Условия, которым должны удовлетворять телефонные кабели, применяемые на магистральной части сети, определяются ОСТ 2938. Согласно определению этого стандарта каждая жила изолируется непроводящей телефонной кабельной бумагой так, что между жилой и бумагой образуется воздушное пространство, служащее диэлектриком. Жилы кабеля м. б. скручены парами, четверками и т. п. Стандартным диаметром жил кабеля является 0,5 мм и 0,7 мм, причем медная проволока, применяемая для жил, должна удовлетворять ОСТ 420. По конструкции внешних защитных оболочек кабели разделяются стандартом на четыре марки: ТГ—кабель в голой свинцовой оболочке; ТБ—кабель поверх свинцовой оболочки имеет броню из двух железных лент; ТП—кабель поверх свинцовой оболочки имеет броню из оцинкованных железных плоских проволок; ТК—кабель поверх свинцовой оболочки имеет броню из оцинкованных железных круглых проволок.

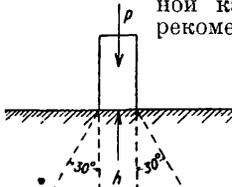
ОСТ 2938 дается следующая таблица нормальных строительных длин кабелей и диаметров поверх свинцовой оболочки.

Нормальные строительные длины кабелей и их диаметры поверх свинцовой оболочки (ОСТ 2938).

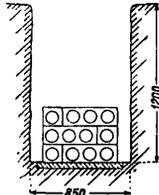
Телефонные кабели на С. т. обычно укладываются двумя способами: или непосредственно в землю или же в специальную телефонную канализацию. Укладка кабелей непосредственно в землю требует разрытия траншеи по наперед выбранной трассе глубиной 0,6—0,7 м. На дно траншеи укладывается бронированный кабель марки ТБ или голый свинцованный, причем в последнем случае кабель сверху закрывается угловым железом, кирпичем в один ряд или доской. Преимущества этого способа укладки кабеля: дешевизна и простота производства работ и возможность намечать трассу со значительными и в любом числе изгибами и обходами встречающихся на пути подземных сооружений и препятствий; недостаток: добавление по той же трассе нового кабеля вызывает необходимость производства затрат на повторное разрытие траншеи. Если иметь в виду, что в процессе развития С. т. добавление кабелей происходит постоянно и что работы по разрытию траншеи со снятием усовершенствованных мостовых вызывают значительные расходы, то укладка телефонных кабелей на С. т. непосредственно в землю является явно невыгодной. Взамен этого до укладки кабеля в требуемом направлении устраивается специальная телефонная канализация. Конструктивно телефонная канализация, применяемая на С. т., представляет собою трубу или систему труб, уложенных на определенной глубине под мостовой или тротуаром, причем через определенные расстояния (100—150 м) канализация прерывается кабельными колодцами, предназначенными для производства работ по протяжке в канализации кабелей, для осмотра их и исправления повреждений. Система канализации с одной трубой-каналом применяется только на распределительной сети, где обычным типом кабелей являются мелкие (не свыше 200 × 2) легкие кабели. В этом случае протяжка и выемка нескольких распределительных кабелей в одном канале особых затруднений не представляет. Однако на магистральной части сети, где применяются крупные (до 1 200 × 2) тяжелые кабели, канализация оборудуется из нескольких каналов, каждый из которых предназначен для одного

Число пар кабелей	Диаметр медной жилы 0,5 мм				Диаметр медной жилы 0,7 мм				Диам. медной жилы	
	Кабели марки ТГ		Кабели марки ТБ и ТП		Кабели марки ТГ		Кабели марки ТБ и ТП		0,5 мм	0,7 мм
	Диам. поверх свинцовой оболочки, мм	Нормальная строительная длина, м	Диам. поверх свинцовой оболочки, мм	Нормальная строительная длина, м	Диам. поверх свинцовой оболочки, мм	Нормальная строительная длина, м	Диам. поверх свинцовой оболочки, мм	Нормальная строительная длина, м	Кабели марки ТК	
									Диам. поверх свинцовой оболочки, мм	
10	10,4	} 1 000	10,2	} 1 000	12,6	} 1 000	12,4	} 1 000	10,4	12,6
20	12,3		11,9		15,0		14,6		12,3	15,0
30	14,2		13,8		17,4		17,0		14,2	17,4
50	17,8		17,4		22,2		21,6		17,8	22,2
80	21,6	} 600	21,0	} 800	27,0	} 700	26,4	} 600	21,6	27,0
100	23,3		22,7		29,2		28,6		23,3	29,2
200	30,7		30,1		38,6		37,8		30,7	38,6
300	37,9		37,1		45,8		45,2		37,9	45,8
400	41,3	} 300	40,5	} 300	52,6	} 200	52,0	} 200	41,3	52,6
500	46,8		46,2		64,8		63,0		46,8	64,8
600	52,3		51,7		66,8		65,8		52,3	66,8
800	59,1		} 200							100
900	65,1	} 175								
1 000	66,9									
1 200	74,3			150						

магистрального кабеля. Материалом для изготовления канализации служат гл. обр. керамика и бетон, причем на С. т. СССР применяется по преимуществу бетон. Канализация составляется из бетонных глыб длиной в 1 м (см. *Линия связи*, фиг. 16). Глыбы по числу отверстий изготавливаются 1-, 2-, 3-, 7-, 19- и 37-отверстные. Глыбы с 1, 2 и 3 отверстиями формуруются четырехугольного сечения с отверстиями диаметром 100 мм, а глыбы 7-, 19- и 37-отверстные — круглого сечения. Глубину h заложения бетонной канализации определяют, исходя из наибольшей нагрузки p на мостовую (вес, приходящийся на колесо машины, укатывающей мостовую) и нормы допускаемой нагрузки на 1 см² поверхности канализационной трубы k , учитывая, что давление в земле распространяется под углом в 30° к вертикали (фиг. 1). Отсюда определены практич. нормы глубины заложения телефонной канализации. Правилами рекомендуется укладывать од-

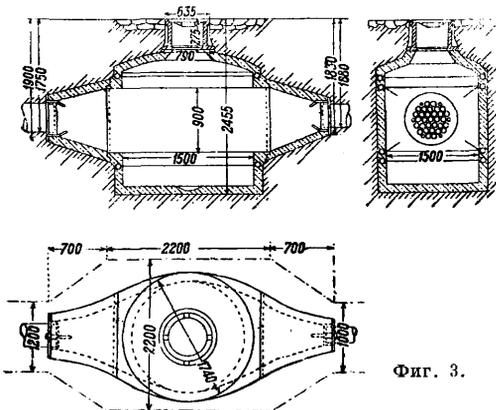


Фиг. 1.



Фиг. 2.

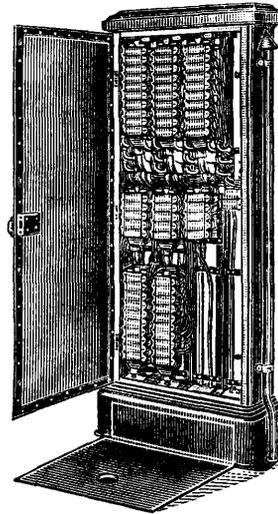
ноотверстную канализацию на глубине 0,7 м под тротуаром и 0,9 м под мостовой. Круглые многоотверстные трубы укладывают на глубину 0,7 м от поверхности трубы до уровня мостовой или 0,6 м до уровня тротуара. Многоотверстная канализация может быть выполнена также из одно- и 3-отверстных труб (фиг. 2). Колодцы применяются кирпичные или железобетонные, причем размеры колодца определяются в зависимости от емкости канализации (фиг. 3), на к-рой колодцы устанавливаются.



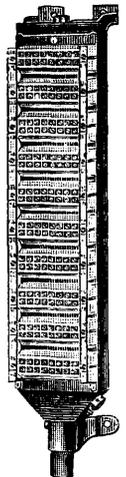
Фиг. 3.

Уличный распределительный шкаф (фиг. 4) состоит из чугунного покоя и железного каркаса с двумя железными же дверками. Концы входящих в шкаф магистральных кабелей и выходящих распределительных кабелей заделываются в боксы. Бокс представляет собою чугунную коробку (фиг. 5), с задней стороны герметически закрываемую крыпкой, а с передней имеющую прорезы, закрываемые фарфоровыми плитками. Кабель через трубу в нижней части бокса входит в коробку бокса,

причем в целях предохранения от проникновения влаги внутрь бокса свинцовая оболочка кабеля припаивается к трубе бокса. Далее кабель внутри бокса освобождается от свинцовой оболочки, и жилы впаиваются в плитки. П л и н т по ОСТ 736 представляет собою фарфоровую колодку с 20 отверстиями, в которые вставляются медные дюбели. Эти дюбели со стороны, обращенной внутрь бокса, имеют медные пружинки, к к-рым припаиваются жилы кабеля, а с наружной стороны дюбель имеет винт. Каждый плитинт устраивается так, образом на 10 × 2 (10 пар) кабеля. К коробке бокса колодка плитинта прижимается двумя винтами, причем между плитинтом и боксом помещается прокладка, предохраняющая от проникновения влаги внутрь бокса. Соответственно емкости кабеля боксы изготовляют на 100 × 2; 50 × 2; 30 × 2; 20 × 2 и 10 × 2. Соединение жил магистральных кабелей с жилами распределительных кабелей производится внутри данного распределительного шкафа с помощью шнура с рези-



Фиг. 4.

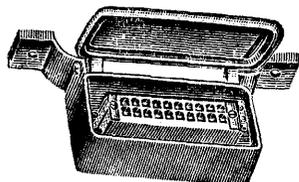


Фиг. 5.

новой изоляцией. Один конец шнура укрепляется под винт плитинта распределительного кабеля, а другой конец шнура укрепляется под винт плитинта магистрального кабеля, и т. о. идущая от станции магистральная пара жил соединяется с распределительной парой, идущей к помещению абонента. Если абонент меняет свое местожительство на другое, находящееся в границах района того же распределительного шкафа, то в этом случае меняется распределительная пара и остается прежняя магистральная. В этом случае вся операция по перестановке аппарата абонента в новое место сводится к переносу аппарата абонента, включению его в новую распределительную пару и переключению шнура прежней магистральной пары со старой распределительной на новую распределительную пару. Т. о. наличие распределительного шкафа облегчает работу по переключению при перемене абонентами адреса.

Как уже отмечено, один конец распределительного кабеля входит в бокс, находящийся в распределительном шкафу, другой же конец этого кабеля по подземной канализации направляется во владение, на стене к-рого растягивается в кабельной перчатке на 10-парные кабели. Концы этих кабелей входят в

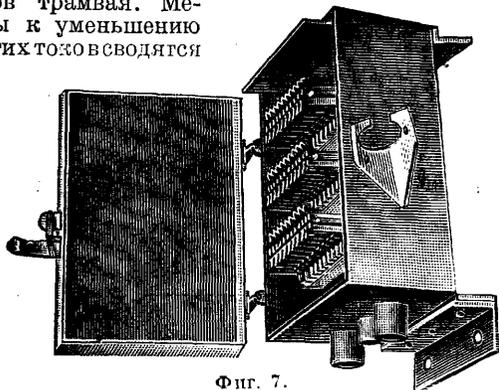
10-парные настенные коробки (фиг. 6), укрепляемые на стенах лестничных клеток зданий. Внутри такой коробки помещается 10-парный распределительный кабель. От винтов планта этого 10-парного бокса идут по стенам здания освинцованные однопарные кабели, или шнуры, в квартиру абонента, где включаются в телефонный аппарат. Такова принципиальная схема конструкции линейных сооружений С. т.



Фиг. 6.

В действительности имеют место некоторые разновидности этой схемы, напр. распределительная сеть выполняется иногда с помощью воздушной столбовой линии. В этом случае распределительный кабель, выйдя из уличного распределительного шкафа, подходит к кабельному столбу, поднимается по нему и входит в бокс кабельного ящика (фиг. 7). Устройство этого бокса в общем сходно с устройством бокса в распределительном шкафу и отличается от него тем, что на планте укреплены громоотводы и предохранители, от винтов которых идут шнуры, другим концом запаиваемые на воздушных проводах кабельного столба. Далее эти воздушные провода могут идти по столбам, устанавливаемым вдоль тротуара, или по стойкам, устанавливаемым на крышах зданий. Наконец на телефонных сетях с очень небольшим числом абонентов вся сеть проводов иногда состоит только из воздушных линий от станции до аппарата абонента, причем в этом случае ни распределительных шкафов ни абонентских настенных коробок не устанавливают.

Выбор системы сети, а также выбор конструкции отдельных частей сети представляет собой предмет расчетов при проектировании С. т. с учетом местных условий, перспектив роста города и технич. свойств каждой детали линейного оборудования. Особо важным и сложным вопросом устройства С. т. является защита подземных сооружений от действия сильных токов. Чаще всего причиной коррозии (см.) подземных кабелей является утечка тока с рельсов трамвая. Меры к уменьшению этих токов сводятся

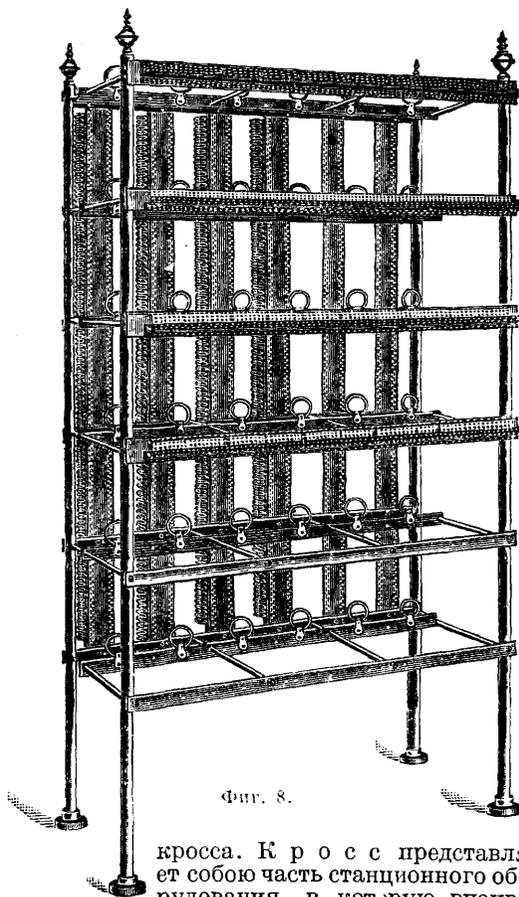


Фиг. 7.

к улучшению стыка рельсов и устройству отсасывающих фидеров. Эти меры обычно применяются при сооружении новой трамвайной сети; однако на существующих уже линиях, особенно старой постройки, требования, обеспечивающие от утечки трамвайного тока, обыч-

но не выполняются. При изысканиях трассы прокладываемой подземной кабельной линии обычно стремятся избежать улиц с действующими или проектируемыми трамвайными линиями и тем самым обеспечить кабельные сооружения от коррозии.

Конструкция ввода магистральных кабелей в здания станции зависит от расположения



Фиг. 8.

красса. Кр о с с представляет собою часть станционного оборудования, в которую впаиваются жилы магистральных кабелей. Кроме того в крессе на каждой магистральной линии устанавливаются громоотводы и предохранители для защиты станционного оборудования от возможных появлений сильных токов в линейных кабелях как вследствие грозных разрядов, так и случайных соприкосновений телефонных линий с электроосветительными линиями. Кресс служит также местом соединения станционных сооружений с магистральными линиями. Принципиально устройство кресса (фиг. 8) представляет собою железный штатив, на одной стороне которого (передней на фиг. 8) размещаются штитовые рамки, а на другой — полосы с громоотводами и предохранителями. К штитовым рамкам подпаивают жилы станционных кабелей, соединяющих станционные приборы с крессом, а к полосам с громоотводами и предохранителями подпаивают жилы магистральных кабелей. Соединение станционной части кресса с линейной осуществляется двужильным крессовым шнуром, один конец которого припаивается к контакту штитовой рамки станционной стороны, а другой — к концу магистральной линии. В случае переменного места жительства, вызывающей

также изменение магистральной линии, кроссовый проводник заново укладывается между прежним штифтом станционной стороны и концом новой магистральной линии. Т. о. переключения в кроссе позволяют сохранить номер абонента при всяких изменениях его адреса. В зависимости от расположения кросса в здании станции ввод магистральных кабелей представляет собою вертикальную шахту, если кросс помещается в верхних этажах, или магистральные кабели подходят непосредственно к полюсам с громоотводами и предохранителями, если кросс помещается в подвале.

В основе проектирования С. т. лежит определение величин, характеризующих телефонное сообщение. Эти величины, являясь исходными при всех расчетах, должны характеризовать С. т. не только в момент проектирования их, но на весь период работы сооружаемой С. т. Важнейшей величиной, характеризующей имеющееся телефонное сообщение, является число занятых номеров на станции. На ручных станциях это число определяется числом включенных вызывных сигналов местного поля, а на автоматических — числом включенных предвыкателей, или линий контактного поля искателей вызова. Это число представляет собою лишь часть «монтажной емкости» и «пределной емкости» станции, понимая под первым термином количество станционных номеров, для использования которых достаточно уложить кроссовый проводник между станционной и линейной сторонами кросса, а под вторым термином — общее количество станционных номеров, до которого имеется возможность монтировать станцию. Далее разновидностью этой величины являются число занятых на станции номеров, число абонентов и число установленных на сети телефонных аппаратов, причем последнее характеризует собою размер охвата населения телефонной связью. Исследование развития С. т. привело к построению метода определения ожидаемого роста числа телефонов. Этот метод в основном сводится к установлению темпов роста телефонов для различных отраслей городской жизни, причем для каждой отрасли изучаются некоторые определенные показатели, темп изменения которых увязывается с темпом роста числа телефонов.

При разрешении вопроса о росте числа телефонов исследование производят по следующим шести отраслям: промышленность, торговля, транспорт, социально-культурные учреждения, государственные и общественные учреждения, личное потребление. Правила для определения ожидаемого размера спроса на телефоны следующие: а) темп роста числа телефонов, необходимых для обслуживания промышленности, определяется как средняя намеченных темпов роста валовой продукции и темпов роста промышленных рабочих; б) темп роста числа телефонов, необходимых для обслуживания торговли, определяется как средняя намеченных темпов роста оборотов и темпов роста занятых в торговле рабочих; в) темп роста числа телефонов, необходимых для обслуживания транспорта, определяется как средняя намеченных темпов роста грузооборота и темпов роста транспортных рабочих; г) темп роста числа телефонов, необходимых для обслуживания социально-культурных учреждений, равен темпам роста зарплат; д) темп роста числа телефонов, необходимых для обслуживания государственных учреждений, равен также темпам роста зарплат; е) число телефонов частного пользования равно числу жителей, годового доход которых в 50 раз более абонентской платы на телефон. Имея данные, характеризующие темп роста перечисленных показателей, нетрудно наметить темпы роста числа телефонов для каждой из указанных отраслей городской жизни.

Несмотря на преимущества этого метода, необходимо отметить, что по своему существу он имеет целью определить будущий возможный спрос на телефон, т. е. решить задачу, которую ставили себе при проектировании городских

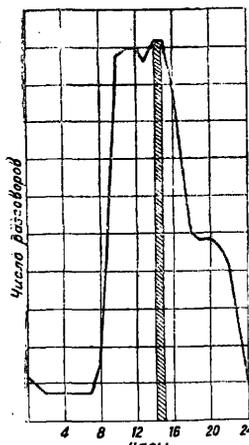
С. т. в старое время. В хозяйственной обстановке СССР определение спроса на телефон все более и более теряет значение. Взамен этого на первое место выступает планирование, директива сознательная, по наперед разработанной схеме, перестройка всего хозяйства, в том числе и телефонного.

Телефон, являясь крупнейшим рационализирующим мероприятием, должен иметь применение соответственно реальному значению его для данной отрасли хозяйства, независимо от личных желаний руководителей этой отрасли. Отсюда количество необходимых к установке телефонных аппаратов должно определяться как на основании норм рациональной телефонизации всякого рода хозяйственных предприятий, так и на основании плана развития этих предприятий в городе. Также и число необходимых к установке телефонов для нужд личного пользования определяется в плановом порядке. В основу расчетов м. б. положено следующее соображение: телефон, как и водопровод, канализация, электрич. освещение, паровое отопление и пр., является обязательным предметом городского благоустройства. Число необходимых к установке телефонов определяется системой устройства жилищ и способом расселения жителей. В социалистич. городах телефон должен устанавливаться не по требованию отдельных жителей, а при оборудовании жилищ, причем в этом случае единственно правильным видом оплаты за пользование телефонной связью является только поразговорная оплата, т. е. оплата только за действительно выполненную телефонной сетью работу по установлению требуемого соединения, но не за нахождение телефонного аппарата в распоряжении абонента. Второй величиной, характеризующей телефонное сообщение, является число «занятий». Исходной величиной этой характеристики служит число вызовов, поступающих на местное поле ручной станции или на предварительные искатели автоматич. станции.

В зависимости от состояния в каждый данный момент станционного оборудования и вызываемой линии могут наблюдаться следующие четыре случая результатов вызова станции: а) поступивший на станцию вызов остается без ответа в виду отсутствия в данный момент свободной станционной линии, необходимой для осуществления требуемого соединения. В этом случае по вызывавшей линии на ручных станциях и автоматических с искателями вызовов никакие извещения и сигналы не подается, а на автоматических станциях с предвыкателями посылается сигнал «занято»; б) поступивший на станцию вызов и заказ на соединение обрабатываются станцией, но соединение не м. б. установлено в виду занятости, поврежденности и пр. требуемой линии. В этом случае по вызывавшей линии дается уведомление или сигнал «занято»; в) требуемое соединение станцией установлено, но вызываемый номер не отвечает, с вызываемого аппарата трубка не снимается, и вследствие этого разговор не может состояться; г) требуемое соединение станцией установлено, по вызываемому аппарату получен ответ — разговор состоялся. Из этих возможных результатов вызова станции три последние представляют собою различные виды занятости станционной линии. Наблюдения показывают, что из общего числа вызовов станции получают требуемое соединение 70—80%. Иными словами, только 70—80% всей работы станции удовлетворяет требованиям пользующихся телефонной связью, остальные же 20—30% идут на бесполезную затрату времени и энергии на выполнение всех необходимых операций по установлению требуемых соединений.

Ожидаемое в будущем среднее число вызовов на установленный телефон определяется на основании зависимости этого числа от величины охвата городского населения телефонной связью. Эта зависимость устанавливается на основании значительного количества наблюдений за работой С. т. как за границей, так и в СССР. Третьей величиной, характеризующей

телефонное сообщение, является продолжительность занятия станционной линии. В качестве расчетной величины принимают 2 мин., что вполне согласуется с наблюдениями. Четвертой и последней величиной, характеризующей данное телефонное сообщение, является величина концентрации, определяемая неравномерностью телефонного сообщения в течение суток: днем на станцию поступает много вызовов и производится большая работа по выполнению соединений, ночью же количество вызовов незначительно и станция почти бездействует. График изменения числа поступающих на станцию вызовов или числа произведенных соединений по часам суток довольно точно отражает картину суточного изменения интенсивности городской жизни (фиг. 9). Телефонная станция должна строить описание своей работы таким образом, чтобы иметь возможность полностью удовлетворять предъявляемые к ней запросы по установлению требуемых соединений, в точности следуя графику изменения поступающих на станцию вызовов. Необходимо, чтобы в час наиболее напряженной жизни города, что для телефонной станции является часом наибольшей нагрузки (сокращенно ЧНН), весь обслуживающий персонал и все оборудование были рассчитаны на бесперебой-



Фиг. 9.

ное удовлетворение всех предъявляемых к станции требований. Этим определяется важность значения работы станции в ЧНН, по величине которой рассчитывается все станционное оборудование. В качестве характеристики кривой изменения распределения работы станции за сутки пользуются отношением числа состоявшихся разговоров (или поступивших вызовов) в ЧНН к общему числу состоявшихся разговоров (или поступивших вызовов) за сутки. Это отношение, называемое коэффициентом, является показателем города, характеризующим общую обстановку городской жизни. Города фабрично-заводского типа, вся жизнь которых обуславливается промышленными предприятиями, работающими круглые сутки с полной нагрузкой, имеют небольшую величину концентрации порядка $\frac{1}{10}$, или 8%. С другой стороны, небольшие провинциальные города, вся жизнь которых проходит только днем, в часы работы местных учреждений, имеют концентрацию, достигающую 15—18%. Величина концентрации для крупных административных и индустриальных центров равна 10—11%. Величина концентрации позволяет определить степень использования имеющихся станционных линий. Если станция обслуживает всего S затребованных соединений в сутки при концентрации, равной K , то количество станционных линий $d. б.$ достаточным для обслуживания $\frac{S \cdot K}{100}$ соединений в течение часа. Кроме

перечисленных величин, характеризующих телефонное сообщение, для производства расчетов объема требуемого станционного оборудова-

ния $S. т.$ необходимо знать качество обслуживания абонентов. Показателями качества обслуживания являются величина потерь и время ожидания абонентом ответа станции. Потери и называется количество отказов абонентам в соединении на тысячу вызовов в ЧНН в виду отсутствия в данный момент свободной станционной линии. На автоматич. станциях с предсказателями потери могут быть наблюдаемы совершенно реально: в случае занятости всех станционных линий вызвавший абонент еще до начала выбора номера вместо сигнала ответа станции сразу же получает сигнал «занято». На ручных станциях и автоматических с искателями вызовов потери носят условный характер. В этих случаях вызвавший абонент при отсутствии в момент вызова им станции свободной станционной линии, с помощью к-рой возможно было бы осуществить просимое соединение, не получает никаких уведомлений и сигналов. Абонент может дожидаться освобождения станционной линии и после этого получить нужное соединение. Т. о. на станциях этих систем потери в чистом виде, понимая под этим отказы в соединении в виду отсутствия в данный момент свободных станционных линий, не имеется, взамен этого имеют место случаи вызовов абонентами станции с увеличенным против нормы заданной нормой временем ожидания ответа станции, что и является потерями. Обычно при расчетах числа станционных линий величину потерь принимают в размере 0,010—0,020. Для производства расчетов при определении числа необходимых станционных линий пользуются ф-лами, выводимыми из положения, что телефонное сообщение представляет собою массовое явление. Таких ф-л имеется несколько. Простейшая из них—ф-ла Кемпбеля:

$$x = CT + 3,8 \sqrt{CT},$$

где x —искомое число станционных или соединительных линий, S —общее число вызовов (разговоров) данной группы абонентов в часы наибольшей нагрузки и T —средняя продолжительность разговора в часах. В СССР при расчетах пользуются таблицами Эрланга, составленными по формулам:

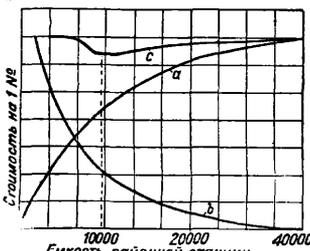
$$W_v = \frac{y^v}{v!} \cdot \sum_{x=0}^v \frac{y^x}{x!},$$

где W_v —вероятность одновременного занятия v станционных линий, y —произведение CT в минутозанятиях и x —искомое число станционных линий. При наличии стандартных стоек в системе автоматич. станции э-да «Красная зоря» число искателей не определяется, оно стандартно—40 искателей, но взамен этого, исходя из величин, характеризующих телефонное сообщение, определяется степень заполнения 500 групп, а следовательно и величина необходимой монтируемой емкости АТС. Следующим основным моментом проектирования $S. т.$ является определение наивыгоднейшей емкости. В основе решения этого вопроса лежит определение наивыгоднейшего соотношения между стоимостью районной станции и стоимостью обслуживаемой ею сети. Для определения этого соотношения необходимо построить кривую изменения стоимости средней длины линии при различном числе линий N районной станции и заданном числе абонентов на единицу поверх-

ности сети D (фиг. 10). Эта кривая a м. б. построена по следующей ф-ле, определяющей собою среднюю длину линии при данных N и D :

$$L = 0,565 \sqrt{\frac{N}{D}}$$

Эта ф-ла, имеющая эмпирический коэф., как покажет опыт, с достаточной точностью м. б. применена при проектировании С. т. Далее, кривая b определяет собою отнесенную к одному абоненту полную стоимость станции при различных емкостях последней, включая сюда



Фиг. 10.

и стоимость соединительных линий. Сумма c этих двух кривых дает общую стоимость всего устройства С. т., отнесенную на одного абонента, причем минимум этой кривой определяет наиболее выгодную емкость районной станции. Зная емкость районных станций и имея план города с нанесенными на нем абонентами, производят выделение районов для районных станций, а затем и определения места расположения последней. Задача отыскания места расположения телефонной станции сводится к отысканию такой точки, чтобы сумма расстояний от нее до каждого из абонентов была наименьшей. Это решение дано Абботом, практич. правило к-рого сводится к следующему: на плане города с нанесенными точками расположения абонентов следует провести ось, параллельную преобладающему расположению улиц города так, чтобы по обе стороны этой оси было одинаковое число абонентов. Затем необходимо провести другую ось, перпендикулярную первой, так, чтобы по обе стороны и этой оси было одинаковое число абонентов. Точка пересечения этих двух осей определяет место расположения районной станции, и вблизи этого места необходимо отыскивать помещение для устройства в нем телефонной станции. Последним моментом технич. проектирования является определение наиболее выгодного способа соединения районных станций между собой. Если при применении ручной системы районные станции должны соединяться только единственным способом, то при автоматич. системе м. б. применен любой способ, оправдаваемый экономич. соображениями. В зависимости от технич. свойств применяемой системы АТС и величин, характеризующих телефонное сообщение, выбирается наиболее выгодный способ соединения районных станций, причем этот выбор производится путем сравнения различных вариантов решения задачи. Заключением проектирования является расчет эффективности капитальных вложений как показателя качества проекта. Эта эффективность определяется как экономия издержек производства на единицу продукции, отнесенная на 1 рубль основного производственного капитала. Для С. т. эффективность капитальных вложений по методу Базилевича определяется ф-лой

$$E = \frac{P_2 \alpha (C_1 + V_1) - P_1 (C_2 + V_2)}{P_1 K}$$

где P_1 —последняя задействованная емкость старой системы С. т. (ручной системы), P_2 —задействованная емкость новой системы (автоматической), C_1 —расход постоянного капитала

в новой системе при емкости станции P_1 ; C_2 —то же в новой системе при емкости P_2 , V_1 —расход переменного капитала при емкости станции P_1 , V_2 —расход переменного капитала при емкости P_2 , α —отношение величины ежегодных расходов при старой (ручной) системе и емкости P_2 к величине ежегодных расходов при той же системе и емкости P_1 .

Лит.: Китаев Е., Телефония, М., 1931; Люббер Ф., Экономика городских телефонных сетей, пер. с нем., М., 1931; Афанасьев В., Линейные сооружения на городских телефонных сетях, М., 1926; Крестовский В., Характеристики работы телефонных сетей, М., 1930; е г о ж е, О соединении районных автоматических телефонных станций, «Научно-технический сборник», 1931, 4; Леверсон Р., Проектирование автоматической телефонной сети в Лондоне, там же, 1926; е г о ж е, Методы определения места расположения телефонной станции, там же, 1927, 4—5; Базилевич К., Проблема эффективности капитальных вложений в местные телефонные сети, «Экономика связи», М., 1930, 3; Лангер М., Проектирование телефонных сетей в больших городах, «Жизнь и техника связи», М., 1925, 9; Юрьев М., Определение числа соединительных линий между районными телефонными станциями, там же, 1925, 5 и 6; Aguilon et Valens, La transmission téléphonique dans une grande cité moderne et sa banlieue envisagée au point de vue économique, «Annales des Postes, Telegr., Telephon», P., 1925, 10—11; Lubber F., Die Wahrscheinlichkeitsrechnung in d. Fernsprechtechnik, «Ztschr. f. technische Physik», Lpz., 1927, 1; Lubber F., Theorie des Fernsprechverkehrs, «Elektrische Nachrichtentechnik», B., 1925, B. 2; Lubber F. u. Müller, Wirkungsgrad u. Leitungsgarantie, «Ztschr. f. Fernmeldetechnik», Mch., 1921, H. 3—4; Merker M., Some Notes on the Use of the Probability Theory to Determine the Number of Switches in an Automatic Telephone Exchange, «Post Office Electrical Engineering Journal», L., v. 16, p. 347; Purves E., The Post Office A. Automatic Telephony, «Telephony», Chicago, 1925, 8—10; Rückle G. u. Lubber F., Der Fernsprechverkehr als Massenerscheinung mit starken Schwankungen, B., 1924.

В. Креговский.

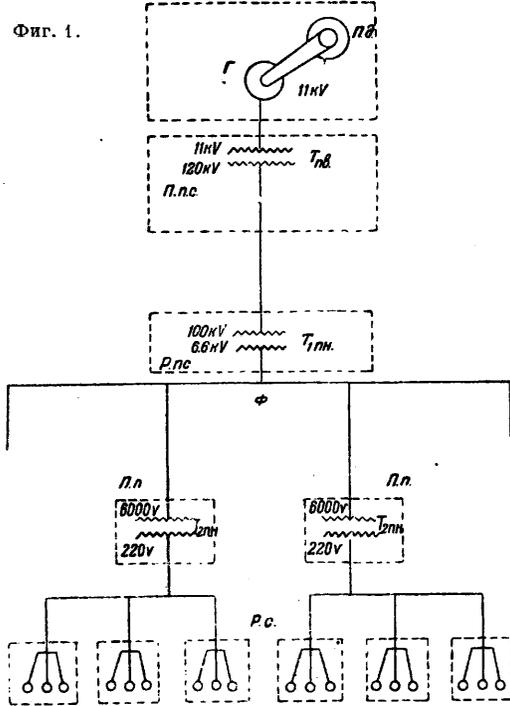
СЕТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ, системы проводов (см.) с изолирующими, поддерживающими, защитными и прочими вспомогательными приспособлениями; служат для канализации электрич. энергии, т. е. для передачи ее от центральной станции к местам потребления и для распределения между потребителями.

История развития С. э. До Иблочкова каждый приемник питался от отдельного генератора. В 1877 г. Иблочков, соединив последовательно несколько своих «свечей», дал первое решение задачи одновременного питания нескольких приемников от одного источника энергии. В 1878 г. Вердерман осуществил впервые параллельное включение приемников. Вскоре стали строить центральные станции, питавшие сперва отдельные дома или кварталы, а затем (с появлением в конце прошлого века предложенной Эдисоном трехпроводной системы постоянного тока и изобретением трансформаторов) целые города. Кроме того в больших городах стали заставлять несколько станций работать совместно на общую С. э. В начале настоящего столетия появляются районные станции для снабжения энергией районных С. э., охватывающих крупные районы (размерами с прежнюю губернию) [1].

Основные части современной С. э. В общем случае, для которого на фиг. 1 изображена упрощенная однолинейная (как и на большинстве аналогичных ей последующих фигур два провода двухпроводных линий или три провода трехпроводных линий показаны одной линией вместо двух или соответственно трех линий) схема, С. э. состоит из 1) одной или нескольких *линий передач* (см.) от удаленной центральной станции к крупным районам потребления для передачи значительных количеств энергии при высоком напряжении, 2) *фидеров* — питающих проводов (для подвода энергии от станции или подстанции к важнейшим точкам С. э. — питательным пунктам (см. ниже) и 3) *распределительной С. э.* (подача тока от питательных пунктов к потребителям). В частном случае 1-е и 2-е звенья С. э. могут отсутствовать: станция расположена в пределах самого района потребления, к-рый мал. На фиг. 1: Г—генератор, П. д.—первичный двигатель,

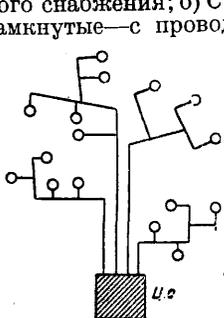
П. пс.—повысительная подстанция, $T_{пв}$ —повысительный трансформатор, Р. пс.—районная подстанция, $T_{пн}$ —первичный понизительный

Фиг. 1.

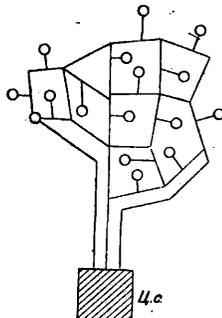


трансформатор, Ф—фидеры, П. п.—питательный пункт, $T_{пн}$ —вторичный понизительный трансформатор, Р. с.—распределительная сеть, З—здание.

Классификация С. э. 1) По характеру установки: а) С. э. связи—для передачи сигналов (см. *Линии связи*) и б) С. э. сильных токов—с осветительными и силовыми потребителями; 2) по конфигурации (по форме образуемых проводами С. э. контуров): а) С. э. разомкнутые—от станции к районам потребления ведут несколько разветвляющихся в конце главных линий, не соединенных между собой (фиг. 2, на к-рой кружками показаны потребители, Ц. с.—центральная станция); простые, но ненадежны в отношении бесперебойного снабжения; б) С. э. замкнутые—с провода-



Фиг. 2.

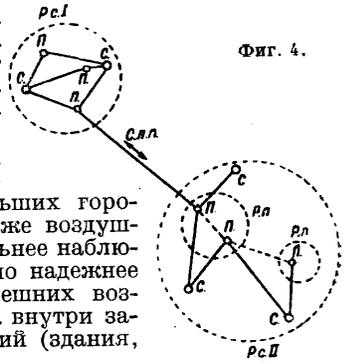


Фиг. 3.

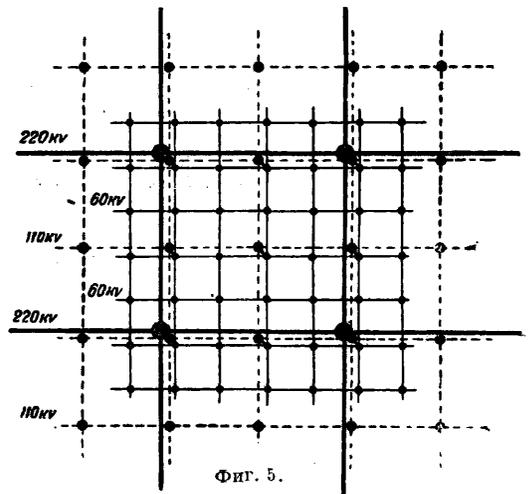
ми, образующими замкнутые контуры (фиг. 3)—сложнее, но при повреждении одного из проводов энергия для питания присоединенных к нему потребителей будет подаваться по другим проводам; 3) по выполнению (виду проводки): а) воздушные С. э. (преимуществен-

но линии передачи и распределительные С. э., в нашей практике часто и питательные), дешевы, но подвержены повреждениям от буре, обледенения проводов, атмосферных разрядов и пр.; б) подземные (изредка подводные) кабельные С. э. (в СССР только питательные С. э. и распределительные С. э. самых больших городов, на Западе же и в небольших городах), много дороже воздушных, затруднительнее наблюдение и ремонт, но надежнее (защищены от внешних воздействий); в) С. э. внутри закрытых помещений (здания, корабли и пр.).

Около 20 лет тому назад стали соединять С. э. отдельных районов для параллельной работы. Соединение С. э. особенно развилось в США к концу войны 1914—18 гг. и в Италии во время катастрофич. засухи 1921/22 г. Основные типы параллельного соединения С. э. (в нашей литературе для обозначения этого понятия применялись не нашедшие широкого распространения термины *кустование*, или *кольцевание*): а) соединение по периферии—соединение низковольтных распределительных С. э., постепенно обшившихся в процессе роста (старейший, простой и дешевый, но осложняющий эксплуатацию и непригодный для централизованного управления способ, теперь для крупных сетей не применяемый); б) соединение через а



Фиг. 4.



Фиг. 5.

центры потребления или производства энергии особыми высоковольтными линиями, могущими развиваться в систему проходящих по всей стране «государственных распределительных шин»; к последним присоединяют все центральные станции и от них отводят высоковольтные линии, питающие центры потребления; на фиг. 4 дана упрощенная схема: Р. с. I—район С. э. I, Р. с. II—район С. э. II, Р. п.—район потребления, С—станция, П—подстанция, С. л. п.—соединительная линия передачи; в) сверхмощные системы, охватывающие целые страны (а скоро и континенты): планомерная электрификация с производством энергии, сосредоточенная на сверхмощных станциях, занимающих выгодное положение (у источников водной энергии, близ месторождений топлива), и с соединением этих станций между собой при помощи сверхмощной С. э. очень высокого напряжения—обычно 220 kV (намечается тенденция повысить его до 380 kV и более), от которой питается с помощью трансформаторных подстанций (в крупных центрах потребления) главная распределительная С. э. несколько менее высокого напряжения, например 110 kV; в качестве последней могут быть использованы современные линии передачи. От главной распределительной С. э. питается вторичная распределительная сеть, еще менее высокого напряжения 33—3,3 kV (фиг. 5). В связи с осуществленным уже кое-где соединением сетей через границу между соседними странами начался обмен

(импорт и экспорт) электрич. энергии между различными государствами (Швейцария с Германией, Францией и Италией; Франция с Бельгией, Испанией и Люксембургом; Швеция с Данией; США с Канадой и Мексикой). В СССР соединение С. э. еще только намечается там, где имеются достаточно развитые системы установок (районы Ленинграда и Москвы, Донбасс, Закавказье, Урал). Однако сосредоточение в СССР всего дела электрификации в руках государства создает более благоприятную обстановку для развития соединения С. э., чем в условиях капиталистического хозяйства, позволяя рассчитывать на планомерное и достаточно быстрое развитие и у нас сверхмощных систем [2,3].

Оборудование С. э. Воздушные С. э. — из голых проводов, монтируемых посредством изоляторов (см. *Изоляторы электрические*) на опорах, располагаемых друг от друга через известные промежутки (пролеты).

Классификация опор. 1) По характеру нагрузки: а) промежуточные (более легкой конструкции, расположенные на прямых участках) служат только точкой опоры для проводов: силы натяжения проводов по обе стороны от опоры взаимно уравновешены и на расчет механич. прочности опоры не влияют и б) анкерные (более жесткой и прочной конструкции) рассчитываются на неблагоприятный случай обрыва проводов по одну сторону от опоры: должны выдерживать одностороннее действие натяжения проводов. 2) По типу: а) для укрепления в грунте (столбы или сложные усиленные конструкции) и б) для крепления к стенам или крышам зданий (консоли, кронштейны, стойки). 3) По конструкции и: а) жесткие (пространственные конструкции) и б) гибкие (плоские конструкции), обладая небольшой жесткостью в направлении линии, могут подвергаться значительным деформациям. 4) По материалу: а) деревянные, б) железные и в) железобетонные.

Выбор материала опор и конструкции их. При выборе материалов учитывают их сравнительные достоинства и недостатки (таблица). Опоры из бетона появились позднее, но в З. Европе довольно распространены; в СССР более широкое применение пока задерживается малым развитием цементной промышленности и удобного местного транспорта. В СССР т. о. приходится выбирать между железом и деревом, причем обилие лесных материалов (а иногда и временная дефицитность металла) стимулирует применение дерева; опоры из железа только в ответственных случаях (воздушные линии в крупных городах, анкерные опоры, пересечения с путями сообщения и с линиями связи). Анкерные опоры устанавливаются на прямых участках через определенные промежутки (по нашим нормам не более, чем через 3 км как при гибких, так и при жестких промежуточных опорах); между ними размещают промежуточные опоры. Анкерные опоры ставят также на поворотах линии (угловые опоры) и в начале или конце ее (концевые опоры). Для угловой опоры натяжения проводов по обе стороны опоры не уравновешиваются взаимно (как на прямых участках при равных пролетах), а образуют некоторую результирующую, которую надо учесть при расчете опоры (в более легких конструкциях для уравновешения ее применяют подпорки и оттяжки).

Опоры из дерева (см. *Дерево, Деревянные конструкции*). Дерево д. б. прочным, легким, прямым и не гнить быстро в месте соприкосновения с грунтом. Сбег (уменьшение диаметра от комля к верхушке) не больше 1 см (при расчетах принимают 0,8 см) на 1 м длины. Лучше кедр (чаще в США); в З. Европе и СССР

Сравнительная оценка опор из различных материалов.

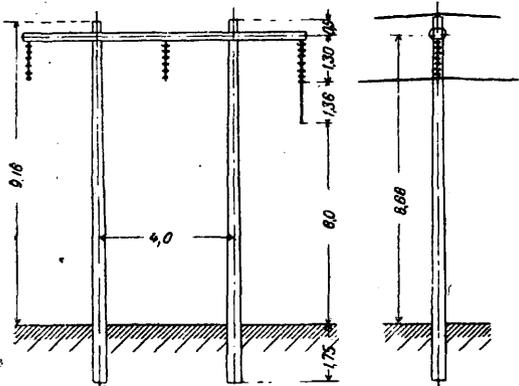
Материал	Достоинства	Недостатки
Дерево	Небольшая первоначальная стоимость, более безопасное обслуживание (благодаря изолирующим свойствам дерева)	Меньший срок службы, меньшие пролеты (следствие: увеличение числа изоляторов и приближение первоначальной стоимости линии к линиям с опорами из железа); меньшая эксплуатационная надежность ввиду постепенной потери прочности, к тому же именно в опасном сечении (в результате: увеличение ежегодных эксплуатационных расходов)
Железо	Долговечность (следствие: меньшие ежегодные эксплуатационные расходы), надежность в эксплуатации, большие пролеты, легкость, стойкость в отношении огня и грозовых разрядов, хорошие условия заземления, удобства перевозки при сборке на месте	Большая первоначальная стоимость, большая опасность обслуживания, опасность ржавления (при недостаточном возобновлении окраски или при плохой оцинковке)
Железобетон	Стойкость в отношении атмосферных влияний и огня, значительный срок службы, удобства эксплуатации (не требуют окраски), надежность службы	Большой вес, высокая стоимость транспорта и монтажа, большая возможность повреждений при перевозке

преимущественно применяют хвойные, меньше дуб, иногда (в местах их произрастания) бук, каштан и другие породы. Ходовые длины (пока их чаще измеряют в сж.) бревен: 6,5; 7,0; 8,5; 9,0; 11,0 и 13,0 м (при диам. у верхушки 18—26 см). Для хвойного леса нормальные размеры см. ОСТ 92. Непригодны бревна дуплистые, косослойные, с большими трещинами, червоточинной, с трухой в сучьях. Гниение опоры из дерева начинается у места заделки в грунт (вследствие часто меняющейся в этом месте влажности древесины). Срок службы повышают обработкой: обжиганием нижнего конца заделываемых в грунт бревен, смазыванием его смолой (срок службы 5—7 лет), пропитыванием дезинфицирующими веществами — медным купоросом, хлористым динком, сулемой или, лучше всего, креозотовым маслом (срок службы до 12, а в последнем случае до 25 лет). Пропитывание начинается распространяться и в СССР [4, 5, 6, 7, 8]. Типы деревянных опор. Широко применяют опоры в виде одиночного (из одного бревна) столба; применение их ограничено величиной пролета (не более 80 м, максимум 100 м) и суммой сечений подвешенных проводов. В землю столб закапывают не



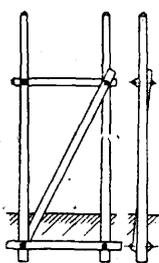
Фиг. 6.

менее, чем на 1,6 м (обычно на $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{6}$ всей длины столба, в ненадежном грунте на $\frac{1}{4}$). Кроме глубины закапывания полная длина

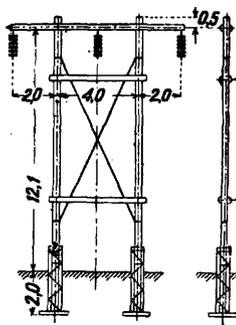


Фиг. 7.

столба определяется наибольшей стрелой провеса проводов, числом проводов или поперечин (траверс), расстоянием между ними и расстоянием от земли наинизшей точки провода (по нормам при пересечении мощных и шоссеиных дорог

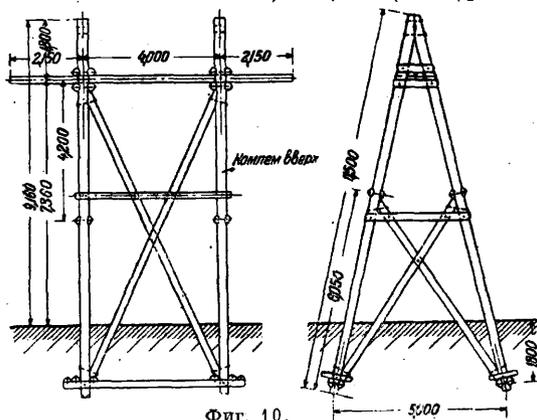


Фиг. 8.



Фиг. 9.

не менее 6 м при низком напряжении и 7 м при высоком, для грунтовых дорог в обоих случаях 6 м). Для наиболее распространенных пролетов в 40 м и стреле провеса порядка 0,5 м чаще всего берут для трехпроводных линий столбы в 8,5—9,6 м (4 — $4\frac{1}{2}$ саж.);

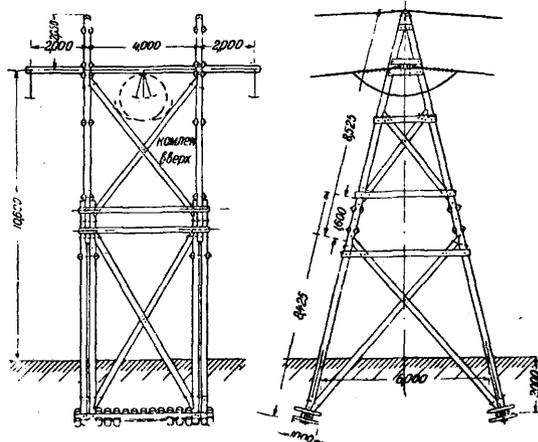


Фиг. 10.

в населенных местах, при более высоких напряжениях и большем числе проводов опоры выше (столбы длиннее 7 м нежелательны: дороги, неудобны для обслуживания, легче повреждаются в бурю). При больших нагрузках и пролетах, а также в высоковольтных линиях

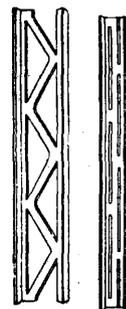
берут сложные деревянные опоры из нескольких бревен: сдвоенные, А-образные (фиг. 6), П-образные (фиг. 7, размеры в м), Н-образные (фиг. 8) и более сложные конструкции усиленного типа (фиг. 9). Для анкерных опор применяют эти же конструкции, усиленные оттяжками, или пространственные конструкции жесткого типа (фиг. 10 и 11) [4, 5, 6, 9].

Опоры из железа. Опоры легкого типа из элементов круглого сечения (в виде простых столбов или опор, составленных



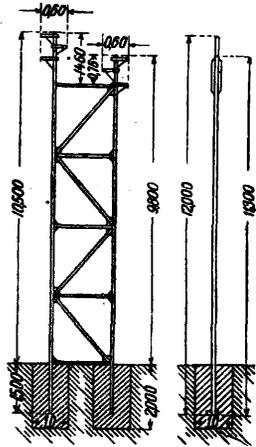
Фиг. 11.

из нескольких труб), несмотря на относительно малый вес и удобства монтажа, допускающего сборку на месте, применяются редко (больше в городах) в виду дороговизны. За границей (особенно в США) получают все большее распространение легкие и дешевые, изготавливаемые в цельном виде (устранена необходимость склепывания или сборки на болтах) опоры системы Бейтс (фиг. 12): в двуглавовой балке прорезывают у полукруглой пилой два ряда отверстий (в шахматном порядке), после чего нагретую балку специальная машина растягивает за полки до желательных размеров. Наиболее распространены решетчатые опоры типа ферм, склепанные (в США на болтах, за последнее время свариваемые) из фасонного железа (чаще уголкового или коробчатого); плоский тип из двух основных стоек с решеткой (фиг. 13) гибок: изгибается при обрыве проводов без вреда для конструкции; жесткий тип (фиг. 14) треугольного, чаще прямоугольного, сечения: три или четыре слегка сходящиеся кверху стойки, связанные решеткой, образуют грани опоры. Опоры тяжелого (башенного) типа (фиг. 15) применяются при больших пролетах (переход через реки, ущелья и пр.) в линиях передачи. Конструкции делят на опоры с узкой базой (отношение наименьшего размера основания опоры к полной высоте ее $\frac{1}{12}$ — $\frac{1}{14}$) и опоры с широкой базой (отношение $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{5}$); первые—в густо населенных местах (в Зап. Европе; сокращают расходы по отчуждению), вторые выгоднее (меньше вес опор и объем фундаментов; в США и СССР). Выбор конфигурации решетчатых конструкций следует общим для ферм принципам. Желательно уменьшение свободной длины стержней. Увели-

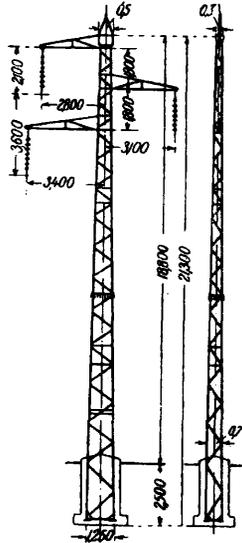


Фиг. 12.

чение базы (целесообразное при ненадежном грунте), уменьшая объем фундаментов и вес основных стоек, повышает вес элементов решетки и связей. Для предотвращения ржавления железные опоры окрашивают (через 2—3 г.) или при изготовлении оцинковывают (предохраняет лет до 30). Опоры в виде стоек (фиг. 16) и кронштейнов (фиг. 17) на зданиях (при высоком напряжении таковые нежелательны) служат часто во избежание прокладки линий по улицам в населенных местах; проводка дороже, чем на деревянных столбах. Если провода доступны с крыш, балконов или окон (такого расположения их следует избегать), то провода берут с защитной оболочкой в виде пропитанной оплетки. Стойки и кронштейны делают из углового (реже трубчатого)



Фиг. 13.

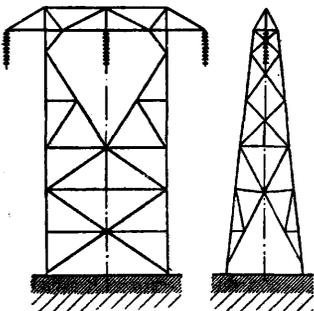


Фиг. 14.

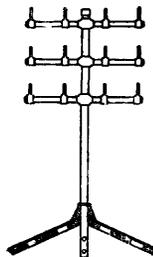
го) железа: их рекомендуется, пропустив через крышу, заделывать (как и кронштейны) в кирпичную кладку или крепить к балкам [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10].

Опоры из железобетона бывают двух типов: изготавливаемые на заводе с помощью центрифуги (пустотелые столбы) и изготавливаемые на месте установки или на заводе в особых формах (на каркасе из железных прутьев, схожие по форме с решетчатыми железными опорами, но несколько более тяжелые, и по виду) [4, 5, 6, 7, 8, 9].

Укрепление опор в грунте. Деревянные опоры особыми фундаментами не снабжают. Столбы чаще прямо закапывают в землю;



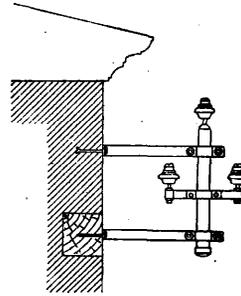
Фиг. 15.



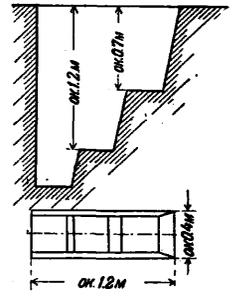
Фиг. 16.

ямы рыют продолговатые и уступами, с вертикальной стенкой в сторону большей тяги проводов (фиг. 18). Рекомендуется подкладывать под столб камень, а иногда (в ненадежном грун-

те) обкладывать столб в яме камнями или (в слабом грунте) снабжать его одной или несколь-

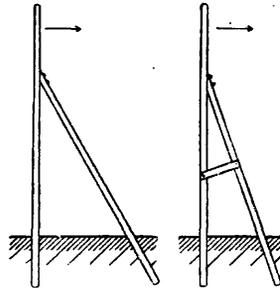


Фиг. 17.

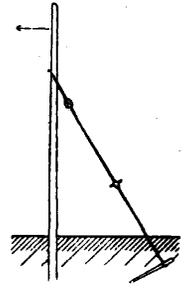


Фиг. 18.

кими поперечинами около 2 м длиной. Установив столб правильно (искривленные столбы так, чтобы они казались возможно более прямыми, если смотреть в направлении трасы линии), яму засыпают, поливая водой и трамбуя. На углах столбы несколько наклоняют в сторону, противоположную равнодействующей натяжений проводов; в плоскости равнодействующей располагают изготавливаемые из старых столбов подпорки (фиг. 19) или оттяжки из оцинкованного железного троса диам. 6—10 мм (фиг. 20). Целесообразно периодически (через 4—5 лет), откопав столб на глубину 0,5 м, просушить его и обмазать горячим дегтем. Для повышения долговечности столба (в особенности в сырых местностях) конец его не закапывают прямо в грунт, а укрепляют между железными балками или рельсами, которые врывают в землю или заделывают в бетонный фундамент (заделывать в бетон можно только железо; при заделке в бетон дерева разрушается и дерево и бетон). Сложные опоры из дерева закрепляют в грунте с помощью леж-



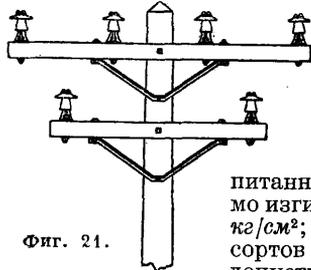
Фиг. 19.



Фиг. 20.

ней (фиг. 6). При больших пролетах (для использования всей длины бревна, а также для предохранения от гниения) стойки опор крепят к зарытым в землю ступням (ногам) из дерева или железа (фиг. 9). Железные опоры укрепляют, в зависимости от почвы, посредством фундаментов в виде бетонных блоков, бетонных плит или из шпал (у опор с широкой базой каждую стойку заделывают в отдельный фундамент, у опор с узкой базой фундамент один общий). Размеры основания должны обеспечивать устойчивость опоры и удерживать в допустимых пределах давление основания на грунт (при землистой почве глубина заложения не менее глубины промерзания почвы, которая на севере СССР ок. 2 м). Вопрос о точном теоретическом расчете фундаментов пока не разрешен, свойства грунтов изучены недостаточно: на практике для расчета размеров прибегают к опытным данным и результатам испытаний [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10].

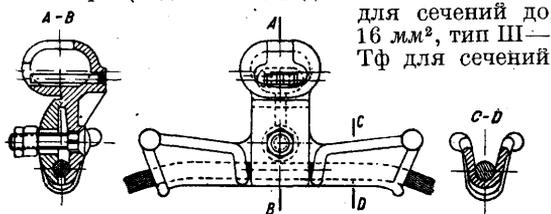
Расчет опор. Нагрузки на опоры определяют по нормам ВЭС в соответствии с тяжениями проводов (см. *Провода и Линии передачи*). Для определения диаметра деревянных опор в виде простых столбов можно обычно пользоваться эмпирич. ф-лами, например формулой VDE: $D = 0,65H + k\sqrt{a\Sigma d}$, где D —диаметр столба у верхушки, H —полная высота столба в м; Σd —сумма диаметров (в мм) всех проводов на опоре, a —длина пролета в м, k —коэф., равный 0,22 для столбов из более прочн. дерева (например лиственницы), для которого, как и для пропитанных столбов, допустимо изгибающее усилие в 145 кг/см²; $k = 0,32$ для других сортов дерева, для которых допустимо не более 80 кг/см².



Фиг. 21.

Для точного расчета всякого рода опор пользуются обычными методами строительной механики. При определении усилий в элементах решетчатых конструкций применяют аналитич. и графич. методы (Риттера, Кремоны и др.), разработанные для расчета ферм [1, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11].

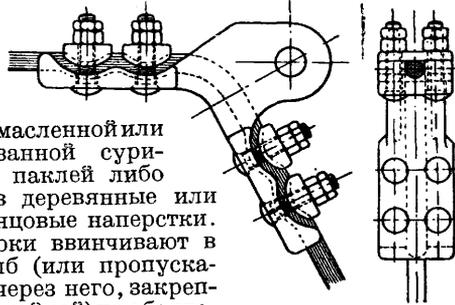
Арматура опор. Воздушные линии сильных токов вначале строились по образцам, выработанным практикой телеграфных линий; в отношении арматуры опор при штыревых изоляторах здесь и поныне много общего с *линиями связи* (см.). **Изоляторы** (см. *Изоляторы электрические*)—для изолирования провода от земли в точках прикрепления к опорам—применяются преимущественно фарфоровые, изредка стеклянные (дешевле, но хрупки, менее стойки к воздействию атмосферы и t° -ным колебаниям). Для низких напряжений применяются фарфоровые двухштырьные штыревые изоляторы (изделия ВЭО до 550 В: тип Ш—Тл



Фиг. 22.

до 95 мм² и тип Ш—О при частых ответвлениях); для высоких напряжений (6—40 кВ)—штыревые изоляторы (изделия ВЭО: типы Ш—Д и Ш—И; последние представляют собой облегченную конструкцию, у к-рой при той же примерно электрич. прочности механич. прочность и стоимость ниже); для высоких напряжений применяются гирлянды из подвесных изоляторов (в СССР иностранного и русского производства). На штыревых изоляторах провод крепится к желобку на головке изолятора или к шейке посредством мягкой отожженной вязальной проволоки, непременно из того же металла, как и сам провод; надежнее (для толстых проводов и больших пролетов) крепление особыми механич. захватами. Штыревые изо-

ляторы навинчивают на железные крюки или штыри (они д. б. достаточной механич. прочности, так как ею определяется механич. прочность изолятора), обмотав концы их смоленой,



Фиг. 23.

промасленной или смазанной суриком паклей либо одеж деревянные или свинцовые наперстки. Крюки ввинчивают в столб (или пропускают через него, закрепляя гайкой) по обе стороны его в шахматном порядке (чтобы не очень ослаблять сечение столба). При большом числе проводов и при высоких напряжениях опоры снабжают траверсами (поперечинами) из уголкового или коробчатого железа (у нас за последнее время в виду экономии металла—деревянными по примеру США), к которым крепят крюки или штыри (фиг. 21). Недавно в СССР начаты опыты применения штырей из твердого дерева, давно распространенных в США. К подвесным изоляторам провода подвешиваются с помощью специальных зажимов: поддерживающих—на промежуточных опорах (фиг. 22) и жестко закрепляющих натяжных—на анкерных (фиг. 23). К опоре гирлянды подвешиваются с помощью серег или U-образных болтов, на к-рые надевается ушко или крюк гирлянды. Для облегчения нагрузки опор при обрыве проводов за последнее время предложены раскрывающиеся зажимы, а также конструкции опор с поворотными шарнирными траверсами [1, 5, 6, 8, 9, 11].



Фиг. 24.

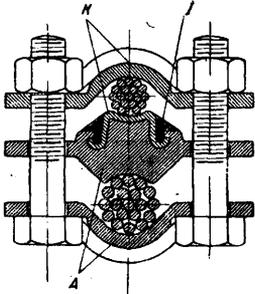
Расположение проводов на опоре. При низком напряжении и пролете 30—40 м горизонтальное расстояние между проводами 30—40 см, вертикальное не менее 25 см; при больших пролетах и высоких напряжениях расстояния значительно больше (см. *Линии передачи*). Провода трехфазных линий размещают по вершинам правильного тр-ка (при нескольких цепях—комбинации тр-ков: так наз. прямой или обратной елкой) или в одной горизонтальной плоскости, при этом высота подвеса наименьшая, что в высоковольтных линиях важно для понижения опасности атмосферных перенапряжений, а также один над другим; в последних двух случаях для восстановления симметрии индуктивных и емкостных свойств проводов их перекрещивают через известные



Фиг. 25.

промежутки, меняя их взаимное положение (см. *Транспозиция проводов*) [1, 5, 6, 8, 9, 10, 11]. Соединение концов проводов и ответвлений требует большой тщательности. Раньше применяли сращивание: обмазывание друг около друга или вплетание друг в друга (многопроводных

проводов) с последующим пропайванием оловом без к-ты, аналогично изолированным *проводам* (см.); недостатки: нагревание при пайке уменьшает механич. прочность, иногда электрич. контакт недостаточен. Поэтому теперь, особенно для высоковольтных линий, больше распространяется соединение концов без пайки посредством специальных зажимов из двух частей на болтах или в виде гильз (из того же

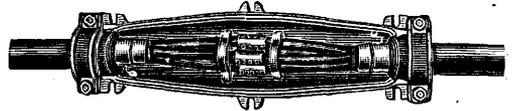


Фиг. 26.

металла, как и провода) овального сечения, которые, введя в них концы проводов, затем с помощью особых тисков обжимают (герм. система Гофмана) или закручивают (америк. система Мак Интайра, фиг. 24). Многопроволочные (гл. образом сталеалюминиевые) провода соединяются специальными конусными соединителями с ввинчивающимися втулками (фиг. 25). Для отведения медным проводом (ввод в здание) от алюминиевой уличной магистрали применяют специальные зажимы, например системы Гофмана (фиг. 26: *K*—медь, *A*—алюминий, *I*—изолирующая масса), в которых алюминиевый провод зажат между алюминиевыми поверхностями, а медный—между медными; соединение же между разнородными металлами осуществлено впрессовыванием их друг в друга, и место соединения в целях предотвращения электролитич. разъедания залито специальным смолистым составом для защиты от доступа атмосферной влаги [5, 8, 9, 11, 12].

Подземные кабели С. з. (см. *Кабель*). Прокладка кабелей. За исключением США и Великобритании, за границей и в СССР кабели укладываются обычно непосредственно в землю (что требует в городах прокладки бронированных кабелей). В США и Великобритании распространен другой способ, более дорогой, но допускающий применение небронированных кабелей и позволяющий ремонтировать, заменять и прокладывать добавочные кабели, не разрушая верхнего строения дорог, под которыми они проложены: прокладка в гончарных или бетонных (иногда чугунных) трубопроводах (называемых иногда канализацией); в СССР этот способ для кабелей сильных токов до последнего времени применяется лишь в виде исключения на небольших участках; более распространен он у нас для кабелей связи (см. *Линии связи*); там же относительно прокладки кабелей подводных). При прокладке непосредственно в земле для кабеля отрывают канаву 0,5—1 м глубиной (иногда и глубже—для военных нужд или при глубоком промерзании почвы), в к-рую его укладывают на слой просеянной земли или, лучше, песка 3—10 см толщиной; лучше канаву располагать под тротуаром и не ближе 2 м от металлич. труб во избежание электролиза. Для прокладки сматывают кабель с подвезенного к канаве деревянного барабана (на козлах или особой повозке). За границей весь процесс рытья канавы и укладки кабеля механизирован (специальные машины: экономия времени и средств). На поворотах радиус закругления кабеля не менее 10-кратного диаметра его (чтобы не лопнула оболочка). Концы кабеля никогда нельзя оставлять открытыми—их предохраняют от сыро-

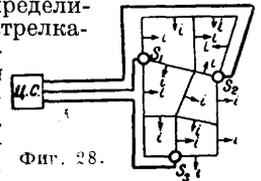
сти специальными наконечниками. На морозе прокладка нежелательна, а при t° ниже -5° недопустима. Соединение концов кабелей и отведения необходимо выполнять чрезвычайно тщательно (несоблюдение—наиболее распространенная причина аварий); оно осуществляется посредством муфт, обычно из двух чугунных частей (фиг. 27): в нижнюю часть вводят



Фиг. 27.

и соединяют металлическими зажимами оголенные от изоляции концы проводящих жил; затем, закрыв муфту верхней крышкой, заливают пространство внутри ее подогретой изолирующей массой, затвердевающей по охлаждению. Для вводов в дома и соединения подземных линий с воздушными служат муфты несколько иной конструкции. Нахождение мест повреждений в подземных кабельных линиях осуществляется с помощью особых способов электроизмерительной техники, основанных на принципе моста Витстона или на методе падения напряжения [5, 6, 7, 9, 11, 12]. С. з. внутри зданий—см. *Провода электрические* [6, 8, 9, 13].

Питательные пункты, точки электрич. сети, в к-рых энергия из питательных проводов (фидеров) поступает в распределительную сеть. На фиг. 28, изображающей упрощенную однолинейную (два провода двухпроводных линий или три провода трехпроводных изображены одной линией вместо двух или соответственно трех) схему сети, питательные пункты обозначены буквами S_1, S_2 и S_3 ; поступающие к потребителям токи (нагрузки распределительной сети) показаны стрелками с буквой i ; питательные провода изображены толстыми линиями; ЦС—центральная электрич. станция (или главная понижающая подстанция). Питательные пункты позволяют регулировать распределение напряжений в распределительной сети, поддерживая постоянное напряжение в наиболее важных точках ее. При переменном токе в питательных пунктах устанавливают трансформаторы, понижающие напряжение фидеров до напряжения распределительной сети.



Фиг. 28.

Расположение питательных пунктов и число их. Питательные пункты помещают ближе к центрам нагрузок районов, около крупных потребителей, на перекрестках главных улиц. Увеличение числа питательных пунктов, повышая стоимость системы фидеров, удешевляет распределительные провода (позволяя взять для них меньшие сечения). При проектировании важно выбрать наименьшее число питательных пунктов, при к-ром общая стоимость всей сети—распределительной и фидеров—будет наименьшей. Для этого в небольших сетях исходят из (взятых из статистики существующих установок) средних расстояний между питательными пунктами: 150—250 м при рабочем напряжении сети в 100 В; 200—350 м при 200 В; 300—500 м при 400 В. Руководствуясь этим, примерно размещают по сети питательные пункты, рассчитывают приближенно несколько вариантов и выбирают из них наивы-

годнейший. С целью сократить предварительные расчеты для сетей средних и больших удобно пользоваться для определения числа питающих пунктов эмпирич. ф-лами А. Зенгеля [14], В. М. Хрушова [15-17] или М. Д. Каменского [18]. Однако эти ф-лы дают лишь приблизительные значения наилучшего числа питающих пунктов, в него вносят коррективы на основании расчета распределительной сети; слишком большие сечения распределительных проводов заставляют сблизить соответствующие питающие пункты; если это слишком увеличит сечения прилегающих распределительных проводов, то добавляют несколько питающих пунктов [8, 19, 20].

Измерение и регулирование напряжения в питающих пунктах. Для измерения напряжения ведут от каждого питающего пункта два или три тонких контрольных (испытательных) провода, присоединяемых другими своими концами на центральной станции к вольтметру, сечением в 1—2 мм² в кабелях и 6—10 мм² в воздушных линиях. В больших сетях высокого напряжения, в виду дороговизны прокладки в них контрольных проводов, их ведут только к важнейшим питающим пунктам. Чтобы вольтметр показывал напряжение в самом питающем пункте, применяют особые компенсаторы падения напряжения в контрольных проводах [5, 6]. В питающих пунктах поддерживается постоянное напряжение, по возможности одинаковое для всех питающих пунктов (при несоблюдении этого в сети возникают уравнивающие токи, увеличивающие непроизводительно потери энергии на нагревание проводов). В небольших установках, где все генераторы электрич. энергии и все фидеры присоединены к одному общему комплексу распределительных шин, напряжение регулируют на станции по показаниям вольтметров, соединенных контрольными проводами с питающими пунктами. Фидеры должны быть приблизительно одинаковой длины; падение напряжения в них допускают небольшое. При этих условиях разности напряжений между питающими пунктами выравниваются самопроизвольно. Фидеры, длиной превосходящие остальные, автоматически принимают на себя меньшую нагрузку. В фидеры, которые много длиннее остальных, включая вольтодобавочные машины. Очень короткие или мало нагруженные фидеры можно выполнять из хуже проводящего материала, напр. железа; включение поглощительных остатков нежелательно. Если есть аккумуляторная батарея, то ее используют для регулирования, присоединяя отдельные питающие провода к различным разрядным рычагам элементного коммутатора. Можно применить несколько отдельных комплектов распределительных шин с различными напряжениями и, сгруппировав фидеры по падению напряжения в них, приключить каждую группу к особому комплекту. Такая система позволяет вести работу каждого фидера при наилучшей силе тока, но сложна; только в больших установках каждый комплект шин обеспечен при этом достаточно большой нагрузкой, т. е. подразделение генераторной установки на части, питающие различные комплекты шин, в этом случае не связано с опасностью потери выгоды параллельной работы. При переменном токе кроме перечисленных средств для выравнивания разностей напряжения в питающих пунктах применяют специальные регуля-

торы напряжения (в виде регулируемых реактивных катушек, индукционных регуляторов и трансформаторов с переменным коэффициентом трансформации) для ручного или дистанционного управления, а также действующие автоматически [5, 6, 11].

Основания электрического расчета С. э. Важнейшей задачей при электрич. расчете является на основании нагрузок, потребляемых приемниками мощностей, найти протекающие по проводам С. э. токи. Найдя токи, определяют падением напряжения (или потерей мощности) и определяют сечения проводов; сечения проверяют на нагревание по соответствующим таблицам (см. Провода). Предварительно выбирают основные характеристики С. э.: место источника главного питания—станции или подстанции, систему распределения (см. Распределение электрической энергии), напряжение и способ проводки (воздушная или подземная); выяснив нагрузки (см. ниже), наносят их на план электрифицируемого района, намечая на нем места прокладки проводов распределительной С. э. Наметь расположением питающих пунктов, рассчитывают распределительную С. э. и питающие провода, после чего всю С. э. проверяют на эластичность (см. ниже). Нередко приходится расчет повторить, внося в первоначальный вариант оказавшиеся нужными изменения.

В дальнейшем изложении описаны наиболее распространенные методы электрич. расчета отдельных линий и сетей применительно к двухпроводным сетям постоянного тока. Эти же методы применяют при расчете трехпроводных сетей постоянного тока и сетей переменного тока, причем необходимо принимать во внимание их особенности.

А. Разомкнутые С. э. [5, 6, 9, 11, 13, 19, 23]. Простая линия, питаемая в начале, с несколькими нагрузками. Пусть (фиг. 29) i_1, i_2, \dots —выраженные в А токи, протекающие через отдельные приемники нагрузки; I_1, I_2, \dots —токи в отдельных участках провода; l_1, l_2, \dots —выраженные в м расстояния в один конец между отдельными нагрузками; L_1, L_2, \dots —расстояния в м в один конец от начала линии до отдельных нагрузок; q_1, q_2, \dots —сечения проводов в мм² отдельных участков линии; σ —уд. проводимость металла провод. Наибольшее падение напряжения (в обоих проводах) в конце линии равно:

$$\epsilon_m = \left(\frac{I_1 l_1}{q_1} + \frac{I_2 l_2}{q_2} + \dots + \frac{I_m l_m}{q_m} \right) \frac{2}{\sigma} = \frac{2}{\sigma} \sum \frac{I_n l_n}{q_n}.$$

При нахождении сечений по принятой величине наибольшего допустимого падения напряжения величины отдельных слагаемых этого падения (затрачиваемых на различных участках) можно, выбирая их значения в известных пределах, варьировать б. или м. произвольно или же следовать систематич. ходу расчета по одному из следующих трех методов. а) На постоянное сечение q провода С. э. рассчитывают по ф-ле (обозначения те же, что и выше):

$$q = \frac{2 \sum I_n l_n}{\epsilon_m \sigma} = \frac{2 \sum I_n L_n}{\epsilon_m \sigma}.$$

б) На постоянную плотность сечения $j = \frac{I}{q} = \text{Const}$ сечение можно рассчитывать по получающейся из общего выражения для падения напряжения формуле

$$q_n = \frac{2 I_n L_n}{\epsilon_m \sigma}.$$

Обычно оказывается более удобным начинать вычисление сечений с последнего участка:

$$q_m = \frac{2 I_m L_m}{\epsilon_m \sigma}.$$

Остальные сечения находят путем увеличения найденного значения пропорционально протекающим по отдельным участкам силам токов:

$$q_n = \frac{I_n}{I_m} \cdot q_m.$$

Вследствие округления сечений до нормальных значений (по сортаменту) расход металла на провода при расчете на постоянную плотность тока оказывается большим, чем при расчете на постоянное сечение; поэтому расчет на постоянную плотность тока для целей практич. ценности не представляет. в) На минимуме металла сечение рассчитывают по формуле

$$q_n = C \sqrt{I_n};$$

порядок расчета: вместо C подставляют нек-рое произвольно выбранное круглое число (чаще всего 10; 1 или

0,4) и подсчитывают, какое при принятом S получится значение максимального падения напряжения ϵ'_m ; это значение ϵ'_m будет конечно равняться от допустимого ϵ_m ; из неправильных значений сечений q'_n находят при помощи пропорционального перерасчета искомые значения q_n по формуле

$$q_n = q'_n \frac{\epsilon'_m}{\epsilon_m}$$

Питаемые в начале разветвленные линии. а) Линия, разветвляющаяся в конце (фиг. 30). В общем расчет сводится к основной задаче: как распределить все допустимое наибольшее падение напряжения (до конца ветвей) между главной линией (магистралью) и ответвлениями: наимыгоднейшее распределение падений напряжения (такое, при котором полный расход металла на всю линию будет минимальным) находят путем проб или по формуле

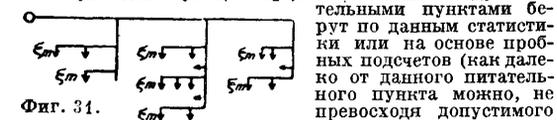
$$\epsilon_a = \epsilon_m \frac{L_a}{L_a + \Lambda}$$

где ϵ_a —падение напряжения в магистрали; L_a —длина магистрали в м (в один конец); ϵ_m —наибольшее падение напряжения от начала магистрали до конца ответвлений. При этом, величину Λ называют коэффициентом (иногда в виртуальной) длиной; она равна

$$\Lambda = \sqrt{\frac{\sum i_n L_n^2}{I_a}}$$

где I_a —ток в магистрали. б) Линия с ответвлениями, отходящими от магистрали в нескольких точках (фиг. 31). Пользуясь одним из изложенных выше способов расчета простых линий, питаемых в начале, рассчитывают магистраль и ответвления в отдельности, при этом в каждом из ответвлений допускают такое падение напряжения, чтобы максимальное падение напряжения ни в какой точке линии не вышло из допустимых пределов.

В замкнутых С. э. Предварительный расчет. Сперва выбирают число питательных пунктов и размещают их по С. э. (вблизи крупных нагрузок, в местах пересечения улиц и пр.). Расстояния между питательными пунктами берут по данным статистики или на основе пробных подсчетов (как далеко от данного питательного пункта можно, не превосходя допустимого падения напряжения, передать требуемую мощность по проводу не слишком большого сечения).



В такой первоначальный вариант размещения питательных пунктов зачастую приходится в позднейшем вносить известные коррективы. При выборе числа питательных пунктов для более крупных С. э. прибегают к ф-лам Зенгеля [6, 20] или В. М. Хрущова [16, 17, 19]; для той же цели были предложены М. Д. Каменским упрощенные эмпирические ф-лы [18]. Остановившись на каком-либо определенном расположении питательных пунктов, С. э. разделяют на самостоятельные участки, каждый из к-рых можно рассчитать независимо от других; подобная разбивка производится с соблюдением следующего условия: разграничительные линии между отдельными участками должны проходить только через самые питательные пункты, не пересекая проводов. Далее производят предварительный выбор приближенных сечений проводов, пользуясь методом взрезывания: в точках, где следует предполагать наибольшее падение напряжения, провод взрезывают; благодаря этому каждый самостоятельный участок С. э. перестает представлять собой замкнутую систему, а оказывается распавшимся на известное число проводов, питаемых с одной стороны с ответвлениями, для к-рых нетрудно посредством одного из описанных выше способов рассчитать сечения (следует при округлении сечения до стандартных значений избегать большого разнообразия их). При этом для каждого взрезанного провода должны получиться примерно одинаковые сечения по обе стороны от места разреза. Иначе приходится перенести место разреза в другую часть провода.

Повторный расчет. К к-рому приступают вслед за этим, ставит себе задачей на основании полученных значений сечений найти точную картину истинного распределения токов в С. э. в целях проверки найденных ранее значений сечений проводов как на падение напряже-

ния, так и (по таблицам) на нагревание. Подобная проверка позволяет остановиться на окончательных значениях сечений проводов С. э. Для простой замкнутой линии (т. н. кольцо) или линии, питаемой с двух сторон (фиг. 32), токораспределение находят, вычисляя токи I_A и I_B , поступающие из питательных пунктов А и В в два конца линии; если (чаще всего встречающийся на практике случай) провод на всей своей длине между питательными пунктами должен иметь одинаковое сечение, а напряжения в обоих питательных пунктах А и В равны, то для нахождения этих токов служат ф-лы

$$I_B = \frac{\sum i_n L_n}{L_{AB}} \text{ и } I_A = \sum i_n - I_B$$

В тех редких случаях, когда сечение не сохраняет постоянного значения на всей длине провода между его концами, в ф-лу для вычисления I_B следует вместо длин подставить значения соответствующих сопротивлений. Если напряжения ϵ_A и ϵ_B в точках А и В различны (что на практике встречается редко), напр. $\epsilon_A > \epsilon_B$, то при одинаковом сечении по всей длине провода последние ф-лы приобретают вид

$$I_B = \frac{\sum i_n L_n}{L_{AB}} + \frac{\epsilon_B - \epsilon_A}{2R_{AB}}, \quad I_A = \sum i_n - I_B,$$

причем R_{AB} —сопротивление провода АВ. Для нахождения распределения токов в любой замкнутой С. э. основываются на принципе параллельности (суперпозиции) токов и напряжений: а) в любой точке С. э. истинный ток равен алгебраич. сумме токов, к-рые протекали бы, если бы потребители вместо того, чтобы получить электрич. энергию одновременно, брали ее каждый порознь один за другим; б) в любой точке С. э. падение напряжения равно сумме падений напряжения в той же точке, к-рые получились бы, если бы потребители брали энергию не одновременно, а порознь; в) в любой точке С. э. можно не искажая действительного распределения токов в С. э., подвести любое число фиктивных токов, причем однако в дальнейшем эти вспомогательные токи д. б. отведены от той же точки. Исходя из этих принципов, С. э. рассчитывают, принимая условно, что все узлы ее являются питательными пунктами, в которых, как всегда, напряжения предполагают одинаковыми. Благодаря такому допущению С. э. перестает быть замкнутой и оказывается состоящей исключительно из линий, питаемых с одного или с двух концов; для этих последних распределение токов находят по способу, изложенному выше. Однако найденное т. о. токораспределение не будет истинным; наложив на все узлы фиктивных питательных пунктов равносильно допущению, что извне (по фиктивным проводам) к узлам подводится энергия. Неправильность, к-рую вносит с собой подобное предположение, устраняют след. обр.: чтобы уничтожить влияние подведенных (несуществующих на самом деле) токов, на С. э. с питательными пунктами во всех узлах налагают С. э., нагруженную только в узлах, причем величины этих нагрузок равны тем токам, к-рые в первом случае надо было бы подвести к фиктивному питательному пунктам. Для этой последней С. э. (нагруженной только в узлах) токораспределение находят из т. н. узловых ур-ий (метод Кольтри), число к-рых равно числу узлов:

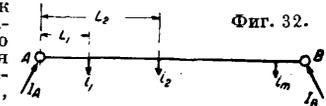
$$\begin{aligned} +\epsilon_a \sum_a G - \epsilon_b G_{ab} - \epsilon_c G_{ac} \dots - I_a &= 0, \\ -\epsilon_b G_{ab} + \epsilon_b \sum_b G - \epsilon_c G_{bc} \dots - I_b &= 0, \\ -\epsilon_a G_{ac} - \epsilon_b G_{bc} + \epsilon_c \sum_c G \dots - I_c &= 0, \end{aligned}$$

где $\epsilon_a, \epsilon_b, \epsilon_c, \dots$ —падения напряжения (в один конец) от питательных пунктов до узловых точек а, б, с, ...; G —проводимости проводов, соединяющих соответствующие узлы; $\sum G$ —сумма проводимостей всех сходящихся в узле а проводов; I_a, I_b, I_c, \dots —нагрузки узлов. Систему ур-ий решают совместно и находят падения напряжений (если число ур-ий велико, решают их приближенными способами, основанными на методе последовательных приближений). Найдя падения напряжения, определяют токи в проводах:

$$I_{ab} = (\epsilon_b - \epsilon_a) \cdot G_{ab} \text{ и т. д. и } I_{Aa} = -\epsilon_a G_{Aa} \text{ и т. д.}$$

Истинное токораспределение в действительной С. э. получают, налагая распределение токов, найденное в последнем случае, на то, к-рое было получено для случая С. э. с фиктивными питательными пунктами. Иногда предварительной С. э. постепенно упрощают путем последовательной замены в ней нескольких проводов одним, обладающим эквивалентной проводимостью.

Расчет питательных проводов (Фидеров). После расчета распределительной С. э. определяют нагрузку каждого фидера (на к-рую он д. б. рассчитан) путем сложения для каждого питательного пункта всех токов, вытекающих из него во все исходящие распределительные провода; электрич. расчет фидеров несложен: они образуют системы с простой конфигурацией (см. ниже); принципы расчета те же, что и для распределительных проводов. Значение допустимого наибольшего



падения напряжения выбирают гл. обр. в соответствии с требованиями экономичности (см. *Провода и Линии передачи*); это значение для всех фидеров С. э. берут одинаковым, чтобы иметь одинаковое напряжение во всех питаемых пунктах.

Проверка уравнивательной способности С. э. Во время колебаний нагрузок в С. э. напряжения в питаемых пунктах, изменяясь, перестают быть одинаковыми; разницы между ними будут тем больше, чем большие значения допустимых максимальных падений напряжения были приняты при расчете проводов и чем меньше С. э. может обеспечить возможность циркуляции энергии между различными точками ее. Закончив расчет всей С. э. (распределительной и фидеров), подвергают ее проверке в отношении способности автоматически уравнивать разности напряжений между питаемыми пунктами (эластичность С. э.), пользоваться для этого ф-лой

$$\epsilon_{AB} = \frac{R_a}{R_a + R_A + R_B} \cdot \epsilon'_{AB},$$

где R_a — сопротивление уравнивательного провода, т. е. провода, непосредственно соединяющего питаемые пункты А и В; R_A и R_B — сопротивления питаемых проводов, ведущих к этим пунктам; ϵ'_{AB} — разность напряжений между этими пунктами при наличии уравнивательного провода; ϵ'_{AB} — та же разность напряжений при отсутствии уравнивательного провода. Если по ф-ле получится значение ϵ_{AB} , составляющее больше 1% от рабочего напряжения С. э., то сечение уравнивательного провода или питаемых проводов надо увеличить.

Графические методы для электрич. расчета С. э. основаны на построениях, использующих некие аналоги теории С. э. с положениями статики; на практике применяются редко. Несколько более распространены таблицы и номограммы (напр. дающие значения падений напряжений для различных нагрузок и длин проводов при различных сечениях), к-рыми пользуются взамен расчетных ф-л [23]. В заключение электрич. расчета провода С. э. обычно проверяют на нагревание от токов короткого замыкания (см.). Если вблизи высоковольтной трехфазной или однофазной линии проходит вдоль нее линия связи, то надо выяснить расчетом в односторонней высок. вольтовой линии на линии связи путем электростатической или электромагнитной индукции. Линию связи необходимо защитить от действий, опасных для аппаратов связи или лиц, пользующихся ими, и от мешающих действий, препятствующих телефонной и телеграфной передаче [5, 7, 8, 9, 11].

Экономический расчет С. э. ставит себе задачей определить условия, при к-рых сумма ежегодных расходов по С. э. будет наименьшей. На экономичность рассчитывают преимущественно фидеры (см. *Провода и Линии передачи*).

Определение расчетных нагрузок С. э. Проектирование начинают с выяснения величин и характера ожидаемых для проектируемой С. э. нагрузок. Для подсчета мощности осветительных приборов, к-рые придется установить в охватываемом С. э. районе, исходят из данных (имеющихся у органов управления) о площади пола, занятой по отдельным кварталам каждой из улиц под жилые и прочие категории помещений; умножая на эти площади нормальные значения освещенностей, необходимых в зависимости от рода и назначения помещения, определяют мощность осветительных приборов, т. е. устанавливают мощность их. Для производственных предприятий выясняют установленную мощность двигателей. Кроме того учитывают мощность для бытовых нужд (нагревательные приборы, мелкие электродвигатели и пр.). Не все установленные приемники будут работать одновременно; поэтому расчетные нагрузки для С. э. получают, умножая величины присоединенной мощности на коэффициент одновременности (отношение действительного возможного максимума мощности включенных одновременно приемников к сумме номинальных мощностей всех установленных приемников). Для приближенных подсчетов можно исходить из статистич. данных о нагрузках существующих сетей (для наших городов установленная осветительная мощность порядка 4—6 Вт на 1 м² жилой площади, а для учреждений и торговых помещений 5—7 Вт на 1 м²). Для исчисления нагрузок учитывают и будущий прирост потребления к концу срока, к-рому относят расчет С. э., — обычно на 5 лет вперед. Иногда в проекте предусматривают построение сети в две очереди [4, 7, 9, 24].

Разбивка на плане линий С. э. Выяснив нагрузки, приступают к планировке предполагаемого расположения проводов С. э., провода линии по всем местам, где ожидается нагрузка. За пределами населенных мест желательна возможно более близкая к прямой траса линий. При воздушной проводке для этого берут большие пролеты, к-рые осуществляют при применении опор надлежащей высоты и конструкции (о величине экономич. пролета см. *Линии передачи*); для простых деревянных столбов при суммах сечений проводов (в мм²) до 70; 70—100; 100—200; 200—300 и свыше 300 средние значения пролетов (в м) соответственно будут: 30—100; 60; 50; 40 и 35. В городах воздушные линии ведут обычно по сторонам улиц с пролетами 30—60 м (для удобства ответвления в дома, к-рые берут с опор). За городами подземные линии

прокладывают у края дорог. При трассировке в городах подземных линий надо искать пространства, не занятые водопроводами, канализацией и пр. (лучше под тротуарами). При планировке сетей внутри зданий выбирают сперва место ввода (в подвале, реке в первом этаже), а рядом с ним удобное и доступное место для главного выключателя или распределительного щитка; затем располагают поближе к обслуживаемым ими группам приемников второстепенные щитки. Провода к каждому помещению ведут кратчайшим путем (обычно вертикальная магистраль — с т о я к, — от которой отходит ветвь в каждом этаже).

Выбор конфигурации С. э. Для населенных мест применяют кольцевые фидеры (в небольших установках) или радиальные (ряд разомкнутых линий, исходящих из центральной станции или главной подстанции); кольцевые системы с развитием установок усиливают радиальными фидерами. Крупные города разбивают на районы, каждый с кольцевой питающей сетью, питаемой от отдельного фидера [8, 9, 12, 21]. Распределительные С. э. выполняют чаще разомкнутыми; замкнутая конфигурация, дающая теоретически экономичнее, применяется гл. обр. в виду сложности эксплуатации реке; в нашей практике взамен ее компромиссом: разомкнутые фидеры с перемычками, т. е. выключаемыми с одной стороны соединительными линиями (при аварии они позволяют перевести питание данного участка С. э. на другой фидер). В фабрично-заводских установках применяют больше радиальную систему, часто также с возможностью переключения для питания от других групп, реке кольцевую; при этом на крупных з-дах выгоднее две отдельные С. э. (для освещения и для двигателя), а для небольших — одна общая С. э.; в обоих случаях д. б. еще особая сеть для освещения безопасности. Выбор напряжения С. э. связан с выбором системы распределения (см. *Распределение электрической энергии*). Наиболее удобное напряжение выбирают, руководствуясь нормами, путем сравнения вариантов. Для С. э. низкого напряжения при постоянном токе возможен для двухпроводных систем выбор между 110 и 220 В, а для трехпроводных — между 2×110 и 2×220 В; при трехфазном токе возможно применение 220/127 В и 380/220 В. К применению последнего напряжения надо относиться осторожно (более опасно). Для высоковольтных С. э. наши нормы рекомендуют 3,6 и 10 кВ (между фазными проводами); для линий передач — 20, 35, 60, 100 и 200 кВ. Повышение напряжения уменьшает затраты металла на провода, повышая однако стоимость изоляции и аппаратуры [8, 11, 25].

Детальная разработка проекта. Закончив электрический расчет, разработывают детали конструктивного выполнения электрических сетей; при воздушной проводке рассчитывают еще провода, опоры и пр. на механическую прочность. Составление проекта завершается разработкой спецификации и (с планов С. э. и чертежей берут количества материалов и приборов, необходимых для выполнения сети), строительной сметы, т. е. стоимости оборудования и постройки С. э., к-рую получают, умножая взятые из спецификации количества потребных материалов или предметов оборудования на цены за единицу длины, единицу веса или за штуку (стоимость монтажа исчисляют по урочным нормам и расценкам), и наконец эксплуатационной сметы (все ежегодные расходы по эксплуатации, ежегодные отчисления, зависящие от величины капитала, затраченного на постройку, и стоимость терпящей в сети энергии). Кроме чертежей и смет в состав проекта входят пояснительная записка (описание района, план развития электроустановки, основные данные о расчете и устройстве С. э., с мотивировкой принятых технич. решений) [9, 24, 26, 27, 28].

Лит.: 1) Х а щ и н с к и й В. П., Значительные события в истории развития генерирования и канализации электрич. энергии за последние полвека, «Электричество», М.—Л., 1930, Юбилейный номер, стр. 86; 2) е г о ж е, Соединение больших сетей для параллельной работы, там же, 1926, 2, стр. 71; 3) е г о ж е, Централизованное управление работой соединенных параллельно сетей, там же, 1926, 11, стр. 453; 4) К а п л е р Ф., Электропередача. Сооружение воздушных линий, пер. с нем., М., 1927; 5) Ф а у л ь Ф., Справочник по электротехнике, пер. с англ., т. 1 и 3, Л., 1928—1929; 6) Х а щ и н с к и й В. П., Канализация электрич. энергии, Сети, ч. 1, Электрич. расчет, 3 изд., Л., 1934, ч. 2, Механич. расчет, Конструкция, Л., 1926; 7) S e i l e y H. P., Electrical Distribution Engineering, N. Y., 1930; 8) P i a z z o l i E., Tecnica degli impianti elettrici per luce e forza, v. 2, parte 1, Milano, 1929; 9) СЭТ, Справочная книга для электротехников, т. 1, отд. 4А, т. 2, отд. 7, т. 3, отд. 18 и 19, т. 4, отд. 26, Л., 1928—1931; 10) National Electric Light Association, Overhead Systems Reference Book, N. Y., 1927; 11) R i z h a E. u. S e i d e n e r J., Starkstromtechnik, Taschenbuch für Elektrotechniker, B. 2, Abschnitt 2, Leitungen, 7 Aufl., B., 1931; 12) D i c k J. a. F e r n i e F., Electric Mains a. Distributing Systems, L., 1919; 13) В и т т В. И., Электрич. провода, их производство, расчет и прокладка, пер. с нем., М.—Л., 1927; 14) S e n g e l A., Bestimmung d. günstigsten Zahl von Speisepunkten eines Verteilungsnetzes, «ETZ», B., 1899, p. 807, 826; 15) C h r u s t o f f W. M., Beitrag zur Berechnung von Speiseleitungen elektrischer Städtetze, «E. u. M.», W., 1928, p. 586; 16) C h r u s t-

schoff W. M., Zur Frage über Berechnung elektrischer Netze unter d. Bedingung eines Minimums von Material, «Arch. f. Elektr.», В., 1924, В. 13, Н. 2, р. 109; 17) Chrustschoff W. M., Zur Frage über die rationelle Verteilung d. Speisepunkte u. Transformatorstationen im elektrischen Netz, *ibid.*, В., 1926, В. 16, р. 341; 18) Каменицкий М. Д., Практика. Формулы для определения числа питаемых пунктов, «Электричество», М., 1922, стр. 32; 19) Хрущов В. М., Электрич. линии и сети, Харьков, 1926 (литорг.); 20) Herzog-Feldmann, Die Berechnung elektrischer Leitungsnetze in Theorie und Praxis, 4 Aufl., В., 1927; 21) Глазунова А. А., Теория и расчет электрич. распределительных сетей, 2 изд., М.—Л., 1931; 22) Теисмüller J., Die Berechnung d. elektrischen Leitungen auf neuer Grundlage, Stg., 1921; 23) Сонлейтенгер А., Die Kreuztafel als Behelf zum Entwerfen von Verteilnetzen, «Siemens-Ztschr.», В., 1928, р. 511; 24) Голпе Ф., Проектирование небольших электрич. станций и сетей, пер. с нем., Л., 1930; 25) Хрущов В. М., Об экономическ. и наиболее низком напряжении распределительных сетей, «Электричество», 1928, стр. 315 и 1930, стр. 390; 26) Урочные нормы и расценки на электромонтажные работы, М., 1927; 27) Справочник по электромонтажным работам, Нормы времени, М., 1931; 28) ГЭТ, Преискуранты за 1925—1927 гг., М.; Кизер Г., Перелача электрич. энергии, т. 2, Сети низкого и высокого напряжения, пер. с нем., Л., 1928; Харчев М. К., Канализация электрич. энергии, «Рабочий техникум на дому», Электротехника, кн. 9, Л., 1929; Электричество как источник света и силы, 2 изд., Берлин, 1930; Электротехнич. правила и нормы, 4 изд., М.—Л., 1931; Ценники, М., 1931; Электротехнич. справочник, 2 изд., Л., 1930; Сименс Э., Электрич. оборудование световых и силовых установок, Берлин, 1924; Каменицкий М. Д., К вопросу о выборе напряжения для распределительных сетей, «Электричество», М.—Л., 1924, стр. 399; егже, К вопросу об определении величины установленной мощности при сооружении электрич. сетей и их расширении, там же, М.—Л., 1928, стр. 318; Хрущов В. М., Новый метод расчета сетей, там же, М.—Л., 1917, стр. 212; Мауди А., Installations électriques à haute et basse tension, Р., 1926; Revessig G., La transmission e distribuzione dell'energia elettrica, Brescia, 1926; Fowle F., Standard Handbook for Electrical Engineers, 5 ed., N. Y., 1922; Schönberg A. u. Glunck S., Landeselektrizitätswerke, Мch.—В., 1926; Chrustschoff W. M., Ueber den wirtschaftlich günstigsten Spannungsabfall in Niederspannungs-Verteilungsnetzen mit Lichtbelastung, «E. u. M.», 1930, р. 161; Sardemann F., Spannungshaltung u. Spannungsüberwachung im Netz d. Berliner städtischen Elektrizitätswerke Akt.-Ges., «Die El. Wirtschaft», В., 1930, р. 84; Schwäger A., Graphische Berechnung elektrischer Leitungsnetze, «ETZ», 1920, р. 227; Unger, Berechnung d. Wirtschaftlichkeit von Verteilungsnetzen aus den Werten d. Statistik, *ibid.*, 1930, р. 1509; Wittich, Ueber das Veraschen von städtischen Niederspannungsnetzen, *ibid.*, 1929, р. 1262. **В. Хацинский.**

СЕТКА лампы электронной (см. *Лампа электронная*), управляющий электрод, помещенный на пути электронов от катода (нити) к аноду. Состоит или из нескольких проволочных спиральных витков, образующих цилиндрич. спираль, или из металлической сетки в обычном смысле слова, свернутой в цилиндрическую трубку. Цилиндр, на к-рый надо представлять себе накрученную С., бывает как круглый, так и эллиптический. Чем реже навиты витки С. и чем тоньше их проволока, тем больше ее коэффициент усиления. Материалом С. служит обычно молибден, реже никель. Функция С.—управление электронным током сквозь лампу: положительное (относительно катода) напряжение на С. увеличивает этот ток, отрицательное — уменьшает. Нормально к С. подводится переменная эдс либо от внешнего источника (усилительные схемы) либо из анодного контура той же лампы (обратная связь). Ток, идущий на С., при отрицательном напряжении на ней очень мал, но становится сравним с анодным током при не слишком малых положительных напряжениях на С. Число сеток в электронной лампе бывает 1—3; особый вид С. представляет собой экран, служащий для уменьшения внутривитковой емкости «анод-сетка». В *пентодах* (см.) особая С., помещенная между экранирующей С. и анодом, препятствует искажению характеристики из-за динаatronного

эффекта. В динаatronных схемах, а также при генерации дециметровых волн (см. *Ультракороткие волны*) по способу Баркгаузена-Курца на С. дается значительное положительное напряжение, т. ч. в этих схемах С. исполняет (до известной степени) роль анода. При больших напряжениях на С. возникает на ней динаatronный эффект (см. *Динаatron*), благодаря чему на С. во внешних частях схемы начинает течь ток, обратный по направлению обычному сеточному току. Этого же обратного направления ток возникает на С. и при отрицательных напряжениях на С., но в присутствии в лампе газа, что позволяет судить о степени пустотности лампы. Введение С. сделало электронную лампу тем необходимым радиотехнич. прибором, каковым она является в настоящее время. Под понятие С. подводят также вообще управляющие электроды совершенно без отверстий, напр. в лампах с управляющим электродом в виде сплошной пластинки, помещенной параллельно нити примерно симметрично с анодной пластинкой, или «внешние сетки», помещаемые совершенно вне лампы в виде пластинки или в виде металлическ. слоя на наружной поверхности лампы.

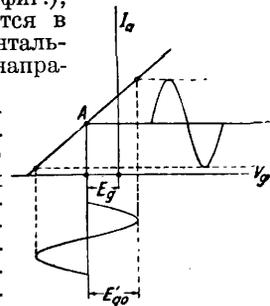
Б. Вазденский.

СЕТОЧНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ, напряжение, налагаемое на сетку электронной лампы; состоит нормально из двух компонент: 1) постоянной E_g , называемой обычно сеточным смещением и ем и могущей быть и положительной и отрицательной, и 2) переменной E_{g0} , подводимой либо со стороны (от генератора, от усилительного каскада и т. п.) либо получаемой от анодного контура той же лампы через индуктивную, емкостную или же смешанную связь (см. *Обратная связь*). Сумма обеих компонент есть полное мгновенное значение С. н.:

$$V_g = E_g + E'_{g0}$$

напр. $V_g = E_g + E'_{g0} \sin \omega t$ (E_{g0} —амплитуда).

Постоянная компонента E_g определяет собою т. н. точку покоя, или рабочую точку, т. е. фиксирует на характеристике (I_a, V_g) точку А (фиг.), вокруг к-рой совершаются в направлении V_g (горизонтальном) колебания С. н. и направлении I_a (вертикальном) колебания анодного тока. Смотря по надобности, E_{g0} выбирают различной величины и знака: для усилительных схем $E_g < 0$ и таково, чтобы одновременно обеспечивать отсутствие заметного сеточного тока I_g (при этом для вольфрамовых нитей E_g ниже —1,2 В) и кроме того помещать рабочую точку в прямолинейный участок характеристики (она же область наибольшей крутизны S). В детекторных схемах при анодном детектировании (см. *Ламповый детектор*) E_g также < 0 , но выбирается так, чтобы рабочая точка попала в место характеристики с наибольшей величиной $\frac{\partial I_a}{\partial V_g}$, т. е. в так наз.



нижний сгиб характеристики. При детекторной схеме с *гридликом* (см.) С. н. определяется не только величиной, включенной в цепь сетки батареи E_g , но еще и падением напряжения RI_g на большом сопротивлении R (включенном в ту же цепь), по к-рому проходит сеточный ток I_g :

здесь $S. н. = E_g - RI_g$ и также < 0 , хотя E_g нормально > 0 (часто + полюс нити). Под действием сигнала $S. н.$ здесь падает (благодаря возрастанию I_g из-за детекторного эффекта), и тем уменьшается анодный ток I_a . Во всех этих случаях $S. н.$ доставляется или от специальной батареи или от батареи накала. В генераторных схемах применение постоянной компоненты $S. н.$ служит либо для целей облегчения условий самовозбуждения (в генераторе с самовозбуждением) либо (гл. обр. в генераторе с посторонним возбуждением) для целей повышения кдд (сильно отрицательное E_g). Так как сильно отрицательное E_g препятствует возникновению генерации, в схемах с самовозбуждением применяют способ создания такого E_g путем применения схемы с утечкой сетки (гридлик), где данное E_g образуется только после возникновения генерации (благодаря возникновению при этом сравнительно значительного I_a) и уничтожается вместе с ее прекращением. У двухсеточных, экранированных и других ламп приходится различать сеточное напряжение на главную и на вспомогательную сетки (на экран); для последних случаев E_g всегда больше нуля (кроме специальных схем).

Величина переменной компоненты E'_g нормируется следующими соображениями. В схемах усилительных $S. н.$ не должно выходить за пределы прямолинейной части характеристики и кроме того не должно превышать $-1V$ или в крайнем случае $0V$ во избежание искажений и ослабления усиления из-за появления сеточного тока. В схемах детектирования переменной компонента $S. н.$ не м. б. меньше некоторой предельной величины («кажущийся порог детектора» — порядка сотых V); в схеме гридлика $S. н.$ не должно превышать тех пределов, которые определяют экспоненциальную часть характеристики сеточного тока. В схемах генераторных переменная компонента $S. н.$ выбирается не меньше той, к-рая достаточна для того, чтобы захватывать колебаниями всю область наклонной части характеристики ($I_a, V_{гпр}$). Что касается верхнего предела, он определяется тем обстоятельством, чтобы в моменты наибольшего мгновенного значения $S. н.$ оно не подымалось выше (низкого в этот момент) напряжения на аноде во избежание чересчур большого тока на сетку, что повлекло бы за собой т. н. п е р е н а п р я ж е н н ы й р е ж и м (см. *Ламповый генератор*). Изменения $S. н. \Delta V_g$ действуют в анодной цепи как равнозначные изменения анодного напряжения ΔV_a , умноженные на μ (коэф. усиления); отсюда переменная компонента анодного тока I_a

$$I_a = \frac{\mu E'_g}{R_i + Z_a},$$

где R_i — внутреннее сопротивление лампы, а Z_a — комплексное сопротивление анодной цепи. При сколько-нибудь значительных I_a и E'_g $R_i \neq$ постоянной, и зависимость I_a от E'_g становится криволинейной (колебательная характеристика). В противоположность этому обратная зависимость E'_g от I_a (исключительно через элементы схемы — обратная связь) всегда линейна (если отвлечься от значительного сеточного тока).

Лит.: Берг А., Основы радиотехнич. расчетов, Л., 1930; А с е в Б., Катодные лампы, ч. 1 и 2, 2 изд., М., 1927—28; В е д е н с к и й Б., Физические явления в катодных лампах, Москва—Ленинград, 1926; Б а р н г а у з е в Г., Катодные лампы, пер. с немецкого, ч. 1—2, Москва, 1925—28. **Б. Введенский.**

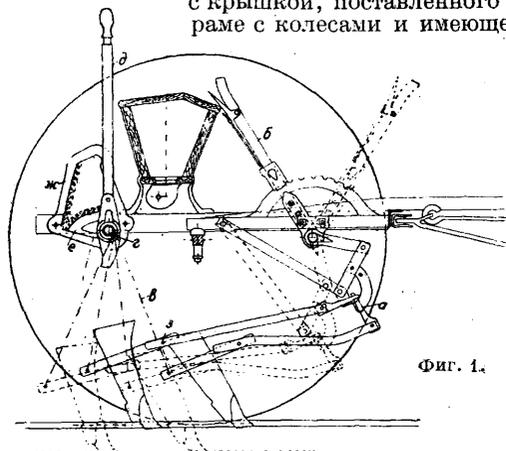
СЕЯЛКИ, машины для высева семян растений. Сделать посев—это: а) распределить семена в известном порядке на засеваемой площади и б) поставить семена в благоприятные условия для прорастания, а будущие растения в благоприятные условия роста. Правильно сделанный посев предвещает повышенный урожай. Различают способы посева: 1) сплошной п о с е в о с н о й п о с е в, когда семена распределяются ручным или машинным способом б. или м. равномерно по всей засеваемой площади, вне определенного порядка, 2) р я д о в о й п о с е в, когда семена укладываются по полю рядами, на определенном расстоянии ряд от ряда, 3) л е н т о ч н ы й, когда ряды сближаются между собой, образуя совместно засеянные ленты, расположенные также одна от другой на определенном расстоянии, 4) г н е з д о в о й п о с е в, когда семена распределяются по несколько штук в одном месте (г н е з д е) рядами и в рядах на известном расстоянии гнездо от гнезда, и вариант гнездового, посев п о о д н о м у з е р н у рядами или даже в шахматном порядке на одинаковом расстоянии зерно от зерна. Благоприятные условия для прорастания семян—помещение их во влажную почву на определенную глубину и покрытие слоем земли, благодаря чему семена не высыхают, а своевременно набухают водой, трогаются в рост и не расхищаются птицами. Следовательно законченная операция посева включает в себя распределение и заделку семян. При разбросном посеве заделка семян производится дополнительной операцией при помощи землекопательных орудий, напр. бороной, лушпильником, культиватором и т. п. При других же способах посева заделка производится одновременно с высевом одной и той же машиной. В зависимости от способов посева все С. можно разделить на: 1) р а з б р о с н ы е, 2) р я д о в ы е и 3) г н е з д о в ы е, если принять во внимание, что ленточный посев производится рядовыми С., а высев по одному зерну может быть достигнут С. гнездового типа.

Первые С. появились в Китае, Японии и Аравии. В Европе они стали известны только в середине 17 в. Первое описание рядовой С., сделанное Ворлейем, было напечатано в 1669 г. В 18 в. Иетро Туэль усиленно пропагандировал рядовые сеялки в Англии. В числе многих изобретенных в Англии систем С. наибольшее значение имела С. ложечная (Джемса Куна), к-рая после усовершенствования ее Балджином и Уэльсом в 1790 г. оставалась без изменения до наших дней. В это же время в Германии шло усовершенствование разбросных С. с различными выбрасывающими аппаратами (щеточный, ячеистый и т. д.). Гнездовые С. распространены значительно меньше, а аппараты, выбрасывающие по одному зерну, только еще начинают вводиться.

Применение рядовых С. в с. х-ве является показателем хорошего состояния его полей. Машинный посев благодаря большей равномерности посева (а в рядовых и гнездовых С. кроме того еще и благодаря немедленной и полной заделке семян) сравнительно с ручным дает значительную экономию в семенном материале. Разбросные С. сберегают 10—25%, рядовые и гнездовые—25—50% семян. Введение же аппаратов, выбрасывающих по одному зерну, обещает дать еще более значительную экономию. Применение С. весьма выгодно в с. х-ве, т. к. при правильной эксплуатации они окупаются в 1—2 года от одного только сбережения посевного материала. Кроме того С. повышают возможности с. х-ва в проведении посева своевременно, что благоприятно сказывается на урожае и на себестоимости продукции. Перечисленные достоинства машинного посева имеют особо важ-

ное значение для СССР в период реконструкции с. х-ва, при переходе от мелкого единоличного хозяйства к крупному механизированному с. х-ву социалистич. сектора, в к-ром применяются и улучшенная обработка, и подготовка полей к посеву, и наиболее совершенные способы обсеменения участков семенами различных растений. Без рядовых и гнездовых посевов не могут развиваться в сколько-нибудь значительных размерах все культуры, требующие специально междурядной обработки. Реформа нашего полеводства, начатая в небывалом в мировой истории масштабе, во всем с. х-ве не могла бы быть проведена с той уверенностью без применения С., с к-рой она проводится теперь.

Смотря по тому, приводятся ли С. в действие вручную, конной или тракторной тягой, их можно разделить на ручные, конные и тракторные. Ручные С. никогда не пользовались большим распространением. Они предназначаются для замены ручного разбрасывания, которое требует большого опыта и навыка. Лучшие из этих С. — ручные центробежные, в к-рых крылач, разбрасывающий семена, приводится в действие или смывком или вращающейся рукояткой (сист. Бюйста и Альдена). Мешок, из к-рого семена притекают к крылачу, подвешен на ремне через плечо или на шее рабочего. Для равномерного высева рабочий должен идти с определенной скоростью и сообщать крылачу одно и то же количество об/м. Кроме того проход от прохода должен находиться на определенном расстоянии во избежание незасеянных мест (отгребов) или двойных перекрытий семенами. Тракторные и конные С. состоят из призматич. ящика (фиг. 1), или коробки с крышкой, поставленного на раме с колесами и имеющего



Фиг. 1.

внизу или в задней стенке выпускные отверстия для семян. Около этих отверстий помещается выбрасывающий аппарат с регулирующим приспособлением, а иногда еще и особая ворошилка, или мешалка, способствующая лучшему притеканию семян к выбрасывающему аппарату. Если С. разбрасная, то за выбрасывающим прибором ставится распределительная доска или же семяпроводы с отражателями (фиг. 2). Если же С. рядовая или гнездовая, то семена от выбрасывающего аппарата направляются по семяпроводам в поле с ошниками и, через них в сделанные ими бороздки и копниками же засыпаются землей на установленную глубину. Тракторные С. прицепляют или непосредственно к трактору или же к особому прицепу, если для работы сде-

ляется в один комплект несколько машин. Конные С. кроме того обычно снабжают подвижными передками с рулевым управлением для более удобного направления машины по полю.

Детали С. Ящик большинства С. имеет призматич. форму с поперечным сечением трапеции или иной фигуры, обращенной узкой стороной вниз (фиг. 1), длиной до 4 и более метров. Ящик делается деревянный или железный, штампованный. Ящик имеет плотно прилегающую крышку, откидывающуюся на петлях для засыпки семян. Между крышкой и ящиком по линии петель не д. б. щели, иначе, когда ящик открыт для засыпки семян, то через щель семена будут теряться и производить беспорядок в посеве. В предупреждение этого некие з-ды заклеивают эту щель полоскою из полотна. Торцовые стенки ящика обыкновенно делаются литыми чугунными или же железными штампованными. В дне или задней стенке ящика продельваются выпускные отверстия, через которые семена поступают или к выбрасывающему аппарату или же выбрасываются наружу. Для того чтобы семена, не обладающие жесткостью, не задерживались в ящике, иногда применяют ворошилки, препятствующие семенам слегка смятаться и образовывать над выпускными отверстиями так наз. «своды», вследствие которых прекращается вытекание семян. Ворошилки состоят из вала, расположенного вдоль дна ящика с насаженными на нем по всей длине против выпускных отверстий прямыми или загнутыми на концах отрезками. При вращении или при колебательных движениях вала от передаточного механизма отрезки эти постоянно шевелят семена. Ящик кроме того должен иметь приспособление для его быстрой очистки от пыли и сора, а также при необходимости от семян, т. к. иначе при посеве нескольких видов семян в х-ве можно легко или смешать сорта или же семена одних растений засорить другими. В этих целях в ящике имеется или щель или особые выпускные отверстия для его быстрого и окончательного освобождения. В неких конструкциях С. ящик может опрокидываться назад на особых шарнирах (Брянский завод) и в таком положении быстро и легко очищается. Выбрасывающий аппарат является самой главной и ответственной частью всякой С. От всякого выбрасывающего аппарата требуется:

1) равномерный высеv семян и постоянный при данной его установке; 2) известный необходимый предел (от и до) количества высеваемых семян при разных установках аппарата; 3) отсутствие повреждения зерна, а если такового избежать нельзя, то самое минимальное (1—2%); 4) нечувствительность аппарата к наклонам С.: вперед, назад и в стороны; 5) нечувствительность к степени наполнения ящика; 6) нечувствительность к скорости движения машины и ее сограждениям; 7) известная универсальность аппарата, позволяющая высевать семена разных растений, если С. не имеет узко специального назначения. Сообразно с этими требованиями и д. б. производима оценка выбрасывающих аппаратов.



Фиг. 2.

Главнейшее требование—равномерность высева. Различают степени: положительной неравномерности, отрицательной, общей и средней. Для определения степени положительной неравномерности вычисляются среднее арифметич. от всех рядов, затем берется сумма весов зерна, выходящих рядами, подающими больше среднего арифметич., из нее вычитается произведение среднего арифметич. количества на число рядов, подающих больше, разность делится на это число рядов, и частное выражается в % к среднему арифметическому. Для определения степени отрицательной неравномерности поступают так же с рядами, выпускающими количества, меньше среднего арифметич. Степень общей неравномерности будет равна сумме положительной и отрицательной неравномерностей, а степень средней—половине этой суммы. Так например, С. для т р а в. (системы Стоддарт) с катушечным аппаратом типа Гузиера, приспособленном к конным граблям, при испытании в 1903 г. на Бутырском хуторе дала следующие результаты:

№ высевающихся аппаратов	Вес	d	d^2	d_1	d_1^2
1	26,8	+0,8	-0,64	+0,3	0,09
2	26,5	+0,5	0,25	+0,0	0,00
3	28,9	+2,5	8,41	+2,4	5,76
4	25,1	-0,9	0,81	-1,4	1,96
5	26,6	+0,6	0,36	+0,1	0,01
6	24,9	-1,1	1,21	-1,6	2,56
7	28,4	+2,4	5,76	+1,9	3,61
8	28,2	+2,2	4,84	+1,7	2,89
9	28,5	+2,5	6,25	+2,0	4,00
10	23,4	-2,6	6,76	-3,1	9,61
11	24,4	-1,6	2,56	-2,1	4,41
12	20,3	-5,7	32,49		

$$\Sigma = 812,0 \quad \Sigma d^2 = 70,44 \quad \Sigma d_1^2 = 34,90$$

Из данных (столбец 2) имеем среднее арифметич. от 12 аппаратов—26,00. Степень положительной неравномерности будет равна

$$(193,9 - 26 \cdot 7) \cdot 100 : 7 \cdot 26 = 6,5\%$$

Степень отрицательной неравномерности будет равна

$$(118,1 - 26 \cdot 5) \cdot 100 : 5 \cdot 26 = -9,1\%$$

Общая степень неравномерности будет: $6,5 + 9,1 = 15,6\%$ и средняя степень неравномерности: $15,6 : 2 = 7,8\%$. Но как бы тщательно и точно ни делались всякие измерения, они неизбежно несут в себе два рода погрешностей: постоянные и случайные погрешности. Постоянные погрешности вызываются какой-либо определенной причиной, напр. неправильными изготовлением или сборкою высевающего прибора, его неисправностью, засорением и т. д. Такие заведомо неправильные данные при выяслении должны исключаться, если исследуется напр. система высевающего аппарата как таковая. Но если исследование производится на конкурсе, в котором участвует несколько машин, то для сравнительного определения достоинства или недостатков испытываемых машин эти погрешности исключаться не должны. Случайные погрешности зависят от неизвестных причин, часто очень сложных и разнообразных, к-рые заранее предвидеть нельзя. Они в своей совокупности дают неизбежные погрешности всякого метода. Из приведенных данных табл. видно, что высевающий прибор № 12 работал ненормально, т. к. он сравнительно с другими дал слишком большую разницу от среднего арифметич.—5,7 г. И если мы его не исключим из опыта, то все неравномерности выразятся в приведенных выше цифрах. При исключении же его будем иметь: среднее арифметич. от 11 аппаратов 26,5 г, степень положительной неравномерности 4,5%, степень отрицательной неравномерности 7,7%, степень общей неравномерности 12,2%, а степень средней неравномерности понизится до 6,1%. Но в том и другом случае в результате испытания входят погрешности случайные, и при таком способе обработки данных остается неизвестным, что следует отнести за счет недостатков исследуемой машины и что за счет погрешностей данного метода. Не исключена возможность, что пределы методич. погрешностей выходат даже за указанные выше в табл. цифры. Для определения этих пределов и применяется с и о б н а и м е н ь ш и х к в а д р а т о в. Впервые этот способ был рекомендован для обработки опытных данных при всяких научных исследованиях в с. х-ве Л. Т. Будниновым. В. П. Горячкин применил этот метод в 1912 г. к материалом по испытанию рядовых С., произведенному в 1908 г. Он рекомендует пользоваться следующими формулами: для определения точности отдельных измерений $m = \pm \sqrt{\frac{\Sigma d^2}{n-1}}$, где d —разности между арифметич. средней и данными отдельных измерений, n —число наблюдений, а для определения пределов отклонения среднего арифметич. от его истинного значения: $M = \pm \frac{m}{\sqrt{n}}$. Обработывая те же данные

испытаний С. сист. Стоддарт по способу наименьших квадратов. мы получим для всех 12 высевающих

приборов сумму квадратов разностей: $\Sigma d^2 = 70,44$, откуда

$$m = \pm \sqrt{\frac{\Sigma d^2}{n-1}} = \pm \sqrt{\frac{70,44}{12-1}} = \pm 2,53 \text{ г,}$$

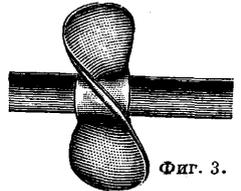
$$M = \pm \frac{m}{\sqrt{n}} = \pm 0,73 \text{ г.}$$

Но если выбросим данные от 12-го аппарата, как включающие в себя очевидную погрешность, то получим для 11 аппаратов значительно меньшие пределы случайных погрешностей, а именно: сумма квадратов разностей $\Sigma d^2 = 34,9$.

$$m = \sqrt{\frac{34,9}{10}} = \pm 1,87 \text{ г, } M = \pm \sqrt{\frac{1,87}{3,32}} = \pm 0,56 \text{ г.}$$

Т. о. данные отдельных определений могут колебаться на 1,87 г в ту и другую сторону, а среднее арифметич. м. б. в г $26,5 \pm 0,56$. Обращаясь к таблице, мы видим, что разности d у аппаратов № 1, 2, 4, 5, 6, 11 меньше предела (1,87) методич. ошибок, но что только данные аппаратов № 3, 7, 8, 9, 10 и 12 с разностями d , как выходящими за пределы методич. погрешностей, неоспоримо указывают на недостатки самих аппаратов или на недочеты в их сборке и установке. Кроме того если ограничиться определением только степеней неравномерности, то необходимо производить одновременно сравнительные испытания машин в одних и тех же условиях, иначе результаты, как носящие на себе субъективные признаки, сравнивать нельзя. Результаты не, обработанные способом наименьших квадратов, можно между собой сравнивать, хотя машины и будут испытываться в разных условиях. Практика довольствуется предельными цифрами средней степени неравномерности для высевающих аппаратов С.: от 3—5%. Что же касается пределов отклонения от истинного значения отдельных измерений (m) и среднего арифметич. M , то до сих пор не установлено, при каких величинах эти пределы являются допустимыми для практич. целей. При идеальном высевающим аппарате величины (m) и (M) д. б. равны нулю, т. е. через все выпускные отверстия должно проходить совершенно одинаковое количество семян.

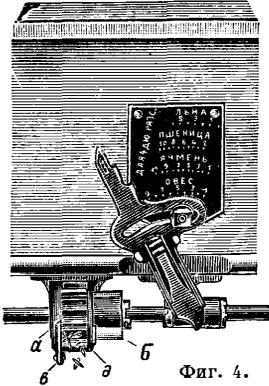
Для разбросных С. одним из первых применялся высевающий аппарат Самса (1872 г.). Этот аппарат крайне прост и по способу своего действия д. б. скорее причислен к ворошилкам. Он состоит из круглого вала, находящегося внутри длинного ящика вдоль его дна и вращающегося в подшипниках от ходовых колес. На нем против выпускных отверстий, сделанных в дне, посажены особые грибовидные шайбы, у которых края изогнуты в противоположных направлениях (фиг. 3) по крестообразно расположенным диаметрам. При вращении вала эти шайбы ворошат зерно; передвигая его вправо и влево над отверстиями, способствуют вытеканию. Зерно лишь под действием силы тяжести стремится к выпускным отверстиям, размер к-рых можно менять в известных пределах.



Фиг. 3.

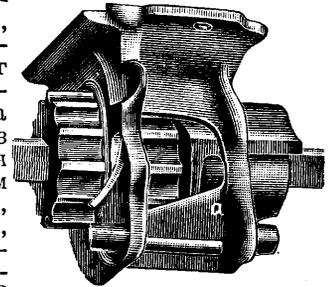
Для этого дном ящика является полоса из листового железа с круглыми отверстиями. Снизу ее перекрывает вторая полоса с такими же круглыми отверстиями, передвигающаяся вдоль ящика. При передвижении нижней полосы вдоль ящика при помощи рычага отверстия у обеих полос или совпадают, тогда получается полное открытие (максимум высева), или же частично перекрываются до полного закрытия. Изменяя это положение установкою по дуге с делениями рычага, передвигающего нижнюю полосу ящика, можно регулировать количество высеваемых семян в определенных пределах. Высевающий аппарат Самса-Рида не отличается ни равномерностью высева ни постоянством, чувствителен к наклону, к толчкам, к скорости хода машины и к количеству семян в ящике. По испытаниям на Бутырском хуторе в 1903 г. степень средней неравномерности данного аппарата колебалась от 1 до 36%. При половинном наполнении ящика общее количество высеянных семян было на 60% меньше, чем при

полном ящике. Дробления зерен не наблюдалось. Благодаря большой длине ящика [около 4 м (12 и более фт.)] С. с этими аппаратами очень производительны. Разбросные С. снабжаются также катушечным выбрасывающим аппаратом типа Гузиера. Эта система благодаря равномерности высева, точности и удобству установки и универсальности является в настоящее время самой распространенной и ставится одинаково как на разбросных, так и на рядовых С. Главной деталью аппарата Гузиера является (фиг. 4) рифленая рабочая катушка *а*,



посаженная на валу рядом с невращающейся гладкой катушкой *б*. Обе катушки входят в коробку *в* аппарата, прикрепленную ко дну или к задней стенке ящика против его выпускного отверстия, причем длина каждой катушки равна ширине коробки. Гладкая катушка проходит в боковой стенке коробки через точно пригнанный к ней прорез, а рифленая — через вторую стенку с круглым окном, в к-ром вращается шайба, имеющая прорез, соответствующий желобкам рабочей катушки; с ней шайба вместе и вращается и не позволяет семенам высыпаться через боковую стенку коробки. Семена, выходя из выпускного отверстия ящика, попадают на дно коробки и выталкиваются ребрами рабочей катушки через порог *д* в семяпровод. При вращении катушки в обратную сторону семена захватываются желобками и высыпаются сверху в тот же семяпровод. В виду того что дно коробки подходит не плотно к катушке, а окружает ее на расстоянии 5—8 мм (*а* иногда делается и эксцентричным), семена могут высыпаться из-под гладкой катушки. В предупреждение этого на последней делается продольное ребро, выступающее до дна коробки. Желобчатая катушка скреплена неподвижно с валом и в то же время может вместе с гладкой катушкой передвигаться в коробке одновременно с валом вправо и влево на всю свою длину. Благодаря этому ее рабочая поверхность или вся находится в коробке и желобки ее захватывают семена по всей длине (наибольший высев) или же на меньшей длине (фиг. 4) и даже совершенно не захватывают. Это является одним из достоинств катушечной системы, т. к. при одной и той же скорости вращения катушки можно весьма точно установить количество высеваемых семян только одним передвижением катушек вправо и влево при помощи установочного рычага или маховичка (фиг. 4). Кроме того количество высеваемых семян может меняться в известных пределах также и изменением скорости вращения катушек, что достигается переменою зубчаток, передающих движение от ходового колеса к валу выбрасывающего аппарата. По точности и постоянству высева катушечные аппараты стоят на первом месте. Средняя неравномерность обычно колеблется от 2 до 3%, но при хорошем выполнении доходит даже до 1% при сумме крайних отклонений 2—9. Им можно высевать семена большинства культурных растений от семян мака до мелких бобов включительно.

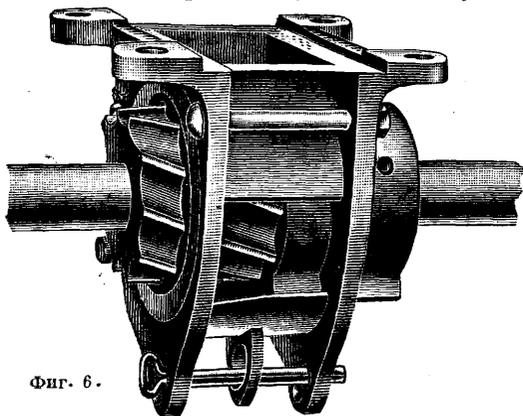
Особенно хорошо высеваются семена зерновых хлебов. Высев семян свеклы как сухих, так и моченых, получается более равномерным, чем у специальных С., если принять меры к проталкиванию семян через выпускные отверстия ящика. Он почти не чувствителен к степени наполнения ящика, но обнаруживает заметные колебания (правда небольшие) к наклону вперед и назад благодаря тому, что при наклоне порог, через к-рый пересыпаются семена, отходит относительно вертикальной плоскости, проходящей через ось катушек, или вперед (когда С. движется в гору) или назад (при спуске с горы). И т. к. более тяжелые условия выбрасывания семян будут при спуске с горы, то здесь произойдет уменьшение высева и, наоборот, при движении в гору выталкивание семян облегчается. В С. конструкции Эльворти имелось специальное приспособление, парализующее эти явления уменьшением и увеличением выпускных отверстий особыми задвижками, приводимыми в действие специальным рычагом. Желобки на рабочих катушках (числом 10—14) обычно имеют поперечное сечение полукруга или же меньшей части окружности, но иногда делаются и иной формы. Для большей точности они обрабатываются наждачным кругом, и некоторые заводы имеют специальные автоматич. станки, а иногда бороздки выбираются в цельном цилиндрчик. куске фрезой. Сами желобки в большинстве случаев располагаются параллельно оси вращения катушки и разделены между собой ребрами толщиной 1—2 мм. Благодаря этому выбрасывание семян происходит отдельными порциями с некой «пульсацией» в высеве, что вызывает неравномерное распределение зерна по длине борозды, к-рое особенно ясно заметно по правильному чередованию густых и редких выходов вскоре после их появления. Хотя с этим недостатком и мирятся, но тем не менее есть варианты этой системы, в к-рых он уменьшается. Так, порог у дна коробки, через который семена выбрасываются из аппарата, делается не параллельным ребрам *а*, но косым, под углом (фиг. 5), благодаря чему семена выбрасываются одновременно 2 желобками, причем



Фиг. 5.

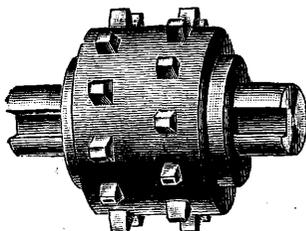
один еще не успевает окончить, как к нему присоединяется другой, чем создается беспрерывный поток семян. Эта же цель еще в большей степени достигается катушками с косо поставленными желобками (Naudet, Beer mann, фиг. 6). Соединение косых бороздок с косым порогом дает уже почти равномерный высев, но изготовление аппаратов с косыми бороздками является более дорогим и сложным, а потому они и не получили широкого распространения. К недостаткам катушек сист. Гузиера относится также дробление зерна, особенно крупного. В предупреждение этого дно коробки делают подвижным, прижимаемым пружиной, но это все же не уничтожает дробления, особенно же при установках на малое количество семян. При высеивании крупных зерен рекомендуется давать катушке обратный ход и тогда дробление несколько уменьшается, но взамен этого при об-

ратном вращении понижается равномерность высева. Для выключения отдельных высевающих приборов применяются или круглые чугунные крышки, к-рыми закрываются выпускные



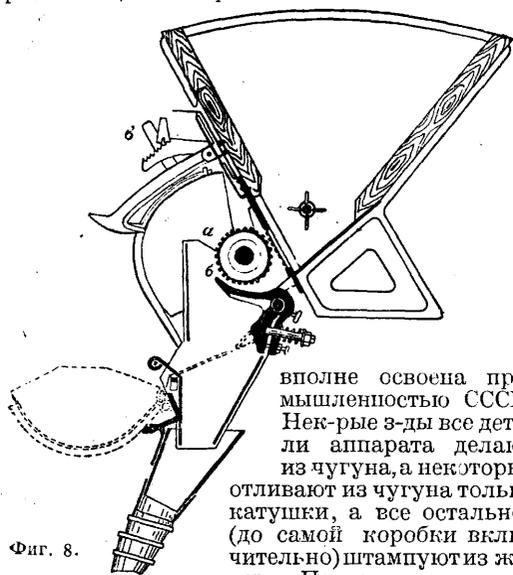
Фиг. 6.

отверстия на дне ящика, или же задвижки из листового железа. Для прикрепления к коробке семяпровода на ее боковых ребрах делаются или особые впадины, в к-рые входят выступы раструбов семяпроводов. При выключении выбрасывающего аппарата во время остановок и переездов семена сами собой выссыпаться уже не могут. Положение



Фиг. 7.

выбрасывающего аппарата позади ящика, где идет рабочий, весьма удобно, так как позволяет постоянно следить за работой всех выбрасывающих аппаратов. Катущечная система

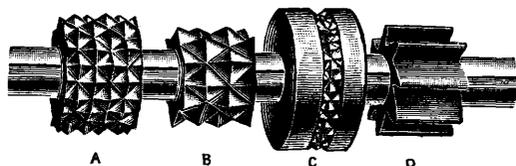


Фиг. 8.

вовне освоена промышленностью СССР. Некоторые из-ды все детали аппарата делают из чугуна, а некоторые отливают из чугуна только катушки, а все остальное (до самой коробки включительно) штампуют из железа. Последнее предпочтительнее, так как аппарат выходит более легким и более прочным. Близкий к гузиоровскому—это выбрасывающий аппарат «Саксония» сист. Зидерслебена (фиг. 7, 8). Он представляет собой вращающуюся в коробке катушку а с усажеными на ней в шахматном

порядке бородавчатыми выступами, к-рыми она и выталкивает семена в семяпровод. Дно коробки б подвижно, поддерживается пружиной, ставящей его на место и предупреждающей дробление зерна. При помощи рычага в дну можно придать восемь различных положений: 1—2 положения—для мелких семян и зерновых хлебов, 3—4—для средних семян (чечевица, lupin) и 5—8—для крупных семян (конские бобы и т. д.). Количество семян регулируется изменением скорости вращения катушки. Изменение это достигается особой коробкой передач, дающей возможность иметь передаточные числа для 24 различных скоростей и все-таки изменение количества семян будет происходить скачками. Такой аппарат имеет рядовая сеялка «Меба» сист. Эппле и Буксбаума.

Аппарат этот (фиг. 9) состоит из набора катушек с выступами по диагонали А, В, С и



Фиг. 9.

реберчатых—D, к-рые ставятся в зависимости от семян: А—семян зерновых хлебов, В—чечевицы, кукурузы, lupina, С—клевера, рапса, мака, D—бобов. Количество семян устанавливается изменением скорости вращения катушек при помощи коробки скоростей, аналогичной коробке Зидерслебена. По некоторым данным испытаний в Германии эти аппараты по равномерности высева не уступают катушечным. В З. Европе и США применяют системы выбрасывающих аппаратов с внутренними выталкивающими ребрами. Из них как на типы можно указать на аппараты «Галензис» системы Циммерман и сист. Молинской компании и др. Аппарат системы Циммермана (фиг. 10) состоит из коробки А, в которой вращается цилиндр В, с гладкой наружной поверхностью и ребристой внутренней. В этот цилиндр входит шайба В, сидящая на валу Г и имеющая вырезы, в к-рые проходят ребра цилиндра. При вращении вала Г вращается вместе с шайбой и цилиндр, к-рый захватывает ребрами семена и выбрасыва-

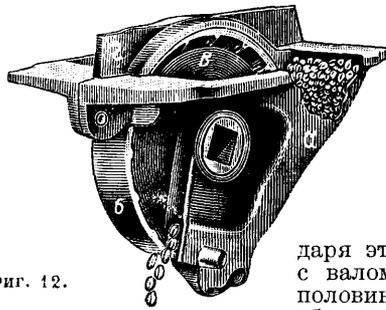
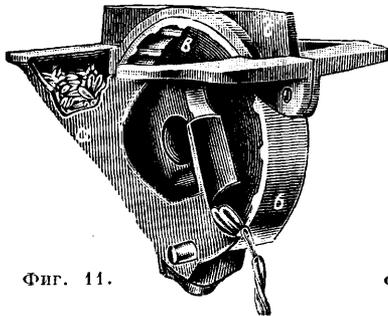


Фиг. 10.

ет их в семяпровод. Количество семян регулируют передвижением вала с шайбой внутри стакана, чем изменяется длина выбрасывающих ребер, а следовательно и количество высева. Выпускное отверстие, ведущее семена к аппарату, изменяется в зависимости от крупности зерна. Выбрасывающий аппарат сист. Международной К^о уборочных машин (фиг. 11 и 12) имеет коробку а, в к-рой вращается шайба б с ребрами в внутри; сидящая на валу шайба

имеет ребра с одной стороны для мелких семян, а с другой — для крупных. В коробке над шайбой имеется перегородка *г*, благодаря к-рой семена можно направлять на ту или другую сторону. Количество семян регулируется ско-

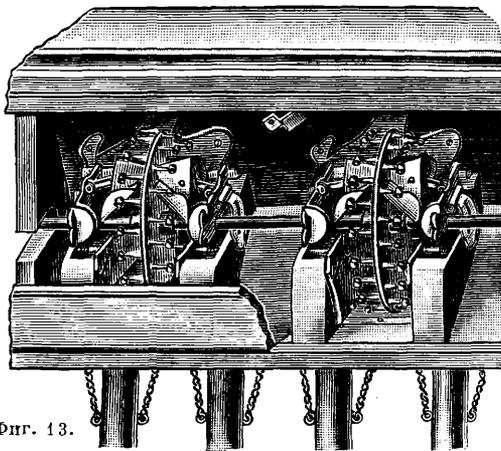
целый набор валов. Аппараты эти дают хорошую равномерность, высевают всякие семена, до моченой свеклы включительно, не дробят семян, но чувствительны к сотрясениям. Ставятся они и на рядовые и на разбросные С. Усо-



вершенствование ложечной системы выбрасывающих аппаратов сделано з-дом Мелихара (Прага). Аппарат Мелихара состоит из двух дисков (фиг. 14), посаженных втулками на вал, разрезанный вдоль на 2 половинки. С одной половинкой скреплена втулка одного диска, а с другой — второго. Благодаря этому диски вращаются вместе с валом, но при передвижении его половинки вдоль будут между собой сближаться или удаляться. На дисках

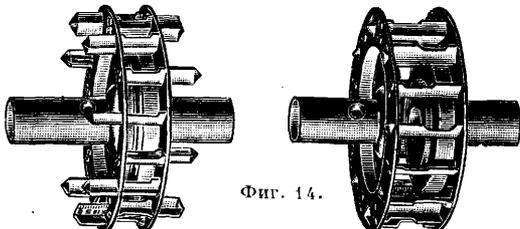
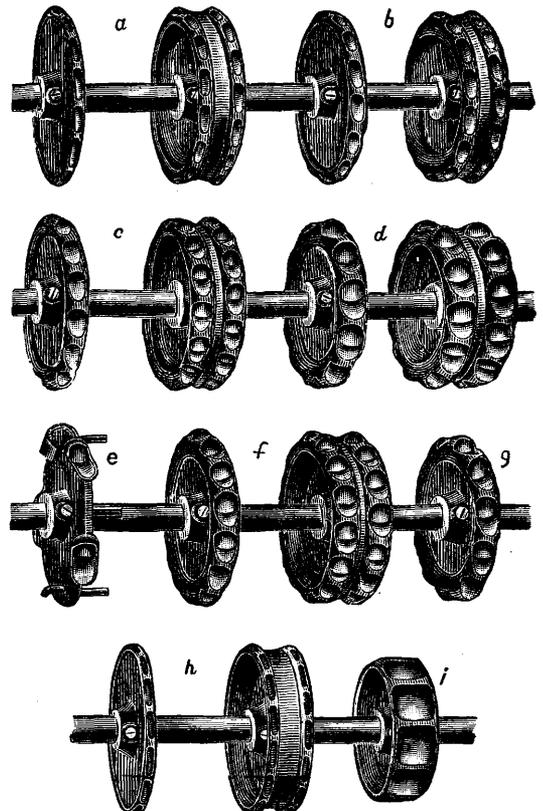
ростью вращения шайбы. По равномерности высева эти системы стоят близко к катушечной, но они менее ее универсальны. Л о ж е ч н а я с и с т е м а выбрасывающих аппаратов почти в том виде, в каком она вышла после изобретения ее Куком и усовершенствования Балдвином и Уэльсом, является до настоящего вре-

с внутренней их стороны посажены в шахматном порядке штампованные из листового железа ложечки в виде двугранного угла, с загнутыми концами. Ложечки эти проходят концами через соответствующие прорезы в соседнем диске и выходят за него наружу. Эти выступающие части ложечек и являются рабочими. При изменении расстояния между дисками изменится длина рабочей части ложечек и этим устанавливается количество высева. Аппарат также ставится вдоль ящика, позади его внизу, где и помещается черпальное от-



мени излюбленной в Англии и отчасти во Франции, несмотря на их сложность и громоздкость.

Эти аппараты состоят из вала, на к-ром надеты неподвижные тонкие диски $\varnothing \sim 20$ см. На дисках перпендикулярно к ним по обеим сторонам посажены ложечки в шахматном порядке. Аппарат расположен позади вдоль ящи-

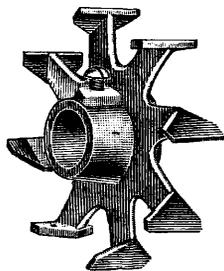


ка, внизу семена вытекают из ящика в черпальное отделение под вал, захватываются ложечками и выбрасываются в семяпроводы (фиг. 13). Количество семян регулируется в известных пределах переменою скорости вращения вала соответственным изменением передачи. Для различных семян имеются различные ложечки, и это заставляет иметь при одной машине

деление, и семена, задетые ложечками, попадают в семяпроводы. Выпускные отверстия ящика расположены не против аппарата, а сбоку его, что делает аппарат значительно менее

чувствительным к наклонам. На одной из лопочек каждого аппарата нанесены деления (в мм), число которых соответствует определенному количеству высева. Этот аппарат универсален, так как высевает различные семена (от клевера до мелких конских бобов, а также и моченые семена свеклы), причем семена им совершенно не повреждаются. Равномерность высева у него хорошая, даже для таких семян, как овес.

Совершенно особо стоят выбрасывающие аппараты системы Сакка. Эти ячеистые аппараты С. I, II, III классов представляют собой кружки (фиг. 15), несущие на своем ободе ячейки. Для каждого рода и размера семян, от мака и рапса до конских бобов, имеются кружки с соответствующими ячейками. Поэтому з-д дает целый набор кружков. У С. III класса семенные кружки несколько иной формы. Они входят в ящик через боковую стенку внизу, с задней стороны, и ячейками выносят семена наружу. Излишек семян задерживается при выходе особыми заслонками на пружинах. Количество семян в ячеистом аппарате изменяется скоростью вращения кружков. Это достигается изменением передаточного числа при помощи цепи Галля и звездочек, передающих движение вала от ходового колеса. Эти аппараты не обладают равномерностью и точностью в работе, но зато они универсальны и ими хорошо высеваются даже моченые семена свеклы. Ячеистые аппараты также чувствительны к сотрясениям и наклонам ящика и дробят семена. Для уничтожения влияния наклонов конструктор помещает ящик на двух шипах, расположенных на его концах, и дает винтовой механизм, при помощи к-рого во время наклона на ходу ящик ставится в нормальное положение. По конструкции эта ячеистая система сложна, требует тщательного изготовления и тщательного за собой ухода и поэтому большого распространения не получила. Своеобразную конструкцию имеет мотыльковый выбрасывающий аппарат Робильера и вариант его Веска. Этот аппарат помещается внутри ящика и состоит из вала, расположенного вдоль ящика недалеко от дна, и особых мотыльков, посаженных на него против выпускных отверстий. Выпускные отверстия находятся



Фиг. 16.

в задней стенке ящика, причем дно ящика наклонено назад. Мотылек Робильера представляет собой крылат с 8 крыльями (фиг. 16), к-рые на концах имеют пластинки, расположенные перпендикулярно к крыльям, т. е. параллельно валу. Мотылек, вращаясь, создает вокруг себя движение семян и выталкивает их через выпускные отверстия в семяпроводе.

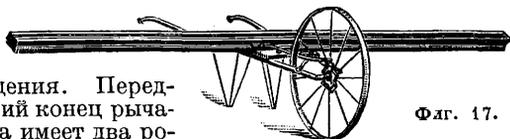
Сист. Веска отличается тем, что мотылек имеет лопатки, наклоненные к плоскости его вращения под углом ок. 30° попеременно вправо и влево, отчего они дают на семена не в прямом направлении к отверстиям, а в косом, попеременно то в одну, то в другую сторону, что способствует лучшему их прохождению через отверстия. Затем в аппарате Веска вал с мотыльками м. б. поставлен или ближе к отверстиям (для мелких семян) или дальше (для крупных семян). Приближение мотыльков к отверстиям

увеличивает количество выбрасываемых семян и повышает равномерность, но вместе с тем увеличивает и их дробление.

Вообще же количество высева устанавливается величиною выпускных отверстий, которая изменяется особыми заслонками, действующими от установительного рычага. Выпускные отверстия у Веска имеют овальную форму с маленьким круглым вырезом вверху для выпуска очень мелких семян. При подъеме сошников во время переездов эти же заслонки автоматически закрывают все отверстия наглухо во избежание потери зерна. В тех случаях, когда расстояние между рядками большое, напр. при посеве подсолнечника или свеклы (от 50 см), семена, особенно же не бежкие, не будут протекать к отверстиям со всей длины ящика, поэтому их приходится придвигать к выпускным отверстиям принудительно. Для этого на вал выбрасывающего аппарата сажаются или короткие винтовые лопасти или же надеваются шнеки с низкими гребешками, и тогда используется вся длина ящика. Исследования, произведенные Украинским научно-исследовательским ин-том с.-х. машиностроения над влиянием формы выпускного отверстия на качество работы в аппарате Веска, показали, что для каждой формы семян д. б. свои формы отверстий и что наиболее универсальной оказалась грушевидная форма, поставленная узким концом кверху. По испытаниям на Бутырском хуторе (Москва) аппарат Веска дал с рожью среднюю степень неравномерности в 24%. По другим испытаниям она колебалась при высевах сухих семян свеклы ок. 20%, а при моченых доходила до 45%. Аппарат Веска также сильно реагирует на степень наполнения ящика и на наклоны вперед и назад. Но все же несмотря на это С., снабженные аппаратом Веска, являются наиболее распространенными в наших свеклосахарных х-вах как вполне надежные и испытанные машины. Их можно считать универсальными в полном смысле этого слова, т. к. этим аппаратом можно высевать все зерновые хлеба, а из других семян: табак, мак, моченые семена свеклы (их главное назначение), семена каучуконосов (гвайюла, тау-сагыз) и даже семена таких растений, как напр. безостный коoster. Эти С. до 1914 года экспортировались за границу. Из выбрасывающих аппаратов для специальных С. могут быть отмечены нижеследующие: аппараты для высева мелких семян и семян трав а) щеточные и б) жгутиковые; аппараты для высева гнездами кукурузы и хлопка и наконец специальные аппараты для высева по одному зерну. Щеточные аппараты и состоят из вращающегося валика, на котором против выпускных отверстий надеты деревянные кружки, посаженные по окружности пучками щетины. При включении механизма кружки, вращаясь, протирают семена через выпускные отверстия. Изменяя величину этих отверстий, можно в известных пределах менять количество высеваемых семян. Щеточные аппараты не дают равномерного высева, но они не повреждают семян и ими можно высевать самые мелкие семена.

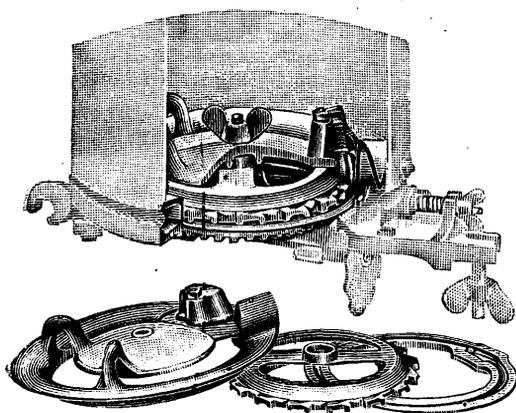
Жгутиковый, или канатиковый, аппарат применяется в ручных сеялках системы Кроуна для высева семян клевера и тимофеевки. Схема его устройства: вдоль узкого и длинного ящика у передней его стенки имеется канал, в котором жгутик, свитый из

двух проволок, совершает колебательные движения вправо и влево. В стенке ящика сделан ряд выпускных отверстий в этот канал, а в наружной стенке канала, по другую сторону жгутика, против промежутков между выпускными отверстиями ящика, расположены отверстия, выпускающие семена наружу. При колебаниях жгутика семена вытекают сначала в канал, а затем выбрасываются им наружу. Чем длиннее ход жгутика при его колебательных движениях, тем больше выбрасывается семян. Колебательные движения канатик получает от рычага (фиг. 17), имеющего переставную ось вра-

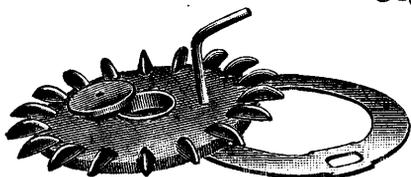


Фиг. 17.

щения. Передний конец рычага имеет два ролика на вертикальных осях, к-рые бегают по зигзагообразно изогнутой шайбе, сидящей на оси ходового колеса и проходящей между роликами. При движении С. по полю (при работе) шайба, вращаясь, давит на ролики и приводит рычаг в колебательное движение. Второй конец рычага соединен крючком с канатиком и т. о. сообщает ему свои колебания. Изменяя положение оси вращения рычага перестановкою винта с барашком в прорезе, этим самым меняют соотношение плеч рычага, а следовательно длину хода жгута и количество высева.



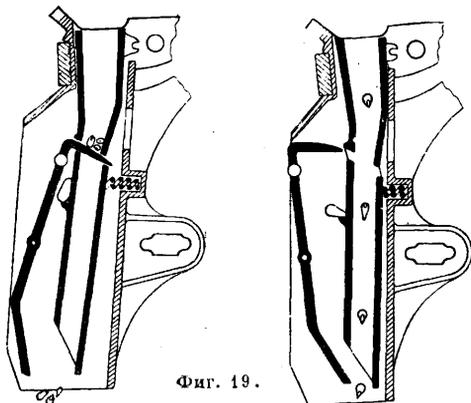
Фиг. 18.



Равномерность высева этого аппарата приблизительно такая же, как и у щеточного.

Для гнездового посева хлопка и кукурузы в США детально разработан целый ряд машин

и производство их доведено до большого совершенства. Все выбрасывающие аппараты построены почти по одной и той же схеме. На дне цилиндрич. коробки, в которую засыпаются семена (фиг. 18), помещаются три диска: нижний с зубцами конич. шестерни, средний гладкий неподвижный с одним выпускным отверстием и верхний подвижный, одновременно вращающийся вместе с нижним. Верхний диск имеет по окружности или ряд круглых отверстий с диаметром, соответствующим размеру семян, расположенных на равных расстояниях по окружности диска, или же выступы, или вырезы,



Фиг. 19.

в к-рые попадают семена из коробки под действием тяжести. Захваченные верхним диском семена подвигаются к контрольной пластинке или щетке, к-рая снимает лишние с отверстия или гнезда, пропуская остальные в отделение, где семена проваливаются в выпускное отверстие неподвижного диска и в к-рое они дополнительно проталкиваются особыми зубчатками или роликом. Соответственным подбором отверстий и ячеек в верхнем диске достигается выбрасывание по одному зерну. Выброшенные семена собираются в семяпроводе в назначенном числе, а затем при помощи специального механизма (фиг. 19) одновременно выпускаются в сошник, образуя гнездо. При посеве хлопка в одном гнезде иногда помещают по несколько десятков семян. Этими С. можно высевать семена и других растений, например свеклы, подсолнечника и т. п. Чтобы произвести посев гнездами, расположенными рядами как в одном, так и в перпендикулярном к нему направлении (для обработки междурядий в двух направлениях), применяют особую цепь с узлами, сделанными на равных расстояниях. Цепь эта протягивается вдоль поля, и С., идущая вдоль него, пропускает через себя цепь, причем проходящими узлами приводится в действие выбрасывающий из семяпровода механизм, и семена выпадают в сошник в строго определенном месте. При следующем проходе машины цепь эта переставляется параллельно самой себе, и таким образом достигается расположение гнезд рядами в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Гнездовой посев нек-рых растений м. б. произведен также при помощи специальных аппаратов, к-рые ставятся на обыкновенной рядовой С. вместо сошников. Напр. аппарат Мейншаузуна представляет собой кружок с ячейками, который, вращаясь от двух поддерживающих его колес, принимает в ячейки семена, падающие из семяпровода, и через известные промежутки кладет их гнездами в борозду.

Значительно более простой конструкции аппарат Руденко, применяемый у нас при посеве сахарной свеклы. Хотя по одному зерну можно высевать и кукурузными С., но имеются уже и специальные выбрасывающие аппараты. От такого аппарата требуется, чтобы он точно через известные промежутки пройденного пути выбрасывал по одному зерну. Из этой группы аппаратов можно отметить аппарат Молинской

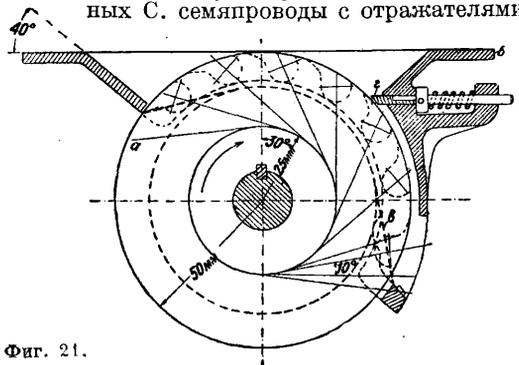


Фиг. 20.

компании (США), предназначенный для посева семян гороха, кукурузы, хлопка и т. п., а также и аппарат системы Самцова. Аппарат Молинской К⁰ (фиг. 20) марки АРВ состоит из вращающегося на горизонтальной оси литого диска с толстым ободом, в котором сделаны проходы и ячеек для захватывания отдельных семян. Семена из коробки проходят через боковую стенку, поступают во внутреннюю часть обода, затем через проход *a* поступают в наружную часть, несущую на себе ячейки и окруженную футляром *b*. При вращении обода лишние семена проваливаются при подъеме через проходы обратно внутрь обода, а захваченные ячейками поднимаются кверху, проходят над предохранительной полоской *e*, не позволяющей им выпасть, и затем выбрасываются в семяпровод. Но если одна из ячеек забьется грязью или в ней застрянет зерно, то она выйдет из работы, и аппарат будет давать пропуски. От этого недостатка свободен аппарат Самцова. Этот аппарат представляет собой металлич. кружок с массивным ободом *a*, вращающийся на горизонтальной оси в обиме металлической коробки *b* (фиг. 21) с воронкообразной верхней частью, через к-рую семена проходят к наружной части обода кружка. На этой наружной части высверлены ячейки, к-рые захватывают семена и несут их до места выпадения в семяпровод. Место выпадения может быть установлено заранее. Для этого ячейки разрезаны вдоль особым прорезом, проходящим через их середину, снаружи кружка шириною 1—2 мм и глубиной на 1—2 мм ниже дна ячеек. В этот прорез закладывается проволока *e*, к-рая укрепляется неподвижно концами к коробке. При вращении кружка семена, пройдя под контрольной пластинкой *e*, сдвигающей лишние семена назад, идут до встречи с проволокой (или с заменяющей ее пружиной) в месте *e*, расположенном выше места свобод-

ного выпадения их из ячеек, и ею выталкиваются. Так. обр. предупреждается преждевременное выпадение семян, и они выбрасываются всегда в один и тот же момент. Засорения ячеек и застревания в них семян произойти не может, т. к. проволока, проходя через прорез, оставляет их чистыми. При крупных ячеек и при более широком прорезе (3—4 мм) проволока м. б. заменена пружиной *e*. Ячейки могут быть расположены или в один ряд или же в два ряда в шахматном порядке, что надежнее. Успех работы аппаратов, выбрасывающих по одному зерну, весьма сильно зависит от тщательности сортировки семян по размеру и от удачного подбора размера ячеек.

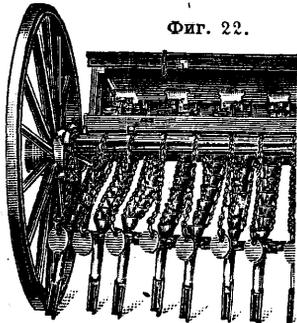
Вообще же говоря, вопрос о высеве по одному зерну можно считать разрешенным пока только для семян округлой формы. Но и это первое приближение обещает дать огромные выгоды как в полевых, так особенно и в садовых и огородных культурах. Для того чтобы всякий вообще выбрасывающий аппарат С. работал отчетливо и исправно, необходимо применять семенной материал, хорошо очищенный от разных примесей, а еще лучше—отсортированный, иначе будут происходить постоянное засорение аппарата, ненормальный высе и пропуски. За выбрасывающим аппаратом при разбросных С. ставится или распределительная доска или семяпроводы с отражателями, а при рядовых и гнездовых—семяпроводы с сошниками. Распределительная доска имеет целью принять зерно от выбрасывающих аппаратов, выпускающих его отдельными струями, и разбить эти струи на ряд более мелких струй с таким расчетом, чтобы они над поверхностью поля слились в одну общую струю и равномерно его покрыли. Обычно распределительные доски состоят из двух досок, сколоченных между собою с промежутком ок. 4—5 см. В этом промежутке против выпускных отверстий выбрасывающих аппаратов набиты в шахматном порядке или треугольные шашки или же круглые колышки, к-рым струя, выходящая из выбрасывающего аппарата, разбивается сначала на две, затем на четыре струи и т. д. Распределительная доска кроме того защищает семена от ветра и позволяет им ложиться более правильно на поверхности поля. Этой же цели стремятся достигнуть, применяя при разбросных С. семяпроводы с отражателями.



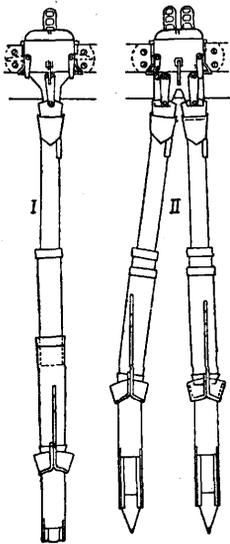
Фиг. 21.

Обычно такой семяпровод в виде чугунной трубки отливается заодно с отражателем на конце (фиг. 2), в к-рый ударяется вытекающая струя семян и разбивается веерообразно в стороны. Отражатели устанавливаются на такой высоте, чтобы соседние струи сливались между собою в одну общую струю.

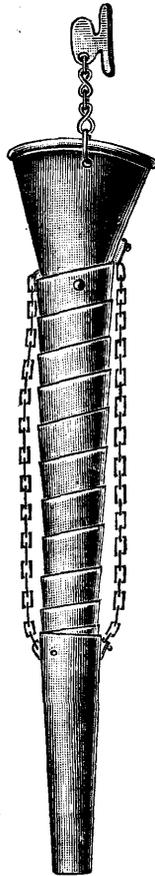
Назначение всякого семяпровода — принять семена от выбрасывающего аппарата и отвести их в сошник. Для того чтобы семяпровод исправно выполнял свою роль, необходимо: 1) чтобы он беспрепятственно пропускать через себя семена; 2) чтобы он был гибок, эластичен, не сминался и позволял бы направлять семена во все стороны от выбрасывающего аппарата; 3) чтобы он не препятствовал подъему сошников и 4) чтобы он был прочен и достаточно долговечен. В зависимости от этих требований семяпроводы делают или из отдельных металлических воронок, соединенных между собой цепочками (фиг. 22), или из спирально завитой вороненной стальной ленты (фиг. 23), или из спирально завитой проволоки, или из



Фиг. 22.



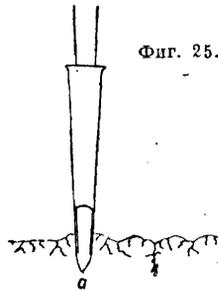
Фиг. 24.



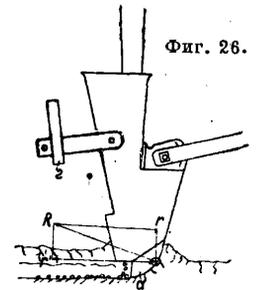
Фиг. 23.

резины с матерчатой прокладкой в 1—2 слоя, (ОСТ 340), или телескопические, составленные из отдельных трубок, входящих одна в другую, с увеличивающимися книзу диаметрами (фиг. 24). Все они служат достаточно хорошо и исправно. Но резиновые семяпроводы требуют за собой особого ухода, как и всякое резиновое изделие. Они портятся при большой сухости воздуха и ломаются при очень низких t° . В смятом и изогнутом виде они храниться не должны. Всякий семяпровод начинается раструбом, к-рым он принимает семена и к-рым соединяется с выбрасывающим аппаратом. Способы этих соединений разные. З-д Сакка надевает раструб отверстием на особый шпинец и закрепляет его особой пружинкой. В С. «Красный пахарь» раструб соединяется цепочкой

с особой фасонной вставкой, входящей в отверстие у лейки. У С. сист. Эльворти жестяные раструбы имеют внутри два возвышения в виде



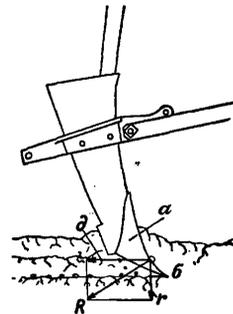
Фиг. 25.



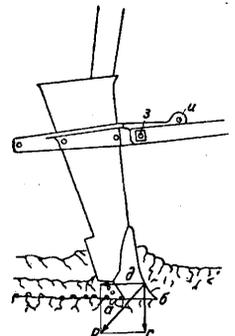
Фиг. 26.

бородавок, к-рыми они вставляются в бороздки, отлитые на коробке выбрасывающего аппарата.

Сошники являются также весьма ответственной деталью С., т. к. от качества их работы зависит окончательное положение семян в почвенном слое и их заделка. Различают следующие основные типы сошников: 1) европейский, 2) американский якорный, 3) русско-американский (системы Эльворти), 4) однодисковый, 5) двухдисковый и сошники специальные, 6) европейский свекловичный, 7) американский полозovidный, 8) американский для широкой борозды (Иверсона). Европейский сошник (фиг. 25 и 26) появился первым в Англии, а затем во Франции и Германии. Он состоит из стального или чугунного наральника *a*, соединенного с жестяным раструбом. Под действием силы тяжести этот сошник вдавливается в поверхность поля и дает узкую, несколько уплотненную борозду, с треугольным поперечным сечением, в которую высыпается семена и которая после прохода сошника осыпается и закрывает их слоем земли. Стенки у бороздок от этого сошника получаются крутые, и большинство семян падает на дно, где нередко одно зерно попадает на другое, отчего растения теснят друг друга и развиваются ненормально. Но часть семян все-таки остается на стенках борозды, и поэтому глубина заделки будет вообще не одинакова. Сопротивление земли *R* при этом сошнике (фиг. 26) направлено несколько вверх, отчего вертикальная слагающая *r* стремится выбросить сошник наружу. Когда требуется заделывать семена этими сошниками глубже, то увеличивают их вес, надевая на специальный отросток добавочный груз *z*. Понятно, что для нормальной работы таких



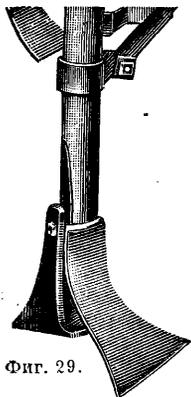
Фиг. 27.



Фиг. 28.

сошников почва д. б. мягкой и хорошо обработанной, без растительных остатков. Это требование в свое время и являлось главным пре-

пятствием к широкому распространению рядовых С. в странах, не ведущих интенсивного х-ва. Желая ввести рядовой посев на почвах, недостаточно хорошо обработанных, американцы дали свой *к о р н ы й с о ш н и к*. Во время его работы, как видно из фиг. 27, реакция почвы направлена вниз, поэтому вертикальная слагающая r стремится погрузить его в землю. Этот сошник является уже менее требовательным к подготовке поля. Но он имеет следующие существенные недостатки. Глубина его борозды крайне неопределенна, она в значительной степени зависит от рыхлости почвы, поэтому установить сошник на определенную глубину нельзя заранее за отсутствием у него опорной плоскости. Своим наральником он проводит также треугольного сечения борозду, семена



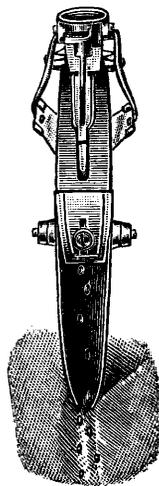
Фиг. 29.

так же, как и у европейского, должны ложиться на разную глубину (часть на стенки, а часть на дно), но кроме этого после прохода наральника бороздка слишком быстро закрывается, и семена не успевают упасть на дно, а попадают частично на осыпавшуюся землю.

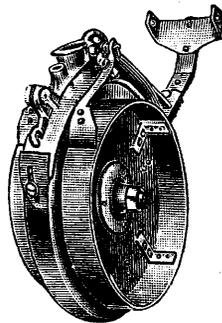
Чтобы устранить этот недостаток и в то же время дать рядовую С., для плохо обработанных полей был сконструирован *с о ш н и к р у с с к о - а м е р и к а н с к и й* (системы Эльворти). В нем (фиг. 28) реакция земли направлена также вниз и дает вертикальную слагающую, которая стремится усилить погружение сошника в почву, но в этом сошнике его наральник имеет опорную плоскость *а б*, составленную из двух его краев, отогнутых назад и обрезанных по горизонтальной плоскости. Это уже дает

возможность, как и в плуге, изменять глубину бороздки наклонном опорной плоскости сошника: вверх при уменьшении и вниз при увеличении глубины. Сошник сист. Эльворти кроме того расширен книзу, и поперечное сечение его бороздки имеет форму трапеции с горизонтальным дном шириною ок. 35 мм. Благодаря этому семена ложатся на дно бороздки свободно, не тесня друг друга, как это наблюдается при европейских и американских сошниках, и лучше закрываются землей. Чтобы еще меньше стеснять растения во время роста, предложен *ш и р о к и й с о ш н и к* (фиг. 29) системы Иверсона, причем его семяпроводы снабжены отражателями, благодаря чему семена разбрасываются по всей ширине борозды, и ряды получаются не в виде строчки, а в виде широкой (до 180—200 мм) ленты, что позволяет растениям менее теснить друг друга и свободнее развиваться и куститься. Для еще менее разрыхленных почв и для раннего посева в США стали применять одно- и двухдисковые сошники, что вызвало целый переворот в полевом х-ве. Дисковый сошник, накатываясь на поверхность пашни, под действием собственной

тяжести врезается в почву и оставляет прорез, в который высыпается семя. Однодисковый сошник (с одним выпуклым диском) дает прорез в виде узкой щели, засыпающейся землей почти только с одной стороны, что не всегда является достаточным, и поэтому к сошнику сзади прикрепляется цепь с кольцом, которым бороздка засыпается дополнительно (фиг. 30). Двухдисковый сошник состоит из двух прямых дисков, соединенных между собой под небольшо-

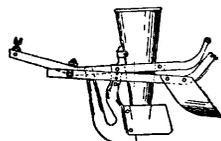


Фиг. 31.



Фиг. 32.

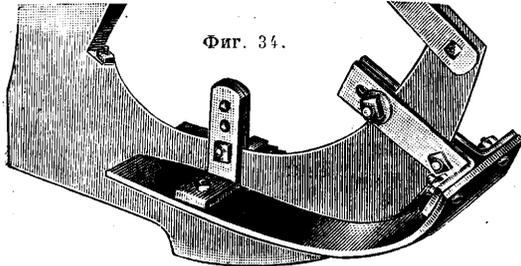
уголом. При проходе по поверхности поля он оставляет узкую бороздку с небольшим гребешком вдоль дна (фиг. 31), поэтому семена ложатся по обе стороны бороздки в две строчки. После прохода сошника края бороздки осыпаются и закрывают семена. Однако и к этим сошникам обыкновенно прицепляют цепочки с кольцом для разравнивания гребешков и для лучшей заделки семян. Глубина заделки при дисковых сошниках изменяется в известных пределах при помощи нажимных пружин, передающих на диски часть веса ящика. Для тех случаев, когда дисковые сошники должны заделывать семена точно на одну и ту же глубину по всей длине рядка, один или оба диска снабжаются особыми опорными ободьями (фиг. 32), не позволяющими диску входить дальше установленной глубины. Ободья эти могут устанавливаться на разную глубину посева. При высеве очень мелких семян, например табака, дисковые сошники с такими ободьями дали у нас в СССР вполне положительные результаты. Из специальных типов сошников можно указать на свекловичные европейского типа (фиг. 33), которые нередко делают двойными при одновременном внесении в почву туков. Они имеют тупую и широкую грудь (наральник) и несут на себе *з а г о р т а ч и*, которыми семена добавочно прикрываются слоем земли.



Фиг. 33.

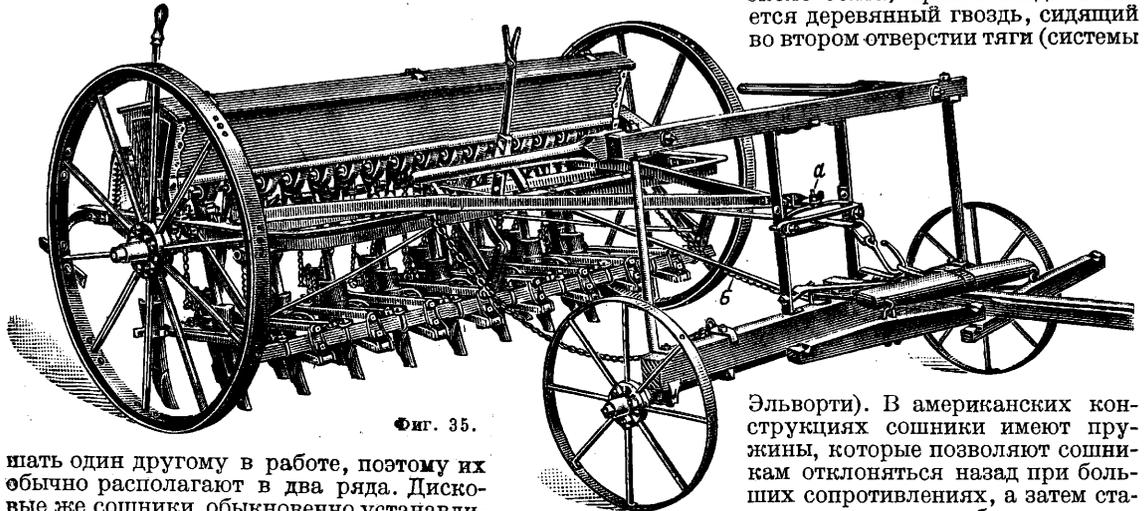
К специальным же сошникам надо отнести и америк. ползовидный (фиг. 34), дающий уплотненное дно борозды (press drill) для увеличения его капиллярности и подвода воды к семенам из нижних слоев почвы. Сошники при помощи хомутов и тяг прикрепляются к сошниковому брусу, *к-рый* и ведет их во время работы (фиг. 35). Рядки при посеве зерновых хлебов располагаются на расстоянии не менее 100 мм, что возможно только при европейских, американских и однодисковых сошниках. Двухдисковые сошники устанавливаются не ближе

150 мм друг от друга. Вообще же ширина междурядья устанавливается в зависимости от растений, и С. должна быть приспособлена к уста-



Фиг. 34.

новке различных междурядий, хотя бы для главнейших хлебов. При небольших расстояниях сошники могут легко забиваться и ме-



Фиг. 35.

шать один другому в работе, поэтому их обычно располагают в два ряда. Дисковые же сошники обыкновенно устанавливают в один ряд. На фиг. 1 видно, что напр. в С. сист. Эльворти тяговой брус *a* подвешен на серьгах и соединен с 4-шарнирным механизмом, к-рым при помощи рычага *b* он может опускаться и подни-



Фиг. 36.

маться. Благодаря этому передние концы сошников тяг становятся или выше или ниже и тем самым изменяют наклон сошников и их опорных поверхностей, а следовательно и глубину борозд.

Для выключения сошников из работы они поднимаются цепочками *e* при наворачивании последних на вал *g* рычага *d*. Вал *g* своими концами сидит на двух зубчатых секторах *e*,

сошников как правило для каждой сеялки автоматически выключается одновременно из работы и выбрасывающий аппарат. Достигается это смещением паразитной шестеренки, которая передает движение от ходового колеса к выбрасывающему аппарату. В сеялках с большой шириной захвата, предназначенных для работы с трактором, подъем сошников производится при помощи автоматического механизма, который по своему устройству одинаков с таковым же в плугах. Автоматич. подъемник работает от ходового колеса С. Иногда при больших машинах ставят два автомата, по автомату на каждое колесо. Сошники соединяются со своими тягами или неподвижно или же подвижно для предупреждения поломок. В последнем случае они могут при встрече с большими сопротивлениями поворачиваться около болта, причем тогда ломается деревянный гвоздь, сидящий во втором отверстии тяги (системы

Эльворти). В американских конструкциях сошники имеют пружины, которые позволяют сошникам отклоняться назад при больших сопротивлениях, а затем ставят их снова в рабочее положение. За сошниками нередко ставят добавочные приспособления для дополнительной заделки семян, для разравнивания земли или для ее уплотнения над уложенными семенами. Поэтому применяются цепочки с кольцами (фиг. 30), загортачи (фиг. 33), вилки (фиг. 36), катки и колеса и т. п. На фиг. 37 изображено колебание глубины заделки тука (сплошная линия) и семян свеклы (пунктирная линия) при посеве бурчачно-комбинированной С. завода «Красная звезда». Регулирование глубины борозд—операция очень важная, так как семена различных растений крайне неодинаковой величины и требуют заделки их на различную глубину.

Иногда глубину заделки приходится умышленно увеличивать, чтобы уложить семена во влажный слой земли, но это увеличение имеет предел, за к-рым всходы или сильно запаздывают или же ростки не могут пробиться через слишком толстый слой почвы и погибают. Регулирование глубины посева при помощи до-



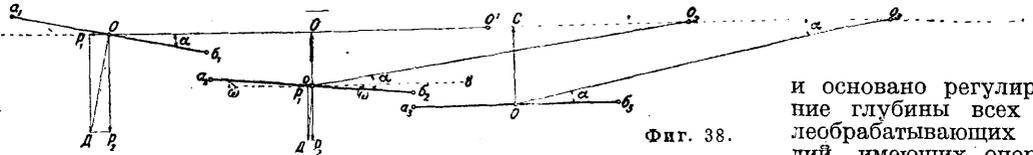
Фиг. 37.

которые при наклоне рычага *d* назад перемещаются вверх по зубчатым рейкам *ж* и этим увеличивают подъем сошников. При подъеме

полнительных грузов, надеваемых на отростки сошников, или же при помощи нажимных пружин (у дисковых сошников)—способы весьма

сомнительной правильности и точности. Правда, дополнительные грузы, действующие своим весом, давят на сошник непрерывно, но сама почва слишком разнообразна по своей плотности, и поэтому на мягких местах сошник войдет глубже, а следовательно глубже лягут и семена.

ее положении мы будем уменьшать угол α (фиг. 38), то реакция земли, приложенная уже к нижней стороне пластинки, своей слагающей P_2 будет ее приподнимать до момента, когда величина P_2 сделается равной 0, т. е. пластинка станет параллельно плоскости OO_3 . На этом



Фиг. 38.

на твердых же, — наоборот. Нажимные пружины кроме этого реагируют еще на различные мелкие неровности поля, и при них регулирование глубины является еще менее точным. Более определенным будет регулирование глубины при помощи наклона сошников, имеющих опорную плоскость (сошник Эльворти), и дисковыми сошниками с опорными ободьями. Зависимость между формой угла наклона такого сошника и глубиной его погружений еще очень мало изучена. Наблюдения над движением рабочих органов землеобрабатывающих орудий показывают, что если эти органы имеют

и основано регулирование глубины всех землеобрабатывающих орудий, имеющих опорную

плоскость у своих рабочих органов. Обращаясь теперь к зависимости между углом наклона α и величиной слагающей P_2 , мы из формулы (3) видим, что P_2 достигает своего максимума при $\sin \alpha = \cos \alpha$, т. е. когда угол α будет равен 45° и 135° , причем при 45° максимум будет иметь знак плюс, а при 135° — знак минус. Но, во-первых, рабочие органы землеобрабатывающих орудий редко имеют форму пластинки (некоторые лапы культиваторов, кочкорезы), а, во-вторых, во время установок в действительности не приходится наклонять опорную плоскость даже под таким углом, как 45° ; обыкновенно углы наклона ее бывают значительно меньше. Но, с другой стороны, рабочие органы, имеющие прототипом своей формы клин, у которого одна из граней играет роль опорной плоскости, воспринимают давление почвы и своей рабочей поверхностью (плуг, сошник С.), и поэтому слагающая P_2 достигает своего максимума при значительно меньших углах наклона опорной плоскости. Величина этих углов при установках плуга может и не представлять собой особого большого интереса, так как при регулировании глубины плужные корпуса приходится наклонять на небольшие углы. Но при установках сошников С. возможно приблизиться к тому предельному углу наклона, за к-рым сошник прекратит увеличение глубины борозды и пойдет мельче. Фиг. 40 и 41 дают представление о колебаниях величин D , P и P_2 в зависимости от величины угла наклона пластинки ab . Кривая колебаний величины слагающей P_2 , как видим, — синусоида, имеющая наибольшие координаты при 45° и 135° .

опорную плоскость, то они сами стремятся стать на такую глубину, чтобы эта опорная плоскость была горизонтальна, вернее параллельна обрабатываемой поверхности поля. Как первое приближение к разъяснению этого сложного явления может послужить следующее построение. Если мы возьмем тонкую пластинку a_1b_1 (фиг. 38), ширину, равную единице, и, наклонив ее

под некоторым углом α , заставим перемещаться в какой-либо среде (в данном случае в почве), то, пренебрегая явлением обтекания краев этой средой и считая, что реакция D среды будет пропорциональна проекции площади пластинки на плоскость, перпендикулярную к направлению ее движения, т. е. величине ac (фиг. 39), имеем:

$$D = ac = ab \cdot \sin \alpha. \quad (1)$$

Это давление D будет действовать перпендикулярно плоскости пластинки ab , и его равнодействующую OD можно считать приложенной в ц. т. пластинки ab , т. е. в точке O . Тогда сопротивление движению по линии OO_3 можно определить как слагающую, равную $D \cdot \sin \alpha$, а слагающая, стремящаяся сдвинуть пластинку вниз, будет равна $D \cdot \cos \alpha$. Подставляя значение D из ф-лы (1), имеем:

$$P_1 = ab \cdot \sin^2 \alpha \quad (2)$$

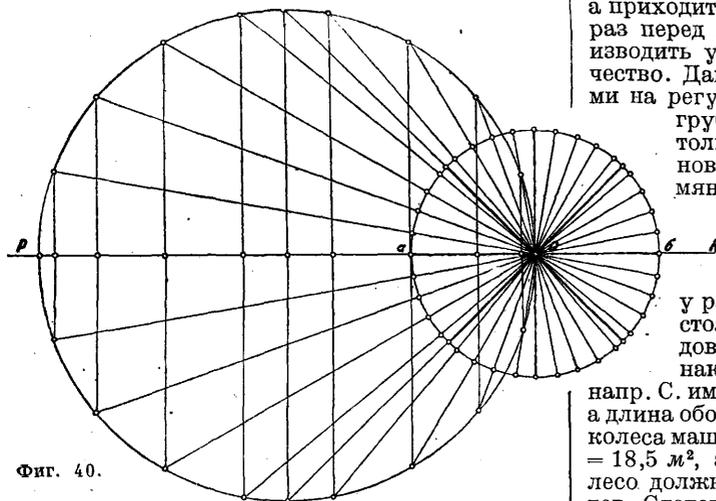
и

$$P_2 = ab \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha. \quad (3)$$

Если пластинку ab перемещать при помощи жесткого стержня OO_1 , к-рый одним концом скреплен с пластинкой в точке O , а другим движется по линии OO_3 (фиг. 38), то под действием силы P_2 она будет погружаться. Если пластинка и стержень будут невесомы, то это погружение остановится в тот момент, когда слагающая от силы тяги (по стержню) OC будет равна P_2 . Но если система имеет достаточный вес (вес орудия), то пластинка ab станет параллельно линии OO_3 . Попятно, что если в последнем

Р а м а, на к-рую ставится ящик С., опирается на два ходовых колеса с большим диаметром (более 1 м) и широким ободом (ок. 100 мм). Колеса эти делаются или цельнометаллич., или деревянными, или же из металла и дерева. В более продуманных конструкциях внутренняя часть металл. обода выложена деревянными косяками такой толщины, чтобы при погружении колеса в почву земля и грязь не попадали бы на обод и не поднимались ими вверх, т. к. при обратном падении загрязняются и ступица колеса и передаточный механизм. В предупреждение этого многие С. имеют наклонно поставленные колеса, благодаря чему грязь, падающая с верхней части обода, падает наружу, мимо С. На наших з-дах для ходовых колес уже установлен прототип. Т. к. одно из колес С. (а иногда и оба) приводит в движение весь ее механизм и по длине обода колеса производится установка выбрасывающего аппарата на определенное количество семян, то некоторые з-ды делали колеса с 10 спицами для удобства подсчета. На ступице колеса помещается шестерня, передающая движение паразитной шестеренке с подвижной осью, а эта шестеренка

приводит уже в движение зубчатку, сидящую на валу выбрасывающего аппарата, и остальную часть механизма, если она имеется. Для сообщения выбрасывающему аппарату движения в обратную сторону, что необходимо в некоторых случаях, ставится вторая паразитная



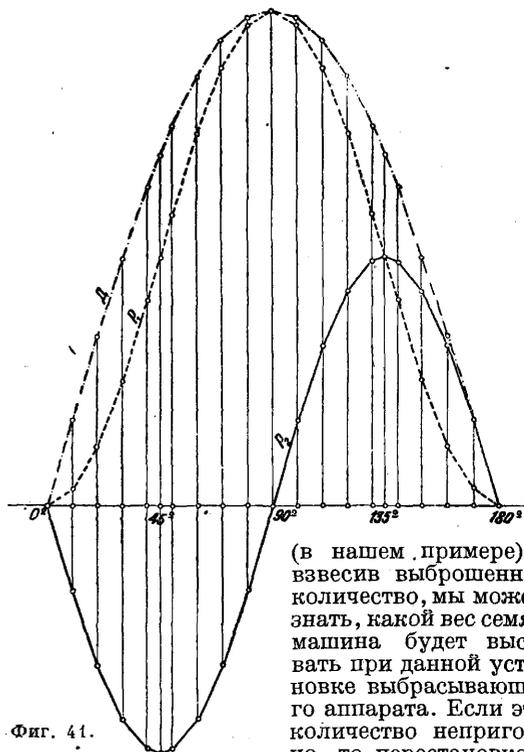
Фиг. 40.

шестеренка. Весь передаточный механизм закрывается обыкновенно наглухо жестяным футляром. Рама С. делается клепаной из углового железа и соединяется или с деревянным дышлом (тип Эльворти, фиг. 35), к-рым она и опирается на передок, или же к ней приклепываются под углом две полосы также из углового железа, соединенные сходящимися концами спицей на передке в С. конных или же несущие на конце крюк для сцепки с трактором. Передок С. имеет два колеса небольшого диаметра, посаженные на передвижных полуосях. Благодаря этому расстояние между колесами передка может в известных пределах изменяться, что бывает необходимо при установке междурядий. Дышло, или с и ц а, соединяется с передком при помощи вертикального штыря а, находящегося в середине рамы передка и распорки б. Тяга же, к-рой вся С. перемещается, прикрепляется не к передку, а к раме С., что делает передок свободным для управления всей машиной. Для этого передок снабжается или двумя короткими складными рулями, расположенными по обе стороны рамки передка, или же одним длинным рулем с рукояткой, находящейся позади ящика. Последнее более удобно и для управления и требует благодаря большой длине рычага меньших усилий со стороны рабочего.

Установка С. сводится к определению той степени открытия выпускных отверстий или выбрасывающего аппарата, к-рая нужна для высева назначенного количества семян на га, и если С. рядовая или гнездовая, то еще и к установке сошников относительно друг друга и относительно ходовых колес, а также и к установке колес передка.

Посевной материал вообще не представляет собой чего-либо строго определенного. Величина отдельных семян, поступающих в машину, и их уд. вес зависят как от способа сортирования, так и от качества урожая. Притом в некоторых случаях высевают первые сорта, в некоторых—вторые, а уд. и объемн. в. кроме того еще колеблются и в зависимости от погоды в пе-

риод вегетации. Выбрасывающие же аппараты всех С. высевают определенный объем семян независимо от их уд. в., а хозяйственные расчеты ведутся на вес зерна, поэтому невозможно сделать установку С. раз навсегда и нанести соответственные пометки на шкале регулятора, а приходится не только ежегодно, но и каждый раз перед высевом данной партии семян производить установку С. на определенное количество. Данные же, к-рые помещаются заводами на регулирующих приспособлениях, весьма грубо приближительны и могут служить только отправным пунктом при установке. Чтобы определить, какой вес семян выбросит С. при данной установке, надо знать ее «ширину захвата» и длину обода ходового колеса, приводящего в действие выбрасывающий механизм. Шириной захвата у разбросной С. обычно считается расстояние между серединами ободьев ходовых колес, измеренное внизу в виду наклонной постановки последних. Если напр. С. имеет ширину захвата в 3,7 м (12 фт.), а длина обода колеса 5 м, то при одном обороте колеса машина засеет площадь, равную $3,7 \cdot 5 = 18,5 \text{ м}^2$, а поэтому для обсеменения 1 га колесо должно сделать $10\,000:18,5 = 540,5$ оборотов. Следовательно если мы приподнимем один конец С. и подопрем его так, чтобы можно было свободно вращать колесо рукой, затем, наполнив ящик семенами, будем его вращать с его нормальной скоростью, то С. начнет работать также, как и в поле. Сделав 540,5 оборотов



Фиг. 41.

(в нашем примере) и взвесив выброшенное количество, мы можем знать, какой вес семян машина будет высеивать при данной установке выбрасывающего аппарата. Если это количество непригодно, то перестановкою

регулятора, при повторных пропусках, нетрудно добиться, чтобы С. выбрасывала в точности намеченное количество. Но в целях упрощения установки и сокращения времени обычно число оборотов колеса, к-рое нужно для засева целого га, не делают. Раньше брали число, в 40 раз

меньшее, тогда выброшенное количество фунтов соответствовало числу ударов на десятину. Теперь же, при введенной у нас метрич. системе, можно взять напр. 0,1 от полного числа оборотов, т. е. в нашем примере 54,0 оборота. В виду того, что большинство С. реагирует на степень наполнения ящика, на наклоны его вперед, назад и даже в сторону колес, а также и на скорость движения, рекомендуется установку делать при горизонтальном положении ящика (почему нужно приподнимать его конец очень незначительно), при его среднем наполнении семенами и при нормальной скорости вращения колеса. Установку рядовых и гнездовых С. на высев определенной количества семян одинакова с разбросными. Здесь только несколько сложнее установить ширину захвата, т. к. расстояния между рядками меняется в зависимости от вида высеваемых семян. Как общее правило ширина захвата в рядовых С. равна произведению числа рядков на расстояние междурядья. Напр. при 23-рядной тракторной С. и при расстоянии между рядками в 125 мм ширина захвата равна: $23 \cdot 125 = 2,875$ м. Установку же сошников и колес передка требует соблюдения своих правил. При засеве поля рядовыми С. ряды д. б. сомкнуты, т. е. поле д. б. покрыто рядами на равном расстоянии, и не д. б. заметно отдельных проходов машины. А т. к. направлять С. по полю удобнее, руководясь следами от колес ящика, к-рые дают более заметную колею, то расстояние от крайних рядков (или сошников) до середины обода ходового колеса С. не м. б. произвольным. В европейских С., предназначенных работать на чистых и хорошо обработанных полях, это расстояние принимается равным половине междурядья. Тогда расстояние между колесами, измеренное внизу от середины до середины обода А, равно ширине захвата В, т. е. $A = B = \frac{1}{2} p$, где $\frac{1}{2}$ —число рядков, а p —расстояние междурядья. Отсюда число рядков $\frac{1}{2} = A : p$, а расстояние междурядья $p = A : \frac{1}{2}$. В этом случае при обратном ходе С. идет одним своим колесом по своему предыдущему следу, благодаря чему смыкаются ряды. При таком положении крайних сошников расстояние между колесами передка, к-рым направляется С., должно быть в точности равно расстоянию между ходовыми колесами, и сами колеса не д. б. сдвинуты в сторону от плоскости симметрии С., а находятся от нее на равных расстояниях. Тогда остается только направлять колеса передка по следам ходовых колес, и ряды будут сомкнуты. Но в наших рядовых С., которые должны работать на менее чистых и культурных полях, расстояние от крайних сошников до ходового колеса во избежание забивания принято равным 1,5 расстояниям между рядками. Тогда расстояние между ходовыми колесами больше ширины захвата С., т. е. $A'' = B + 2p = \frac{1}{2} p + 2p = (\frac{1}{2} + 2)p$. Отсюда $p = A'' : (\frac{1}{2} + 2)$ и $\frac{1}{2} = (A'' - 2p) : p$. В этом случае сеялка при обратном ходе не может идти ходовыми колесами по своему прежнему следу, т. к. тогда между отдельными проходами машины получился бы разрыв рядков, равный $1,5 \cdot 2 = 3$ междурядьям. Поэтому, чтобы сомкнуть рядки, С. ведут так, чтобы одно из ходовых колес прошло точно по середине между крайним первым и вторым рядком. Но для того, чтобы колеса передка можно было вести по более ясному оставленному следу ходового колеса, их сдвигают между собой и ставят на расстоянии, равном $A'' - 2 \cdot 2 \cdot p$. Или же по фор-

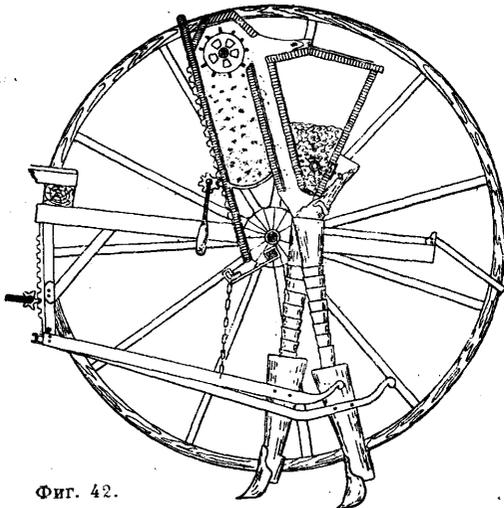
муле, выведенной для этого случая: расстояние между колесами передка равно двойной ширине захвата С. без расстояния между ходовыми колесами.

Размеры выпускаемых заводами С. согласованы с величиною междурядий для большинства хлебов, и поэтому установить С. на то или иное число рядков или на те или иные расстояния междурядья можно, переставляя или снимая сошники, к-рые при своих переставных тягах могут передвигаться на тяговом бруске в ту или другую сторону, а затем в нужном положении крепиться. Для легкости и быстроты установки сошников нек-рые заводы отпускают с С. особую установительную доску с разметкой нескольких расстояний междурядий или числа борозд для полной ширины захвата С. При отсутствии такой доски не трудно сделать эту установку при помощи рулетки, руководясь приведенными выше ф-лами. Но в тех случаях, когда расстояние между ходовыми колесами С. не позволяет выдержать заданные междурядья (напр. при различных опытных посевах), установкой сошников производят относительно передних колес, у к-рых для этого случая оси сделаны раздвижными, и тогда уже приходится вести машину по менее заметным следам от передних колес. При такой установке могут встретиться парадоксальные случаи, когда ширина захвата окажется не только больше длины ящика, но и расстояния между ходовыми колесами С.

Из разбросных С. с выбрасывающим аппаратом Самс-Рида можно указать на С. сист. Эккерта, с катушечным аппаратом Гузиера—на С. сист. завода «Красная звезда». Обе машины имеют длинные деревянные ящики для семян (до 12 фт., т. е. до 3,6 м) и распределительные доски. Для запрыжки они имеют оглобли, в к-рые впрягается одна лошадь. Регулятор количества высеваемого зерна и выключающий механизм (рычаг) расположены позади ящика, около его середины, где за С. идет рабочий. В виду того, что эти машины при такой большой ширине крайне громоздки и неудобны для проезда по дорогам и мостам и требуют много места в сараях для хранения, их снабжают короткой поперечной осью, к-рая продевается через особое отверстие по середине ящика, на нее надевают ходовые колеса, и в таком виде она становится более удобной и для перевозок и для хранения. Из разбросных С. для клевера и других мелких семян в СССР более других распространены ручные тачечные С. системы Кроуна и щеточные с шириною захвата до 4 м. Конструкция их очень проста: обе они состоят из длинного ящика, укрепленного на тачке с одним колесом и с двумя ножками. От этого колеса приводится в действие механизм выбрасывающего аппарата. Обе С. легки на ходу, напр. С. сист. Кроуна при длине ящика 4,2 м (14 фт.) свободно везет один рабочий, даже по не совсем просохшему полю. Она предназначена для посева небольших количеств семян, до 30 кг на га. Средняя степень ее неравномерности ок. 16% и она чувствительна к наклону и к степени наполнения ящика. При своей небольшой цене (в 1914 г.—15 руб.) она была распространена в нашем сел. х-ве, т. к. высев мелких семян руками требует весьма большого навыка. Иногда С. для трав устанавливают на раме обыкновенной рядовой С., а з-д Стоддарта (США) дает ящик травяной С. с мипиаторным катушечным аппаратом Гузиера для установки на обыкновенных конных граблях. В последней

комбинации выбрасывающий аппарат приводится в действие от колес грабель при помощи цепной передачи, а сами грабли могут служить для заделки семян. Из рядовых С. наиболее разработанными по конструкции надо считать С. сист. Эльворти, в к-рых глубоко продуманы и обстоятельно проверены все детали. Машины эти явились образцами для копирования и для дальнейших усовершенствований другими з-дами, до заграничных включительно. Эти С. имеют деревянный ящик с литыми или штампованными железными боковинами, с выбрасывающим аппаратом Гузиера, имеющим приспособление для очистки ящика от зерна, с резиновыми семяпроводами, с сошниками типа Эльворти и с 4-шарнирным механизмом для регулирования глубины борозд наклоном сошников. С. делаются 7-рядными с оглоблями на одну лошадь и с 2-колесным передком, управляемым двумя складными рулями, с числом сошников 11—25. Наименьшая величина междурядий у этих машин 100—125 мм. Завод б. Эльворти выпускал также С. с двухдисковыми сошниками, с междурядьями от 150 мм и с числом сошников 9—16. Из других машин советского производства оригинальными являются С. с выбрасывающим аппаратом «ВЕС-КА», системы Фильверта и Дедины (завод «Красный пахарь» в Киеве). Некоторые марки этих машин строились с аппаратом Гузиера, а некоторые с ложечным аппаратом сист. Мелихара.

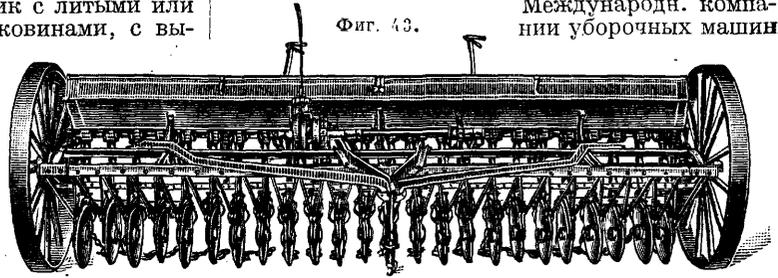
На фиг. 42 изображен разрез комбинированной свекловичной С. для одновременного с высевом семян внесения минеральных туков в один



Фиг. 42.

и тот же ряд с семенами. Эти С. имеют семяпроводы из стальных спирально завитых лент и сошники или американского типа или же специальные свекловичные, двойные с загорточами. Сошники соединяются тягами с тяговым брусом, к-рый может подниматься и опускаться при помощи шестеренок, сидящих на особом валу, и зубчатых реек, соединенных с тяговым брусом. Для конной тяги С. отпускаются на число рядков 11—25 с двухколесным передком, имеющим два складных руля. Для тракторной тяги з-д делает комбинированные 23 рядные машины со специальным прицепом для

трактора. Все машины имеют деревянный ящик с металлич. боковинами. При подъеме сошников отводится паразитная шестеренка, вследствие чего механизм выбрасывающих аппаратов (тукового и для семян) выключается, и заслонки, регулирующие количество высева, закрывают наглухо выпускные отверстия. С. для механич. тяги делаются с большой шириной захвата и часто имеют автоматический подъем сошников. На фиг. 43 изображена 24-рядная зерновая С. Международн. компани уборочных машин



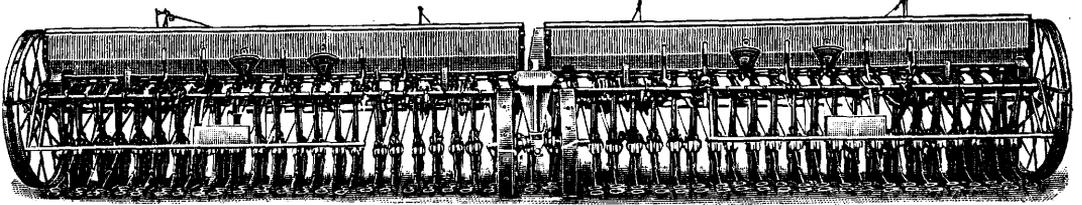
Фиг. 43.

с двойными дисковыми сошниками и с автоматич. подъемником. С. без передка и сцепляется непосредственно с трактором. Для включения или выключения машины из работы трактористу достаточно потянуть за рычаг автомата при помощи веревки. Для точного смыкания рядов С. снабжаются двумя маркерами, расположенными по обеим сторонам машины, к-рые оставляют после себя бороздку для направления по ней одного из передних колес трактора. Для большей производительности и для более полного использования тяговой мощности трактора Международная компания уборочных машин выпускает сдвоенные машины (фиг. 44). Для этого между концами ящиков двух С. устанавливается четырехколесная тележка, несущая на себе балку, на которую концами своих осей опираются обе С. Такая сдвоенная машина имеет 49 двойных сошников, что при величине междурядий, равной 150 мм (6 дм.), дает ширину захвата в 6,66 м. С. сцепляется непосредственно с трактором и имеет два маркера. Для перевозок и для хранения ее концы ставят на двухколесные тележки, средние колеса поворачиваются на 90°, и в таком виде сеялка перевозится на место работ и хранится в сарае (фиг. 45). В тех случаях, когда тяговая мощность трактора очень велика, напр. при мощном гусеничном тракторе или если имеются С. с небольшим захватом, применяется сцепка нескольких машин в один агрегат, и тогда общая ширина захвата м. б. очень большая. Так напр., Зернотрест с 60-сильным трактором, применяя сцепку своей системы, соединяет в один комплект до 5 машин с общим числом двухдисковых сошников до 120 и с общей шириной захвата до 18 м. Во всех машинах большой производительности имеется на С. позади ящика помост в виде доски на кронштейнах, на к-ром находится рабочий, следящий за работой выбрасывающего аппарата и сошников.

К группе С. нужно отнести еще «буккер», играющий весьма видную роль в наших южных х-вах. Это самобытное орудие (фиг. 46), представляющее собой комбинацию запашника-луцильника с С., появилось в х-вах засушливых районов, где период весенних работ короток (2—3 недели) и где удовлетворяются при посеве весной мелкой вспашкой (на 5—10 см). Во время работы в борозды, открытые корпусами луцильника, С. выбрасывает по семя-

проводам семена, которые ложатся на дно борозды, свободно рассыпаясь по всей ее ширине. При проходе следующего корпуса семена

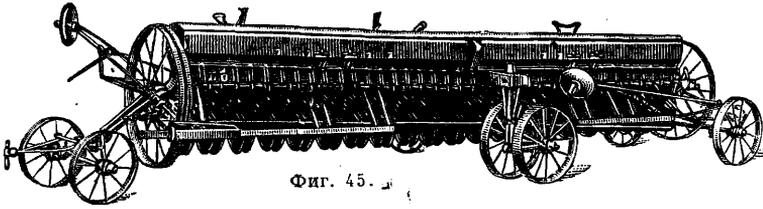
ную С. типа Междунар. комп. убор. машин, но не с цепной, а с шестеренной передачей и двумя автоматами, б) 42-рядную для льна, с одно-



Фиг. 44.

заделываются. Как мы видим, семена попадают почти в такие же условия, как и при сошниках Иверсона, с той только разницей, что буккер их

дисковыми сошниками, с двумя автоматами, с шириною захвата 4,6 м, в) сошники для глубокого посева, г) Молинский сошник для посева махорки. Кроме того строят 12-рядную 2-дисковую С. для конной тяги. 2) На заводе имени Петровского в Харькове строят С. к пшеничным дисковым плугам (буккер) по сист. Эльворги. 3) На заводе «Красный пахарь» строят 23-рядные комбинированные тракторные С. с выбрасывающим



Фиг. 45.

кладет на влажное дно борозды, но закрывает верхним сухим слоем почвы, т. к. посев происходит одновременно с весенней обработкой поля. Буккера бывают 4—6 корпусов. Благодаря буккеру в засушливых районах удастся засеять огромные площади полей хлебами. По аналогии с буккером в настоящее время стали применять и дисковые пшеничные плуги для весенней обработки и одновременного посева. Производительность каждой С.

аппаратом Веска и с туковым Шлёра; С. для семян трав типа Кроуна и щеточные; огородные 2-рядные сист. Сакка, С. ручные марки «Синьорка», типа Планет, и аппарат Руденко к свекловичным С. 4) На Ростовском Сельмаше строят 24-рядные тракторные С. типа Междунар. компании убор. машин в комбинации с С. для посева трав, имеющими уменьшенный аппарат Гузиера. 5) В Ташкенте

зависит от ее ширины захвата и от скорости передвижения по полю. Правило Горячкина для определения производительности с.-х. машин и орудий применимо и к С., но с соответственными поправками. Производительность на «1 м ширины захвата в 10-часовой рабочий день равна 4 га» будет близка для машин при тракторной тяге, когда скорость трактора ок. 1,25 м/сек. При лошадиной тяге, когда нормальная скорость будет 1,0—1,1 м/сек, остановки для засыпки семян не позволят выдержать этого правила, и осторожнее вести расчеты на 75% производительности, высчитанной на 1 м ширины захвата. Тяговое усилие рядовых С. 10—12 кг на сошник.

В СССР применяется уже аэросев. Вначале им пользовались для посева риса на плавнях, но теперь применили на полях для сверхраннего сева. Выбрасывающим аппаратом является пока *аэроопылитель* (см.) с некоторыми добавлениями. Опыт показал, что при скорости полета 30 м/сек выгоднее держаться на высоте 10—15 м над землей во избежание сноса семян. Ширина захвата 9—12 м, производительность 130—150 га в день при подъемной силе аэроплана в 2½ ц зерна.

Институт с.-х. авиации конструирует новый аппарат типа центрального разбрасывателя туков (см. *Удобрение*).

Производство С. сосредоточено на след. заводах СССР: 1) на заводе «Красная звезда» в г. Зиновьевске строят а) 24-рядную трактор-



Фиг. 46.

строят хлопково-кукурузные С. на 2 рядка с полозовидными сошниками.

Лит.: Шиловский К., Рядовая сеялка, М.—Л., 1931; Вейс Ю., Курс с.-х. машиноведения, 3 изд., М.—Л., 1929; Тракторная 24-дисковая сеялка, М., 1931; Горячкин и Глинчиков, Опыт применения способа наименьших квадратов, М., 1912; Белячиков П., Тракторные приемы, М., 1927; Гусятский, Тракторные сцепки, М.—Л., 1931; Сладков Я., Сивалин, Харків, 1929; Отчет об испытании сеялок на Бутырском хуторе в 1903, М.

Н. Сладков.

СЖИЖЕНИЕ ГАЗОВ употребляется в технике с двойной целью: 1) для уменьшения объема газов при транспортировании и хранения и 2) в соединении с фракционной перегонкой или ректификацией для разделения газовых смесей на их составные части.

I. Физические основы С. г. Достигается С. г. понижением t° ниже $t^\circ_{\text{крит}}$ газа при данном давлении, причём последнее м. б. произвольным; обычно С. г. производят с целью повышения $t^\circ_{\text{крит}}$ при повышенном давлении. Попытки сжижения т. н. «постоянных» газов оставались долгое время безуспешными, так как исследователи пытались достигнуть такового одним по-

вышением давления, ограничиваясь в понижении t° лишь той степенью холода, которая может быть получена применением охлаждающих смесей. Лишь после того, как Менделеев и Эндрюс доказали существование критической t° , т. е. такой точки, выше которой С. г. нельзя достигнуть никаким повышением давления, стала понятной причина неудач: дело в том, что $t^\circ_{крит.}$ постоянных газов лежат значительно ниже достигаемых холодильными смесями. Критич. данные газов, подвергающихся сжижению с технич. целями, даны в табл. 1.

Табл. 1.—Критические данные газов.

Название газа	$t^\circ_{крит.}$	Критич. давление, атм	Плотность в критич. точке, кг/л	$t^\circ_{обл.}$ при 760 мм	Скр. теплота парообразования $t^\circ_{кип.}$, Cal/kg
Воздух	-140,7	37,2	0,31	-194,1	49,1
Кислород	-118,8	49,7	0,43	-183,00	51,0
Азот	-147,1	33,5	0,31	-195,81	47,9
Аргон	-122,4	48,0	0,53	-185,8	37,6
Неон	-228,7	26,9	0,48	-216,3	
Гелий	-267,9	2,26	0,066	-268,98	4,91
Ксенон	16,6	58,2	1,16	-107,0	
Криптон	-62,5	51,3	0,078	-151,7	
Водород	-240,0	12,80	0,031	-252,80	108
Хлор	143,9	76,0	0,57	-34,70	67,4
Углекислота	31,0	72,9	0,46	-78,5	68,1
Оксид углерода	-138,7	34,6	0,31	-190,0	50,5
Аммиак	132,4	112	0,24	-33,4	327,7
Сернистая к-та	157,2	77,7	0,52	-10,0	91,2
Закись азота	36,5	71,7	0,45	-89,5	

Для С. г., $t^\circ_{крит.}$ которых лежит много выше комнатной t° , бывает достаточно охладить сжатый до надлежащего давления газ при помощи холодной воды в специальных конденсаторах. Для охлаждения постоянных газов пользуются понижением t° , сопровождающим расширение таковых. При этом газ, расширяясь, может производить внешнюю работу (в моторе или турбине) или нет (мятие). Идеальный газ, подвергаемый мятию, т. е. расширению без соверше-

Табл. 2.—Падение t° при мятии воздуха с давления p_1 до p_2 при начальной температуре t_1 .

t_1	$p_1=50 \text{ atm}$		$p_1=100 \text{ atm}$		$p_1=150 \text{ atm}$		$p_1=200 \text{ atm}$	
	p_2	t_1-t_2	p_2	t_1-t_2	p_2	t_1-t_2	p_2	t_1-t_2
46,8	0	9,1	0	17,5	0	23,0	0	29,5
26,8	0	10,6	0	20,6	0	28,3	0	35,2
6,8	0	12,7	0	24,1	0	34,2	0	42,6
-13,2	0	15,1	0	29,0	0	41,5	0	51,5
-33,2	0	18,0	0	35,8	0	50,8	0	62,4
-53,2	0	22,4	0	44,9	0	62,8	0	74,4
-73,2	0	27,5	0	56,2	0	76,4	0	97,1
-93,2	0	35,1	0	71,6	19,8	60,4	28,6	57,5
-113,2	0	47,0	36,0	28,5	38,0	27,4	38,0	23,4
-133,2	37,9	7,5	37,0	8,9	36,5	9,4	36,5	9,3

ния работы, не должен изменять свою t° ; в реальных газах мятие сопровождается однако изменением t° , величина которого зависит для каждого газа от абсолютных значений давления и t° (эффект Джоуля-Томсона). Обычно при этом происходит поглощение тепла, т. е. t° понижается (положительный эффект Джоуля-Томсона). Отношение уменьшения t° при бесконечно малом изменении давления к этому последнему $\frac{dt}{dp}$ называется дифференциальным эффектом Джоуля-Томсона при данных значениях t° и давления. Суммируя

значения дифференциального эффекта в известных пределах давлений и принимая нек-рую t° за начальную, получаем т. н. интегральный эффект Джоуля-Томсона при расширении с p_1 до p_2 при начальной температуре t_1 . Некоторые величины, дающие понятие о величине этого эффекта, приведены в табл. 2. Как видно из табл. 2, дифференциальный эффект Джоуля-Томсона уменьшается при возрастающих t° и давлении. Каждому давлению соответствует определенная t° , для которой эффект делается равным 0, а при дальнейшем повышении становится отрицательным, т. е. при мятии t° газа повышается (инверсионный пункт). Для большинства газов инверсионный пункт лежит значительно выше употребительных t° ; лишь для водорода и гелия при комнатной t° эффект Джоуля-Томсона отрицателен, и для достижения положительного эффекта необходимо охладить водород ниже $-83 \div -84^\circ$.

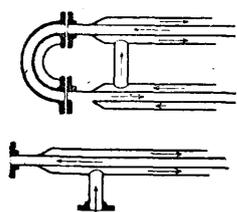
II. Техника сжижения неперманентных газов.

Для сжижения неперманентных газов достаточно сжать их несколько выше давления насыщенных паров при температуре, служащей для охлаждения воды. Практически сжатие ведут значительно выше, принимая во внимание повышение t° , сопряженное с наполнением газа в цилиндры (бутыли) для транспортирования. Компрессоры (см.) по конструкции не отличаются от употребляемых в холодильном деле; особенности материала цилиндров и способ смазки их будут указаны далее при отдельных газах. Холодильники (конденсаторы) строят по принципу проточка, т. е. охлаждающая жидкость течет навстречу охлаждаемому газу, вследствие чего становится возможным охлаждение выходящего из конденсатора газа почти до t° входящей в него воды. В простейшем виде холодильный состоит из змеевика, погруженного в чан с проточной водой; при недостатке воды для охлаждения применяют оросительные конденсаторы, представляющие собой плоский, расположенный вертикально змеевик, орошаемый снаружи водой. В последнее время оба эти типа вытесняются конденсатором с двой-

ными трубками (фиг. 1); газ и вода двигаются противотоком, первый в наружной, вторая во внутренней трубке; преимуществом этой системы является сбережение места и повышенный охлаждающий эффект: практически достижимый обмен тепла на 1 м^2 поверхности и на 1° разницы температур равняется в первой системе $280 \div 320 \text{ Cal}$, во второй $140 \div 180 \text{ Cal}$ и в третьей системе $1300 \div$

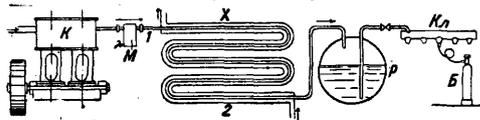
1500 Cal в час. Общая схема установки для сжижения неперманентных газов изображена на фиг. 2: K —компрессор, M —маслоотделитель, X —холодильники, P —резервуар для жидкого газа, $Kл$ —коллектор, B —бутыль (цилиндр). Очищенный от примесей и высушенный газ сжимается в компрессоре, проходит маслоотделитель, вступает по трубе 1 в холодильник, где вода движется противотоком по трубе 2 и после сжижения поступает в резервуар, откуда по мере надобности его разливают по бутылкам, присоединяемым при помощи гибких металлических трубок к коллектору.

Отдельные газы. Аммиак NH_3 для сжижения добывается обычно из аммиачной воды газовых заводов или получается синтетич.



Фиг. 1.

путем. Аммиак д. б. весьма тщательно очищен от примесей (H_2S , H_2O , CO_2 , органич. летучие вещества); обыкновенной очистки, употребляемой на газовых з-дах, недостаточно — аммиак пропускают над негашеной известью и сливают в газгольдере, плавающем в масле. Отсюда он засасывается компрессором, сжимается до 10 *atm*, поступает в конденсатор одного из описанных выше типов, где и сжимается. Для смазки компрессорного цилиндра употребляют жидкое минеральное масло. Сжиженный аммиак наливают в стальные цельнотянутые цилиндры, вмещающие обычно 20 и 50 кг NH_3 ; минимальный объем цилиндров для указанных количеств



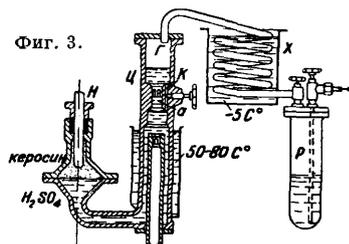
Фиг. 2.

газа соответственно 37,2 и 93 л. Цилиндры испытываются под давлением в 30 *atm*, причем испытание повторяется через каждые 4 года. Все приходящие в соприкосновение с газом части компрессора, арматуры и трубопроводов не должны содержать меди, так как последняя разъедается аммиаком. Жидкий аммиак применяется гл. обр. в холодильном деле, кроме того его употребляют вместо нашатырного спирта с целью удешевления транспортирования.

Углекислота CO_2 для целей сжижения добывалась прежде из мрамора и соляной кислоты; этот способ почти совершенно оставлен и теперь пользуются почти исключительно вытекающей из земли CO_2 (углекислые источники). Последняя содержит обычно весьма мало примесей, и для очистки достаточно ее пропустить через свежeproкаленный древесный уголь, профильтрованный через ванну, и высушить хлористым кальцием. Очень чистая CO_2 получается также при обжиге магнезита в ретортах, тогда как газ, выходящий из известковых печей, нуждается в тщательной очистке. Углекислота, развиваемая при брожении на пивоваренных з-дах, часто собирается и сжимается для надобностей з-да. Очищенная углекислота сжимается обычно трехступенчатым компрессором до 60 *atm* и затем сжимается в конденсаторе при усиленном притоке холодной воды (t° возможна не выше 12—15°). Для смазки компрессорных цилиндров употребляют химически чистый глицерин. Жидкой CO_2 наполняют стальные цельнотянутые цилиндры, вмещающие 8, 10, 20 и 30 кг газа и соответственного объема в 10,75, 13,4, 26,8 и 40,2 л. Бутыли испытывают давлением в 190 *atm* (предположено поднять до 250 *atm*); проба повторяется через каждые 4 года. Жидкая углекислота употребляется в холодильном деле, для выжимания пива из бочек, при приготовлении искусственных минеральных вод, при тушении пожаров (некоторые системы ручных огнегасителей), иногда применяется для экстрагирования жиров и масел, при добычании соды аммиачным способом, в качестве охлаждающего средства при лабораторных работах (в виде снега) и т. д.

Сернистый ангидрид SO_2 добывается гл. обр. из газов, отходящих при обжиге сернистых руд растворением SO_2 в холодной воде и последующим изгнанием газа нагреванием раствора до 100°; 1 000 кг воды поглощают 3—10 кг газа. Предназначенный для сжижения SO_2 очищается от серной к-ты и заключающихся в нем водяных паров в особых башнях; принцип очистки состоит в том, что в очень высоких башнях горячие газы пропускаются навстречу падающему вниз потоку холодной воды; последняя конденсирует большую часть паров воды и поглощает всю серную к-ту; растворимый же в ней SO_2 она постепенно отдает обратно, нагреваясь током горячих газов; затем газ пропускают через сухой CaCl_2 и конц. H_2SO_4 , где он окончательно высушивается и поступает затем в сухой газгольдер. Отсюда он засасывается компрессором, сжимается до 3—4 *atm* и сжимается в обыкновенном конденсаторе, откуда поступает в котлы, снабженные манометром, предохранительным клапаном и указателем уровня. Компрессор работает без особой смазки, так как небольшие количества SO_2 , сжижающиеся в его цилиндре, вполне заменяют собой масло. Для пересылки SO_2 наполняют в сваренные железные или цельнотянутые стальные бутылки, причем объем их д. б. не меньше 0,8 л на 1 кг сжиженного газа. Бутылки испытывают давлением в 12 *atm*, пробу повторяют через каждые 2 года. Жидкий SO_2 применяется почти исключительно в холодильном деле.

Хлор Cl_2 для сжижения берут почти исключительно образующийся при электролизе хлористых соединений. В виду того что хлор разъедает большинство металлов, для сжатия его употребляют компрессоры, в которых промежуточным звеном является жидкость (обычно конц. серная к-та) или род пульсометров, работающих сжатым воздухом. Схематически установка для сжижения хлора изображена на фиг. 3. Давление скалки насоса *H* передается через керосин серной к-те, которая выжимает находящийся в верхней части клапанного цилиндра *Ц* у а газ, через клапан *K* в горшок *Г*, где он сжимается до 3,5 ÷ 4 *atm* и затем



Фиг. 3.

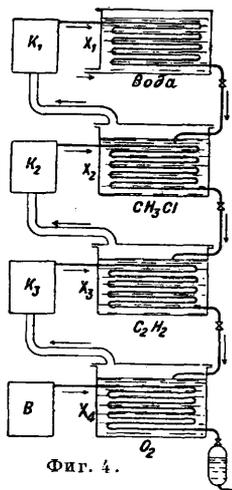
конденсируется в змеевике *X*, охлаждаемом особой холодильной установкой до температуры -5° ; сжиженный газ собирается в резервуаре *P* и затем поступает для наполнения в бутылки в коллектор. Узкий канал, соединяющий *Г* с *а*, служит для засасывания при каждом ходе поршня небольшого количества жидкости из горшка *Г* с целью устранить возможность образования пузырьков газа у *а*, что сильно понизило бы волюметр. кид компрессора. Клапанный цилиндр окружен водяной рубашкой, нагреваемой заключенную в нем серную к-ту до 50—80°, с целью уменьшить поглощение хлора. Употребляемый для сжижения хлор д. б. совершенно сух, т. к. иначе серная кислота разбавится и разъест приходящие с ней в соприкосновение части компрессора. Жидкий Cl_2 наполняется в сваренные или цельнотянутые стальные цилиндры, испытываемые давлением в 22 *atm*; проба должна повторяться

через каждые 2 года. Минимальная вместимость бутылей составляет 0,8 л на 1 кг газа. Жидкий хлор как таковой применения в технике не имеет, и сжижение его имеет целью исключительно удешевление транспорта.

Закись азота NO_2 для сжижения получается обычным путем, очищается от примесей, осушается путем охлаждения до -20° , сжимается до 12—15 atm и сжимается в конденсаторе, охлаждаемом особой машиной до $-60 \div -70^\circ$. NO_2 наполняют стальные цельнотянутые бутыли, испытываемые давлением в 180 atm, повторная проба—через каждые 4 года. Наименьшая вместимость бутылей равна 1,34 л на 1 кг газа. Масла и горючие вещества для смазки и уплотнения компрессора и вентилей недопустимы. NO_2 применяется гл. обр. в Америке и Англии в хирургии для наркоза. Пикте предложил NO_2 в смеси со спиртом или эфиром в качестве взрывчатого вещества (фульгурит).

III. Техника сжижения постоянных газов. Для достижения t° , при которых возможно сжижение постоянных газов, обычные охлаждающие средства (вода, холодильные машины с NH_3 , SO_2 , CO_2) оказываются недостаточными; большинство способов с. г. основано на использовании понижения t° , сопровождающего расширение газа: некоторые методы заставляют газ расширяться без производства внешней работы (Линде, Хемпсон, Триплер, Хильдебрандт и др.), другие производят расширение в рабочем цилиндре мотора (Клод, Хейландт), причем развиваемая при этом энергия м. б. использована для уменьшения требуемой установкой движущей силы.

Жидкий воздух является единственным постоянным газом, сжижение которого производится в крупном

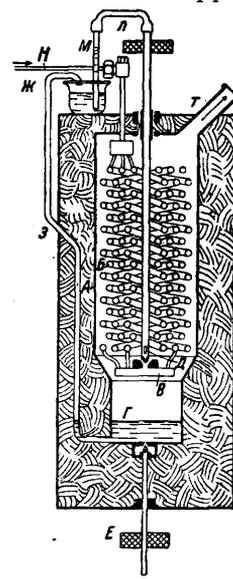


Фиг. 4.

В своей машине Камерлинг-Оннес пользуется для первой ступени хлористым метилом CH_2Cl_2 , который сжимается компрессором K_1 до давления в $5 \div 6$ atm, затем сжимается в холодильнике X_1 , омываемом холодной водой, проходит дроссельный клапан и вливается в чан холодильника X_2 , где он испаряется под давлением около 200 мм, развивая при этом холод в $-85 \div -87^\circ$ и засасывается снова компрессором, чтобы начать тот же круговорот. Во втором каскаде циркулирует этилен C_2H_4 , сжимаемый компрессором K_2 до 2 atm, конденсирующийся в холодильнике X_2 и ки-

пящий в баке холодильника X_3 под давлением в 27 мм, причем t° достигает -145° ; при этой t° кислород, циркулирующий в третьем каскаде, сжимается уже при давлении $16 \div 18$ atm, развиваемом компрессором K_3 . Наконец, испаряя жидкий кислород в баке четвертого каскада при давлении около 200 мм, легко достигаем требуемой нам t° в -194° . Воздушный насос V имеет целью поддерживать в трубках холодильника X_4 небольшой избыток давления по сравнению с атмосферным и препятствовать непосредственному сообщению сосуда с жидким воздухом с атмосферой, т. к. в этом случае азот как более летучая часть воздуха будет испаряться значительно скорее кислорода, что поведет к изменению состава жидкого воздуха. Этот способ довольно экономичен, работает при сравнительно низких давлениях и, что важно для научных работ, доставляет воздух состава, строго отвечающего атмосферному. Для промышленных целей он однако до сих пор не нашел себе применения ввиду его чрезвычайной сложности.

Наибольшее число систем, применяющихся в промышленности, использует для понижения t° эффект Джоуля-Томсона. Практически эта система была



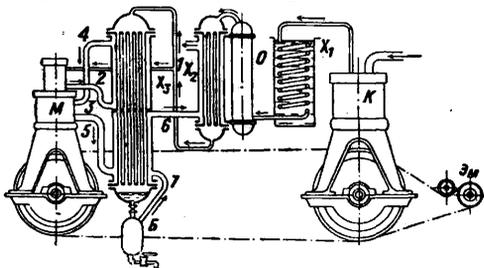
Фиг. 5.

осуществлена почти одновременно проф. Линде в Германии и Хемпсоном в Англии. Идея такого аппарата необычайно проста (фиг. 5): сжатый компрессором и охлажденный до комнатной t° газ поступает по трубке A в противоточный охладитель G , где он постепенно охлаждается током холодного воздуха, текущего по наружной трубке. Затем охлажденный сжатый воздух расширяется до атмосферного давления, выходя из дроссельного клапана B , причем часть его сжимается и собирается в сосуде V , а оставшаяся газообразная часть уходит в атмосферу, охлаждая по пути притекающий вновь воздух. В точности по этой схеме работает аппарат Хемпсона (фиг. 6). Он состоит из термически хорошо изолированного сосуда A , в верхней части которого помещается противоточный холодильник B , образуемый 4—6 параллельно включенными змеевиками из медных трубочек diam. $2 \div 3$ мм и по 15—25 м длиной. Внизу змеевики соединяются в общую камеру V , наверху которой имеется дроссельный вентиль D . Сжижающийся воздух собирается в стакане G и выливается из него по трубочке E , служащей одновременно вентилем. Для указания уровня жидкого воздуха в стакане служит дифференциальный манометр J , широкий сосуд которого сообщается трубочкой Z со стаканом G , а узкое колено M посредством трубки L и полого стержня дросселя D с пространством над жидким воздухом. Сжатый до 170—180 atm воздух поступает

Табл. 3.—Расход энергии и воды при охлаждении машинами Линде.

Часовая производительность, л. . .	2	3	5	10	20	30	50	100	200	300	
Получение жидкого воздуха с 45—50% O ₂											
Общий расход энергии	С предв. охладж., НР	9,5	11	14	18	32	47	73	133	250	364
	Без » » НР	9,5	11	14,5	19	36	54	87	172	330	488
Расход энергии на 1 л	С предв. охладж., НР	4,75	3,33	2,80	1,80	1,60	1,57	1,47	1,33	1,25	1,21
	Без » » НР	4,75	3,33	2,90	1,90	1,80	1,80	1,75	1,72	1,65	1,62
Расход холодной воды, м ³	0,5	0,6	0,75	1,0	1,8	2,7	4	8	15	22	
Получение жидкого воздуха с 85% O ₂											
Общий расход энергии	С предв. охладж., НР	12	15	19	29	54	77	125	235	461	687
	Без » » НР	13	16,5	22	34	61	90	148	280	540	800
Расход энергии на 1 л	С предв. охладж., НР	6,00	5,00	3,80	2,90	2,70	2,58	2,50	2,35	2,30	2,29
	Без » » НР	6,50	6,50	4,40	3,40	3,05	3,00	2,95	2,80	2,70	2,67
Расход холодной воды, м ³	0,6	0,8	1,0	1,5	2,5	3,6	6	11	20	30	

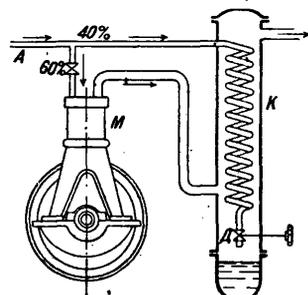
(в особенности от H₂O и CO₂) и охлажденный до комнатной t° воздух поступает по трубке Б в противоточный холодильник X, у А часть воздуха идет в мотор М, где он расширяется до атмосферного давления, производя полезную



Фиг. 9.

работу и сильно охлаждаясь при этом; выходящий из мотора при весьма низкой t° воздух проходит сначала через кожух конденсатора К, охлаждаемая находящийся в нем под высоким давлением воздух ниже t° крит., причем последний сжимается и собирается в сосуде Р. По выходе из конденсатора холодный воздух проходит через противоточный холодильник и выходит затем в атмосферу; сжатый воздух в точке А имеет уже t° -90 ÷ -100°. Главным затруднением при практик. осуществлении этой системы была смазка цилиндра мотора, так как большинство известных смазочных масел застывало в твердую массу при господствовавших там низких t°. Клод применяет две системы смазки: петролейным эфиром и образующимся в самом цилиндре в небольших количествах жидким воздухом. С целью увеличения кпд установки Клод вскоре перешел к машинам с двойным расширением, причем при переходе из цилиндра высокого давления в цилиндр низкого давления воздух нагревается, отдавая свою теплоту сжатому воздуху в верхней части холодильника X₂ (фиг. 9). Профильтрованный воздух сжимается в компрессоре К, приводимом в движение электромотором Эм и воздушным мотором М, до давления в 40 atm, охлаждается водой в холодильнике X₁ до комнатной t°, проходит аппарат О для поглощения CO₂ и затем подвергается дальнейшему охлаждению в противоточ-

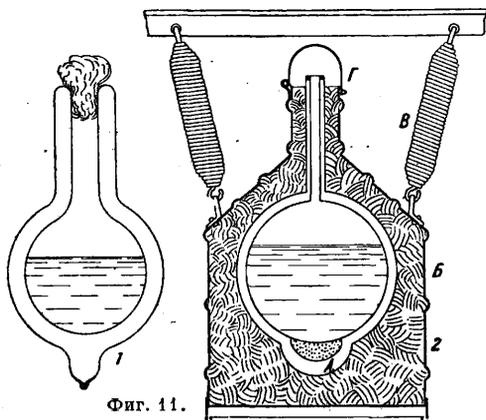
ном холодильнике X₂, где осаждается большая часть водяных паров. По выходе отсюда ток сжатого воздуха разделяется: часть его идет по трубке 1 в конденсатор X₃, другая часть направляется в воздушный мотор М по трубке 2. В цилиндре высокого давления воздух расширяется до 8—10 atm, причем он весьма сильно охлаждается (-150 ÷ -160°), выходя по трубке 3, он протекает через верхнюю часть противоточного конденсатора X₃, причем он нагревается до -100 ÷ -110° и по трубке 4 поступает в цилиндр низкого давления, где и расширяется до атмосферного давления, испытывая при этом охлаждение, достигающее -190° и ниже; затем он уходит по трубке 5, проходит нижнюю часть конденсатора X₃ и холодильник X₂, после чего выходит в атмосферу. Находящийся в трубках конденсатора X₃ сжатый до 40 atm воздух сжимается и собирается в его нижней части, откуда он периодически перепускается в бутылку Б, находящуюся под атмосферным давлением; небольшие количества испаряющегося при этом воздуха направляются также в конденсатор X₂ по трубке 7. Установки по сист. Клода работают в значит. количестве во Франции и Америке, значительно менее они распространены в Германии. Производительность этих машин довольно высока: установки средней величины (40—50 л/ч) затрачивают 1,15 ÷ 1,30 НР в час на 1 л жидкого воздуха, т. е. на 12 ÷ 22% экономичнее, чем системы Линде. По тому же принципу были сконструированы машины Пикте, Мевеса, Плесса и других, однако эти машины не получили сколько-нибудь значительного распространения.



Фиг. 10.

Комбинацией систем Клода и Линде является аппарат сист. Хейлаанда, принципиальная схема которого изображена на фиг. 10. Сжатый в компрессоре до 150—200 atm, очищенный от CO₂ и

H_2O воздух притекает по трубке *A*; перед конденсатором он разделяется на две части: около 60% всего количества поступает в воздушный мотор, где он расширяется приблизительно до атмосферного давления, охлаждаясь при этом до $-140 \div -150^\circ$; остальной воздух (40%) идет в конденсатор *K*, где он протекает по трубке змеевика навстречу уходящему холодному воздуху, охлаждается при этом до $-130 \div -140^\circ$ и выходит из дроссельного вентиля *D*, причем ок. 40% сжижается, а остальные 60% уходят вместе с отработавшим в моторе воздухом в атмосферу, т. о. в результате сжижается около 16% всего засосанного воздуха. Полезная работа мотора составляет 12—14% мощности компрессора. Преимуществом этой системы является большая экономичность и возможность, как и в аппаратах Линде, получать жидкий воздух с содержанием кислорода в 85 ÷ 90%. Небольшие установки (25 л/ч) требуют для получения 1 л жидкого воздуха с 85%-ным содержанием O_2 ок. 1,4 ÷ 1,5 kWh, против 2,1 ÷ 2,5 kWh у аппаратов Линде равной величины. Получаемый при этом богатый кислородом жидкий воз-

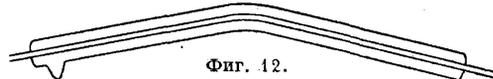


Фиг. 11.

дух м. б. без дальнейшей ректификации употреблен для взрывных работ, наполнения кислородных дыхательных аппаратов для летчиков, спасательных приборов, водолазов и т. д.

Сохранять жидкий воздух, а равно и другие постоянные газы в жидком виде можно лишь в неплотно закупоренных сосудах, т. к. в плотно закрытом сосуде, наполненном жидким воздухом, при нагревании его до $+15^\circ$ развилось бы давление $\approx 750 \text{ atm}$. Для лабораторных целей и перевозки малых количеств жидкого воздуха употребляются с о с у д ы Дьюара—двустенные стеклянные сосуды, у к-рых из промежутка между стенками возможно полно удален воздух (фиг. 11, 1); этим в значительной мере ограничена передача тепла через промежуточную среду; для уменьшения влияния и излучения стенки сосудов изнутри посеребрены. Единственным местом, где происходит усиленный обмен тепла между внутренней и внешней стенкой, является верхняя часть горлышка. Т. к. добиться совершенной изоляции, а следовательно совершенно устранить испарение жидкого воздуха невозможно, то сосуды д. б. закупориваемы лишь пористыми, легко пропускающими газы пробками (кусочек ваты, войлок). Изготовление стеклянных сосудов Дьюара емкостью свыше 5 л весьма затруднительно, а кроме того их ломкость сильно затрудняет транспорт, поэтому давно стремятся заменить их металлич. сосудами большой емко-

сти. Крупным неудобством последних является большая теплопроводность металлов, вследствие чего потери жидкого воздуха от испарения в них были много больше. Выше мы указали, что наиболее интенсивный переход тепла имеет место в соединении обеих стенок в верхней части горлышка; стремление сделать сечение металла, а следовательно и теплопроводность в этом месте наименьшими привело к созданию Хейландом бутылки, показанной на фиг. 11, 2. Двустенный металлич. сосуд с полированными стенками и эвакуированным междустенным пространством помещен в наружную

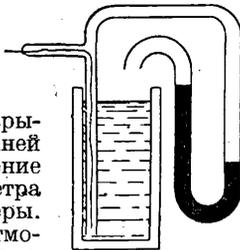


Фиг. 12.

бутылку *B* из тонкой листовой стали, промежутки заполнены несгораемыми термич. изоляторами (шлаковой шерстью, асбестовыми очесами и т. д.); сверху наружная бутылка закрывается неплотно сидящей крышкой *Г* и подвешивается для транспорта в вагонетках на пружинах *B* к перекладине; при ж.-д. транспорте бутылку прямо ставят на пол. Шейка сосуда для жидкого воздуха сделана из очень тонкой трубочки, т. ч. при наклонении его на бок внутренняя шейка изгибается, и внутренний сосуд ложится на внешний. Этим, во-первых, разгружается шейка внутреннего сосуда, а во-вторых, от соприкосновения с теплой внешней стенкой воздух начинает кипеть и выливается из сосуда сильной струей. В виду пористости металлов вакуум в междустенном пространстве быстро ухудшается; для противодействия этому к нижней части внутреннего сосуда приделана лепешка *A* из сильно абсорбирующего газа вещества (прокаленного древесного угля, углекислой магнезии и др.); это средство тем действительнее, что при t° жидкого воздуха поглощение газов происходит особенно энергично. Такие бутылки для жидкого воздуха делают емкостью 5 ÷ 50 л; изоляцию их следует признавать очень хорошей, так как испаряемость в 1 час составляет в зависимости от размеров 1 ÷ 2% максимальной емкости.

Для переливания жидкого воздуха из одного сосуда в другой с минимальными потерями служат такие же двустенные трубки с эвакуированными промежутками между стенками. Трубки должны быть слегка изогнуты, чтобы они пружинили под влиянием натяжений, возникающих при низких температурах (фиг. 12).

Измерение уровня жидкого газа в резервуаре производится с помощью т. н. г е м п с о м е т р а. Действие его видно из фиг. 13. Это—обыкновенный манометр, наполненный маслом. Одна из ветвей его погружена до dna резервуара, другая—открывается в атмосферу в верхней части резервуара. Давление на правую ветвь гемпсометра равно давлению атмосферы. На левую ветвь давит атмосфера плюс столб жидкости. Заделанная в погруженную ветвь гемпсометра медная проволочка служит для притока тепла, испаряющего жидкий газ в погруженной трубке, создавая т. о. необходимую разность уровней.



Фиг. 13.

Применение жидкого воздуха в технике весьма разнообразно. Жидкий воздух как таковой

употребляется для создания особо низких t° , напр. при ожигении кислорода и для охлаждения абсорбирующих газы веществ с целью поглощения остатков газа в электр. лампочках и других сосудах с высоким вакуумом. Богатый кислородом жидкий воздух (ок. 85% O_2) употребляется обычно вместо чистого кислорода в дыхательных аппаратах для летчиков, водолазов и пр. Главная масса обогащенного кислородом воздуха применяется в качестве взрывчатого вещества. Углеродистые вещества, пропитанные жидким воздухом, детонируют при воспламенении их в замкнутом пространстве (см. *Оксидиквит*).

О ж и ж е н и е в о д о р о д а представляет гораздо большие технич. трудности, чем ожигение воздуха. Данные для водорода приведены ниже.

Инверс. пункт при 165 atm	-123,1°	$t^\circ_{кип.}$	-252,7°
$t^\circ_{крит.}$	-239,9°	Тройная точка	-259,16°
Крит. давл., кг/см ²	13,2	Плотн. жидк. Н при атм. давл.	0,07°

Инверсионный пункт водорода лежит при -123,1° при давлении 165 atm, поэтому водород не охлаждается, но нагревается при мятии, если его не охладить ниже этой t° . Практически для предварительного охлаждения водорода служит жидкий воздух или жидкий азот. Водород под давлением 160 atm охлаждается

предварительно жидким воздухом, поступаая в спираль Гемпсона или Линде, где после расширения частично сжижается, так же как это имеет место для жидкого воздуха в аналогичных аппаратах.

На фиг. 14 показана схема аппарата для сжижения водорода производительности 12 л/час, работающего в Украинском физ.-техн. ин-те в Харькове. Сжатый до 160 atm чистый водород поступает по трубке 1 в аппарат. Здесь он разветвляется на две спирали: в одной из них, 2, поступающий водород получает предварительное охлаждение в парах водорода, в другой, 3—в парах воздуха. Далее обе спирали соединяются в спираль 4, которая проходит в сосуд 5, наполненный жидким азотом. Охлажденный до -190° водород поступает в гемпсоновскую спираль 6, затем в расширительный клапан 7. Сжиженный водород капает в сосуд 8 и может быть вылит через вентиль 9. Трубка, соединяющая вентиль 9 с сосудом 8, не показана на чертеже. Весь аппарат помещен в длинный металлич. цилиндр 10 с двойными стенками. Промежуток между стенками предварительно эвакуируется через стеклянный кран 11.

Последние следы воздуха поглощаются углем 12. Трубка 13, не показанная полностью на чертеже, служит для налива жидкого азота. Трубка 14 отводит испарившийся азот; 16—предохранительный клапан. Для получения 1 л жидкого водорода идет ~1,8 л жидкого азота. Водород для целей сжижения должен быть весьма чистым, т. к. ничтожные примеси

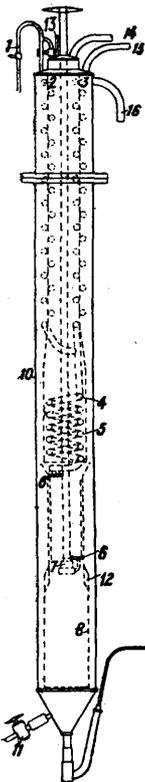
все замерзают в узких трубочках гемпсоновской спирали и в вентиле и закупоривают их. В тех местах, где преем-ств не производит чистого водорода, последний является большой ценностью, поэтому испарившийся по трубке 15 жидкий водород не выпускают на воздух, а собирают и хранят в бомбах. Техника обращения с жидким водородом иная, чем с прочими жидкими газами. Благодаря низкой $t^\circ_{кип.}$ в нем вымерзают все газы кроме гелия и неона. Поэтому жидкий водород нельзя держать в открытых сосудах. В этом случае воздух, попавший в соприкосновение с холодными парами водорода, тотчас обращается в твердое состояние и падает тяжелыми хлопьями на дно сосуда, т. к. плотность жидкого водорода мала, давая через несколько минут плотную гремячую смесь из твердого кислорода и азота с жидким водородом. Эта смесь очень огнеопасна. Поэтому все опыты с жидким водородом ведутся в замкнутых сосудах. Испаряющийся водород отводится по трубке либо наружу либо в газгольдер. Технич. приложение жидкого водорода пока невелико. Он служит для разделения неона и гелия в неон-гелиевых смесях. Кроме того возможно технич. приложение для получения очень чистого водорода.

О ж и ж е н и е г е л и я еще более трудно. Данные для гелия:

Инверс. пункт при 35 atm	-235,1°	Крит. давл., atm	2
$t^\circ_{крит.}$	-267,6°	$t^\circ_{кип.}$	-268,9°
		Плотн. при $t^\circ_{кип.}$	0,12

Инверсионный пункт, как видно из данных, лежит при температуре ниже $t^\circ_{кип.}$ азота и вблизи $t^\circ_{кип.}$ водорода. Поэтому для сжижения гелия требуется предварительное охлаждение его жидким водородом. Для экономии в водороде самое предварительное охлаждение производится жидким воздухом. Газообразный гелий под давлением в 35 atm попадает в змеевик, охлаждаемый жидким воздухом. Затем гелий охлаждается жидким водородом, кипящим под давлением 6 см ртутного столба (261,7°). Затем гелий поступает в двойную спираль и в расширительный вентиль. Не ожигенная часть гелия попадает в наружную часть двойной противоточной спирали. Гелий представляет большую ценность; поэтому установка всегда работает в замкнутом цикле. Испарившийся гелий собирается в газгольдер, откуда снова поступает в компрессор. Установки для сжижения гелия являются очень редкими. В настоящее время они имеются в четырех лабораториях: в Лейдене, Берлине, Торонто и Харькове. Т. о. при помощи жидких газов можно иметь жидкие ванны с t° от 0 до -218° (жидкий кислород, кипящий в тройной точке). Далее идет перерыв до t° -252,7°. Отсюда имеется непрерывный ряд t° до -259,16°. Далее снова перерыв до -268,9°. Откачкой жидкого гелия до сих пор доходили до t° -272,3° (0,8° К).

О ж и ж е н и е п о с т о я н н ы х г а з о в в лабораторной практике. Имея в лаборатории жидкий воздух, можно с помощью его ожигать постоянные газы: азот, кислород, окись углерода, метан, аргон и т. п. Газ под давлением пропускается через змеевик, погруженный в жидкий воздух. Холодные пары воздуха служат для предварительного охлаждения поступающего газа. Из конца змеевика льется ожигенный газ в дьюаровский сосуд. Пользуясь жидким водородом как охладителем, можно превращать в жидкое состояние неон ($t^\circ_{кип.}$ -248,8°, тройная точка -249,1).



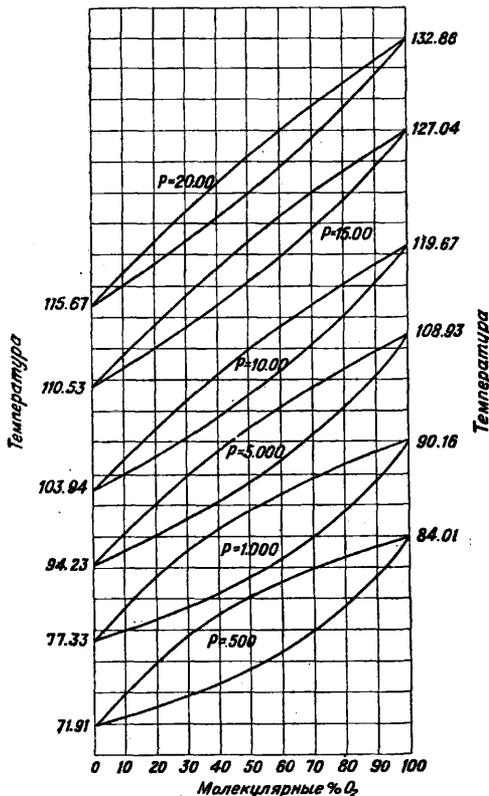
Фиг. 14.

Кислород и азот, ректификация жидкого воздуха. Сжижение воздуха используется для ректификации его и получения чистых азота и кислорода (а также и редких газов) из атмосферы; $t^{\circ}_{кип.}$ азота ($-195,8^{\circ}$) и кислорода ($-183,0^{\circ}$) различаются не настолько сильно, чтобы простым выпариванием можно было добиться их разделения. В табл. 4 приведены $t^{\circ}_{кип.}$ и % кислорода в жидкой и газообразной среде при атмосферном давлении.

Табл. 4.—Температура кипения и процентное содержание кислорода в жидкой и газообразной фазе (Додж и Денбар).

Молек. % O в жидкости	$t^{\circ}_{кип.}$		Молек. % O в газообр. фазе
	$^{\circ}K$	$^{\circ}C$	
0	77,35	-195,75	0
8,10	77,86	-195,21	2,30
21,60	78,78	-194,32	6,50
33,35	79,72	-193,38	11,05
43,38	80,65	-192,45	15,65
52,17	81,60	-191,50	21,05
59,53	82,48	-190,62	26,26
66,20	83,38	-189,72	32,05
72,27	84,28	-188,82	38,40
77,80	85,22	-187,88	45,80
82,95	86,18	-186,92	54,00
87,60	87,15	-185,95	63,40
91,98	88,14	-184,96	73,90
96,15	89,18	-183,92	86,03
100,00	90,17	-182,93	100,00

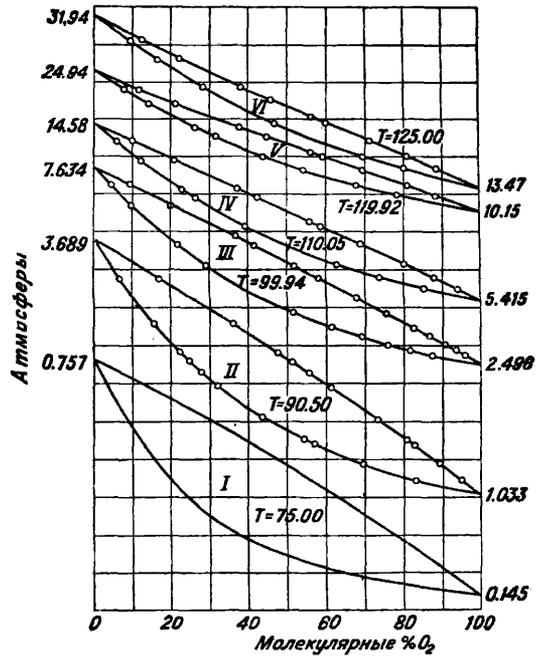
Следует отметить, что данные Бейли, к-рыми пользовались в течение многих лет, неверны:



Фиг. 15.

они дают отступления от истинных значений до 14%. На фиг. 15 и 16 изображены диаграммы состояний системы азот—кислород: на фиг. 15—изобары этой системы. (Давления даны Т. Э. т. XX.

в технич. атмосферах; $t^{\circ}_{кип.}$ кислорода и азота при каждом давлении даны у концов кривых; одна клетка соответствует 2° .) На фиг. 16—



Фиг. 16.

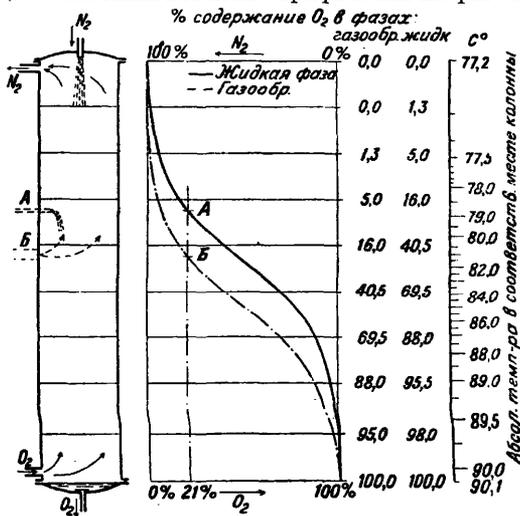
изотермы системы кислород—азот. (Кружками обозначены наблюдаемые точки. Давления обозначены у концов каждой кривой.) Масштаб давлений различен для каждой кривой. Одна клетка соответствует на кривой I 0,1 atm; на кривой II—0,4 atm; на кривой III—1,0 atm; на кривой IV—2,0 atm; на кривых V и VI—4,0 atm. В табл. 5, данные которой вычислены по опытам Бейли, указаны последовательные изменения состава жидкой и газообразной фаз смеси N₂+O₂ (в %).

Испарилось жидкого воздуха	O ₂ в жидкой фазе	O ₂ в газообр. фазе	Потери O ₂ в газе
0,0	21,0	6,60	0,0
5	21,8	6,88	1,5
10	22,6	7,21	3,3
15	23,5	7,58	4,8
20	24,5	7,92	6,7
25	25,6	8,44	8,7
30	26,8	8,93	10,6
35	28,2	9,59	12,8
40	29,9	10,57	14,8
45	31,6	11,56	17,4
50	33,6	12,68	20,0
55	35,9	13,68	23,1
60	38,3	14,71	27,2
65	41,6	16,68	30,8
70	45,8	19,57	35,7
75	51,0	22,93	39,3
80	57,9	28,48	44,8
85	67,9	38,87	51,6
87	72,2	44,2	55,3
89	77,3	51,5	59,5
91	83,2	60,9	64,4
93	89,4	73,5	70,2
95	95,8	88,8	77,2
96	97,5	93,3	81,4
97	99,0	97,3	85,85
98	99,8	99,4	90,5
99	100,0	99,9	95,25

кой и газообразной фаз смеси и количество кислорода (в процентах начального содержа-

ния), оставшегося в жидкой фазе при свободном испарении смеси с 21% кислорода. Из этой таблицы мы видим, что для получения этим способом смеси с 50% O₂ необходимо выпарить 74% всего количества жидкого воздуха, причем потеря кислорода будет составлять 38%.

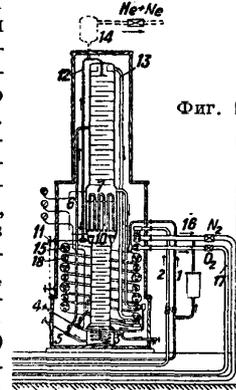
Для более совершенного выделения из воздуха содержащихся в нем газов приходится прибегать к ректификации. Для уяснения принципа ректификации жидкого воздуха рассмотрим ректификационную колонну простейшей конструкции, в которую сверху непрерывной струей вливается жидкий азот, а снизу вводится газообразный кислород, охлажденный почти до $t_{\text{пл.}}$. Стекая по ступенькам ректификатора навстречу восходящим более теплым парам, азот испаряется, сжимая при этом часть кислорода, так как стекающая вниз жидкость постепенно обогащается кислородом, а восходящие пары — азотом, в результате чего наверху будет собираться чистый газообразный N₂, а внизу жидкий O₂. Через некоторое время в колонне установится состояние подвижного равновесия, причем каждому отрезку ее будут соответствовать определенная t° и неизменяющийся состав жидкой и газообразной части смеси. Распределение t° и процентного содержания O₂ вдоль колонны показано графически на фиг. 17.



Фиг. 17.

Если мы в соответствующей точке будем вводить в колонну жидкий (точка А с 21% O₂ в жидкой фазе) или газообразный сильно охлажденный (точка В с 21% O₂ в газообразной фазе) воздух, то в состоянии равновесия ничего не изменится, и в результате мы получим разделение жидкого воздуха на главные составные части. Другой возможностью является вымора-

тем расплавлять твердый азот, но практически в крупном размере это очень трудно осуществимо, т. к. твердый N₂ жадно притягивает из воздуха кислород и плавится, образуя вновь смесь обоих газов. Схема ректификационной колонны системы Линде изображена на фиг. 18. Притекающий по трубке 1 воздух высокого давления (150—200 atm) охлаждается отходящим кислородом в противоточном конденсаторе 18, затем проходит через змеевик 3, погруженный в кипящий кислород, и расширяется до 4,5—5 atm, вытекая через дроссельный вентиль 4; часть воздуха при этом сжимается и поступает в среднюю часть нижней колонны. Воздух среднего давления (5—6 atm) приходит по трубке 2, охлаждается уходящим азотом в противоточном холодильнике 15 и затем в газообразном виде выходит в нижнюю часть нижней колонны. В верхней части нижней колонны собираются газы с малым содержанием кислорода, которые сжимаются в конденсаторе 7, погруженном в кипящий O₂, причем часть их переливается через край кольцеобразного сосуда 10 и стекает снова в нижнюю колонну, а часть по трубке 12, пройдя дроссельный вентиль 11, выливается сверху верхней колонны. Собирающийся внизу у 3 жидкий воздух с большим содержанием O₂ проходит через вентиль 5 и выливается по трубке 6 в среднюю часть верхней колонны; в последней происходит окончательное разделение обоих газов — азот собирается наверху и уходит по трубке 13, протекает по наружной трубке противоточного холодильника 15 и идет в газгольдер по трубке 16. Испаряющийся в конденсаторе 7 кислород поднимается аналогичный путь по трубке, через холодильник 18 и трубку 17. Большая часть подлежащего ректификации воздуха сжимается лишь до среднего давления, т. е. до 6—8 atm; до высокого давления сжимается лишь то количество воздуха, которое необходимо для покрытия потерь холода в аппарате. Чистота получаемых этим путем газов колеблется в зависимости от регулировки хода ректификации; как общее правило чем чище получается один из газов, тем больше примесей содержит другой. Стандартные установки Линде добывают 99%-ный кислород или 99,7%-ный азот. В табл. 6 указаны колебания выхода и чистоты уходящего азота в зависимости от степени чистоты получаемого кислорода.



Фиг. 18.

Табл. 6.—Выход (и чистота) получаемого азота.

%-ное содержание O ₂ :	95,0	97,0	98,0	98,5	99,0	99,5	99,8
в получаемом кислороде	95,0	97,0	98,0	98,5	99,0	99,5	99,8
в отходящем азоте	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	6,0
Из 100 м ³ воздуха получается O ₂ , м ³	20,4	19,8	19,7	19,2	18,3	17,4	16,0
Разница сравн. с 99%-ным O ₂	+11,5%	+8,5%	+7,6%	+5,0%	0	-4,9%	-12,6%

живание азота ($t_{\text{пл.}} = -210,5^\circ$) путем испарения жидкого воздуха при сильно уменьшенном давлении, причем весь кислород испаряется ($t_{\text{пл.}} = -227,0^\circ$) и остается кристаллическая масса твердого азота. Было предложено удалять остатки жидкого O₂ центрифугированием и за-

Для достижения большей, чем указано выше, чистоты газов необходимо значительно увеличить высоту колонны или присоединить третью. При получении чистого (т. е. 99,7%-ного) азота отходящий кислород содержит 20—40% примесей; применением добавочного ректификатора.

можно однако довести его до чистоты 96—98%; добыча составляет ок. 20% полученного азота; обратно, при получении чистого кислорода можно добывать 99,7%-ный N_2 в количестве около 50% полученного кислорода. Ниже в табл. 7 и 8 приводим производительность азотных и кислородных установок Линде.

Табл. 7.—Производительность кислородных установок Линде.

Производ. 99%-ного O_2 в час (m^3)	5	10	15	20	30	40	50	50	100	200	300	500	1000
Потребная мощность в HP	18	27	35	40	51	70	85	65	115	210	300	500	950
HP на 1 m^3 O_2 в час	3,2	2,7	2,3	2,0	1,85	1,75	1,7	1,3	1,15	1,05	1,00	1,00	0,95
Расход воды в час (m^3)	1,0	1,6	2,0	2,4	3,0	3,5	4,0	4	7	13	17	29	54
Система	Лишь высокое давление								Высокое и среднее давление				

Табл. 8.—Производительность азотных установок Линде.

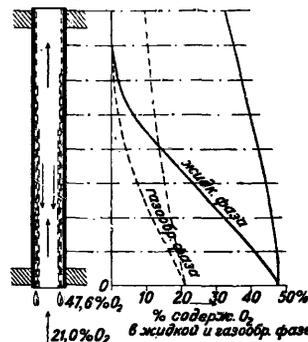
Производ. 99,7%-ного N_2 в час (m^3)	40	120	200	400	800	1600	800	1600	4000
Потребная мощность в HP	36	60	85	160	305	580	210	400	950
HP на 1 m^3 N_2 в час	0,9	0,5	0,43	0,40	0,38	0,36	0,26	0,25	0,24
Расход воды в час (m^3)	1	3	4	7	13	25	12	24	55
Система	Лишь высокое давление					Высокое и среднее давление			

Установка для ректификации воздуха сист. Линде состоит из следующих основных частей: компрессора для воздуха, сосудов для поглощения CO_2 , бака для раствора $NaOH$, противоточных охладителей, аммиачной холодильной машины, предварительного холодильника для воздуха и двойной ректификационной колонны. Компрессор состоит из двух частей—среднего давления с двумя промежуточными холодильниками и высокого давления с четырьмя холодильниками. Как указывалось выше, большая часть сжимается лишь до 5—6 atm, затем поступает в сосуд с раствором $NaOH$, где поглощается содержащаяся в воздухе CO_2 ; воздух высокого давления сжимается в первых двух ступенях компрессора до 10—15 atm и затем поступает в уловитель CO_2 , засасывается третьей ступенью и сжимается в двух последующих ступенях до окончательного давления. Очищенный от CO_2 воздух поступает в противоточные охладители, где конденсируется большая часть водяных паров; окончательно очищенный и охлажденный воздух поступает в предварительный противоточный холодильник, обслуживаемый особой холодильной установкой. Последняя состоит из двухступенчатого аммиачного компрессора, засасывающего аммиак из среднего змеевика холодильника, затем аммиак сжимается в первой ступени, проходит маслоотделитель, засасывается второй ступенью, сжимается до давления в 10 atm, поступает в конденсатор, сжимается и идет в среднюю трубку змеевика противоточного холодильника. В этом последнем воздух среднего давления течет по наружной, а высокого давления по внутренней трубке; пройдя холодильник и охладившись до —30—40°, воздух поступает в ректификационную колонну. Выходящие из нее холодные азот и кислород идут в оба противоточных охладителя, отнимают в них тепло от притекающего воздуха и уходят в соответственные газгольдеры.

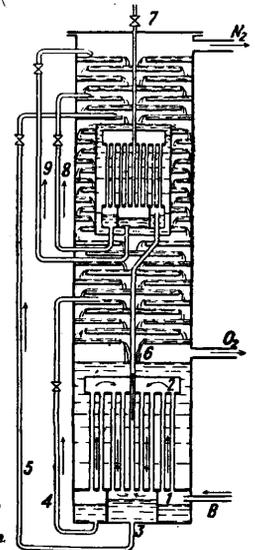
Клод основывает свою систему ректификации воздуха на частичной конденсации воздуха, при которой происходит предварительное разделение азота и кислорода, завершаемое в обычной ректификационной колонне. По данным таблицы Бейли газообразной фазе с 21%-ным O_2 соответствует жидкая фаза с содержанием в 47,6% последнего; отсюда следует, что первые порции сжимающегося воздуха будут содержать 47,6% O_2 . Если мы устроим

конденсатор таким образом, что ток жидкости направлен навстречу току газа, то вытекающая из конденсатора жидкость будет содержать неизменно 47,6% кислорода; регулируя скорость тока воздуха так, чтобы сжималось 44% всего протекающего через конденсатор количества, мы добьемся того, что весь кислород воз-

духа ступится, а уходящий газ будет представлять собой чистый азот. Распределение содержания O_2 в газообразной и жидкой фазе (в %) вдоль трубки конденсатора изображено на фиг. 19 (толстыми линиями обозначены кривые при правильной скорости газового потока, тонкими—при слишком высокой скорости), причем успевает сконденсироваться лишь 30% всего количества и уходящий газ содержит 6,7% кислорода. Схема ректификационного аппарата Клода изображена на фиг. 20. Сжатый до 20—40 atm, очищенный от паров воды и CO_2 и



Фиг. 19.



Фиг. 20.

охлажденный в противоточном холодильнике почти до t_c сжижения, воздух вступает в аппарат по трубке В, причем он сначала попадает в наружное кольцевое пространство конденсатора 1, омываемого снаружи жидким O_2 , кипящим при атмосферном давлении, поднимается по трубкам последнего, причем большая часть содержащегося в нем кислорода сжимается и стекает вниз. Придя в верхнюю часть конденсатора 2, воздух поворачивает назад и проходит внутренние трубки конденсатора, причем собирающаяся в 3 жидкость состоит из почти чистого азота. Несгустившиеся газы поднимаются по трубке 6 в верхний конденсатор, погруженный в сосуд, наполненный почти чистым жидким азотом, кипящим при атмосферном давлении. Здесь происходит такое же разделение газа на азот с весьма малым содержанием O_2 , со-

бирающийся в наружном кольцевом пространстве на чистый азот, сжимающийся во внутренней камере, и на оставшуюся газообразную часть, состоящую в значительной мере из благородных газов гелия и неона; эта последняя смесь уходит по трубке 7. Сжимающийся в различных отделениях обоих конденсаторов фракции с возрастающим содержанием N_2 переводятся по трубкам 4, 5, 8 и 9, снабженным дроссельными вентилями, в соответствующие отсеки ректификационной колонны, где и заканчивается разделение азота и кислорода. Получаемое при этом разделение обоих газов настолько совершенно, что способ Клода дает возможность в одной колонне получать N_2 , содержащий не более 0,1% примесей, как это бывает необходимо для некоторых химич. производств, например при получении цианамиды, синтетич. аммиака и пр.

Характерные данные кислородных установок сист. Клода при установившемся режиме приведены ниже в табл. 9.

Табл. 9. — Кислородные установки системы Клода.

Часов. произв. O_2 (98,5%), м ³ . . .	10	20	50	100	250	500
Рабочее давление в атм.	50	35	25	20	16	12
Количество засасыв. воздуха на 1 м ³ O_2 (м ³) .	5,6	5,4	5,3	5,2	5,1	5,1
Расход энергии на 1 м ³ O_2 в Р/час.	1,6	1,25	1,05	1,0	0,9	0,8

Аппараты сист. Клода доставляют кислород, содержащий около 1% N_2 , причем уходящий азот имеет чистоту в 98%, т. е. добывается до 93% всего содержащегося в воздухе O_2 . По системе Клода оборудована величайшая в мире азотная установка с часовой производительностью в 15 000 м³ 99,8%-ного N_2 (США).

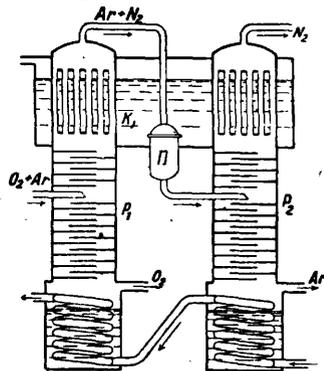
Кроме описанных двух систем заслуживают упоминания аппараты Хейландя и Мевеса. Первый работает в главных чертах по способу Линде с некоторыми видоизменениями и усовершенствованиями деталей. Расход энергии (в Р/час) на 1 м³ азота чистоты 99,8%:

Часовая производительн. (в м ³)	40	80	260	240	450
Расход энергии на 1 м ³ N_2	0,63	0,44	0,41	0,40	0,26

Сущность сист. Мевеса состоит в том, что сжатый до давления 150–200 атм азот расширяется в ректификационной колонне не до атмосферного давления, как обычно, а лишь до 8 атм, причем выходящий из колонны N_2 расширяется до атмосферного давления в особом моторе, производя полезную работу и сильно охлаждаясь при этом, после чего он служит для охлаждения приходящего воздуха. Пробные установки показали расход рабочей силы до 0,82 Р на 1 м³ кислорода в час. Получаемые газы сжимаются во вспомогательных, обычно трехступенчатых, компрессорах до давления в 150—175 атм, и ими наполняют стальные цельнотянутые цилиндры, испытываемые каждые 4 года полутонным рабочим давлением. Кислородный компрессор делают обычно вертикального типа, чтобы воспрепятствовать попаданию масла в рабочий цилиндр, что привело бы к неминуемому взрыву. Все части компрессоров, вентиля и трубопроводов не должны содержать масла и набивок из горючих веществ; в качестве смазки употребляют воду или сильно разбавленный глицерин. Кислород упо-

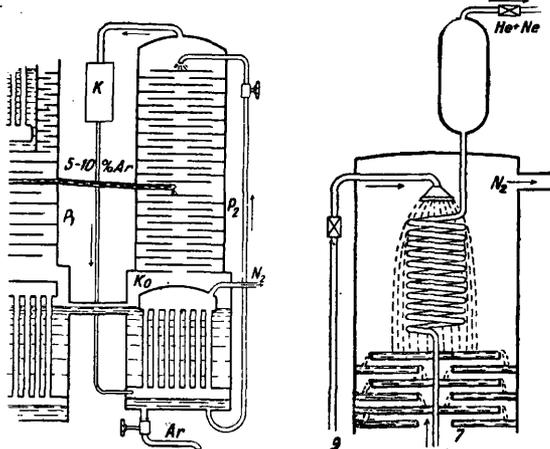
требляется во все возрастающем количестве для автогенной сварки и резки металлов, а также в качестве окислителя при очистке светильного газа, для ускорения белины хлорной известью, для ингаляций после отравления газами и т. д.; употребление его в смеси с водородом в друмондовых горелках в настоящее время вытеснено электричеством. Азот идет гл. образом для синтетич. получения аммиака и других азотистых соединений, далее как неподдерживающий горения газ, для подъема из бочек бензина и бензола вместо употреблявшейся ранее CO_2 (последняя растворяется довольно сильно в бензине). Жидкий азот употребляется в качестве охладителя при получении водорода из водяного газа. Следует отметить еще возможность применения кислорода или воздуха, обогащенного кислородом в доменном процессе. Повышение содержания кислорода в дутье до 50% уже ведет к целому ряду преимуществ. Однако полученный описанными выше способами кислород слишком дорог, а установки слишком маломощны для использования их в доменном процессе. В последнее время Френкель предложил и осуществил замену охлаждения воздуха в теплообменнике (рекуперация) охлаждением его в регенераторах. Это дает возможность устранить громоздкие и дорогие теплообменники дешевыми и компактными регенераторами. Однако смешение в них притекающего и отходящего газов ведет к уменьшению степени чистоты последнего и дает воздух, обогащенный кислородом лишь до 50%.

Выделение благородных газов. Сухой, свободный от CO_2 воздух кроме азота и кислорода содержит 9,4% аргона, 0,1% водорода, 0,012% неона, 0,004% гелия, 0,0005% криптона и 0,000006% ксенона. Оба последних газа затвердевают при t° жидкого воздуха и отлагаются на внутренней поверхности змеевиков; практического применения они не имеют. Аргон, $t^\circ_{\text{кип.}}$ которого разнится лишь на 2,8° от таковой кислорода, сжимается почти целиком вместе с последним и м. б. путем ректификации получен почти в совершенном чистом виде. Аппарат Линде для отделения аргона от жидкого кислорода изображен на фиг. 21. Подлежащая ректификация смеси кислорода с небольшим содержанием азота и аргона вводится в жидком или сильно охлажденном газообразном виде в среднюю часть первой колонны P_1 ; внизу собирается почти химически чистый жидкий O_2 , непрерывно испаряемый пропускаемым по змеевику сравнительно теплым газом. Поднимаясь вверх, пары кислорода сжимаются, встречая ток более холодных газов, конденсирующихся в холодильнике K_1 , находящемся в баке из жидкого азота; таким образом восходящие газы теряют по пути свой кислород и сверху колонны P_1 выходит смесь газов, содержащая до 50% Ar (остальное $N_2 + O_2$). Смесь эта пропускается через поглотитель Π , химически свя-

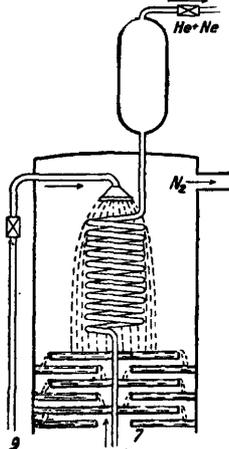


Фиг. 21.

звывающий заключающийся в ней кислород, и вводится в средний отсек второй ректификационной колонны P_2 , где и разделяется обычным способом на жидкий Ar , скопляющийся внизу, и газообразный N_2 , уходящий из верхней части колонны. Схема аппарата Клода для отделения аргона изображена на фиг. 22, где P_1 —ректификационная колонна нормального типа, от к-рой взята лишь нижняя часть ректификатора. Ar , сжижающийся значительно легче, чем N_2 , и несколько труднее, чем O_2 , распределяется в колонне т. о., что наиболее богатая им жидкость находится неподалеку от нижней части ректификатора; содержание Ar в ней достигает 5—10%, остальное составляет гл. обр. O_2 и небольшой % N_2 . Эта жидкость вливается в средний отрез вспомогательной колонны P_2 , которая сверху питается струей почти чистого жидкого аргона. Внизу колонны собирается чистый жидкий кислород, перетекающий в первую колонну, а наверху скопляется смесь аргона и азота, которая засасывается



Фиг. 22.



Фиг. 23.

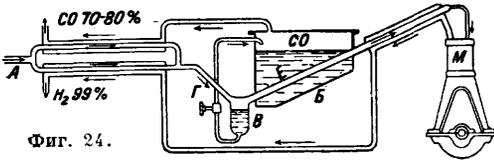
ся компрессором K и сжимается до давления, достаточного для сжижения Ar при t° кипящего кислорода. Смесь эта нагревается в конденсаторе K_0 , помещающийся в бане из жидкого кислорода, где и происходит сжижение Ar , а остающийся газообразный азот выпускается наружу. Жидкий Ar периодически выпускают из нижней части конденсатора и очищают от незначительной примеси азота химич. путем. Газообразный Ar применяется в значительном количестве для наполнения полуваттных электрических лампочек вместо азота. Смесь гелия и неона, кипящая при значительно более низких t° , чем азот, получают, отводя ту часть газов, к-рая не подверглась сжижению вместе с последним; для этой цели в ректификационной колонне Линде (фиг. 18) в верхней части трубки 12, приводящей жидкий N_2 в колонну, устраивают резервуар 14, где и собирается смесь $He+Ne$, к-рую выпускают время от времени в особый резервуар. Смесь эта содержит значительные количества азота и очищается химическим путем. В аппарате Клода получение богатой гелием и неоном смеси описано выше (фиг. 20). Для дальнейшего обогащения смеси Клод употребляет следующее приспособление (фиг. 23): уходящие по трубке 7 (фиг. 20) газы проходят через змеевик, охлаждаемый падающей на него из трубки струей жидкого азота; т. к. эти газы находятся под давлением

в 12—50 atm , то большая часть азота сжижается и стекает обратно, а собирающиеся наверху газы состоят из смеси $He+Ne$ с 30—40% N_2 . Дальнейшая очистка этой смеси от азота происходит путем сжатия ее до 50 atm и охлаждения в бане из жидкого азота, кипящего при давлении 150 mm , причем остающаяся при этих условиях газообразная часть содержит не более нескольких % азота.

Смесь гелия с неоном употребляется для наполнения светящихся трубок (трубки Мура); разделение обоих газов для этой цели не имеет смысла, т. к. спектр гелия отстает совершенно на задний план по сравнению с ярким спектром неона. Гелий в виду его легкости и негорючести является идеальным газом для наполнения дирижаблей и аэропланов (подъемная сила гелия составляет около 92,5% водорода); разделение смеси гелий-неон с этой целью не представляет однако интереса в виду весьма малых количеств гелия, содержащихся в воздухе; станция с часовой производительностью 200 m^3 кислорода сможет выделить в год лишь от 10 до 15 m^3 гелия. Единственным источником для получения гелия в больших количествах является вытекающий из земли натуральный газ, содержащий иногда весьма значительные количества He . Так, в Мексике имеются источники натурального газа, содержащего 0,93% He ; остаток состоит приблизительно из 60% метана, 10% этана и 30% азота. Постепенным сжижением получают промежуточный продукт с 60—70% гелия, который очищается затем описанным выше для смеси $He+Ne$ способом, причем содержание примесей падает до 1,5—2%. В 1921 г. в Форт-Вортс (США) пущен в ход колоссальный завод, позволяющий получать до 1000 m^3 гелия в сутки по цене около 1,50 доллара за 1 m^3 .

Водород. Исходным материалом для получения технически чистого водорода является гл. обр. водяной газ (газ Монда), имеющий в среднем следующий состав: 50% водорода, 40% окиси углерода, 4% углекислоты, 5% азота и незначительное количество других примесей. Значительная разность $t_{кип}$ составных частей водяного газа не позволяет воспользоваться описанной выше ректификацией в колоннах; необходимое в этом случае питание последней жидким водородом практически неосуществимо как по причине чрезвычайной трудности его сжижения, так и потому, что все остальные газы при этой t° затвердевают. Поэтому для выделения H_2 из водяного газа применяется обычно метод последовательной конденсации при повышенном давлении. Парциальное давление CO в смеси его с водородом при -190° и 6 atm равняется ок. 1 atm , т. е. газообразная фаза смеси содержит ~17% CO ; если при той же t° повысить давление до 20 atm , то часть CO стгустится, и содержание его в газообразной фазе упадет до 5%. Охлаждая эту смесь, сжатую до 50 atm жидким CO , кипящим при 0,5 atm , можем теоретически достигнуть парциального давления CO в смеси, равного 0,5 atm , т. е. в газообразной фазе почти чистый водород (с 1% окиси углерода). Практически этот метод осуществлен Клодом, Линде и машиностроительным з-дом Гумбольдт (Кёльн). Схема аппарата Клода изображена на фиг. 24; очищенный от CO_2 и H_2O , сжатый до 30—50 atm водяной газ входит в аппарат у A , протекает через два противоточных холодильника, омываемых уходящими холодными

газами, и поступает в конденсатор *E*, охлаждаемый в нижней части жидким CO , кипящим в баке *B* при пониженном давлении, а в верхней части — противотоком отработавшего в моторе *M*, а следовательно имеющего весьма низкую t° водорода. Конденсирующиеся по всей длине

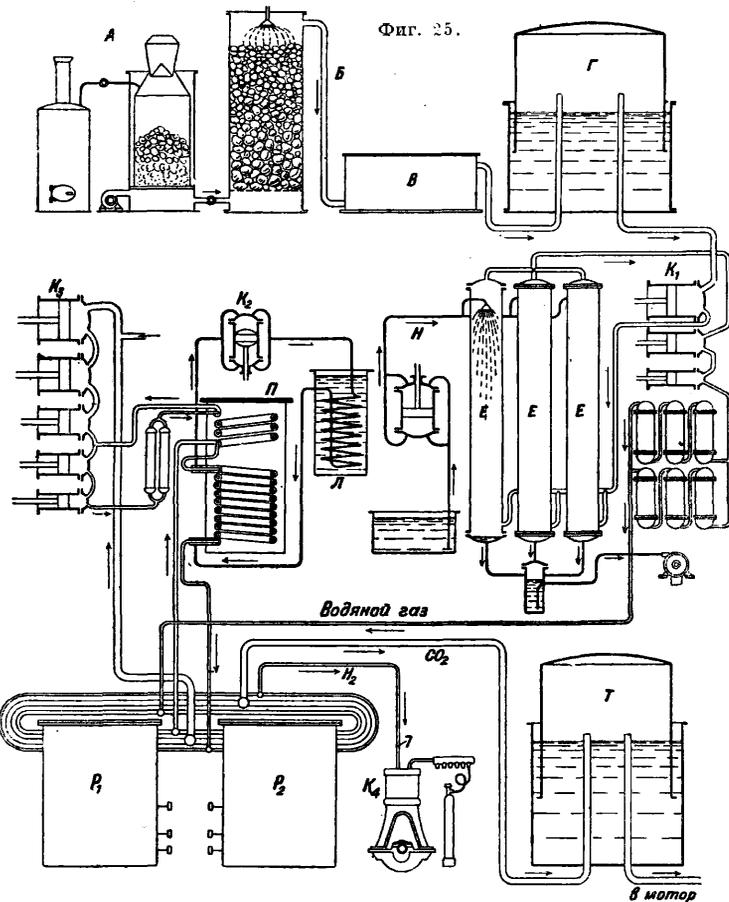


Фиг. 24.

трубки *E* примеси стекают в сосуд *B* и выливаются по трубке *Г* в бак *B*, где и служат для охлаждения конденсатора. Этим способом можно легко довести чистоту получаемого H_2 до 99%; недостатком его является то, что значительная часть водорода растворяется в жидком CO и т. о. теряется. Несмотря на свою простоту,

сором *K*₁. Сжатый в первой ступени последнего до 4—5 atm газ проходит через башни *E*, где сверху льется мелким дождем холодная вода, поглощающая при этом давлении довольно значительные количества CO_2 ; из башен газ засасывается цилиндром среднего давления компрессора и сжимается до 40—50 atm, после чего он проходит ряд сосудов с раствором $NaOH$, где поглощаются последние следы CO_2 ; очищенный газ поступает в один из отделителей *P*₁, *P*₂, внутреннее устройство которого изображено на фиг. 26. Водяной газ притекает по трубке 5, проходит противоточный холодильник 8 и конденсируется в змеевике 10, погруженном в жидкий CO , кипящий при атмосферном давлении. Испаряющийся CO выходит наружу через противоточный холодильник 8 и трубку 6, после чего он собирается в особом газгольдере и служит для питания мотора. Сжижающийся в змеевике 10 водяной газ выливается в сосуд 14, погруженный в жидкий

воздух или азот, кипящий при пониженном давлении; здесь все примеси конденсируются, а оставшийся газообразным водород засасывается по трубке 7 вспомогательным компрессором *K*₁, наполняющим под давлением 150 atm бутылки водородом. Азот, сжатый компрессором *K*₂ до 200 atm, притекает по трубке 3, охлаждается в холодильнике 4 и расширяется до 50 atm, выходя через дроссельный вентиль 9 в сосуд 11, причем часть его сжимается, а оставшаяся газообразной уходит через среднюю трубку холодильника 2 и возвращается в компрессор, охладив по пути азот высокого давления в верхней части предварительного холодильника *П*, в нижней половине которого сжатый азот охлаждается жидким аммиаком, получаемым в конденсаторе *L*, после сжатия в компрессоре *K*₂. Испаряющийся в сосуде 13 азот выходит по наружной трубке 1 холодильника 4 и засасывается цилиндром низкого давления компрессора *K*₃. Конечными продуктами в аппарате Линде являются водород, содержащий 2,5 ÷ 3% примесей, и смесь газов с 80 ÷ 85% CO ; последняя сгорает в газовом двигателе и покрывает (в больших установках даже с избытком) весь расход энергии, потребной для приведения в движение компрессоров и вспомогательных машин. Водород помещают в стальные бутылки объемом 70 и 80 л, весящие соответственно 70 и 80 кг. Легкость газа обуславливает чрезвычайно высокий % тары (нетто=0,43% тары). Поэтому для удешевления перевозки газообразного водорода в Германии и Америке строят специальные вагоны-цистерны, состоящие из ряда стальных цилиндров (3—14 шт.), наполняемых водородом под давлением в 100 ÷ 175 atm и вмещающих до 2 000 м³ газа. Жидкий водород как таковой в технике не употребляется, в лабораториях служит при сжижении гелия и вообще для достижения очень низких температур.

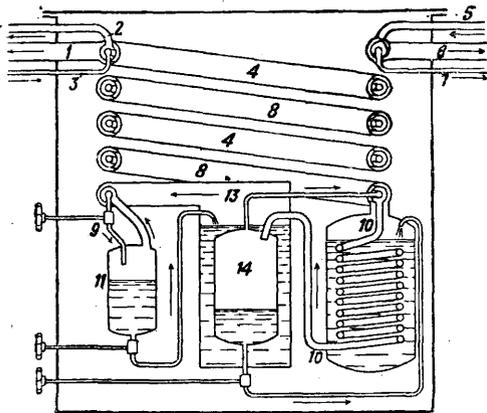


Фиг. 25.

ту, способ этот не получил значительного распространения на практике.

Принципиальное различие системы Линде от только что описанной заключается в том, что вторичное охлаждение водяного газа производится не струей газообразного водорода, а жидким воздухом или азотом, кипящими при атмосферном или пониженном давлении. Схема установки Линде для добывания водорода из водяного газа изображена на фиг. 25. Водяной газ получается в генераторе *A*, проходит обычный скруббер *B* и сухой очистный ящик *B*, собирается в газгольдере *Г* и засасывается компрес-

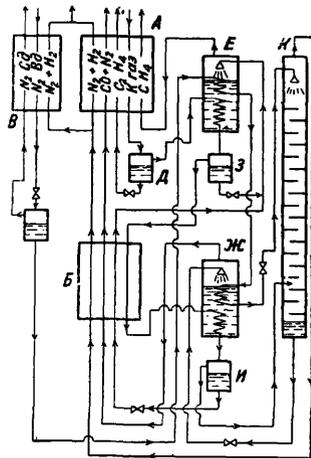
Помимо описанного выше метода получения чистого H_2 из водяного газа в последнее время получают значительное распространение установки для выделения из газа коксовых печей непосредственно смеси $H_2 + N_2$, употребляемой для синтетич. производства аммиака. Первые установки этого рода были выполнены в 1922—23 гг. Клодом (Société «L'Air liquide») во Франции и Бельгии. В настоящее время эти аппараты строятся также в Германии Об-вом Линде. Газ коксовых печей имеет следующий средний состав: 53% H_2 , 26% CH_4 , около 3% тяжелых углеводородов (C_2H_4 , C_2H_6 , C_3H_6 и др.), 7% CO и 11% N_2 ; по выделении углеводородов получается газ, содержащий 75% H_2 , 10% CO и 15% N_2 . Окись углерода может быть легко замещена азотом пропусканьем газа через колонну, орошаемую сверху чистым жидким N_2 ; замена происходит настолько совершенно, что отходящая смесь $H_2 + N_2$ содержит менее 1% CO . Схема установки системы Линде изображена на фиг. 27. Сначала сжатый до



Фиг. 26.

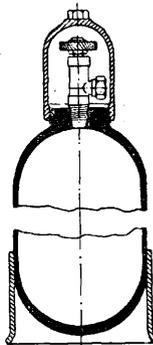
10 atm газ очищается от бензола охлаждением до -40° , причем содержание последнего падает до 1 г/м^3 , затем последние следы бензола, а также ацетилен и CO_2 , удаляются промыванием газа под давлением сначала водой, затем натронным щелоком. Очищенный так. обр. газ вступает в противоточный холодильник А (линия К—газ) предварительно охлажденным аммиачной машиной до -40° и подвергается дальнейшему охлаждению, причем сжимается большая часть тяжелых углеводородов, собирающаяся в резервуаре Д и уходящая через холодильник А наружу (линия C_2H_4). Оставшаяся газообразная часть идет в метановый испаритель Е, проходит змеевик, погруженный в метан, кипящий при атмосферном давлении, причем большая часть CH_4 , содержащегося в газе, сжимается, собирается в отстойном горшке З и, пройдя дроссельный вентиль, выливается дождем в испаритель Е; испаряющийся в нем метан проходит через холодильник А и уходит наружу. Оставшаяся в З газообразная часть проходит второй противоточный холодильник В, затем змеевик, расположенный в CO -испарителе Ж, причем сжимаются все примеси кроме части CO и N_2 ; жидкость (гл. обр. CH_4) отстаивается в И, проходит дроссельный вентиль и холодильник В, после чего соединяется с жидкостью, собирающейся в З. Газообразная смесь из И поступает в колонну К, находясь под давлением ок. 9 atm; в последней CO заменяется азотом, который непрерывной

струи льется сверху ее. В нижней части К собирается жидкая смесь $CO + N_2$, расширяющаяся до атмосферного давления в дросселе и вытекающая в CO -испаритель Ж, из которого она выходит наружу, пройдя по пути оба холодильника—Б и А. В верхней части колонны К собирается газообразная смесь $H_2 + N_2$, которая и уходит под давлением 8—9 atm наружу, пройдя по пути три холодильника—А, Б и В. Необходимый для промывания газов в колонне К жидкий азот добывается в установке обычного типа из воздуха, затем сжимается в компрессоре



Фиг. 27.

высокого давления до 200 atm, проходит предварительный аммиачный холодильник и лишь затем поступает в противоточный холодильник В (линия N_2Bd); выйдя из него значительно охлажденным, азот расширяется в дроссельном вентиле до давления в 50 atm, причем часть его сжимается; оставшаяся газообразная часть N_2 уходит через холодильник В (линия N_2Cd) и засасывается компрессором среднего давления; далее жидкий и часть газообразного азота охлаждаются в испарителях Е и Ж и затем расширяются до давления колонны К ($8 \div 9 \text{ atm}$), выливаясь наверху ее в виде дождя. В результате разложения получается смесь $H_2 + N_2$, находящаяся под давлением около 8 atm, и смесь углеводородов и $CO + N_2$ при атмосферном давлении. Не представляет затруднений эту последнюю получить в виде газа, обладающего теплотворной способностью $7\,000 \div 8\,000 \text{ Cal/kg}$ и поэтому весьма пригодного для снабжения отдельных местностей светильным газом (экономия в объеме при равной теплотворной способности сравнительно с газом коксовых печей $40 \div 50\%$). Расход рабочей силы для получения 1 м^3 водорода (в 75% смеси) составляет в больших установках Линде ($3000 \text{ м}^3/\text{ч}$) $0,96 \text{ IP ч/м}^3$, включая сжатие смеси до 10 atm и установку для получения азота из воздуха. Установки Клода работают с частичной рекуперацией энергии сжатых газов, причем фракционное сжижение происходит при значительно более низких t° , чем у Линде (ниже -200°); получающаяся при этом смесь содержит ок. 92% H_2 . Общее устройство и обслуживание установок Клода несколько проще и расход рабочей силы меньше, чем у Линде.



Фиг. 28.

До 1928 г. обоими об-вами поставлены установки общей производительностью ок. $110\,000 \text{ м}^3/\text{ч}$.

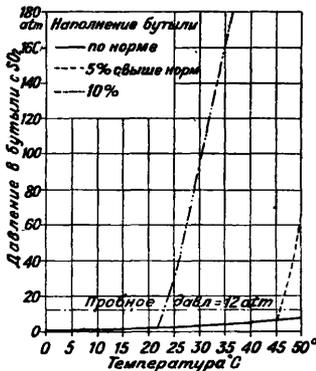
Хранение и пересылка жидких и сильно сжатых газов происходит в железных или стальных бутылках (цилиндрах), снабженных внизу ножкой, а наверху специальным вентилем, защищенным от повреждений

при транспорте колпачком (фиг. 28). В настоящее время употребляются главным образом цельнотянутые цилиндры из мягкой стали; лишь для хранения газов, сжижающихся уже при слабых давлениях, применяются бутылки, сваренные из железных листов. В табл. 10 при- табл. 10.—Размеры бутылей для жидких газов.

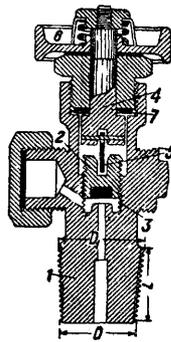
Род газа	Вместимость, кг	Объем, л	Наружн. \varnothing , мм	Длина, мм	Толщ. стенок, мм	Вес по- ронок, бутылки, кг	Пробное давление, атм
Водород и кислород	0,18	1,2	80	410	—	2,7	225
	0,33	2,2	90	570	—	5,0	
	0,83	5,5	141	650	—	11,0	
	1,6	10,5	141	1 000	—	21,0	
	5,0	33	206	1 550	—	60	
Углекислый газ	6,3	42	206	1 850	—	73	190
	7,5 *	50	206	2 135	—	85	
	8	10,72	141	930	5,5	19,8	
	10	13,4	141	1 120	5,5	23,5	
	20	26,8	206	1 090	7,8	47	
Аммиак	10	18,6	203	780	4,5	24	30
	20	37,2	203	1 420	4,5	38	
	25	46,5	203	1 720	4,5	44	
Хлор	15	12,0	138	1 020	4	16,5	22
	30	24,0	203	950	4,5	27	
	50	40,0	205	1 500	5,5	46,5	
	100	80,0	232	2 280	6,5	91	

* Вместимость водородных и кислородных бутылей выражена не в кг, а в м³ газа при 20° и 760 мм давления.

введены основные размеры бутылей для различных газов. Наполнение бутылей жидкими газами должно происходить обязательно на весах, причем необходима большая тщательность: величина остающегося незаполненным жидкостью отсека рассчитана так, что при нормальном наполнении бутылки все внутреннее пространство ее заполняется жидким газом лишь при t°, не встречающихся обычно на практике (около 50°). После того как вся бутылка вследствие нагревания заполнится жидким газом, в виду его малой сжимаемости давление при дальнейшем повышении t° растет чрезвычайно быстро. На фиг. 29 изображена графически зависимость давлений от t° при наполнении бутылки нормальным количеством жидкого SO₂ и при превышении его на 5 и 10%.



Фиг. 29.



Фиг. 30.

Для наполнения и выпуска газа бутылки снабжают сверху вентилем специальной конструкции (фиг. 30). Тело клапана 2, снабженное прокладкой из фибры 3, может двигаться в резьбе корпуса вентиля 1; оно приводится во вращение маховиком 6 через посредство шпинделя 4 и стальной пластинки 5. Отсутствие

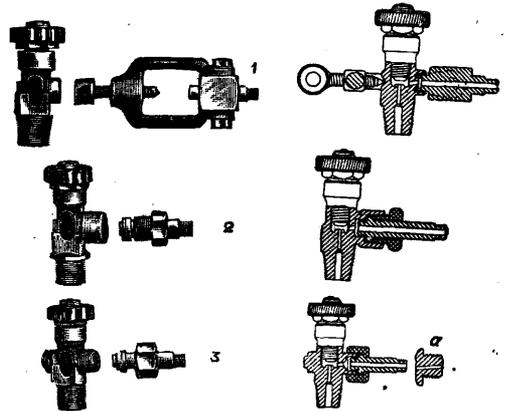
жесткой связи между шпинделем и телом клапана обеспечивает плотность вентиля при значительных колебаниях t°, которым они бывают подвержены, и позволяет шпинделю при открытии вентиля и повышении давления в камере последнего прижаться к прокладочному кольцу 7 и воспрепятствовать т. о. утечке газа. Нижняя часть вентиля снабжена конич. нарезкой, к-рою он ввинчивается в бутылку; размеры этой нарезки нормализованы: конусность 3 : 25, правая резьба с формой Витворга 14 ниток на 25 мм нарезается к образующей конуса. В Германии нормализованы 3 размера: 2 для больших вентилях и 1 для малых (фиг. 31). О размерах вентилях см. табл. 11.

Табл. 11.—Размеры вентилях.

Назначение	Большой вентиль				Малый вентиль			
	D ₁	D	L	*	D ₁	D	L	*
Для всех газов кроме ацетилена	28,80	25,80	26	14	19,80	17,40	20	14
Для ацетилена	31,30	28,30						

* Число ниток на 25 мм.

Большой процент всех несчастных случаев при работах с сжиженными газами является следствием перепутывания бутылей. Для устранения этой опасности вентили делаются различных типов и для каждого рода газов при-



Фиг. 31.

соединительный патрубком снабжается особой нарезкой, препятствующей присоединению к бутылке аппаратов, предназначенных для другого газа, напр. вентили для ацетилена имеют патрубком, лишенный нарезки, и аппараты присоединяются при помощи натяжного бюгеля (фиг. 31); патрубком для сжатого воздуха снабжен внутренней нарезкой (фиг. 31, 2); для остальных газов патрубком имеет наружную нарезку (фиг. 31, 3), а именно правую для негорючих газов и левую для горючих; патрубком для ядовитых газов (хлор, фосген) а (фиг. 31, 3) имеют правую резьбу, но лишены выточки, что препятствует присоединению аппаратов, предназначенных для неядовитых газов.

Дать сколько-нибудь точные данные о мировом производстве сжиженных и сжатых газов не представляется возможным в виду отсутствия статистики, а также и потому, что значительная часть газов потребляется на месте производства. Мировая добыча кислорода со-

ставляет ~180 млн. м³, из к-рых 80 млн. приходится на долю США, 40 млн.—Германии, 20 млн.—Англии, 15 млн.—Франции, 5 млн.—Италии и 20 млн.—остальных стран. Около половины этого количества потребляется на месте производства, остальное идет в продажу. Мировая добыча N₂ из воздуха равняется примерно 200÷250 млн. м³, почти исключительно потребляется на месте производства для синтеза азотистых соединений. Добыча водорода из одного лишь газа коксовых печей в Германии, Франции и Бельгии достигает 600 млн. м³ в год. Потребление жидких газов составило в Германии в 1913 г. ок. 33 000 т CO₂, 9 000 т SO₂, 2 000 т Cl и 1 500 т NH₃.

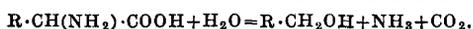
Лабораторные исследования над жидкими газами ведутся в различных лабораториях мира. Из них большой известностью пользуется лаборатория низких температур в Лейдене и в Берлине (в Рейхсанштальте). Многие работы, ведущиеся в заводских лабораториях зарубежных фирм, держатся ими в секрете.

В СССР в настоящее время имеется большая лаборатория низких темп-р в Харькове в Украинском физико-технич. ин-те. В ней систематически собирается большой литературный и оригинальный материал по ожижению и разделению газов.

Лит.: Pictet R., Die Theorie d. Apparate zur Herstellung flüssiger Luft mit Entspannung, Weimar, 1904; Hausen H., Der Thomson-Joule Effekt d. Luft, B., 1926; Claude G., L'air liquide, P., 1926; Kauch O., Herstellung, Verwendung u. Aufbewahrung flüssiger Luft, 5 Aufl., Weimar, 1924; Stavenhagen A., Der Wasserstoff, Brschw., 1925; Laschin M., Der Sauerstoff u. seine Gewinnung, Halle a/S., 1924; Laar J., L'hydrogène et les gaz nobles, Leyde, 1925; Lisse L., Sprengluftverfahren, B., 1924; Diederichs H., Flüssiger Luft als Sprengstoff, Weimar, 1924; Pabst, Flüssiger Sauerstoff u. seine Verwendung als Sprengstoff im Bergbau, Mch., 1917; Urban K., Laboratoriumsbuch f. die Industrie d. verflüssigten u. komprimierten Gasen, Halle a/S., 1909; Kolbe L., Flüssige Luft-, Sauer-, Stick- u. Wasserstoff, Lpz., 1920 (очень полный указатель литературы, особенно журнальной до 1918 г.); «Ztschr. f. verflüssigte u. komprimierte Gase», Weimar; «Ztschr. f. die gesamte Kälte-Industrie», B.; «La Revue générale du froid», P.; «Compressed Air Magazine», N. Y.; «Refrigerating Engineering», New York. Л. Павлушков.

СЖИМАЕМОСТЬ, относительное уменьшение объема тела при увеличении всестороннего давления на 1 atm: $H = -\frac{1}{V} \cdot \frac{\Delta V}{\Delta p}$. С. измеряется в обратных атмосферах (atm)⁻¹. Об измерении С. см. *Пьезометрия*.

СИВУШНОЕ МАСЛО, отход винокуренного производства, получаемый при очистке (см. *Ректификация*) спирта-сырца перегонкой. Спирт-сырец содержит в среднем от 0,3 до 0,5% С. м. Главная и наиболее ценная составная часть С. м.—высшие спирты; кроме того С. м. содержит воду и этиловый спирт в различных количествах. По Рождественскому высшие спирты С. м. состоят из пропилового спирта (ок. 12%), изобутилового спирта (ок. 17%) и амиловых спиртов (ок. 50%). Состав С. м. весьма непостоянен в зависимости от его происхождения (хлебный, картофельный или мелассный спирт-сырец); напр. содержание амиловых спиртов в С. м. колеблется от 30 до 66% и выше. Высшие спирты С. м. образуются (по Эрлиху) из аминокислот во время спиртового брожения: дрожжи при помощи энзима дезаминазы способны отщеплять аммиак от аминокислот по схеме



Напр. из лейцина образуется амиловый спирт, из α-аминоизовалериановой к-ты — изобутиловый спирт, из глютаминовой к-ты — пропи-

ловый спирт, из аспарагиновой к-ты — этиловый спирт. Имеется ряд патентов на получение С. м. путем сбраживания продуктов гидролиза различных белковых веществ, причем можно получить С. м. до 12%, т. е. в 25 раз больше, чем его получается при обычном брожении, применяемом в винокурении.

Ранее С. м. у нас не утилизировали и вывозили в большом количестве за границу. Так, в 1913 г. было вывезено 2 235 т на 221 000 р. Теперь, наоборот, С. м. оценивают в несколько раз дороже основной винокуренной продукции — винного (этилового) спирта. С. м. употребляется гл. обр. для производства сложных эфиров как непосредственно, так и после разгонки на отдельные составные части; перед разгонкой С. м. обезвоживают. Самая ценная составная часть С. м.—изоамиловый спирт (вернее смесь амиловых спиртов, $t_{\text{кип.}} 127—131^\circ$); он применяется в лабораториях в качестве реактива (напр. при анализе молока) и идет на приготовление амилацетата (уксусноамилового эфира), к-рый служит растворителем в лаковом производстве, употребляется при производстве целлюлоидных изделий, кинематографич. лент и искусственных фруктовых эссенций («группе-вая эссенция»). При окислении амиловых спиртов С. м. получается гл. обр. изовалериановая к-та; окислением можно получать непосредственно амилизовалерианат, идущий на приготовление «яблочной эссенции». Амиловый спирт с салициловой к-той дает амилосалициловый эфир, обладающий запахом орхидеи («трельф») и употребляемый в парфюмерии. Пропиловый и изобутиловый спирты С. м. используются в фармацевтич. пром-сти и в производстве душистых веществ (изготовление искусственного мускуса).

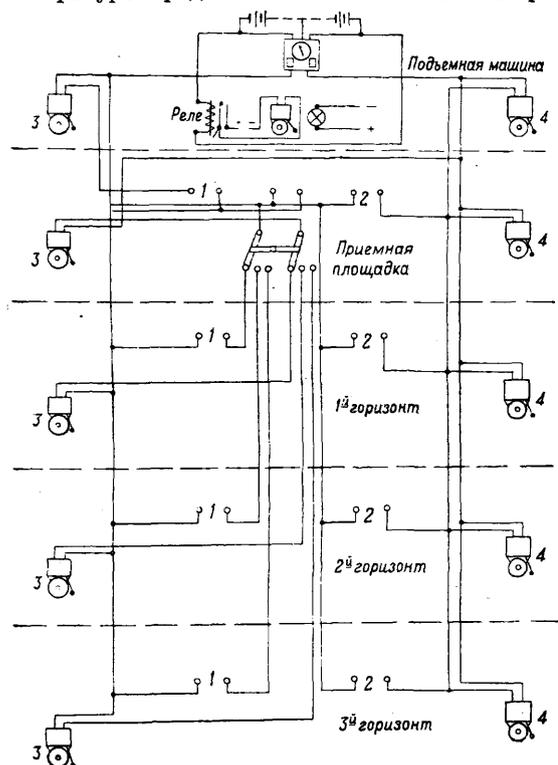
В. Нуликов.

Лит.: см. *Винокурение*.

СИГНАЛИЗАЦИЯ РУДНИЧНАЯ, сигнальные устройства в рудниках, предназначенные для обслуживания доставки и шахтного подъема и для автоматической подачи сигналов в случаях неполадок или наступающей той или иной опасности.

Подъемные установки на небольших шахтах обслуживаются примитивными сигнальными устройствами, при которых натягиванием проволоки или канатика производят удары по металлической плите. Обусловленное число ударов определяет тот или иной род поднимаемого груза. Полученный из рудничного двора на верхней приемной площадке такого рода сигнал передается по такой же системе в машинное здание для пуска в ход подъемной машины. Недостатки описанной С. р.: прием сигнала на-слух, возможность неточности при подсчете числа ударов и соответственно ошибочная подача сигнала машинисту, громоздкость всего устройства для шахт большой глубины; система не допускает надежного контроля и обслуживания подъема с различных горизонтов. Более совершенной является аналогичная же С. р. с помощью электрич. звонков продолжительного или ударного действия. На современных крупных шахтах применяются более сложные электросигнальные приборы, обеспечивающие максимум быстроты и четкости сигнализации. Это достигается комбинированием звуковых и световых сигналов; последние выполняются или при помощи разноцветных (красных, зеленых) лампочек накаливания или же как световые надписи на соответствующих указателях. Кроме того электроблокировкой автоматически

исключается возможность подачи сигналов с двух горизонтов шахты, автоматически включаются стопоры, препятствующие пуску машины в ход до окончания сигнализации или при открытых дверцах подъемной клетки (при подъеме людей). Наконец в самое последнее время для быстроты С. р. начинают применять так наз. сигналы готовности, при которых электропровода всего сигнального устройства так заблокированы, что нет необходимости в последовательной передаче сигналов от нижней площадки к верхней приемной и затем к машинисту. В данном случае каждый обслуживающий погрузку и разгрузку клетки включает рукоятку своего сигнала, не дожидаясь окончания операций с другой клетью, машинист же получает сигнал автоматически лишь с той площадки, к-рая закончила свои операции позже другой. На фигуре представлена схема такой электро-



блокировки, где 1—кнопки для подачи сигнала готовности, 2—кнопки для подачи сигнала опасности, 3—звонки сигнала готовности, 4—звонки сигнала опасности. При скиповом подъеме, работающем постоянно лишь с однородным грузом (полезное ископаемое), сигнализация может быть совершенно автоматической и по принципу сигнала готовности действующей в момент окончания разгрузки или загрузки скипов. Управление сигнальным прибором возможно также и от руки.

Электрич. сигнальные устройства требуют известных мер безопасности от непосредственного прикосновения к открытым частям, находящимся под током или могущим быть под током (от различного рода повреждений и недосмотра). Особые условия безопасности предъявляются в шахтах, опасных по каменноугольной пыли и газу, где открытое искрение установки недопустимо. Для сигнализации при подъеме в таких рудниках эта опасность может

иметь место лишь для шахт с выходящей вентиляционной струей воздуха и при скиповом подъеме, когда нагрузка скипов влечет к большому пылеобразованию. Гораздо больший процент несчастных случаев возможен при электросигнальных приборах, установленных непосредственно в шахте и обслуживающих подземный транспорт. В наклонных выработках движение рудничных вагонеток часто обслуживается сигнализацией с голыми проводами, при к-рых включение звонка или лампы достигается от руки сближением проводов из любого пункта выработки. Как показывает практика, помимо возможных недоразумений в работе с несколькими горизонтами, при допуске напряжении между сигнальными проводами в 25 V, напряжение между проводом и плохо заземленными металлическими устройствами (не имеющими отношения к С. р.) может оказаться при недосмотре значительно большим и быть причиной несчастного случая. Применение звонковой системы не электрич. типа помимо указанных выше недостатков в некоторых случаях оказалось не безопасно, поскольку тяговый канатик (провода) звонка мог оказаться под током от неисправностей в заземлении, от повреждений электрокабелей, не связанных с сигнальным прибором. Наиболее надежной следует считать электрич. С. р. с прокладкой изолированных проводов, включение которых целесообразно в закрытых конструкциях, исключающих возможность непосредственного прикосновения к ним, а также искрение для шахт, опасных по пыли и газу. Такого рода приборы в настоящее время изготавливаются различной конструкции; из них наиболее целесообразными являются масляные выключатели. Точно так же необходима блокировка различных горизонтов наклонной выработки, препятствующая путанице в подаче сигналов.

Сигнализация по горизонтальным откаточным путям—дело для нас почти новое, поскольку до настоящего времени главная масса шахтных грузов транспортируется конной откаткой с малыми скоростями и малыми партиями. План полной механизации подземных операций предусматривает широкое развитие электровозной откатки; вместе с тем предусматривается применение технически совершенных способов С. р., обслуживающей все места разветвлений и пересечений откаточных выработок. При откатке контактными электровозами включение в питательную сеть различного рода сигналов осуществляется от руки, от рельсовых контактов или бутелем на ходу электровоза. При откатке аккумуляторными электровозами сигнальная электрич. сеть устраивается независимой с применением мер безопасности в газовых и пыльных шахтах. Рудничный двор шахты как узловой пункт всей подземной откатки для больших шахт с интенсивным движением должен обслуживаться диспетчерской службой и автосигнализацией, схемы и методы к-рой заимствованы и принципиально подобны таковой для ж.-д. движения на поверхности.

Предупредительные сигнальные устройства в рудниках применяются для различных целей, напр. у динамитных складов при возникновении пожара или при входе посторонних лиц на охраняемый участок склада; в различного рода машинных камерах автосигналы соединены с ответственными движущимися частями насосов, вентиляторов, компрессоров так. обр., что остановка их тотчас же фиксируется для

обслуживающего персонала, численность которого при такой сигнализации м. б. пропорционально небольшой. Разрабатываются и смогут найти свое применение т. н. сигнальные стойки, к-рые, будучи поставлены в выемочном участке шахты, автоматически дают знать о начале опасного оседания пород и возможном обвале. Действие сигнальной стойки основывается на перемещении частей ее и включении электрического тока с сигнализатором. Наконец автосигналы мыслятся и как указатели на опасное накопление рудничного газа. Одним из первых известных приборов служила т. н. п о ю щ а я л а м п а Флейснера, издававшая довольно сильный звук при горении в атмосфере со взрывчатим газом.

Одним из наиболее необходимых средств для четкой, быстрой и интенсивной работы, для увязки всех подземных операций между собой и с поверхностью рудника является широкое использование телефона. В заграничной практике это обстоятельство давно учтено; в нашем плане механизации шахт телефонной связи уделяется весьма значительное место. Каждый рабочий участок д. б. включенным в широко развитую переговорную сеть шахты. Конструктивно телефонная установка для подземных, в особенности газоопасных, условий отличается своей водонепроницаемостью и защитой против взрыва. Рациональное устройство для последней цели до настоящего времени практически еще не осуществлено. Как наиболее могущественное и максимально удобное для шахт средство связи явится радио, мысль о широком применении к-рого в подземных условиях все более выдвигается на первый план.

Лит.: Терпигоров А., Рудничная доставка, 2 изд., Москва, 1929; К и ф е р, Электричество в горном деле, Берлин, 1927; Основные положения ген. плана механизации шахт Донецкого бассейна, «Уголь и руда», 1932; Е в р е и н о в Г., Безопасная электрич. сигнализация, «Инжен. работник», 1925, 6; О в а р В., Методы сигнализаций на угольных шахтах штатов Алабама и Иллиной, «Уголь», Харьков, 1930, 58; П и р о ц к и й П., Телефонная система для взрывоопасных выработок, там же, Харьков, 1931, 71—72; Р. Л., Несчастные случаи от шахтной электрич. сигнализации, «На угольном фронте», Харьков, 1931, 9 (109); Л е й б о в Р., Электрич. сигнализация при откатке по горизонтальным и наклонным путям, «Уголь», Харьков, 1930, 57; е г о ж е, Сигнализация для подземных динамитных складов, «На угольном фронте», Харьков, 1931, 18 (118); З д а н к о в и ч Н., Шапниковый газобезопасный выключатель для сигнализационных устройств газовых шахт, там же, Харьков, 1931, 30—31 (130—131); Heise F. u. Herbst F., Lehrbuch d. Bergbaukunde, B. 2, В., 1923; N a t t k e m p e r, Elektrische Signalanlage f. Haupttschachte, «Der Bergbau», 1932, 2—3; S i e m e n s - H a l s k e A. G., Akustische Gruben-signalung mit Blockiereinrichtung u. optischer Kontroll, Beschreibung, S. 111, В.; S i e m e n s - H a l s k e A. G., Elektrische Schwachstromanlagen f. Bergwerke, Druckschrift, В., 183; S i e m e n s - H a l s k e A. G., Signal- und Fernsprechanlagen f. Gruben u. Hüttenbetriebe, Liste 18c, В., 1912.

А. Милованов.

СИЕНА, сиенская земля, т е р р а д и с и е н а, естественная краска, принадлежащая по своему составу к типу *охр* (см.). Добывается в Тоскане (Италия), на Гарце (Германия), в С. Америке и других странах. В естественном состоянии образует довольно легкую плотную массу темно-или светлокоричневого цвета, с раковистым изломом; С. пристаёт к влажному языку и превращается после измельчения в желтый или коричневато-желтый порошок. От обычной охры С. отличается большим содержанием гидроксида железа и значительным содержанием коллоидной кремнекислоты, слабой кроющей способностью в масляной и водной дисперсии, более живым и чистым цветом; С. ценится за прозрачность и теплый, красивый золотистожелтый тон. Состав С. коле-

блется в следующих границах: 46÷69% Fe₂O₃, 3÷7% Al₂O₃, 52÷3% SiO₂, 0÷14% SO₃, 0÷1,5% Mn₂O₃, 15÷20% H₂O. Наряду с незначительным содержанием глины С. содержат иногда значительную примесь мела. Напр. немецкая С. с 50÷60% Fe₂O₃ содержит 2÷10% CaCO₃, органич. вещества и другие примеси, вследствие чего она менее ярка, дает более грязный тон и обладает меньшей прозрачностью, приближаясь по своим свойствам к золотистой охре. Лучшие сорта С., например тосканская, имеют уд. вес 3,2—3,3, содержат 60÷70% Fe₂O₃ и очень незначительное количество мела, сульфатов и других примесей. Кроме натуральной С. известна т. н. ж ж е н а я С., получаемая путем обжигания сырой краски при умеренной t° с доступом воздуха. При обжигании в составе и свойствах краски происходят различные химич. и физич. изменения: выгорание органич. веществ, превращение гидратов железа и марганца в окиси, разложение примесей и т. п., а также увеличивается укрупненность, уменьшается маслосмкость и в особенности сильно изменяется цвет краски, к-рый в зависимости от t°, продолжительности нагревания и других условий переходит из желтого в коричневый, красно-коричневый и наконец в темно-красный. После обжига С. измельчается и просеивается. С. нечувствительна к сероводороду, не ядовита и устойчива по отношению к свету и погоде. Сырая С. чувствительна к нагреванию. Благодаря большому содержанию аморфных составных частей С. отличается большой маслосмкостью, к-рая в зависимости от свойств краски колеблется в широких пределах. Напр. тосканская С. требует для затирания в пасту 30—70% масла и для получения готовой к употреблению краски—180÷250%, немецкая С. требует для пасты 30—40% и для готовой краски—60÷90% масла. С. применяется почти исключительно как прозрачная или слабокроющая краска с маслом, клеем и другими связующими веществами; употребляется в живописи, полиграфич. пром-сти, для приготовления цветных и пастельных карандашей, для окрашивания дуба, ореха, а также для имитации дорогих пород дерева, т. к. текстура дерева вследствие различной пористости окрашивается неодинаково сильно и благодаря прозрачности краски остается видимой для глаза. Свойство С. темнеть в масляных окрасках сохраняется также и в смесях ее с другими красками. Напр. при смешивании с берлинской лазурью получается зеленый, к-рая с маслом кажется значительно темнее, чем сама краска, в виду чего в хромовой зелени (см. *Хромовые краски*) часть хромовой желтой иногда заменяют С. (до 20%), чтобы получить более темные тона. С. обладает сильной адсорбирующей способностью и ценится как субстрат, на к-ром фиксируются основные красители, гл. обр. коричневые. Получаемые при этом краски часто применяются в полиграфич. пром-сти. Кроме того С. применяется в производстве дерматина (искусственной кожи), линолеума и др. При исследовании определяют цвет, кроющую способность, содержание железа, углекислоты, нерастворимого остатка и других примесей. При употреблении в качестве субстрата также определяют адсорбирующую способность с бриллиантовым зеленым или другим основным красителем.

Лит.: К и п л и к Д., Техника живописи, вып. 1, 2 изд., Ленинград, 1929; W a g n e r H., Die Körperfarben, Stuttgart, 1928.

П. Черенин.

СИЕНИТ, глубинная кислая порода, состоящая из двух главных частей: полевого шпата и цветного минерала (амфибол, пироксен, слюда). Характерная особенность С.—отсутствие в его составе кварца, чем гл. обр. он отличается от гранита. Полевощпатовая часть представлена гл. обр. ортоклазом, анортоклазом, реже микроклином, альбитом, олигоклазом, андезином; щелочные С. содержат полевой шпат исключительно щелочной. По содержанию цветной части С. подразделяются на амфиболовые (содержат обыкновенно зеленую роговую обманку, баркевикит, иногда рибекит), пироксеновые (авгит, диопсид, эгирин) и слюдяные (всегда бурый биотит). Нефел и новые С. в виде существенной части содержат нефелин. Кварцевые С., представляющие переход к гранитам, содержат незначительное количество кварца. Второстепенными составными частями С. являются: ильменит, магнетит, апатит, циркон, ортит, кальцит, содалит и др. иногда редкие минералы. Химич. состав С. приведен в таблице.

Химический состав сиенитов (%).

Состав	*1	*2	*3	*4	*5	*6	*7
SiO ₂	60,52	58,65	59,86	56,85	65,63	59,71	60,18
TiO ₂	0,88	1,09	0,75	—	Сл.	—	0,67
Al ₂ O ₃	16,65	14,24	16,68	21,56	13,85	15,09	16,28
Fe ₂ O ₃	2,97	4,43	2,78	3,44	2,02	5,37	2,74
FeO	2,15	4,55	3,00	1,14	2,80	2,25	3,28
MnO	—	—	—	—	Сл.	—	0,14
MgO	2,32	3,06	3,51	0,85	2,79	2,58	2,49
CaO	4,73	5,96	3,96	5,26	3,43	4,44	4,30
Na ₂ O	4,43	5,46	3,58	6,07	1,84	3,12	3,98
K ₂ O	4,39	3,05	4,30	3,66	6,25	5,86	4,49
H ₂ O	0,91	—	1,44	0,52	1,17	1,16	1,16
P ₂ O ₅	0,29	—	—	—	Сл.	—	0,28
С у м м а .	100,24	100,49	99,86	99,35	99,78	99,58	100,00

*1 Роговообманковый сиенит из Плауена у Дрездена. *2 Пироксеновый авгитовый сиенит (поселок «Юлия» Минусинского района). *3 Слюдяной сиенит (Фронау, Шварцвальд). *4 Щелочной лауриковит (Бисковен у Лаурвика, Южная Норвегия). *5 Кварцевый сиенит (Фольгерсдорф, Силезия). *6 Микроперлитовый сиенит с хребта Цаган-Дабан в Селенгинской Даурии. *7 Среднее из 50 анализов (по Дали).

Структура С. обычно гранитовидная, иногда гранитопорфировая, реже гнейсовидная. Цвет С. зависит от состава его, чаще серовато-красный или темнозеленый, реже синевастый, серый или черно-зеленый. Уд. вес 2,7—2,9; сопротивление сжатию 1 500—2 000 кг/см². С. несколько мягче гранита, но более вязок, благодаря чему легче поддается обработке и полировке. С. залегает подобно граниту в виде крупных горных массивов и штоков, реже в виде жил, но менее распространен, чем гранит. Известны месторождения С. в Юж. Норвегии близ Осло (норвежский «лабрадор»), Монтане, Канаде, Зап. Германии. В СССР С. известны в разных местах; особенно известны месторождения его на Урале (гора Благодать, Высокая, Нижний Тагил) и в южнорусской кристаллической области, где они связаны переходами с габбро.

Лит.: Левинсон-Лессинг Ф. Ю., Петрография, 2 изд., Л., 1931; «НИ», т. 3, Л., 1927; Штин и И. И. и М у ш к е т о в Д., Техническая геология, Л.—М., 1925; см. также Горные породы. И. Мушкетер.

СИКАТИВЫ, с у ш к и, вещества, ускоряющие высыхание масел. По химич. составу С.—гл. обр. соли различных металлов с жирными и смоляными кислотами. В процессе высыха-

ния масел (см. *Высыхающие масла*) С. играют роль катализаторов—переносчиков кислорода. Какие соединения образуют в этом случае С. с частями масла и кислорода, еще точно неизвестно. Во всяком случае несомненно, что С. или входящие в их состав металлы при окислении масел регенерируются. Поэтому в качестве С. применяют главным образом такие металлы, к-рые образуют с кислородом различные степени окисления (Pb, Mn и др.). С другой стороны, для действия С. как катализатора необходимо, чтобы он был растворен в масле, так как только в таком высокодисперсном состоянии С. обладают активными свойствами. Металл, не растворенный, а лишь суспендированный в масле, не оказывает влияния на скорость высыхания и выделяется при стоянии масла постепенно в осадок. Поэтому в качестве С. могут применяться только растворимые (или в особых случаях коллоидально диспергированные) в масле соединения. Благодаря каталитич. действию растворенного С. процесс высыхания масла, т. е. образования твердой пленки, протекает гораздо быстрее, чем без добавки С. Например льняное масло, распределенное тонким слоем, высыхает при обыкновенной t° в течение 3—6 суток, после же растворения в нем С., напр. 2% смолянокислого кобальта, высыхает при тех же условиях в течение 8—15 ч. На этом свойстве С. основано их техническое применение в производстве олифы, масляных лаков, масляных красок и других материалов.

С ы р ы е м а т е р и а л ы и к л а с с и ф и к а ц и я С. Сырыми материалами для получения С. служат 1) окиси и соли металлов с летучими к-тами: глет, перекись марганца, уксуснокислый кобальт и многие другие, 2) высыхающие масла (льняное, реже древесное, пещиловое и др.) и смолы (канифоль, реже копалы и др.), а также их жирные и смоляные к-ты. Окиси и соли металлов нежирных к-т, известные ранее под названием «нерастворимых С.», в практике до настоящего времени причисляются к С. несмотря на то, что они сами по себе нерастворимы в масле. Их употребляли гл. обр. в прежние время при получении *олифы* (см.) по старому способу, когда масло нагревали продолжительное время на голем огне при t° 220—250°. При такой обработке окиси металлов постепенно омыляли маслом с образованием легко растворимого в масле металлич. мыла. Этот прием работы—получение С. не в отдельности, а в самом процессе производства—иногда применяют и в настоящее время, напр. при получении лаков, к к-рым окись или соль металла прибавляют при высокой t° и обрабатывают дальше до получения растворимого С. Так как этот способ получения С. имеет много недостатков (необходимость продолжительного нагревания масла или лака при высокой t°, потемнение цвета, неполная растворимость и т. д.), в настоящее время пользуются б. ч. готовыми С., для к-рых окиси и соли металлов служат лишь сырыми материалами, или основаниями С., содержащими тот или иной металл. С. в собственном смысле являются только соли металлов с жирными, смоляными или другими к-тами (металлич. мыла).

В зависимости от рода применяемых к-т различают гл. обр. две группы С.: 1) соли жирных к-т и 2) соли смоляных к-т. К первой группе относятся: а) л и н о л е а т ы—соли металлов с жирными к-тами льняного масла, б) т у н г а т ы—соли металлов с жирными к-тами тун-

гового, или древесного, масла, в) периллаты—соли с жирными к-тами периллового масла. Ко второй группе С. относятся: а) резинаты—соли смоляных кислот канифоли, гл. обр. абиетиновой к-ты, б) копалаты—соли смоляных кислот копалов и др. Все эти С. обладают способностью легко и без остатка растворяться при нагревании до 120—150° в высыхающих маслах, благодаря чему их можно прибавить к маслу в любом (но точно определенном) количестве и получить очень светлые по цвету продукты (напр. лак, олифу и т. д.). Они растворяются также на холоду или при слабом нагревании в летучих органических растворителях, напр. в скипидаре, бензине и др. Поэтому кроме твердых С. часто применяют жидкие С. или экстракты—растворы металлических мыл в масле или летучих растворителях, которые прибавляют к масляным лакам, краскам и другим материалам с целью получения определенной скорости высыхания непосредственно перед употреблением их в работу. Активность С. зависит гл. обр. от рода и количества металла, входящего в состав С. Действие отдельных С. очень различно. Эйбнер и Паллауф располагают их в следующий ряд с убывающей степенью активности: Со, Мп, Се, Рb, Fe, Cu, Ni, V, Cr, Са, Al, Cd, Zn, Sn. В практике находят применение главным образом соединения Со, Мп и Рb. Соединения Fe, Cu и Ni во многих случаях не пригодны, так как дают темноокрашенные мыла. Zn и Са применяются лишь в комбинации с более сильными С. или для особых целей, например для получения более твердой пленки, нейтрализации к-т и т. д. В отношении количества С., прибавляемого к маслу, установлены (Вегер) следующие зависимости: 1) высыхание происходит тем скорее, чем больше С. взято; 2) для количества каждого С. существует определенный максимум, при к-ром высыхание протекает наиболее быстро; 3) при избытке С. высыхание замедляется. Поэтому количество С. для получения наилучшей сушки масла должно соответствовать определенному, оптимальному содержанию металла. Оптимальное количество для Со 0,13%, для Мп 0,12%, для Рb 0,45%, для Zn 0,15%, для Са 0,09% (по отношению к весу масла). В практике очень часто применяются смешанные, или комбинированные, С., в состав которых входят два или более металла или просто смеси двух или трех различных С. Наблюдения показали, что такие С. обладают большей активностью, чем каждый отдельно взятый компонент в том же количестве. Для комбинированных С. наиболее часто употребляют Мп и Рb, Со и Мп и др. Оптимальное действие таких смесей определялось при отношении количества одного металла к другому, равном отношению их ат. весов, напр. для Рb и Мп в отношении 3,8 : 1. По опытам Мейстера чистое льняное масло, высыхающее через 121 ч., с 2% свинцового резината высыхало через 26 ч., с 2% марганцевого резината высыхало через 12 ч., с 1% свинцового и 1% марганцевого резината—через 7½ ч., с 1% марганцевого и 1% кобальтового резината—через 10 ч. Еще активнее действуют нек-рые смеси из трех С., напр. смесь солей Рb, Мп и Са дает высыхание льняного масла через 6 ч., смесь солей Мп, Zn и Са—через 9 ч. и т. д. Сравнение скорости высыхания масел с различными С. можно производить только при совершенно одинаковых условиях. Активность С. при различных усло-

виях сушки различна и недостаточно хорошо исследована. У масляных красок помимо действия С. скорость высыхания зависит также от присутствия в краске тех или иных металлов, к-рые играют при смешивании с маслом роль С., напр. свинец в свинцовом кроне, марганец в умбре и т. д.

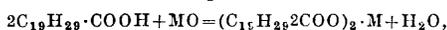
Окиси и соли металлов, употребляемые для получения С., довольно разнообразны. Из них находят применение следующие соединения: 1) соединения Рb: окиси (глет, массicot, сурик, перекись свинца) и соли к-т: уксусной, борной, марганцевой, азотной; 2) соединения Мп: окиси (гидрат закиси и окиси Мп, пиролюзит, перекись марганца) и соли к-т: уксусной, борной, угольной, соляной, щавелевой; 3) соединения Со: окиси (закиси и окиси кобальта, гидраты окисей кобальта) и соли к-т: уксусной, серной, соляной; 4) соединения других металлов (цинка, кальция). Из соединений свинца раньше предпочитали употреблять сурик (см.) и перекись свинца как вещества, содержащие больше кислорода, чем окись свинца. Однако вскоре выяснилось, что избыточный кислород является не только бесполезным, но и вредным, т. к. окисленный свинцовый линолеат легче выделяется из масла и последнее получается кроме того более темного цвета. Поэтому в настоящее время применяется б. ч. глет (см. *Глет свинцовый*) или его модификация—массicot (см.). Содержание свинца в сурике 91—93%, в глете—90—91%. У к с о к с и л ь с в и н е ц (см. *Свинца соединения*) применяется в безводном виде, содержит свинца 50—55%. Марганцовокислый свинец $Pb(MnO_4)_2$ —порошок темнокоричневого цвета, изготовляемый герм. синкатиными ф-ками; представляет комбинированный С., заменяющий свинец и марганец. Из марганцевых соединений находят применение гл. обр. гидрат закиси и окиси марганца, пиролюзит или перекись марганца, борнокислый марганец (см. *Марганца соединения*). Гидраты закиси и окиси марганца предпочитают применению пиролюзита или перекиси марганца, т. к. они реагируют с маслом и канифолью при более низкой t° и дают менее сильно окрашенные продукты. Природный пиролюзит содержит часто большое количество примесей: железа, извести, кремнезема и др. Содержание марганца колеблется в очень широких пределах (30—55%). Искусственно полученные продукты отличаются большей чистотой и дешевле дороже. С маслом и канифолью реагируют довольно трудно при t° ок. 250°. Борнокислый марганец MnB_2O_7 в продаже встречается в виде двух сортов: с содержанием марганца 10—12% и 19—22%; применяется для получения светлых продуктов. Из кобальтовых соединений чаще всего применяется уксуснокислый кобальт, реже закиси и окиси кобальта и другие соли (см. *Кобальта соединения*). Закиси СоО и окиси Со₂O₃ какбальта с маслом и канифолью реагируют труднее, чем уксуснокислый кобальт, в виду чего несмотря на более дорогую цену предпочитают пользоваться последним. У к с о к с и л ь с к о б а л ь т Со(СН₃СОО)₂—кристаллич. порошок светлокрасного цвета, содержит ок. 23% кобальта, в безводном состоянии около 33%. Кобальтовые соединения дают продукты очень светлого цвета, отличающиеся очень хорошей высыхающей способностью, в виду чего они получили широкое применение в технике. Из цинковых соединений находят применение цинковые белила и сернокислый цинк, из кальциевых: мраморная известь, гашеная известь, хлористый кальций и др. Цинковые и кальциевые С. применяются или в виде комбинированных С. с Рb, Мп и другими металлами или в тех случаях, где не допускается употребление Рb и Мп и не требуется быстрое высыхание масел. При употреблении окисей и солей металлов необходимо обращать внимание на содержание в них металла. Поэтому для расчета количества С. исходят, во-первых, из содержания чистого металла в С. и, во-вторых, из оптимального содержания металла в масле. Температура, при к-рой окиси и соли металлов реагируют с маслом или канифолью, различна. В общем чем выше t° , тем быстрее происходит образование растворимого металлического мыла. При более низких t° требуется очень продолжительная обработка, и реакция обычно не протекает полностью, в виду чего часть металла остается нерастворенной. Температуры и количества различных металлических соединений, к-рые необходимы для получения хорошей сушки масла, приведены ниже в таблице.

Получение С. Собственно С., или металлического мыла, получают двумя способами: плавлением (плавленные С.) и осаждением (осажденные С.). Получение плавленных С. проще, не требует особой аппаратуры и большой затраты работы и времени, благодаря чему стоимость значительно ниже, чем осажденных С., но по качеству они уступают осажденным, т. к. содержат больше примесей, менее однородны и более сильно окрашены. В зависимости от взятых к-ты различают плавленные и осажденные

Количество сикатива и условия обработки.

Название соединений	Колич. сикатива в зависимости от содержания в нем металла (%)	Темп-ра обработки (°С)
Свинцовый глет . . .	0,5—1	150—200
Свинцовый сурик . . .	0,5—1	ок. 200
Уксуснокислый свинец	1—2	» 180
Марганцовокислый свинец	0,3—0,5	» 250
Гидрат окиси марганца	0,2—0,4	» 200
Пиролозит	0,5—0,8	» 250
Борнокислый марганец	0,5—1	» 250
Уксуснокислый кобальт	0,3—0,4	160—180

резинаты, линолеаты и др. Плавленные резинаты—б. ч. очень хрупкие, блестящие и прозрачные в тонком слое куски; осажденные резинаты—очень легкие и рыхлые порошки, линолеаты—мягкие, тягучие, немного липкие массы или пасты. Плавленные С. получают обычно в железных или алюминиевых котлах, нагреваемых снизу при помощи изолированной топки. В качестве топлива применяют дрова, нефть и газ. При получении плавленных линолеатов из жирных к-т, где не требуется высокой t° , котлы обогрываются паром. Вверху котлы закрываются крышкой, снабженной отводной трубой для удаления газов и отверстиями для загрузки, наблюдения и установки термометра. Для равномерного и тщательного перемешивания служит механ. мешалка. Получение плавленных резинатов основано на взаимодействии расплавленной канифоли с окисью или солью металла, при к-ром абиетиновая к-та канифоли образует с металлом смолянокислую соль (резинат), а вода (или соответственно летучая к-та) выделяется в виде паров:



где М—двувалентный металл (Pb, Co, Mn). Для получения более светлого и чистого С. применяют гарпиус. (Таланцев на основании продолжительного опыта указывает, что франц. гарпиус не пригоден для изготовления С., т. к. последние дают олифу, к-рая в деревянных бочках скоро становится мутной.) Реакция образования резината часто не протекает гладко по вышеприведенному ур-ию и наряду с нормальным резинатом (средней солью) образуется основной резинат. К образованию основных резинатов в особенности склонны Pb, Ca, Zn (Parr). Присутствие в резинате основных соединений совершенно нежелательно, т. к. при этом часть абиетиновой к-ты остается несвязанной, а основной резинат, напр. $(C_{19}H_{29}\cdot COO)_2Pb \cdot PbO$, распадается при дальнейшем нагревании с выделением Pb. Получение плавленных резинатов производится след. обр.: в котел засыпают определенное количество гарпиуса, к к-рому после расплавления прибавляют при t° 160—220° небольшими порциями необходимое количество предварительно высушенной и истертой в мелкий порошок окиси или соли металла. Во время работы требуется тщательное перемешивание для равномерного нагрева, устранения подгорания канифоли и осаждения на дно тяжелых металлич. соединений. При добавке металлич. соединений образуется большое количество пены вследствие выделения паров воды или лету-

чих соединений, в виду чего необходимо соблюдать известные меры предосторожности. Иногда масса расплавленного резината при перемешивании (напр. в присутствии извести) становится кашеобразной и только при действии высокой t° снова делается жидкой. После добавки всего металла t° поднимают до 250° и выше, чтобы закончить реакцию и удалить из массы полностью воду и летучие к-ты. Окончание реакции определяют при помощи пробы на стекло, к-рая после охлаждения должна застывать в прозрачную, чистую и ровную массу. Охлажденный расплавленный резинат выливают в ящики или бочки, где он затвердевает, после чего его разбивают на небольшие куски.

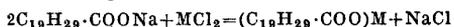
Свинцовый резинат—куски темного цвета, очень легко растворимы в льняном масле (160°): получается гл. обр. при нагревании канифоли с свинцовым глетом (до 30% к весу канифоли), реже с суриком, уксуснокислым свинцом и другими солями. Для изготовления олифы его берут в количестве 2,5—3%, часто в виде экстракта. Свинцовый резинат применяется в большинстве случаев вместе с марганцевым резинатом. Марганцевый резинат—прозрачные куски коричнево-черного цвета; получается б. ч. с гидратом окиси марганца (ок. 9%) или с гидратом закиси марганца (ок. 10%). Применение естественного пиролозита не рекомендуется. При плавке необходимо обращать внимание на сильное образование пены. Комбинированные свинцово-марганцевые резинаты—прозрачные, блестящие куски темнокоричневого цвета. При получении сначала прибавляется глет, а потом то или иное соединение Mn. Очень светлый продукт получается при сплавлении 100 ч. светлой канифоли с 2,5 ч. кальцинированного уксуснокислого свинца и 5 ч. борнокислого марганца. Они обладают более активным действием и дают пленку лучшего качества, чем каждый из предыдущих в отдельности, в виду чего находят очень широкое применение в практике. Как пример получения более сложного комбинированного С. можно привести следующий: к 100 ч. канифоли, нагретой до 220°, прибавляют малыми порциями при помешивании сначала 9 ч. глета, потом, при постепенном повышении t° до 250°, 3 ч. гидрата окиси марганца, затем 1,5 ч. гидрата кальция, после чего смесь нагревают, пока все не растворится. Приготовленного таким образом С. достаточно прибавить 2%, чтобы получить высыхающее масло в течение 8—10 ч. Кобальтовый резинат получается сплавлением нагретой до 180° канифоли с 8% уксуснокислого Со или с 6% более дешевых окисных или закисных соединений. При остывании цвет С. постепенно переходит из синего в красный.

Плавленные линолеаты получают из жирных к-т льняного масла или непосредственно из самого масла. При взаимодействии металлич. соединений с маслом происходит омыление, т. е. металл соединяется с жирными кислотами, образуя линолеат, а глицерин выделяется в свободном виде. При употреблении солей летучих к-т последние выделяются при нагревании в виде паров. Обработку масла обычно производят в котле, снабженном мешалкой. К маслу, нагретому приблизительно до 175°, прибавляют при перемешивании небольшими порциями высушенную и тонко измельченную окись или соль металла, после чего t° масла поднимают до 220—250°, в зависимости от способности металлич. соединения реагировать с маслом. Во время нагревания масло сильно пенится, поэтому необходимо следить за тем, чтобы оно не вылилось из котла. Обратку производят до тех пор, пока проба, взятая на стекло, не затвердеет в совершенно однородную и прозрачную массу. Недостатками этого способа являются: 1) нагревание масла до очень высокой t° , вследствие чего получают сильно окрашенные продукты; 2) выделение из масла глицерина, к-рый остается в готовом линолеате, понижая его активность при высыхании. Лучшие продукты получают при обработке жирных к-т. Для этого масло сначала омыляют едкой щелочью и полученное мыло разлагают серной кислотой [часто применяется и контакт (см.)], после чего жирные к-ты тщательно про-

мывают горячей водой и нагревают для удаления влаги. Приготовленную т. о. смесь жирных к-т обрабатывают окисью металла путем перемешивания в котле при t° ниже 100° . Линолеаты, получаемые из жирных кислот, в отличие от получаемых из масла не содержат глицерина и имеют более светлый цвет.

Плавленный свинцовый линолеат получают нагреванием 7 ч. льняного масла с 2 ч. глета и 2 ч. сурьма при $220-230^\circ$ или размешиванием 100 ч. льняных к-т с 20—50 ч. глета при t° 40— 100° . Хорошо растворяется в льняном масле, однако раствор вследствие образования выделения с жирными насыщенными к-тами скоро становится мутным. Скорость сушки не очень велика. При употреблении в количестве 2% получается твердо высыхающий лак. Марганцевый линолеат получается, как и предыдущий, с гидратом окиси Mn, борнокислым Mn и др. в виде кусков, желтого цвета, на воздухе окрашивающихся в темный цвет. При употреблении в количестве 2% дает олифу, высыхающую в 12—15 час. Применяется также для масел, идущих на пропитку тканей, для изготовления печных лаков и т. д. Часто употребляется в виде комбинации с С. со свинцовым линолеатом и другими. Кобальтовый линолеат получается при нагревании масла с соединениями кобальта (напр. с 15—20% уксуснокислого кобальта) при t° ок. 250° и выше, коричнево-красная мягкая масса, к-рая при прибавлении к маслу (1%) дает высыхание приблизительно в 8 час. Вследствие светлой окраски применяется для светлых лаков и эмалевых красок.

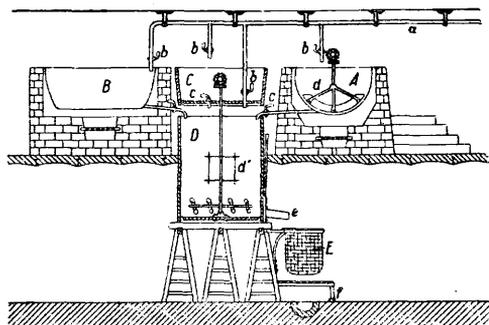
Осажденные С. Получение осажденных С. (как смолянокислых, так и жирнокислых) представляет по сравнению с плавными С. более длительный способ, состоящий в общем из следующих двух основных операций: 1) получения мыла путем омыления смолы или масла, 2) осаждения водного раствора мыла раствором соли металла. Для получения мыла гарпиуса или отстоянное масло обрабатывают раствором щелочи до тех пор, пока не наступит полное омыление. Количество необходимого щелочка определяют при помощи анализа. Избытка щелочи надо избегать, так как последний из раствора соли, применяемой для осаждения С., осаждает гидрат закиси металла, нерастворимый в масле при t° ниже $180-200^\circ$ и поэтому пропадающий бесполезно. Приготовленный прозрачный водный раствор мыла, разбавленный водою до концентрации 7—10%, осаждают затем при помешивании раствором соли металла, напр. $MnCl_2$ и т. д., после чего осадок резината или линолеата промывают водою до полного удаления растворимых солей, отжимают, сушат и измельчают. Осажденные С. отличаются от плавных большей чистотой, так как примеси, содержащиеся в сырых материалах, удаляются во время работы (при омылении, промывке и т. д.), в то время как при плавке полностью переходят в готовый продукт. Цвет осажденных С. получается более светлый, так как применяемые t° значительно ниже, чем при получении плавных С., например t° омыления $\sim 100^\circ$, t° осаждения $50-60^\circ$ и сушки $\sim 60^\circ$. Несмотря на это реакция осаждения смоляного мыла не протекает полностью по ур-ию:



(M—двувалентный металл); наряду со средней соль получают также кислые соединения, напр. для марганца $Mn(C_{20}H_{39}O_2)_2 \cdot 2C_{20}H_{39}O_2$ и др.

Установка получения осажденных резинатов (см. фигуру) состоит из котла для омыления А, снабженного мешалкой d , котла для горячей воды В и деревянного чана D для осаждения. Над последним помещается чан С для приготовления раствора соли. Вода подается во все резервуары из водопровода a с кранами b . Готовое мыло спускается из котла А по трубе c в чан D, где оно разбавляется водою из котла В и осаждается при вращении мешалки d'

раствором соли из чана С. Кашеобразный продукт после отстаивания спускается через e в подвешенные мешки Е, где он задерживается тканью, а растворы и вода вытекают в канал f .



Марганцевый резинат—рыхлый порошок розового цвета, легко и без остатка растворимый в льняном масле и углеводородах. Получается путем осаждения разбавленного канифоляного мыла, приготовленного например из 100 ч. гарпиуса, 356 ч. воды и 35 ч. едкого натра 25° В ϵ , раствором 200 ч. $MnCl_2$ 25° В ϵ . Раствор $MnCl_2$ не должен содержать железа; часто применяется как С. для масляных лаков и т. д. Свинцовый резинат получается при осаждении канифоляного мыла уксуснокислым свинцом. В масле растворяется труднее, чем плавный резинат. Применяется 6 ч. в комбинации с другими металлами. Приготовление осажденных линолеатов производится аналогично резинатам. Кроме льняного масла применяют древесное, перилловое и другие жирные масла, а также стеариновую, пальмитиновую, нафтеовые и другие к-ты. Однако все эти соединения не получили как С. большого значения за исключением некоторых специальных случаев, напр. периловокислый Mn применяется для получения быстро высыхающей печатной олифы, древеснокислые С.—для получения матовых масляных лаков и т. д. Такую же роль играют и С., получаемые с нек-рыми другими металлами, например линолеат алюминия находит применение для изготовления непромокаемых тканей, линолеат меди—для изготовления олифы, идущей на окраску днищ морских судов с целью защиты их от моллюсков и водорослей и т. д. В настоящее время сделаны попытки к получению С. непосредственно в масле путем коллоидного распределения в нем металлов или путем восстановления соответствующей соли действием электрич. тока. Получит ли этот новый способ практич. значение, пока еще неизвестно.

Жидкие С.—растворы металлич. мыл в летучих органич. растворителях (скипидаре, бензине, сольвент-нафте и др.), иногда с примесью большего или меньшего количества льняного масла. Жидкие С. подобно твердым делятся на масляные (растворы линолеатов Pb, Mn, Co и др.) и смоляные (растворы резинатов тех же металлов). Масляные жидкие С. получают или растворением линолеата в нагретом льняном масле, после чего к раствору прибавляют органич. растворитель, или растворением непосредственно в органич. растворителе, напр. растворяют при нагревании и перемешивании 13 ч. свинцового линолеата и 10 ч. марганцевого линолеата в 10 ч. скипидара и 60 ч. сольвент-нафты. Растворы содержат обычно 30—50% сухого С. Смоляные жидкие С. готовятся или растворением резината в скипидаре и других растворителях или растворением только что полученного плавного резината в подогретом льняном масле, после чего к раствору добавляют летучий растворитель, напр. сплавляют 55 ч. гарпиуса с 0,5 ч. гашеной извести и 1,5 ч. гидрата окиси марганца, затем прибавляют 5 ч. лакового льняного масла и 38 ч. бензина. Конц. жидкие С. называются экстрактами. При стоянии жидкие С. часто выделяют осадок, в виду чего их активность падает. Применяются в малом деле, для лаков и т. д. В продаже часто встречаются под различными произвольными названиями.

Свойства и применение С. Помимо различной активности в отношении высыхания масел С. оказывают различное действие не только на характер сушки масел, но также и на качество получаемой пленки. Кобальтовые С. обладают свойством производить высыхание с внешней поверхности пленки внутрь, в то время как свинцовые и марганцевые С. обуславливают высыхание изнутри вверх. Поэтому при значительном содержании в масле кобальта возможно затвердевание только наружного поверхностного слоя, тогда как нижняя часть может остаться невысохшей, что приводит затем к размягчению и липкости покрытия, не говоря уже о его непрочности. Свинцовые сикативы, и в особенности свинцовомарганцевые, дают при высыхании очень твердые и хорошо просыхающие пленки. В отношении цвета кобальтовые С. дают наиболее светлые продукты (олифа, лак и т. д.), которые при действии света становятся еще светлее, поэтому их применяют гл. обр. в производстве клеенки, линкрусты и др., т. к. пленка, получаемая с ними, кроме того отличается мягкостью и гибкостью. Под действием атмосферы, в особенности содержащей сероводород, белые красочные пленки со свинцовыми С. желтеют и темнеют, в то время как пленки, получаемые с кобальтовыми С., почти не изменяются. С., содержащие свинец, считаются вредными, поэтому их заменяют марганцевыми и кобальтовыми С. или применяют комбинации их с другими металлами. Свинцовые С. обладают также склонностью к выпадению из раствора в масле, в особенности под влиянием воздуха и света, что объясняется образованием нерастворимых жирных оксикислот. Отличаются ли по своим свойствам как С. линолеаты и резинаты, полученные с одним и тем же металлом, не выяснено. Некоторые исследователи считают, что высыхание масел зависит не только от химич. состава, но и от коллоидного состояния С., на к-рое органич. компонент может оказывать различное диспергирующее влияние. Другие находят, что правильно приготовленные резинаты и линолеаты действуют совершенно одинаково. Различные условия сушки (влажность, t° и т. д.) оказывают влияние не только на скорость высыхания, но и на качество пленки, напр. свинцовые и марганцевые резинаты во влажном воздухе дают после высыхания «отлип», чего не наблюдается у линолеатов (см. *Олифа*). Резинаты по сравнению с линолеатами более дешевы, легче растворяются и менее изменяются при хранении. Осажденные резинаты в отличие от плавящихся растворяются в масле уже на холоду или при слабом нагревании. Недостатком их является присутствие свободной канифоли. Обычно резинаты применяются для изготовления олиф и некоторых лаков. Линолеаты дают более гибкую, эластичную и прочную пленку, поэтому идут на изготовление лаков для кожи, изоляционных и других, а также для лаков, подвергающихся шлифовке (автомобильных, каретных и т. д.). Они выдерживают также значительно лучше высокие t° . Недостатком линолеатов, в особенности плавящихся, является склонность их к выпадению из растворов вследствие окислительного действия воздуха, полимеризации и других причин. При употреблении С. (как твердых, так и жидких) необходимо обращать особое внимание на содержание в них активного металла, которое в продажных продуктах может колебаться в очень широких пределах.

В зависимости от содержания металла находятя цена, качество, а также и расход С. для получения определенного эффекта сушки. Поэтому вопрос о стандартизации С. имеет чрезвычайно важное практич. значение. В Германии установлены следующие нормы для плавящихся и осажденных С.

Виды С.	Содержание металла в %
Свинцовый резинат плавящийся	11,0—12,0 Pb
» » осажденный	22,0—23,0 Pb
Свинцовый линолеат плавящийся	31,0—34,0 Pb
» » осажд.	31,0—32,0 Pb
Марганцевый резинат плавящийся	2,0—2,5 Mn
» » осажд.	6,0—6,5 Mn
Марганцевый линолеат плавящийся	7,0—7,5 Mn
» » осажд.	8,0—8,5 Mn
Кобальтовый резинат плавящийся	2,2—2,5 Co
» » осажд.	6,2—6,5 Co
Кобальтовый линолеат плавящийся	2,2—2,5 Co
» » осажд.	9,2—9,5 Co
Свинцовомарганцевый резинат плавящийся	4,5—5,5 Pb; 1,0—1,5 Mn
Свинцовомарганцевый резинат осажд.	12,0—12,5 Pb; 2,5—3,0 Mn
Свинцовомарганцевый линолеат плавящийся	14,0—15,0 Pb; 2,7—3,2 Mn
Свинцовомарганцевый линолеат осажд.	14,0—15,0 Pb; 2,7—3,2 Mn

Для приготовления этих С. должны применяться только канифоль, льняное масло, жирные кислоты льняного масла и соединения, содержащие указанные металлы. Для плавящихся продуктов допускается прибавка извести. Процентное содержание металла относится только к активному металлу, т. е. находящемуся в растворимой форме. При растворении в 10-кратном количестве льняного масла при 150° эти С. должны давать прозрачный или лишь слабо мутноватый раствор (за исключением осажденных кобальтового резината, у к-рого помутнение или осадок не является указанием на присутствие суспендированного или неактивного металла). Хороший С. должен удовлетворять следующим трем основным условиям: 1) сообщать маслу соответствующую скорость высыхания; 2) не давать загущения с металлич. красками; 3) не выделять после растворения в масле осадка. При исследовании С. определяют: 1) цвет, 2) растворимость в льняном масле и органич. растворителях (цвет раствора, вязкость, выделение осадка и т. д.), 3) содержание активного металла, 4) содержание влаги (в осажденных С.), 5) содержание неомыленных веществ и т. д., а также производят практически испытания на скорость сушки и качество пленки.

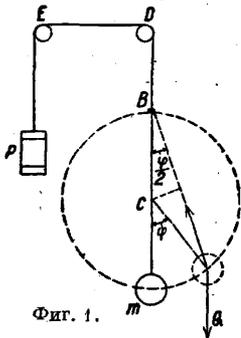
Лит.: Киселев В., Приготовление олиф и сикативов, М., 1922; его же, Олифа и лаки, М., 1926; Галайцев З., Олифоварение и приготовление сикативов, М., 1924; его же, Технология жиров и масел, ч. 1, М., 1925; Зиновьев А., О некоторых свойствах линолеатных и резинатных сикативов в связи с применением их в производстве олиф, «Маслободно-жировое дело», М., 1928; Киселев В. и Головистиков И., Влияние качества и количества сикативов на скорость высыхания льняного масла, «ЖХП», 1930, 22—23; Seeligmann F. u. Ziescke E., Handbuch d. Lack-u. Firnisindustrie, 4 Aufl., B., 1930; Stöck E., Die Fabrikation d. Oellacke u. Sikkative, W.—Lpz., 1915; Bottler M., Die Trockenmittel in d. Lack-, Firnis- u. Farbenindustrie, Halle a/S., 1915; Ullm. enz., 2 Aufl., B. 10, p. 430. См. также *Олифа*.

СИЛА КРИТИЧЕСКАЯ. Устойчивость равновесия может зависеть как от геометрич. формы системы, так и от величин действующих сил; при малых силах равновесие м. б. устойчиво, при больших—неустойчиво. То значение силы, при к-ром равновесие из устойчивого переходит в неустойчивое, называется С. к.

Первые исследования в этой области принадлежат Эйлеру. Он показал, что прямолинейный стержень, сжимаемый двумя силами P , прило-

женными на концах и действующими вдоль оси его, сохраняет прямолинейную форму равновесия, пока силы P невелики. При возрастании сил P наступает такой момент, когда прямолинейная форма равновесия становится неустойчивой и стержень искривляется. То значение сжимающей силы, при котором начинается искривление стержня, называется до настоящего времени Эйлеровой критической силой. Теория Эйлера была несколько далее развита Лагранжем, применявшим ее к расчету колонн. Идеи Эйлера долгое время не находили себе применения в технике, они были основательно забыты, и инженеры пользовались при расчете сжатых стержней различными эмпирич. ф-лами. Лишь во второй половине 19 в., когда развитие строительства мостов и других металлических конструкций потребовало более точного расчета сжатых стержней и тонких пластин, выяснилась вся правильность и плодотворность идей Эйлера. Оказалось, что во всех тех случаях, когда один или два размера тела малы сравнительно с третьим (пластины, оболочки, тонкие стержни), всегда существует С. к. и она м. б. найдена по способу, указанному Эйлером. Появилось очень большое число работ в этой области, и в настоящее время при всех расчетах тонкостенных конструкций прежде всего считаются с этой С. к. Силы, действующие на сооружение, обязательно д. б. меньше критических.

Если понятие о С. к. в теории упругости установилось уже давно, то в статике твердого тела первый довольно сложный пример был дан Сутвеллом в 1913 г. Несколько более простых примеров даны Динником. Наиболее просто находится С. к. в статике твердого тела следующим приемом: известно, что если работа A приложенных к телу сил при малом, но конечном отклонении его от положения равновесия отрицательна, то рассматриваемое положение равновесия устойчиво; если A положительна, то — неустойчиво. Если A меняет свой знак при возрастании силы P , то С. к. существует; если же A сохраняет свой знак, то С. к. не существует. Для нахождения С. к. следует приравнять A нулю и решить соответствующее ур-ие относительно P . Напр. маятник состоит из невесомого стержня $Ст$ и шара весом Q (фиг. 1). Нить $mBDEP$ с грузом P на конце проходит через



Фиг. 1.

на окружности радиуса l , как-раз над C и через блоки D и E . Ясно, что положение равновесия ($\varphi = 0$) является устойчивым, если P мало сравнительно с Q , и неустойчивым, если P велико, т. е. С. к. здесь существует; надо найти ее величину. Работа всех сил при отклонении маятника из положения равновесия на угол φ

$$A = -Ql(1 - \cos \varphi) + 2Pl \left(1 - \cos \frac{\varphi}{2}\right)$$

или при малом φ

$$A = [-2Q + P] \frac{l\varphi^2}{4}$$

Если $P < 2Q$, то $A < 0$ и равновесие устойчиво; если же $P > 2Q$, то $A > 0$ и равновесие неустойчиво. С. к. находится из ур-ия $A = 0$, т. е. $P_{кр.} = 2Q$. Для других систем для данного типа

Т. Э. т. XX.

деформации существует вообще несколько значений С. к.; из них для технич. целей важно знать наименьшую. Высшие же С. к. в большинстве случаев не представляют никакого интереса. Для определения $P_{кр.}$ существуют 3 основных способа. Не излагаю их в общей форме, поясним суть дела на задаче о продольном изгибе.

1) Прямое интегрирование дифференциальных уравнений равновесия. Колонна (фиг. 2) сжата силой P , действующей вдоль оси ее. При малой P колонна остается прямой. При увеличении P может наступить такой момент, когда прямолинейная форма колонны делается неустойчивой и колонна искривляется. Для нахождения того значения P , при котором начинается это искривление, предполагают, что колонна уже искривилась, и составляют дифференциальное ур-ие изгиба для малых отклонений от прямолинейной формы равновесия. При малых отклонениях это уравнение получается линейным. Интегрируют его и определяют из граничных условий произвольные постоянные, вошедшие при интегрировании. Эта операция приводит к конечным уравнениям, в которые входят произвольные постоянные интегрирования, сила P и размеры колонны. Критич. значение P находится из того соотношения между силой и размерами колонны, при котором уравнение изгиба может иметь несколько решений, удовлетворяющих одним и тем же граничным условиям (изгиб продольный — см. Изгиб). Его иногда изменяют след. обр.: к силе P , критич. значение которой надо определить, присоединяют еще какую-либо силу (напр. поперечную силу или момент) и смотрят, при каком значении P прогиб, вызываемый дополнительной силой, будет неопределенно возрастать. Это значение P и будет С. к.

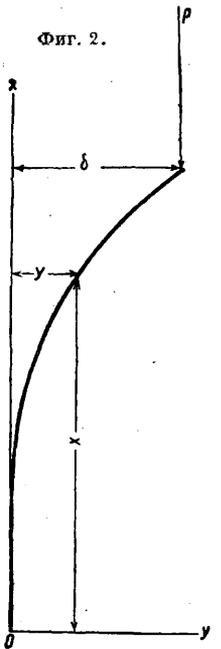
2) Метод потенциальной энергии. Предполагают, что колонна уже искривилась, и составляют выражение для изменения потенциальной энергии ΔW системы при изгибе. В данном случае потенциальная энергия ΔW складывается из энергии изгиба ΔV и убыли энергии ΔT при опускании груза P :

$$\Delta W = \frac{1}{2} \int_0^l EI y''^2 dx - \frac{P}{2} \int_0^l y'^2 dx.$$

Критическая сила находится из уравнения

$$\Delta W = 0.$$

Если известна форма той кривой, по которой искривляется наша колонна, то из ур-ия $\Delta W = 0$ получают точное значение $P_{кр.}$. Но в большинстве случаев форма этой кривой неизвестна. Тогда можно воспользоваться следующим приближенным приемом, подробно развитым С. Тимошенко: на основании опытных данных или рассмотрения аналогичных задач задаются подходящей формой кривой, причем ее ур-ие обязательно должно удовлетворять условиям на



Фиг. 2.

границах и содержат один или несколько неопределенных параметров

$$y = f(x, a_1, a_2, \dots, a_n).$$

Далее составляют выражения для ΔV и ΔT , вносят их в ур-ие $\Delta W = 0$ и находят P . Наконец параметры a_1, a_2, \dots, a_n подбирают таким образом, чтобы $P_{кр.}$ имела наименьшую величину. Сравнение точных и приближенных решений показало, что этот простой прием при удачном подборе формы кривой дает очень хорошие результаты.

3) Динамический прием основан на рассмотрении колебаний системы около положения равновесия. Надо составить дифференциальное уравнение колебаний колонны, проинтегрировать его и вычислить период колебаний T . Он зависит от величины сжимающей силы P . То значение P , при котором T неопределенно возрастает, и является $P_{кр.}$. Физический смысл этого приема ясен: с увеличением P колонна колеблется все медленнее и медленнее. При $P = P_{кр.}$ колонна, отклонившись от прямолинейной формы, в нее уже не возвращается, а остается искривленной. С математич. точки зрения этот прием является наиболее сложным.

Самое интегрирование уравнений или вычисление энергии во всех трех случаях может быть выполнено или аналитически или графически. С этой точки зрения все приемы нахождения S к. можно разделить на аналитические и графические. Результаты нахождения S к. для стержней, пластин и оболочек—см. Устойчивость.

А. Диннин.

Лит.: см. Устойчивость.

СИЛИКАГЕЛЬ, гидрат кремневой к-ты, находящейся в коллоидном состоянии, за последнее время получивший широкое технич. применение в качестве ценного адсорбента.

Брюстер [1] первый из исследователей занимался изучением гелей кремнекислоты. Кюн [2] и Срукман [3] изучали растворимость свежеосажденных гелей кремнекислоты в различных жидкостях и нашли, что они имеют отрицательный заряд. Грем [4], изучая растворимость кремнекислоты, первый заметил способность наполняющих гель жидкостей замещаться другими жидкостями. Майке [5] нашел, что при взаимодействии щелочных солей кремнекислоты с к-тами свойства образующихся зелей зависят от концентрации и t° обоих компонентов; он же установил, что кремнекислота м. б. получена в различных степенях гидратации, в зависимости от условий сушки. Следует указать также на работу Христиансена [6], исследовавшего оптические свойства гл. обр. природной кремнекислоты (см. Табашир). Особенно большое значение в деле изучения свойств коллоидной кремнекислоты и процессов, протекающих в системе гель+вода, имели исследования Ван-Беммелена [7], к-рый нашел, что гели при поглощении жидкостей или паров не образуют с ними химич. соединения, но что здесь происходит процесс адсорбции. Для объяснения процесса обезвоживания и оводнения гелей Жигмонди, приложив учение о капиллярных силах, доказал амикроскопичность гелей и, пользуясь ур-ием Минковского [8], показал возможность вычислять диаметры капиллярных отверстий в гелях по понижению упругости пара. Работы Бахмана [9] (1912 г.) подтвердили амикроскопичность структуры геля кремневой кислоты. Жигмонди, Бахман и Стевенсон [10] повторили исследование Ван-Беммелена по определению

изотерм систем: гель SiO_2 +пары воды и гель SiO_2 +пары спирта и сконструировали особый аппарат, дающий возможность быстро определять изменения упругости паров в отсутствии воздуха. В 1913 г. Бахман [11] показал, что при поглощении жидкостей гелями кремнекислоты имеет место чисто капиллярный процесс без какого-либо взаимодействия с субстанцией геля. В 1914 г. Андерсон по понижению упругости паров воды, спирта и бензола, адсорбированных гелем SiO_2 , вычислил наибольшие и наименьшие диаметры капилляров: вода—5,49—2,75 $m\mu$, спирт—5,17—2,42 $m\mu$, бензол—5,98—2,70 $m\mu$. Патрик в 1914 г. исследовал поглощение коллоидной кремнекислотой углекислого газа, сернистого газа и аммиака при различных t° и давлениях.

В 1920 г. впервые был описан [12] в общих чертах способ получения S , обладающего удовлетворительными адсорбционными свойствами по отношению к парам. Способ этот (по Патрику) следующий: при взаимодействии растворов соляной кислоты и силиката натрия образуется золь, коагулирующий в течение 1—18 час. Когда гель достаточно отвердеет, его промывают чистой водой до полного удаления электролитов, сушат в вакууме при 110° и доводят в нем содержание воды до 7—8%. Патрик пришел к следующим выводам: 1) максимум адсорбционных свойств обладает S , содержащий ок. 7% воды, 2) эмпирич. ур-ие Фрейндлиха (см. Адсорбция) не всегда приложимо к полученным экспериментальным данным, 3) наиболее удовлетворяющим действительности ур-ием можно считать следующее:

$$\frac{V}{\sigma} = k \left(\frac{p}{p_0} \right)^{\frac{1}{n}},$$

где V —объем конденсированной фазы, σ —поверхностное натяжение, p —давление газовой фазы, p_0 —упругость паров жидкости, k и $\frac{1}{n}$ —постоянные, зависящие от физич. свойств адсорбента и адсорбтива. Несмотря на значительное количество работ по S вопрос о способах его получения ограничивался лишь общими указаниями [13]. В 1925 году Холмс и Андерсон [14] опубликовали новый способ получения S с высокой сорбционной емкостью. По этому способу S готовится взаимодействием растворов жидкого стекла с растворами различных солей (FeCl_3 , NiCl_2 , AlCl_3 , CaCl_2 и др.). Пример: к 500 cm^3 жидкого стекла уд. в. 1,375, разведенного водой до 10 л, приливают при сильном помешивании 1 440 cm^3 $2/1N$ раствора FeCl_3 ; осадку дают отстояться и затем отфильтровывают через полотно. Отфильтрованную массу раскладывают тонким слоем на лотки с полотняным дном и сушат в теплой вентилируемой комнате. После нескольких дней просушивания куски геля становятся твердыми и ломкими; тогда гель вносят в сосуд и промывают водой до отрицательной реакции на хлор. Полученный красный гель после высушивания при комнатной t° активируют нагреванием в сушильном шкафу при 135 — 145° в течение 12 час. Перед употреблением такой гель активируют еще раз при 150° , пропуская через него слабый ток воздуха. Сорбционные свойства такого геля (при упругости паров бензола при 30°) равны 43,2%. Для придания гелю большей пористости авторы отмывали заключающийся в нем коллоидный гидрат окиси железа, настаивая гель в 6 N растворе соля-

ной к-ты, с последующим промыванием водой. Такой гель показал сорбционную емкость по бензолу при 30°, равную 50%. Кроме ферроксида-геля авторами были получены гели, содержащие окислы алюминия, хрома, кальция и меди. Они получались взаимодействием 500 см³ 0,44 N раствора хлористой соли металла с 1 л раствора, полученного разбавлением 50 см³ продажного жидкого стекла. Для приготовления гелей, содержащих закись никеля, на 1 л стекла брали по 110 см³ $\frac{1}{2}$ N раствора NiCl₂. В табл. 1 приведена сорбционная емкость полученных гелей по бензолу при 30° (в %).

Табл. 1.—Сорбционная емкость гелей.

Тип геля	Сорб. емкость промывного геля (после высушивания)	Сорб. емкость геля, обработанного к-той
(Al ₂ O ₃) _x (SiO ₂) _y	4,1	24,5
(CaO) _x (SiO ₂) _y	8,6	21,2
(Cr ₂ O ₃) _x (SiO ₂) _y	23,2	37,8
(CuO) _x (SiO ₂) _y	26,1	37,9
(NiO) _x (SiO ₂) _y	60,0	96,8

Оказалось, что ферроксида-гель (гель «from iron») и гель «from nickel» гораздо лучше обесцвечивают масла, чем обыкновенный С. Холмс, Селливан и Меткаф (Metcalv) [15] нашли, что при промывании геля $\frac{1}{2}$ N раствором горячей соляной к-ты получается С. одинаковых сорбционных свойств с гелем, промытым серной к-той при 115°. Далее было установлено, что оптимальным содержанием воды в С. до его промывки нужно считать 50—70% и что очень сильное влияние на повышение сорбционных свойств С. оказывает процесс синерезиса (см.). Для изготовления нового типа С. авторы дают следующий рецепт: к 50 л разбавленного раствора силиката натрия (2,5 л продажного жидкого стекла уд. в. 1,375, разведенного до 52,5 л) медленно приливают при сильном помешивании 8 л $\frac{1}{2}$ N раствора FeCl₃. Жидкости дают стоять ок. 60 час., затем фильтруют через полотно, посаженное на железную сетку, расплавленная осадок толщиной ок. 5 см. Когда содержащая воды упадет до 60%, куски геля размером ок. 2 см помещают на неделю для выпотевания в закрытые банки (процесс подсушивания длится до двух и более недель). Гель после выпотевания ломают на куски размером ок. 1 см и кипятят несколько раз по 1 ч. с $\frac{6}{10}$ ÷ $\frac{9}{10}$ N раствором серной к-ты до удаления Fe(OH)₃, промывая гель водой после каждого кипячения. Затем отмытый гель сушат при 150° в течение 8 ч., после чего активируют при 140—200°, пропуская через толщу геля струю сухого воздуха. В табл. 2 приводится сравнительная сорбционная емкость трех типов С. (по данным Холмса).

Табл. 2.—Сравнительная сорбционная емкость различных гелей (по Холмсу).

Адсорбтив	Гель Пат-рина	Гель, под-вергнутый горячей активации	Ферроксида-гель
Бензол	32,2	62	126
Толуол	33,1	63	119
Ксилол	33,4	62	120
Четыреххлористый углерод	57,7	120	222
Сероуглерод	44	91,5	183
Хлороформ	55,7	107	202
Бромистый этил	57,1	107	208
Этиловый эфир	30,5	54,3	108
Газолин	27,6	—	68
Аммиак	25,9	53,4	96,7

Описанный метод приготовления дает возможность регулировать величину капиллярных отверстий; напр. при высушивании силикагеля до содержания в нем около 35% воды происходит сильное уменьшение объема геля и образование мелких капилляров, а при доведении содержания воды до 55% образуются более широкие капилляры.

Феллс и Фирс [16] предложили способ получения высокопористого С.—«Carbo-gel». Способ приготовления этого типа гелей следующий: раствор силиката натрия (уд. в. 1,181) смешивают с раствором тростникового сахара в $\frac{1}{2}$ N растворе соляной к-ты. Отвердевший гель ломают на небольшие куски и нагревают на паровой бане в открытой фарфоровой чашке; при этом гель бурет, затем чернеет. После этого гель нагревают в воздушном термостате до 300° в течение 2 ч. Полученный продукт тщательно промывают водой, на что требуется ок. 4 ч., и активируют в течение 2 ч. при разрежении 15—20 мм рт. ст. Адсорбционная емкость полученных образцов геля приведена в табл. 3.

Табл. 3.—Адсорбционная емкость образцов геля (по Феллсу и Фирсу).

Состав геля в %			Адсорбировано в %	
SiO ₂	H ₂ O	C	Бензол	Толуол
93,20	6,80	—	65,4	62,2
91,65	6,11	1,94	68,1	65,4
88,37	7,02	4,61	73,2	69,5
86,96	7,11	5,93	75,6	70,8
86,12	6,90	7,28	77,8	72,8
83,76	6,64	9,60	80,2	75,0
79,66	6,92	13,52	85,0	80,1
75,59	6,31	18,10	88,2	82,7
66,59	6,00	27,41	84,3	78,9
53,96	5,84	40,20	74,8	67,7
—	—	100,00	25,1	22,3

Окатов [17] разработал способ получения С., основанный на медленной коагуляции золя, с последующей обработкой геля активирующими растворами. В качестве активирующих веществ он применял аммиак и серноокислые соли аммония или щелочных металлов. При этом было замечено, что гель с оптимальной динамической активностью получается при изготовлении его след. образом: к $\frac{10}{1}$ N раствору соляной к-ты приливают раствор жидкого стекла, взятого в таком отношении к к-те, чтобы 6 ÷ 8% к-ты в реагирующей жидкости оставалось свободной после смешения. Кроме этого концентрация раствора жидкого стекла должна быть такой, чтобы получающийся золь содержал 10—11% SiO₂. Это достигается предварительным определением содержания SiO₂ в жидком стекле. Полученный так. обр. золь оставляют стоять в ваннах на несколько дней до наступления достаточной зрелости геля, что определяется появлением на поверхности геля жидкости (синерезис), растрескиванием и отставанием от стенок сосуда. Для определения количества аммиака, необходимого для приготовления активирующей жидкости, поступают след. обр.: после изготовления золя берут пипеткой 50 см³ золя, переносят в мерную колбу и оттитровывают аммиаком. Отсюда, зная объем изготовленного золя, вычисляют объем аммиака, необходимый для нейтрализации всей свободной к-ты в золе. После того как гель достиг достаточной зрелости, его ломают на куски размером 2—3 см, кладут в сосуд вместе с сывороткой и обливают активирующим раствором, состоящим из 0,25 N раствора Na₂SO₄ и содер-

жанием аммиака в количестве, необходимом для нейтрализации 0,4—0,5 всей свободной соляной кислоты в геле. После суточной активации геля раствор сливают, а гель промывают водой до отсутствия кислой реакции в толще геля. После этого гель вносят в термостат и сушат при 150° до превращения геля в твердую массу. Такой гель обладает удовлетворительной скоростью поглощения при невысоких концентрациях. По мнению Окатова активация геля при обработке раствором сернокислых солей основана на коагуляции и дегидратации ионом SO_4^{2-} коллоидных комплексов кремнекислоты в непрокагулировавшем золе, находящемся в толще геля, причем действия этих ионов проявляются только в слабокислой среде. По мере повышения содержания аммиака в активирующей жидкости при высушивании происходит все меньшее сжатие объема геля, т. е. образование более грубой капиллярной структуры. Такие гели хорошо поглощают пары лишь при высоких концентрациях и совершенно непригодны для низких концентраций.

Кроме вышеуказанных способов С. может быть получен, и притом в наиболее чистом виде, путем взаимодействия четыреххлористого кремния SiCl_4 с водой. Этот способ получения м. б. весьма рентабельным, так как при получении хлористого алюминия из глины в качестве побочного продукта образуется четыреххлористый кремний, не имеющий технического применения и являющийся поэтому отбросом производства.

Тиссен и Кернер [18] получили С. путем омыления этилового эфира ортокремневой кислоты. Ими получены были следующие гидраты: $\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; $2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (широ-); $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (мета-); $2\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (метадикремневая кислота). Кроме того были вычислены теплоты образования этих гидратов путем применения уравнения Клапейрон-Клаузиуса из упругости паров гидрата при разных температурах. Вычисленные теплоты образования весьма незначительны по сравнению с теплотами гидратации других веществ. Ниже приведены граммоллекулярные теплоты образования при 320,5° (абсолютные): $\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ —1200 cal, $2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ —4500 cal, $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ —1000 cal, $2\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ —1000 cal. Сапожников, Окатов и Сусаров [19] показали, что С. обладает вполне удовлетворительными адсорбционными свойствами по отношению к окислам азота, причем по мере понижения концентрации адсорбтива и повышения температуры адсорбционная способность геля падает; поглощение NO_2 выгоднее вести при температуре близкой к нулю; при обратном получении из геля поглощенной NO_2 выходы достигают 95—99%.

Изучение изотерм адсорбции [20] для O_2 , CO и CO_2 , а также для бинарных систем: $\text{CO} + \text{O}_2$ при 0°, $\text{CO} + \text{O}_2$ при 100°, $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ при 100° и $\text{CO}_2 + \text{CO}$ при 100° показало незначительную сорбционную емкость С. по отношению к этим газам, например для кислорода при 100° и 142 мм давления она равна 0,54 см³, а для CO при 100° и 127 мм—1,37 см³. Кроме С. в зернах и порошке, применяемого гл. обр. для очистки нефтепродуктов, в практике появились формованные гели в виде пластинок и цилиндров. Формованные гели имеют преимущество перед зернеными в том, что при их изготовлении не наблюдается отходов и требуется меньшая затрата тепла на высушивание (т. к. при формовании большая часть воды отжимается). Прессование по данным патентной литературы [21] ведется при давлениях порядка 300—500 атм. В некоторых случаях однако С. в цилиндриках м. б. получен путем пропуска через обыкновенную мясорубку.

Применение С. Возможность широкого технич. использования С. впервые была установлена в 1918 г. в лаборатории фирмы Davison Chemical Co. в Балтиморе (США), что явилось толчком для образования фирмы Silicagel Corporation, сконструировавшей адсорб-

ционно-поглотительные установки для улавливания паров органич. растворителей и паров воды из воздуха. Фирма указывает на следующие применения С.: сушка воздуха при подаче его в доменные печи, улавливание паров бензина из природных газов, паров бензола на коксобензольных з-дах, улавливание паров летучих растворителей, улавливание нитрозных газов, концентрирование и получение сухого сернистого газа. Кроме этого возможно применение С. как носителя контактной массы в сернокислотном производстве и вообще как субстрата (подкладки, пористой основы) для самых разнообразных катализаторов.

Холмс, Рамзай и Эльдер [22] указывают, что платинированный С., при одном и том же содержании платины, обладает более высокими каталитич. свойствами, чем платинированный асбест. Получение платинированного С. вели путем смачивания носителя слабощелочным раствором $\text{H}_2\text{PtCl}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Гель после смачивания просушивали при 100° и охлаждали до комнатной температуры, после этого осторожно пропитывали раствором формалина и медленно нагревали до 100°. После почернения гель тщательно промывали горячей водой и сушили. Авторы работы указывают, что максимальный процент окисления SO_2 равен 96%. Ададуров и Бродович исследовали контактирующие свойства С. по отношению к SO_2 и нашли, что гели, полученные путем взаимодействия растворов жидкого стекла с раствором NiCl_2 или FeCl_3 , обладают высокими контактными свойствами (до 67%). В технич. масштабах платинированный С. обычно готовят путем обрызгивания формованного геля (в цилиндриках) раствором H_2PtCl_6 , с последующим восстановлением при нагревании. О применении С. для рекуперации паров растворителей см. *Рекуперация*.

Сравнительно широкое применение С. получил в технике осветления минеральных масел, керосина и сырого бензола благодаря его способности полимеризовать непредельные соединения и адсорбировать растворенные примеси. По данным фирмы Silicagel Corporation С. почти нацело освобождает керосин также и от сернистых соединений. Регенерация С. после отбелки по данным той же фирмы ведется путем продувки перегретым до 450° водяным паром, который вытесняет большую часть адсорбированных гелем веществ, с последующим продуванием смеси пара с воздухом при 350°. С. регенерируется нацело без изменения своих свойств. Процесс регенерации длится ок. 5 час. Для очистки масел [23] гель д. б. тонко измолот (при прохождении через сито с 200 отверстиями на дм. не должно получаться остатка); при применении более крупного порошка процесс очистки сильно замедляется. Работы по изучению очистки нефтяных погонов от сернистых соединений были произведены Ваггерманом и Перкином [24], Миллером и Дунстаном [25]. Белль [26] дает описание установок для очистки сильно загрязненного бензина с суточной производительностью до 1000 бочек (для очистки водных растворов гель применяться не может вследствие своей гидрофильности). Внедрение С. в практику отбелочных процессов тормозится лишь его относительной дороговизной по сравнению с натуральными отбелывающими материалами—флоридином, фуллеровой землей и т. п.

¹ Lum...² «Journ. Chimie et Physique», P., 1820, t. 29, p. 411—429, 1828, t. 52, p. 412—416; ³ «Journal f. prakt. Chemie», Lpz., 1853, B. 59, p. 1—6; ⁴ «Liebig's Annalen», Lpz., 1855, B. 94, p. 341; ⁵ «Annalen d. Physik u. Chemie»,

Лрз., 1864, p. 529; 5) *ibid.*, 1872, В. 221, p. 549—578, В. 222, p. 90—111; 6) *ibid.*, 1885, p. 259, 260, 298—305, 439—446; 7) *Zeitschrift f. anorg. Chemie*, Leipzig, 1908, В. 59, p. 225—249, 1909, В. 62, p. 1—23; 8) *Enzyklopädie d. mathem. Wissenschaften*, Мch.—В., 1907, В. 5, Т. 1, Н. 4, p. 71; 9) *Ztschr. f. anorg. Chemie*, Leipzig, 1912, В. 73, p. 125; 10) *ibid.*, 1912, В. 75, p. 189; 11) *ibid.*, 1913, В. 79, p. 202; 12) *Am. Soc.*, 1920, v. 42, p. 946; 13) *Journ. of Physical Chemistry*, N. Y., 1918, v. 22, p. 510—519; 14) *Industrial A. Engineering Chemistry*, N. Y., 1925, v. 17, 6; 15) *ibid.*, 1926, April; 16) *Chemistry A. Industry Review*, L., 1927, v. 46; 17) *Журнал прикладной химии РФ-ХО*, 1929, 1; 18) *Ztschr. f. anorg. u. allgem. Chemie*, Лрз., 1931, В. 197; 19) *ЖК*, т. 6, вып. 8; 20) *Am. Soc.*, 1931, p. 497; 21) *K a u s c h O.*, *Das Kieseläuregel u. die Bleicherden*, В., 1927; 22) *Industrial A. Engineering Chemistry*, N. Y., 1929, v. 21, 9; 23) *Brennstoff-Chemie*, Esscn, 1923, В. 4, p. 358; 24) *ibid.*, 1925, В. 6, p. 255—257; 25) *J. Ch. I.*, 1924, v. 43, p. 181; 26) *Ch.-Ztg.*, 1924, p. 48, 518. **А. Скотов.**

СИЛИКАТНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ охватывает производство различных видов искусственных *силикатов* (см.) и по роду изделий и продуктов разделяется на керамическую, стекловую и вяжущих веществ.

1. Керамическая промышленность включает все виды производства грубой и тонкой керамики, получаемые путем соответствующих подготовки, формовки и обжига различных глин, их смесей и некоторых пород и минералов. Основным сырьем для изделий керамич. пром-сти являются различные глины, а для отдельных отраслей производства кварциты; магнезиты, доломиты, бокситы и т. п., а в качестве плавней для уплотнения применяют некоторые из минералов, так же как и для отощения. Добыча сырья (ручная или механизированная) и его транспорт на з-д совершаются при помощи механизированных транспортных устройств и передач. Способы обработки сырья и подготовки его к обжигу построены на важнейших свойствах глины — пластичности и способности ее становиться твердой при нагревании. Способов обработки сырья и превращения его в изделие желаемой формы существует два: мокрый и сухой, а также промежуточный — полусухой. Применение каждого из способов исключительно зависит от степени пластичности перерабатываемого сырья. Каждому из указанных способов соответствует определенная аппаратура, варьируемая в зависимости от отдельных деталей производства различных отраслей керамики. Помимо того свойства готовых изделий предопределяют кроме требуемой обработки наличие в сырье необходимого его состава, что очень редко могут дать природные материалы. Для выравнивания состава сырья и для получения необходимых свойств изделий вводят соответствующие добавки к основному сырью в виде различных материалов, минералов и веществ. Отформованные изделия подвергают, согласно характеру, обрезке и отделке. Высушивание отформованных изделий применяется в тех отраслях керамической пром-сти, в которых по роду сырья употреблен мокрый способ обработки, и стремится удалить большую часть воды, введенной в сырье при образовании из него пластического теста. В процессе высушивания изделия сокращаются в объеме в силу испарения механически примешанной воды и сближения частиц вещества. Это явление усушки, начинаемое с поверхности, может вызвать появление трещин и даже деформацию изделия в случае наличия большого его процента. Поэтому в отдельных случаях для уменьшения этого вредного явления в обрабатываемое сырье вводят отощающие вещества, не имеющие этого недостатка и способствующие образованию как бы несжимаемого каркаса

в общей массе вещества изделия. Процесс высушивания лучше всего производить искусственно в специальных аппаратах-сушилках, в виду всех его удобств и выгод по сравнению с естественной и примитивной сушкой. При сухом и полусухом способах высушивание применяется не к отформованным изделиям, а к сырым материалам с целью облегчить операцию измельчения. Обжиг керамических изделий имеет целью придать отформованным изделиям требуемые твердость и прочность, цвет, стойкость к воде; он осуществляется в соответствующих обжигательных аппаратах (печах) различных систем. В таблице приведены наиболее употребительные в современной технике печи для обжига керамических изделий и расход топлива в % от веса изделий.

Табл. 1.—Печи для обжига керамических изделий.

Наименование изделий	Род печи	Расход топлива *
Строительный кирпич	Кольцевая Гофмана	Камен. уголь — 5—7; бурый уголь — 5—12; торф — 6—9; дрова—14
Гончарные изделия	Зигзаг, Туннельная	Камен. уг.—30
	Газокамерная	» » 14
Половые плитки	Газокамерная	» » 35—45
	Круглая с прямым пламенем	Камен. уг.—12—14—16—18
Огнеупорные изделия	Газокамерная	Камен. уг.—21—30; 25—23; 11,1—21; 2,16—30
	Круглая с обратным пламенем	Камен. уг.—8—8,7
Фаянсовые изделия	Туннельная	Камен. уг.—50—90
	Круглая с обратным пламенем	Камен. уг.—350; 140—200; 300
Фарфор	Туннельная	Камен. уг.—30
	Круглая с обратным пламенем	Камен. уг.—30

* По данным проф. В. Штегера (в %).

Туннельная печь имеет ряд преимуществ перед остальными системами: 1) экономия в расходе топлива (наиболее полное сжигание топлива при минимальном избытке воздуха); 2) большая скорость обжига; 3) равномерные высушивание, подогревание, обжиг и охлаждение; 4) централизованный источник тепла. К недостаткам туннельной печи относятся повышенная стоимость устройства и оборудования, большой подвижной состав и соответствующий его ремонт и возобновление.

Об отдельных отраслях керамич. пром-сти см. *Керамическое производство, Кирпичное производство, Клинкер, Изразцы, Динас.*

Промышленность огнеупорных материалов производит такие изделия, которые способны выдерживать высокие t° , сопротивляться воздействию горячих газов, твердых и расплавленных масс и оставаться механически прочными. По составу они делятся на кислые, основные и нейтральные. Кислые содержат не менее 92—97% SiO_2 , основные имеют не менее 95% CaO или MgO (или общую их сумму) и нейтральные охватывают материалы, содержащие Al_2O_3 (не менее 22%) и SiO_2 . Сырьем для производства огнеупорных изделий служат соответственно природные кварци-

ты и кварцевые породы, магнезиты, доломиты, огнеупорные глины, бокситы и пр. Сырье обрабатывается по сухому или полусухому способам, и только в отдельных случаях применяется мокрый способ. Сырье сначала подвергается грубому дроблению на дробилках разных систем, дробильных вальцах и бегунах; затем при наличии определенной влажности высушивается в барабанных сушилках и наконец попадает в измельчающие аппараты. Измельченное сухое сырье определенной крупности проходит через дозирующие аппараты в смесители и затем в прессы для уплотнения и формования. При изготовлении динасовых изделий к измельченному зернам кварца подмешивают перед прессовкой известковое молоко из расчета 2,5% сухого порошка СаО. Для связывания зерен сырого магнезита добавляют перед прессовкой 2,5% сухой мелкоразмолотой глины и 8—10% воды. Доломитовые кирпичи формируются из обожженного размолотого доломита с добавлением 7—10% смолы или же в некоторых случаях 20—30% железной руды, что не понижает стойкости доломитовых изделий и набоек. Шамотные изделия формируются из смеси огнеупорной глины и шамота по мокрому (с 18% воды) или по сухому (с 6—8% воды) способам. Хромистый кирпич формируется по сухому способу из размолотого хромистого железняка с добавкой 2% СаО в виде известкового молока. Отпрессованный огнеупорный сырец поступает в обжиг, предварительно в некоторых случаях подвергаясь процессу высушивания. Обжиг осуществляется в печах различной системы. Такие материалы, как шамотные (обжиг при 1300—1380°) и тальковые (около 1300° и ниже), обжигают в кольцевых, многокамерных и в более совершенных печах; обжиг остальных видов огнеупорных изделий производится в круглых, многокамерных или туннельных печах при t° обжига для хромистых 1350°, динасовых 1400° и магнезитовых 1700°.

Физико-химические условия производства огнеупорных изделий. Процесс обжига огнеупорных изделий согласно теории акад. А. А. Байкова, имеющий целью превратить бесвязную рыхлую массу в прочное камневидное изделие, в основном разделяется на три периода. В первый период постепенно поднимают t° до требуемой высоты. Во второй период (менее продолжительный) изделия выдерживают при достигнутой t° , причем мало связанная масса отдельных зерен основного вещества пропитывается жидкой фазой, получающейся в виде эвтектики из примесей и основного вещества. Количество получаемой жидкой фазы зависит от состава, количественного соотношения компонентов и достигнутой t° . Обжигаемое изделие, представляя еще рыхлую массу, пропитывающуюся небольшим количеством жидкости, к концу второго периода обжига приобретает определенную механическую прочность в силу срастания твердых зерен в кристаллический сросток, что является результатом перекристаллизации при t° обжига зерен основного вещества в небольшом количестве жидкости, протекающей в течение определенного времени. Этот процесс образования твердых монолитных огнеупорных изделий подобен процессу затвердевания цемента, затворенного водой, поэтому огнеупорные материалы можно назвать «цементами высоких t° », а готовые огнеупорные изделия—«бетонами высоких t° » (акад. Байков). В течение третьего периода происхо-

дит охлаждение готового изделия до обыкновенной t° со скоростями, соответствующими тому или другому виду изделия. В процессе производства должен быть установлен непрерывный технич. контроль, начиная от сырья и кончая готовой продукцией, которая испытывается по методам, установленным стандартом.

Изделия кислотоупорной промышленности имеют плотную спекшуюся массу и должны сопротивляться воздействию различных жидкостей как в холодном, так и в нагретом состоянии. Сырьем для них служат низкоспекающиеся, среднепластичные, огнеупорные глины с добавкой определенного количества тонко измельченного шамота (10—30%), а иногда кварца, полевого шпата и специальных глин. Способов подготовки сырья к обжигу существует четыре: сухой, мокрый, литой и пневматич. трамбования. Каждый из способов зависит от характера сырья и назначения готовых изделий. Сушка отформованных изделий должна быть очень осторожной, в особенности для сложных по форме изделий, и выполняется в специальных сушильных устройствах. Источником тепла помимо отдельных топков может служить отходящее тепло обжигательных печей, паровых котлов и прочих заводских теплоустановок. Обжиг высушенных изделий производится весьма постепенно и осторожно в газовых многокамерных печах сист. Мендгейма непрерывного действия при t° 1250—1280° или в некоторых случаях несколько ниже. Охлаждение обожженных изделий должно выполняться медленно и постепенно.

Промышленность тонкой керамики обнимает предприятия, производящие фаянсовые и фарфоровые изделия. Сырьем для фаянсовых изделий, в зависимости от их назначения, служат или огнеупорные спекающиеся глины с добавками или же каолин в смеси с огнеупорной глиной и целым рядом минеральных добавок. В качестве сырья для фарфоровых изделий применяют каолин, кварц, полевой шпат и др. Производство тонкой керамики см. *Фарфоровое и фаянсовое производство*. Количество предприятий в керамич. пром-сти и их мощность приведены в табл. 2.

Табл. 2.—Предприятия в керамической промышленности.

Производство	Число заводов	Производительность
Красного кирпича . . .	416 *	4 613,6 млн. шт.
Силикатного кирпича . . .	30 *	1 091 » »
Огнеупорных изделий . . .	16	—
Фарфорово-фаянсов. . . .	26	—
Керамико-канализационных труб	4 *	64 тыс. м

* На 1932 г. находящихся в ведении НКТП.

2. Стекольная промышленность обнимает все предприятия, производящие различные стеклянные хозяйственные изделия, изделия, применяемые в химической пром-сти, и строительные материалы. Сырьем для приготовления стекла служит кремнекислота, а также все ее разновидности, соли щелочных металлов, породы, содержащие СаСО₃. Помимо того вводят в качестве обесцвечивающих или окрашивающих веществ ряд минеральных веществ определенного химического состава. Сырье материалы, взятые в требуемой пропорции

и тщательно перемешанные, загружают в печь для расплавления и получения стекла. Для плавки и получения стекла служат газовые печи—горшковые или ванны. В первых плавка происходит в специальных горшках из огнеупорной массы, а во вторых—на поду печи. Продолжительность процесса плавки—около 11 час. и 2—3 часа на разогрев и остывание печи. В отдельных случаях при плавке стекла продолжительность плавки длится 18 и даже 24 часа. Полученное при помощи плавки стекло в зависимости от характера изделий формируется посредством выдувания, прессования, вытягивания или литья вручную или при помощи специальных машин. Все указанные операции производятся еще тогда, когда стекло или тягуче и принимает придаваемую ему форму или находится еще в жидком состоянии. Дальнейшее остывание стекла должно происходить постепенно, чтобы изделие сохранило и в твердом состоянии стеклообразное состояние жидкости. Для достижения такого состояния изделия помещают в соответствующие вспомогательные печи, в которых и осуществляется медленное их охлаждение. В настоящее время в СССР находится 140 стекольных заводов, из которых механизировано 17. Производительность механизированных заводов 342 тыс. т изделий.

3. Промышленность в вязких веществах охватывает все предприятия, производящие различные эти вещества. Сырьем для вязких веществ служат многочисленные породы, легко находимые в поверхностных частях земной коры, почти всегда обнаженные и добываемые открытыми горными работами. К ним относятся различные разновидности известняков, мергеля, гипса, глины. Способы подготовки сырья к обжигу просты для всех воздушных вязких веществ, применяющихся для обжига природное сырье в его естественном виде, и сложны для высококачественных гидравлических вязких веществ, требующих приготовления искусственной смеси и изменения физич. состояния данного сырья. Обжиг подготовленного сырья производится в печах различных систем. Воздушные вязкие вещества обжигаются в шахтных или специальных печах. Обжиг упрощенных вязких веществ (гидравлическая известь, роман-цемент) совершается в шахтных печах. Более сложные гидравлич. вязкие вещества (как портланд-цемент) обжигаются в шахтных печах обыкновенных и автоматических и во вращательных печах. И наконец глиноземистый цемент обжигается и плавится в плавильных шахтных печах или в электродных электропечах. Переработка обожженного полуфабриката в готовый продукт осуществляется для всех почти вязких веществ путем передела его в порошок требуемой тонны с соответствующими добавками или без таковых. Только воздушная известь и в известной части гидравлич. известь для такого превращения в порошок подвергаются процессу гашения путем добавки воды (реже паром) и действия ее на обожженный материал.

Вязкие вещества служат для получения строительных растворов, необходимых при возведении различных зданий и сооружений из естественных или искусственных каменных строительных материалов, соединяемых вышеуказанными растворами. Высокогидравлич. вязкие вещества, как портланд-цемент и глиноземистый цемент, играют первостепенную роль при устройстве современных монолитных

сооружений из бетона и железобетона. Количество заводов в СССР и их мощность указаны в табл. 3.

Табл. 3.—Производство вязких веществ в СССР

Наименование производств, заводы	Число заводов	Производительность
Цементные	40 *	38 млн. боч.
Известковые	65 *	2 023,4 тыс. т
Алебастровые	22 *	737 тыс. т
Роман-цементные	4 *	77 тыс. боч.
Каустич. магнез.	2	—

* На 1932 г. находящихся в ведении НКТП.

Лит.: Будников П., *Керамич. технология*, 2 изд., Харьков, 1927; Драллер Р. и Кеппелер Г., *Производство стекла*, пер. с нем., М., 1929; Орлов Е., Глазури, эмали и керамические краски, Харьков, 1926; Лигинский Л., *Шамоты и силикаты*, пер. с нем., Берлин, 1927; Шур И., *Стеклотехника*, Харьков, 1927; Наске К., *Цементное производство*, М., 1928; Ост Г., *Строительные вязкие материалы, стекло, керамика*, пер. с нем., вып. 3, Л., 1925; Петухов С., *Стеклоделие*, СПб, 1898; Пономарев И., *Огнеупорные материалы*, Томск, 1931; Качалов Н., *Фарфор и его изготовление*, М.—Л., 1927; Шепов В., *Огнеупорные материалы в металлургии*, М.—Л., 1932; Байков А., *Физико-химические условия производства огнеупорных изделий*, М., 1931; Будников П., *Силикатная промышленность США*, Харьков, 1931; Лифшиц Л., *Туннельные печи для обжига огнеупорных, фарфоровых изделий*, М., 1929; Будников П. и Певзнер К., *Производство огнеупорного шамотного кирпича*, М.—Л., 1932; Нечт Н., *Lehrbuch d. Keramik*, 2 Aufl., W.—Lpz., 1930; Dümmler K. u. Loeser, *Handbuch d. Ziegelfabrikation*, 3 Aufl., Halle a/S., 1926; Signer F., *Die Keramik in Dienste von Industrie u. Volkswirtschaft*, Brschw., 1923; Pukall W., *Grundzüge d. Keramik*, Koburg, 1922; Berdel E., *Einfaches chemisches Praktikum für Keramiker*, T. 1—4, Koburg, 1926; Wendler A., *Maschinelle Glasverarbeitung*, Leipzig, 1929; Schupf P., *Die Glasfabrikation*, 6 Aufl., Leipzig, 1923; Schöck K., *Die Mordelbindestoffe*, B., 1928; Wescck P., *Zement*, B., 1930; Якун.: «Tonindustrie-Zeitung», B.; «Sprechsaal», Koburg; «British Clayworkers», London; «The Clayworkers», Indianapolis; «Transactions of the American Ceramic Society», Ohio; «Вестник силикатной промышленности», М.; «Керамика и стекло», М.; «Строительные материалы», М. В. Тарарин.

СИЛИКАТНЫЕ КРАСКИ, краски на жидком стекле (см. *Растворимое стекло*); отличительной особенностью последнего как связующего вещества С. к. является то, что оно не механически склеивает краситель, но вступает в химич. реакции как с красителем, так и с грунтом. Отсюда вытекает ряд особенностей и преимуществ С. к. Они допускают применение нек-рых минеральных красителей; не м. б. применены красители, на к-рые действует щелочь (медные, свинцовые краски). С. к. требуют разнообразных методов подхода к ним и техники окраски, т. к. надо знать, какие поверхности годны под С. к., а какие не выдержат их. С. к. держатся очень хорошо на сухом цементе, на штукатурке, глине, дереве, свободных от ржавчины металлах, особенно на цинке и стекле, хуже на разных видах гипса. Перед масляными или клеевыми красками С. к. имеют то преимущество, что быстро высыхают (в несколько минут) без запаха, и образуют водо- и огнестойкий защитный слой (предметы, окрашенные С. к., не горят, а лишь с трудом обугливаются); С. к. значительно дешевле масляных.

Жидкое стекло как связующее вещество для красок впервые было предложено герм. ученым Фунсом в 1818 г. для стеной живописи, устойчивой против действия атмосферных агентов. Развитию этой техники послужили, с одной стороны, химии (Либих, Петтенюфер), а с другой стороны, — живописцы (Каульбах, Эхтер и др.). В последние годы в Германии был выработан ряд специальных сортов С. к. как для живописи (стереохромия), так и для малярного дела. Развилось заводское производство кра-

сок как для внутреннего употребления, так и для вывоза за границу.

В настоящее время интенсивная работа по С. к. ведется в Германии и других странах, гл. обр. в направлении повышения их водо- и огнеупорных свойств. В довоенное время в России употреблялись исключительно германские С. к., гл. обр. кеймовские минеральные краски (см. *Краски* для живописи). В последние годы в СССР над вопросом водо- и огнеупорных свойств С. к. работают Ин-т прикладной минералогии и Гос. ин-т сооружений (Москва). Последним выработана водо- и огнестойкая краска-паста, состоящая из двух компонентов: молотого песка и жидкого стекла. Последнее лучше всего брать в виде смеси натронного и калийного в отношении 1:1. Тогда окраска прочна и водоустойчива через 4—7 дней. Лучше покрывать этой краской грубо отстроганное дерево. Можно прибавлять 5—20% красителей (мумия, железный сурик, обожженная глина—для красной краски, окись хрома—для зеленых, охра—для желтых, ультрамарин—для голубых и пирролизит—для темных). Стоимость покрытия 1 м² толщиной в 1 мм составляет 20 коп. Достигнутые успехи С. к. и их широкое применение позволяют думать, что в ближайшее время они займут надлежащее место в строительстве, отвода масляным краскам покрываю по металлу и столярным изделиям и совершенно вытеснят клеевые краски.

Лит.: Б р ю ш к о в А., Силикатные краски, «Малыное дело», 1930, 1—2; К о с т ы р к о Е. и П ш е н и ц ы Н., Огнезащитная силикатная краска-паста, там же, 1930, 1—2; Л е б е д е в - Е г о р о в С., Силикатные краски для строительных целей и живописи, там же, 1930, 1—2; Ц е л и к о в И. и В е д е н и к и С., Огнезащитные краски и составы, М., 1930, 4-й сборник ЦНИУ НКПС, М., 1930, вып. 106; К о с т ы р к о Е., Текущие работы по новым строительным материалам, Гос. науч.-экспериментальный ин-т сооружений, 1930, 12; Л. А., Технич. условия окраски кеймовскими минеральными красками, «Малыное дело», М., 1930, 1—2; А н т о к о л с к и й Л., Защитные пели малярного дела, там же, 1931, 2; Р е в о А., Клеющие вещества и их применение в малярной технике, там же, 1931, 2; А н т о к о л с к и й Л., Еще об окраске фасадов, там же, 1931, 4; Ullm. Enz., 7, 2 Aufl.; K r ä t z e r H. u. A n d è s L., Wasserglas u. Infusorienerde, 3 Aufl., W. u. Lpz., 1922.

А. Филатов.

СИЛИКАТЫ, природные или искусственные, простые или сложные соединения кремнекислоты с оксидами металлов, по преимуществу первых трех групп периодич. системы химических элементов. К природным С. относятся изверженные горные породы, многие продукты их выветривания и большое количество минералов. Многие из них применяются или в качестве *строительных материалов* (см.), а также в дорожно-мостовом деле, или в качестве сырья при изготовлении некоторых изделий пром-сти искусственных С. (см. *Силикатная промышленность*). К искусственным силикатам принадлежат готовые изделия и продукты силикатной промышленности, а именно: изделия грубой и тонкой керамики, стекла, вяжущие вещества, а также нек-рые отходы металлургич. производств (шлаки). Природные С., представляющие собой продукт остывания огненножидкой магмы земли и кристаллизации из расплавленного ее состояния, имеют в большинстве своем кристаллич. строение; нек-рые разновидности искусственных С. обладают и могут получать аморфное строение. Сложное строение С. было выяснено только после применения к их изучению плодотворных методов физико-химич. анализа.

I. Системы С. Ниже приведен ряд систем С., играющих роль в силикатной пром-сти. 1) Система $\text{SiO}_2\text{-CaO}$. Диаграмма состояния этой

системы (см. *Спр. ТЭ*, т. VI, стр. 198, фиг. 5) имеет два t° -ных максимума, соответствующих двум химическим соединениям $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ и $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, третье же химич. соединение $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ такого максимума на кривой не имеет. Система применима для выяснения роли известковых силикатов при получении вяжущих веществ. 2) Система $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$. Диаграмма состояния этой системы (см. *Спр. ТЭ*, т. VI, стр. 200, фиг. 13) имеет три температурных максимума соответственно химическим соединениям: $5\text{CaO}\cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3$; $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$; $3\text{CaO}\cdot 5\text{Al}_2\text{O}_3$; четвертое соединение состава $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ такого максимума не имеет; между этими соединениями расположены эвтектики. Эта диаграмма разъясняет значение известковых алюминатов для портландского и глиноземистого цементов. 3) Система $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$. Диаграмма этой системы (см. *Спр. ТЭ*, т. VI, стр. 198, фиг. 3) применяется при изучении огнеупорных изделий; система имеет одно химическое соединение $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$ в t° -ном максимуме и две эвтектики. 4) Тройная система $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO}$. Диаграмма состояния этих веществ (см. *Спр. ТЭ*, т. VI, стр. 203, фиг. 45) изображает два t° -ных максимума, соответствующих химич. соединениям $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$; $2\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$ и $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$, и ряд тройных эвтектик. Эта тройная система имеет большое значение в области изготовления изделий и продуктов силикатной пром-сти, что видно на диаграмме (см. фигуру). 5) Система $\text{SiO}_2\text{-MgO}$. Диаграмма состояния этой системы (см. *Спр. ТЭ*, т. VI, стр. 198, фиг. 4) отмечает два t° -ных максимума, соответствующих химич. соединениям $\text{MgO}\cdot\text{SiO}_2$ и $2\text{MgO}\cdot\text{SiO}_2$ и разъясняет влияние SiO_2 на MgO , что имеет значение для огнеупорных изделий и других силикатов. 6) Система $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$ (см. *Спр. ТЭ*, т. VI, стр. 199, фиг. 12) имеет один максимум, отвечающий соединению $\text{MgO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ и эвтектики, и обуславливая высокую огнеупорность, имеет применение при изготовлении магнезитовых огнеупорных изделий. 7) Тройная система $\text{SiO}_2\text{-MgO-Al}_2\text{O}_3$ (диаграмму состояния этой системы см. *Спр. ТЭ*, т. VI, стр. 202, фиг. 44) имеет тройные эвтектики; применима для системы каолин-кварц-магнезит. 8) Тройная система $\text{SiO}_2\text{-MgO-CaO}$ (см. *Спр. ТЭ*, т. VI, стр. 204, фиг. 45) имеет тройные химические соединения $\text{CaO}\cdot\text{MgO}\cdot 2\text{SiO}_2$; $\text{CaO}\cdot\text{MgO}\cdot\text{SiO}_2$; 2CaO ; $\text{MgO}\cdot 2\text{SiO}_2$ и эвтектики; разъясняет значение известково-магнезитовых силикатов при производстве магнезитовых изделий для металлургических печей. 9) Тройная система $\text{SiO}_2\text{-CaO-Na}_2\text{O}$ (см. *Спр. ТЭ*, т. III, стр. 166, фиг. 20) обладает химич. соединениями $\text{Na}_2\text{O}\cdot\text{CaO}\cdot 3\text{SiO}_2$; $\text{Na}_2\text{O}\cdot 2\text{CaO}\cdot 3\text{SiO}_2$; $\text{Na}_2\text{O}\cdot 3\text{CaO}\cdot 6\text{SiO}_2$ и рядом эвтектик. Система имеет значение при изготовлении стекла. 10) Тройная система $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O-H}_2\text{O}$. Эта система играет роль при образовании водных основных С., давая химические соединения $\text{K}_2\text{O}\cdot\text{SiO}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$; $\text{K}_2\text{O}\cdot 2\text{SiO}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$; $\text{K}_2\text{O}\cdot\text{SiO}_2\cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ и ряд эвтектик.

II. Природные С. К природным С. относятся изверженные горные породы и большое количество породообразующих минералов. Эти минералы делятся на четыре класса: 1) щелочно-алюминиевые С. Сюда относятся *полевые шпаты* (см.), главными представителями которых являются ортоклаз и микроклин, затем плагиоклазы и наконец фельдшпатоидные минералы: нефелин, лейцит и анальцит; 2) железисто-магнезиальные силикаты: пироксены, амфиболы

и оливины; 3) слюды представляют собой С., занимающие промежуток между щелочно-алюминиевыми С. и тяжелыми железисто-магнезиальными С.; 4) отдельные разновидности различных С.: гранат, эпидот, андалузит, кианит, кордирит, ставролит. Все эти природные С. представляют собой результат кристаллизации из остывшей огненножидкой магмы земли. Магма при затвердевании давала изверженные горные породы кристаллического или стеклообразного состояния. Характер ее затвердевания определялся степенью охлаждения и вязкостью магмы, зависящей в свою очередь от состава. Быстрое охлаждение и сильная вязкость способствовали образованию стекла, и, наоборот, медленное охлаждение и небольшая вязкость — образованию кристаллов. Порядок кристаллизации и строение естественных С. открыты в результате их исследования по методам физико-химич. анализа; термич. анализом по характеру кривой плавкости установлена способность реагирующих компонентов образовывать или твердые растворы, или химич. соединения, или эвтектики; с помощью микроструктуры установлено строение естественных С.

III. Система технических С. 1. Г р у б а я и т о н к а я к е р а м и к а. Физико-химическая переработка сырых керамич. масс базируется на главнейших свойствах глиняного вещества — пластичности, отношении к нагреванию и обжигу и некоторых других. Пластичность глины обуславливает возможность формовки, лепки и является способностью глины при образовании с водой теста принимать придаваемую ей форму и сохранять ее при последующих нагревании и обжиге. Пластичность глиняного вещества зависит от целого ряда причин, а именно: степени дисперсности, его состава, формы зерен и частиц, количества и химического состава жидкого вещества, служащего для замешивания теста. Степень пластичности может быть регулируется в желаемую сторону. В основе отношения глиняного вещества к нагреванию и обжигу лежат реакции физико-химич. характера. Высушенное глинистое вещество отдает свою конституционную воду при t° выше 500° , а именно в пределах $560-580^\circ$. Дальнейшее повышение t° дает остановку с выделением тепла при t° выше $900 : \sim 1000^\circ$. При этой t° безводный каолинит распадается на смесь свободных окислов и образует силлиманит с выделением свободного SiO_2 . Акад. Вернадский дал нижеследующую схему реакций: $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 = \text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{SiO}_2$; $\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{SiO}_2 = \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 + \text{SiO}_2$. При дальнейшем повышении t° в пределах $1200-1300^\circ$ происходит переход силлиманита в муллит по реакции $3(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2) = 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 + \text{SiO}_2$. Глиняное тесто, нагретое до 110° , теряет пластичность и сокращает размеры изделия, давая соответствующую усадку. Дальнейшее повышение t° в указанных температурных интервалах дает новое уменьшение объема, вызываемое происходящими реакциями, и носит название усадки к. Присеси, присутствующие в глинах и каолинах в виде мельчайших зерен и кристалликов разрушенных пород и минералов, будучи сами по себе огнеупорными, в смеси между собой при t° обжига дают легкоплавкие эвтектические смеси С., к-рые, расплавляясь, заполняют поры и стягивают частицы основного вещества. Такое плавление примесей сопровождается уплотнением массы изделия и приводит его

к спеканию. Дальнейшее повышение t° ведет к размягчению вещества и появлению деформации изделия; за размягчением по повышении t° наступает плавление. В виду того что плавление глины происходит в t° -ном интервале, а не при определенной t° , огнеупорность устанавливается при помощи конуса Зегера.

2. Стекло и глазури. Стеклами называются сложные силикаты, богатые кремниевой кислотой, застывающие из расплавленного состояния в виде аморфной стеклообразной массы, имеющей одинаковые свойства по всем направлениям. Строение стекла, определяемое методами физико-химического анализа, характеризуется наличием в них твердых растворов, обладающих всеми свойствами жидкостей, за исключением текучести и явлений химич. равновесия. Многие стекла, нагретые до размягчения, могут начать кристаллизоваться и перейти в более устойчивую форму. Если эта кристаллизация проходит в вязкой массе, то появляются чрезвычайно вытянутые кристаллы, к-рые придают стеклу совершенно мутный вид, получается расстекловывание, сильно изменяющее основные свойства стекла и делающее его хрупким, подверженным газопроницаемости. При нагревании стекло постепенно изменяет величину вязкости, не давая в то же самое время отчетливой $t^\circ_{пл.}$. Это постепенное уменьшение коэф-та вязкости стекла при нагревании является основой всех способов обработки стекла и производства стеклянных изделий.

Глазури (см.) керамич. изделий представляют собой частично расстеклованные стекла, к-рыми покрывают в виде тонкого слоя поверхность обжигаемого изделия. Область прозрачных глазурей ограничена, так как при содержании более 9 молекул SiO_2 появляется эмалевидное помутнение. Цветные глазури получаются при смешиванием нек-рых химич. солей. Коэф. расширения глазурей подбирается так, чтобы он мало отличался от коэф-та расширения изделия. Кроме того д. б. подобрана и соответственная величина усадки.

3. Технические шлаки являются отходами металлургич. производства. По строению металлургич. шлаки представляют собой сплавы С. и сульфидов. Растворимость сульфидов металлов значительно выше в основных шлаках, нежели кислых. Шлаки делятся на глинозисто-известковые и железисто-извест-



ковые; первые представляют собой глинозисто-известковые С. и являются отходом металлургии железа, по преимуществу доменного производства. Примененные при изучении их методы физико-химич. анализа установили их строение и выявили их точно определенное местоположение среди искусственных С.,

что ясно видно на диаграмме состояния (см. фигуру на стр. 786). Шлаки железисто-известковые представляют собой железисто-известковые С. и являются отходом металлургии. производств цветных металлов, по преимуществу меди и свинца; они обладают по сравнению с доменными шлаками более низкой t° _{пл.}

4. Вязкие вещества. Из всей большой области вязких веществ наиболее типичными по строению сложными С. являются портланд- и глиноземистый цемент. В основном они изучены по методам физико-химич. анализа. Строение, природа и химизм явлений изготовления см. *Цемент*.

Лит.: Ле-Шателье А., Кремнезем и силикаты, пер. с фр., Л., 1927; Будников П. П., Керамическая технология, Харьков, 1927; Кюль Г., Химия цемента в теории и практике, перевод с немецкого, Л., 1931; Курнаков Н., Введение в физико-химич. анализ, Л., 1925; его же, Растворы и сплавы, в книге Основы химии Менделеева, т. 2, М.—Л., 1928; Пономарев И., Обзор работ по кремневым соединениям, «Труды Гос. экпер. Ин-та силикатов», М., 1931; Vogue R., Состав портланд-цементного клинкера, пер. с англ., Таункент, 1927; Eitel W., Physikalische Chemie der Silicate, Lpz., 1929; Sosman R., The Properties of Silica, New York, 1927; Rieker R., Die Arbeitsmethoden d. Silikatchemie, Brschw., 1923; Doelter und Leitmeier H., Handbuch der Mineralchemie, B. 1—2, Dresden—Leipzig, 1912—17; Tamann G., Aggregatzustände, Lpz., 1923; Kühn u. Knothe, Die Chemie d. hydraul. Bindemittel, Leipzig, 1915; H. Vocke-Eitel W., Grundlagen d. physikalisch-chemischen Petrographie, 2 Aufl., B., 1923; «Tonindustrie-Zeitung», B.; «Zement», Berlin. **В. Тарарин.**

СИЛЛИМАНИТЫ, см. *Муллит*.

СИЛОСНАЯ БАШНЯ, в с.-х. обиходе, цилиндрическая, внутри гладкостенная башня, в к-рую при помощи силосорезок и элеваторов (пневматических или планковых) нагружают изрезанные на мелкие части растения, предназначенные для силосования (закавашивания). В помещении в таком виде в башню материале происходит ряд химико-бактериологич. процессов, благодаря к-рым он может сохраняться в ней без порчи неопределенное время, до момента его скармливания животным. Около сорока лет назад большинство фермеров в США не знало, что такое силосованный корм, а в настоящее время С. б.—обязательная постройка каждой правильно организованной фермы, и без силосования скотоводство в США не могло бы получить такого развития, к-рого оно достигло теперь. До 1914 г. в России в южных губерниях (б. Екатеринославской, Харьковской, Полтавской и др.) производились попытки ввести в обиход хозяйства приготовление силосованного корма по америк. методу; однако эти попытки не привели к желательной цели. Главной причиной было отсутствие самого материала для силосования—кукурузы. Культура последней была незнакома и мало распространена в хозяйствах, и сама кукуруза считалась растением крайнего юга, не могущим нормально расти в более северных местностях. В настоящее время в СССР, когда на культуру кукурузы обращено внимание (см. *Технические сельскохозяйственные культуры*), когда фактически доказана возможность произрастания многих сортов кукурузы в качестве полевого растения в более северных местностях СССР и когда для силосования оказались пригодными и другие растения (земляная груша, подсолнух и др.),—приготовление силосованного корма прочно вошло в обиход советского сел. х-ва.

Силосование, или консервирование корма, в начальных стадиях его применения производилось различно. Для приго-

товления силосованного корма—по одному способу—только что скошенный зеленый материал тут же укладывали в яму или какое-либо подходящее помещение с воздухонепроницаемыми стенами, в котором он сильно утрамбовывался (способ Гоффара). В материале все же оставалось много воздуха, t° при самонагревании поднималась незначительно, и брожение, происходившее при невысокой температуре, придавало корму кислый вкус, почему этот способ получил тогда название кислого силосования. В противовес кислому силосованию был предложен другой способ—сладкого силосования, при к-ром растительная масса закладывалась в помещение в провяленном виде и не сразу, а постепенно (способ Фрей). При этом способе второй слой растительного материала укладывался на первый после того, как в последнем t° от самонагревания поднималась до 40° . При том же условии укладывался третий и последующие слои, пока вся яма или помещение не заполнилось. По окончании нагрузки верх закрывался толстым слоем соломы, поверх к-рой насыпался слой земли. Химико-бактериологич. анализы продукта, полученного по тому или другому способу, обнаружили в корме присутствие бродильных бактерий, благодаря жизнедеятельности к-рых накапливаются кислоты, консервирующие корм. Благодаря изучению хим. состава силосованного корма и бактериальной его флоры все внимание научных сил было направлено на изыскание таких приемов силосования, к-рые способствовали бы развитию в материале наиболее нужного молочнокислого брожения и подавляли бы уксуснокислые, а также и развитие плесневых грибов. Оказалось, что наиболее благоприятные t° для развития уксуснокислых бактерий лежат в пределах $20—35^{\circ}$, для маслянокислых—в пределах $35—45^{\circ}$ и что молочнокислые бактерии развиваются при t° $1—55^{\circ}$. На разности t° , необходимых для развития бактерий, и был создан новый способ силосования—горячее силосование. Сущность этого способа сводится к быстрому поднятию t° в зеленом материале свыше 45° , при к-рой гибнут маслянокислые бактерии и тем более уксуснокислые. Способ этот был предложен Фреем и метод горячего силосования до последнего времени считался лучшим для получения хорошо сохраняющегося и вкусного корма. Однако на практике не всегда удавалось получить требуемую высокую t° , но при протекании процесса брожения при t° ниже 30° все же получался корм превосходного качества. Такое открытие породило сомнение в правильности основного положения теории горячего силосования. При производстве анализов корма, полученного при более низкой t° ($1—30^{\circ}$), оказалось, что преобладающей к-той, консервирующей корм, является все же молочная к-та, а остальные к-ты были обнаружены лишь в незначительных количествах. Благодаря этому открытию в последнее время появилась новая теория холодного силосования, по которой и производится до настоящего времени почти повсеместно силосование кормов. Т. о. теория кислого силосования (Гоффар) превратилась в теорию холодного силосования, а теория сладкого силосования (Фрей)—в теорию горячего силосования. Кроме этих двух способов в Германии были попытки ввести в обиход хозяйства электросилосование, в сущности являющееся видом горячего силосования, лишь с тем отличием, что

силосуемая масса нагревается до 50° не за счет самонагревания, а электрич. током. Способ этот дорогой и в значительной степени понижает качество корма. Для получения требуемого для консервирования количества молочной к-ты необходимо, чтобы силосуемый материал имел в своем составе легко сбраживаемые вещества (растительный сахар). Известно далее, что бактерии молочной к-ты— а и э р о б ы, т. е. лучше всего развивающиеся при отсутствии воздуха; бактерии же уксусного брожения— а э р о б ы, т. е. требующие для своего развития присутствия воздуха. Чтобы создать лучшие условия для развития молочнокислых бактерий и худшие— для уксуснокислых, следует стремиться удалить как можно быстрее из уложенного в С. б. материала по возможности весь воздух и прекратить в нее его дальнейший доступ. При современном способе силосования этого достигают при помощи достаточного измельчения силосуемого материала и его трамбования в башне. Дальнейший доступ воздуха в силосуемый материал обуславливается степенью воздухо- непроницаемости стен башни. Однако как плотно ни уложен изрезанный материал и как ни утрамбован в башне, все же в нем остаются нек-рые, хотя и незначительные, пустоты, содержащие в себе воздух. Для его удаления на помощь при загрузке С. б. приходят растительные клетки силосуемого материала, еще нек-рое время продолжающие жить и следовательно дышать и поглощать находящийся в материале кислород и выделять углекислоту. На поверхности и внутри тканей силосуемого материала имеется целый ряд микроорганизмов в виде различного рода бактерий и грибов. Попадая в силосуемую массу, в к-рой быстро уменьшается запас кислорода, все вредные для силосования плесневые грибки и аэробные бактерии погибают, в то время как полезные анаэробные молочнокислые бактерии, попав в благоприятные условия, начинают быстро размножаться, питаются соком гибнущих растительных клеток. Выделение сока из силосуемой массы содействуют в значительной степени предварительное ее измельчение и давление ее верхних слоев на нижние, при укладке резки в достаточно высокие башни. Процесс силосования наступает после укладки в С. б. материала в начале его брожения, к-рое производится дрожжевыми грибами совместно с молочнокислыми бактериями и другими микроорганизмами. Брожение в С. б. продолжается до тех пор, пока не окажется в силосуемом материале 1% молочной к-ты, после чего молочнокислые бактерии, дрожжевые грибки и другие микроорганизмы погибают и т. о. прекращается брожение. Дальнейшая задача— сохранение готового продукта при помощи сохранившегося в нем достаточного количества консервирующей его молочной к-ты. Пред- охранить последнюю от разложения можно, лишь предохранив корм от доступа воздуха.

Из изложенных выше требований, для достижения правильного приготвления силосного корма, вытекают и требования, предъявляемые ко всякому вместилищу, в к-ром производится силосование, и в частности к С. б. 1) Стены башни д. б. воздухо- непроницаемы, т. к. проникновение в силосную массу воздуха ведет к развитию плесневых грибов и гнилостных бактерий. 2) Стены д. б. совершенно гладкими и вертикальными. Условие это необходимо для равномерной осадки корма в башне и плотного его прилегания к ее стенкам, без образования воздушных

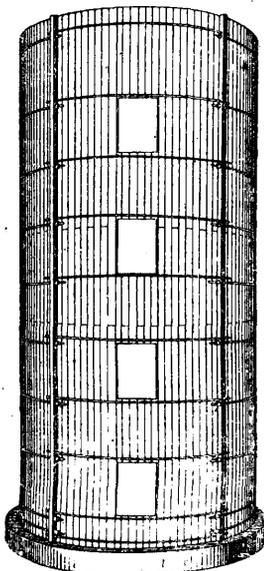
пустот. 3) Стены д. б. водонепроницаемы. 4) С. б. должны быть достаточно высокими для получения возможно большего давления на нижележащие слои силосуемого материала, что способствует вытеснению из него воздуха. Наиболее желательная форма С. б.— цилиндрическая, обеспечивающая наибольшую вместимость и лучшее и равномерное распределение по ее поверхности измельченного материала. В прямоугольных или многоугольных С. б. силосуемый материал не так совершенно заполняет углы, в к-рых образуются воздушные пустоты. 5) Стены башни д. б. нетеплопроводны. В противном случае теплота, образуемая при брожении материала, будет через стены уходить наружу, требуемая $t^{\circ} 25^{\circ}$ для холодного способа силосования и 50° для горячего— не будет достигнута и тем самым будет нарушен нормальный процесс брожения. В зимнее время нетеплопроводность стен, в особенности в условиях нашего хозяйства, необходима для предохранения корма от сильного промерзания. Промерзание корма не только опасно в отношении его скармливания в оттаявшем виде, сколько усложняет выемку его из С. б. Оттаявший корм д. б. немедленно скормлен животным, т. к. не может сохраняться и быстро портится.

В настоящее время для постройки С. б. применяют весьма различные материалы: дерево, камень, кирпич, бетон, железобетон и металл. Фундамент С. б. в некоторых случаях служит не только ее основанием, но— при углублении его в почву в виде колодца на 1—2 м— и ее продолжением над поверхностью почвы, что увеличивает ее вместимость. Фундамент строится из камня, кирпича, бетона и других прочных строительных материалов, укладываемых обыкновенно на цементе. Из того же материала устраивается и пол в башне. Внутренний диаметр фундамента д. б. равен диаметру башни, для того чтобы оседание в ней изрезанного материала не задерживалось на месте соединения стен с фундаментом. Стены вне зависимости от материала, применяемого для постройки, рассчитываются и укрепляются так, чтобы они могли выдержать внутреннее давление силосуемого материала, к-рое значительно. По исчислению проф. Кинга (Висконсин) при высоте слоя силосованной массы в 6 м давление на площадку в 1 см^2 равно 1,082 кг. Для скрепления деревянных клепочных стен применяют железные или деревянные обручи, в кирпичных и бетонных С. б.— различные металлические скрепы, а иногда и обручи. На С. б. в большинстве случаев возводятся крыши. Для выемки из С. б. корма по всей ее высоте устраивают ряд люков со ставнями, раскрывающимися на высоте слоя корма; через них выбрасывается потребное количество корма. Для удобства выбрасывания корма во всю высоту башни (с наружной стороны) перед рядом люков пристраивается тамбур или широкий трехсторонний желоб, обращенный открытой стороной к корпусу башни. Дверцы люков д. б. надлежащим образом пригнаны к пазам отверстий в С. б. во избежание проникновения в корм воздуха.

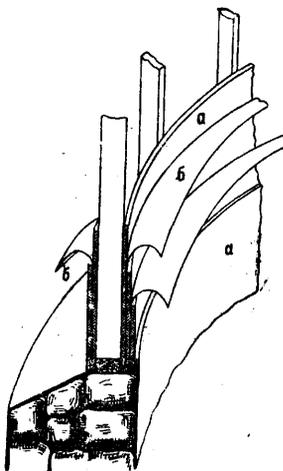
Деревянные С. б. пока наиболее распространены (в особенности в США) и их изготовлением по различным конструкциям заняты многие специальные заводы.

К л е п о ч н а я и л и б о ч а р н а я С. б. (фиг. 1) строится из вертикально устанавливаемых на фундамент длинных деревянных клепок, стягиваемых с наружной стороны рядом стальных об-

ручей, снабженных в месте соединения их концов приспособлением, допускающим их натяжку. Ширина клепок зависит от диаметра С. б. и при толщине в 5 см бывает в 10—15 см. Гладкие клепки пришиваются друг к другу гвоздями через предварительно провернутые на небольшую глубину отверстия, в к-рые свободно входит шляпка гвоздя. При наличии в клепках шпунта они устанавливаются без гвоздей. Бочарная С. б. в настоящее время в СССР пока единственный тип деревянной С. б. Недосток этого типа—его легкая промерзаемость благодаря незначительной толщине клепок. В северных районах США, где бочарная С. б., так же как и у нас, промерзает, во избежание этого применяют С. б. с утепленными стенками; прототипом их является башня висконсинская или Кинга. Стены башни Кинга (фиг. 2) состоят из ряда установленных ребром на деревянном кольце, уложенном на фундаменте, стоек



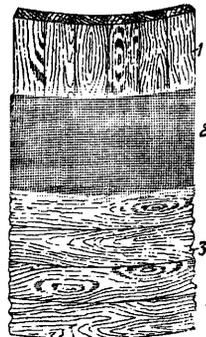
Фиг. 1.



Фиг. 2.

шириною в 10—12 см и толщиною в 5 см, с наружной и внутренней стороны обшитых несколькими слоями досок а толщиною в 1 см. Обшивка досками производится в горизонтальном направлении, причем между ними прокладываются слои строительной бумаги б. Внутренняя обшивка состоит обыкновенно из трех слоев досок с двумя бумажными прокладками; наружная же обшивка—из двух слоев досок с одной бумажной прокладкой. Для вентиляции пространства между двумя обшивками (без чего могло бы гнить внутри дерево) на внешней обшивке внизу прорезают несколько отверстий и столько же отверстий сверху во внутренней обшивке (зимой отверстия закрываются). Недосток башни Кинга—негадность внутренних стен—был устранен в башнях Геллера, построенных по типу башен Кинга, но оштукатуренных внутри по рейкам цементом, что придает стенкам гладкую водонепроницаемую поверхность. Видоизменением башни Кинга является кружалья С. б. Она состоит из ряда установленных друг над другом кружал, или деревянных колец, составленных из нескольких слоев дерева, к к-рым с внутренней стороны башни пришиваются вертикально установленные шпунтовые клепки толщиною в 5 см и шириною в 10 см. Наружная сторона обшивается такими же клепками,

но более тонкими: 2,5 × 15 см. Более усовершенствованный тип деревянной С. б. с тройной обшивкой изготовляется в США на специальных заводах (фиг. 3, где 1—внутренняя стена из клепок 5 × 15 см, 2—строительная бумага, 3—обручи—наружная стена). Башни отпускаются заводами или в совершенно собранном виде или в разобранном. Башня представляет собою обыкновенный клепочный силос, обернутый спирально строительной бумагой, поверх которой спирально же намотана лента из досок в 1,25 см толщины. Деревянная лента, края которой плотно прикасаются друг к другу, представляет собой третий слой обшивки и скрепляет т. о. стенки башни, заменяя железные или стальные обручи, к-рые в этой конструкции излишни. Наравивание досок для образования длинной ленты производится при помощи шипов (ласточки и хвост); сверху соединение оковывается оцинкованным железом на гвоздях. Существует много конструкций деревянных С. б., но все они—варианты или улучшение одного из описанных выше типов.



Фиг. 3.

Бетонные, монолитные, кирпичные и другие С. б. Кроме деревянных в настоящее время строят С. б. и из других строительных материалов: цемента, камня, кирпича и металла. Из цемента строят одностенные и двухстенные монолитные башни и башни из пустотелых бетонных камней. Наименьшее распространение благодаря своей теплопроводности имеют металлич. башни. По сравнению с деревянными построенные из этих материалов С. б. имеют следующие преимущества: прочность, устойчивость (не страдают от бурь), нетребовательность в отношении ухода и могут быть построены из расчета на большую вместимость. К недостаткам этих башен следует отнести (при неудовлетворительном качестве материалов) теплопроводность и пористость стен и главное—высокую стоимость постройки. Монолитные башни строят из бетона. Приготовленный из 1 ч. портланд-цемента, 2—2½ ч. крупного песка и 4 ч. гравия бетон льют в установленные на месте постройки формы. Стенки при этом роде постройки имеют толщину (в зависимости от диаметра башни) в 12,5—15 см. Для их скрепления при заливке стен устанавливается соответствующая железная арматура. По окончании отливки стен и снятия форм вся постройка смазывается жидким раствором цемента, а изнутри стены покрываются слоем смолы. Для местностей с холодным климатом строятся одностенные и двухстенные железобетонные С. б. и башни из цементных плит. Большим распространением пользуются и башни из обожженного пустотелого кирпича, укладываемого на растворе из цемента, глины и песка, причем между горизонтальными швами закладываются круглые металлические скрепы.

Металлические С. б. по прочности и воздухо- и водонепроницаемости наилучшие, но имеют тот недостаток, что легко промерзают и окисляются. Двухстенные металлич. башни менее подвержены действию холода, чем одностенные, и при t° в 20° ниже нуля не промерзают. Металлич. башни строятся (как цистерны

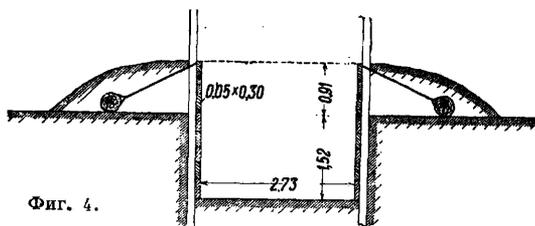
по прочности и воздухо- и водонепроницаемости наилучшие, но имеют тот недостаток, что легко промерзают и окисляются. Двухстенные металлич. башни менее подвержены действию холода, чем одностенные, и при t° в 20° ниже нуля не промерзают. Металлич. башни строятся (как цистерны

для жидкостей) из листового железа или стали и собираются на заклепках. Удобство этих башен состоит еще и в том, что при необходимости низкую башню можно нарастить несколькими рядами листов и тем увеличить ее емкость. Для предотвращения окисления стенок их обычно окрашивают изнутри какой-либо кислотоупорной краской.

В местностях, где грунтовые воды находятся на достаточном расстоянии от поверхности почвы, м. б. построены т. н. полуназемные С. б., состоящие из б. или м. глубокой ямы, обшитой деревом или выложенной камнем, и установленной над ней надземной С. б. обычного типа, построенной из того или иного материала. Нагрузка подобной башни не требует большого расхода мощности двигателя, так как в виду ее незначительной высоты м. б. применен обыкновенный планковый элеватор. Выгрузка корма из надземной части башни не представляет затруднений и производится так же, как и из башни обычного типа, но выгрузка из подземной части требует все-таки излишних приспособлений. Для наших климатических условий полунадземная С. б. имеет ту выгодную сторону, что в подземной части корм не промерзает и может расходоваться в сильные морозы, когда корм надземной части бывает уже израсходован при слабых морозах, пока он еще не успел промерзнуть. Подобный тип С. б. был предложен проф. Г. В. Богаевским и при испытании дал вполне положительные результаты (подобная башня построена на ферме Вольского с.-х. училища в б. Саратовской губ. на 163 т зеленой массы). В лесистых местностях (в лесных районах Миннесоты США), где лесные материалы по цене невысоки, при отсутствии технических сил строятся при помощи лишь пилы и топора шести или восьмигранные полунадземные башни. Для таких башен берут необструганные доски толщиной в 5 см и шириною в 10 см, к-рые нарезаются все одной длины. Доски накладываются друг на друга плашмя и пришиваются гвоздями. Внутреннюю часть стены для придания ей большей гладкости и воздухо непроницаемости обычно покрывают цементной штукатуркой.

Кроме различных типов надземных и полунадземных башен для приготовления силосного корма служат ямы и траншеи. Хотя ямы для силосования и являются отживающим типом постройки для приготовления корма, однако они не изжили себя окончательно даже в США, где встречаются еще на мелких фермах. У нас строительство силосных башен хотя и приняло широкие размеры, но еще большим распространением пользуется ямное силосование. Ямное силосование производят в вырытых канавах или траншеях глубиною до 2,4 м, шириною до 3 м и длиною в зависимости от количества заготавливаемого корма или в глубоких колодцах (7,5—15 м глубиною). Устройство того или иного типа приспособлений для силосования обуславливается отсутствием близости грунтовых вод, проникновение которых в силосуемую массу ведет к ее порче. Ямы и траншеи или обкладываются досками, или выкладываются камнем, или же, если грунт достаточно плотен и не осыпается, загружаются силосуемой массой без всякой облицовки стен, а лишь с обмазкой стен глиной. Последний способ устройства ямы понятен самый дешевый, но и непрочный, т. к. через год стены осыпаются и необходимо яму расширять или выкапывать новую. Ямный

способ заготовки силосованного корма выгоден тем, что он дешев; вырыть и исправить яму или траншею возможно во всякое время; устройство ям (фиг. 4) не требует никаких специальных технических приспособлений и ямы заполняются



Фиг. 4.

без помощи элеватора, а главное—корм не промерзает. Из недостатков ямного или траншейного силосования можно отметить то, что при необшитых стенах и без капитального ремонта траншея может прослужить один лишь сезон, далее траншея или яма совершенно непригодны для сохранения корма при близости грунтовых вод, наконец летом корм в траншее без порчи сохраняться не может и нередко значительная его часть гибнет. Выемка корма затруднена, т. к. приходится выбрасывать из траншеи корм на значительную высоту, в особенности зимою, когда бывает необходимо отгрывать снег и разламывать смерзшуюся крышу.

Силосный колодец представляет собою подземную С. б. глубиною в 7,5—15 м. Устройство подобного колодца возможно лишь при твердом грунте и полном отсутствии грунтовых вод. Стенка колодца выводится выше поверхности почвы на 1—1,2 м и обсыпается кругом землей. Для выгрузки корма из колодца, к-рая довольно затруднительна, приспособляют ворот или лебедку с блоками, при помощи к-рых (в ящике или корзине) производится подъем корма. Как яму, так и силосный колодец после заполнения изрезанным материалом покрывают толстым слоем соломы и заваливают землей; в некоторых случаях по соломе производится обмазка глиной, предотвращающей доступ в корм воздуха.

Силосорезки, с и л о с о н а п о л и т е л и, машины для измельчения силосного материала (преимущественно кукурузы или подсолнуха) и нагрузки его в С. б. Имеется два типа силосорезок, совершенно различных по своей конструкции, а именно: б а р а б а н н ы й (фиг. 5), у к-рого ножи, установленные на крестовинах вала, образуют барабан, и д и с к о в ы й, в к-ром ножи при-



Фиг. 5.

креплены к диску-маховику. Оба типа машин для подъема изрезанной массы м. б. снабжены пневматич. или планковым, открытым или закрытым элеватором. Единственное преимущество планкового, в сравнении с пневматическим, состоит в том, что для него

м. б. применен менее мощный двигатель. К недостаткам планкового элеватора следует отнести более сложную установку с ним машины на месте работы и трудность передвижения его от одной С. б. к другой. Планковый элеватор не имеет так же той громадной производительности, к-рую развивает пневматический, и требует для установки более места. Силосорезки строят с автоматич. подачей зеленой массы к ножам или же подачу ее производят от руки. В первом случае ящик для подачи снабжен конвейером, автоматически перемещающим стебли кукурузы к питающим валькам, во втором же конвейер отсутствует и перемещение зеленой массы по дну ящика производится вручную. В дисковом типе силосорезки крылья вентилятора прикрепляются непосредственно к ножовому диску, к-рый одновременно служит и вентилятором, выдувая по трубам в С. б. изрезанную массу. Барабанный тип силосорезок для той же цели имеет в большинстве случаев вентилятор, насаженный на отдельном валу от барабана. В конце приемного отверстия, за подающими вальцами, как в барабанном, так и дисковом типе силосорезок имеется стальная неподвижная планка с острым режущим углом, к к-рой ножи при работе прижимают стебли кукурузы и производят срез. Для чистого и незагрязненного среза ножи диска или барабана д. б. правильно установлены по отношению к режущей планке, что достигается при помощи винтов, нажимающих на ту или иную часть ножа. Лезвие ножей не должно задевать за планку, но также и не быть от нее на далеком расстоянии. Рекомендуется устанавливать лезвия ножа в дисковой машине так, чтобы они подходили ближе к планке у центра диска, чем у его окружности. Требуемый зазор между концами лезвия ножа и планкой ближе к окружности м. б. измерен толщиной игровой карты, вставленной между ними. У части ножа ближе к центру зазор д. б. наполовину меньше. В барабанном типе силосорезки установка ножей производится с той же точностью, но зазор между лезвием ножа и режущей планкой д. б. по всей ее длине одинаковым и м. б. измерен толстым листом бумаги. В большинстве конструкций силосорезок режущая планка при затуплении ее кромки м. б. перевернута обратной стороной. В нек-рых машинах эта планка имеет три режущие кромки, а в других даже и четыре. Силосорезки строят различной величины и производительности и размер их обозначают по ширине приемного отверстия в дм., напр. 13-дюймовая имеет приемное отверстие шириною в 13 англ. дм. (33 см). Ширина приемного отверстия в том и другом типе колеблется в пределах 9—25 англ. дм. (23—64 см). В барабанном типе высота приемного отверстия невелика и меньше, чем у дискового. Поэтому, чтобы получить в барабанном типе площадь приемного отверстия, равную площади дисковой машины, приходится сильно увеличивать его ширину. Напр. приемное отверстие силосорезки барабанного типа высотой 89 мм должно иметь ширину в 609 мм, чтобы по площади соответствовать приемному отверстию дисковой машины шириною в 305 и высотой в 178 мм.

Для передачи изрезанной массы в С. б. служит в большинстве случаев пневматич. элеватор, состоящий из вентилятора и соответствующей высоте С. б. трубы, заканчивающейся наверху изогнутым коленом, или дефлектором, направляющим изрезанный материал в башню. Колено дефлектора, открытое снизу, д. б. уста-

новлено так, чтобы прикрепленная к нему распределительная труба висела бы как-раз в центре С. б. Распределительная труба для наполнения С. б. применяется в настоящее время повсюду. Труба эта значительно облегчает довольно утомительную, но весьма важную работу распределения измельченной массы в С. б. Она изготовляется секциями в 1—1,25 м длиною, которые сцепляются друг с другом посредством цепочек и крючков. При помощи этой трубы человек, находящийся внутри С. б., направляет струю поступающей резки в любое место. Если распределительная труба при наполнении С. б. не применяется, то более тяжелые частицы резки при падении сверху в зависимости от направления дефлектора будут отлетать в какую-либо сторону, а более легкие лягут по всей площади силоса. В том месте, где скопляются более крупные части резки, масса будет более сильно уплотнена, чем в остальных частях, и при использовании силосованного корма может оказаться много испорченного. До применения распределительной трубы в С. б. обыкновенно работало 3—4 чел., к-рые разравнивали вилами и утаптывали по всей площади С. б. изрезанную зеленую массу. При применении же распределительной трубы один человек в С. б. выполняет всю работу, направляя конец трубы во все стороны и заполняя равномерно всю ее площадь. Длина резки в большинстве случаев может изменяться в пределах 10—50 мм. Длина в 13 мм для приготовления силосованного корма на практике признана наиболее выгодной, т. к. при ней изрезанная кукуруза плотно ложится в С. б., и машина все же работает с достаточной производительностью. Длина резки зависит от скорости движения конвейера и вальков, подводящих кукурузу к приемному отверстию, в соотношении с быстротой вращения вала машины, а также и числа участвующих в работе ножей. Чем тише движутся конвейер и валки, тем короче будет резка и, наоборот, при быстром их движении длина резки увеличивается. Увеличение числа ножей в машине также уменьшает длину резки и, наоборот, при уменьшенном их числе резка получается более длинная. Т. к. весь успех процесса силосования зависит от надлежащего уплотнения изрезанной массы в башне, благодаря к-рому из нее вытесняется воздух, то кукуруза вообще режется довольно мелко, т. к. крупная резка, как было указано выше, не так плотно садится, как мелкая. Производительность силосорезок указывается 3-дами обыкновенно в т/ч, но т. к. длина резки может по желанию изменяться, то и производительность в зависимости от длины резки повышается или понижается. Высота С. б. также значительно влияет на производительность машины, т. к. гораздо легче выдувать изрезанную массу на высоту 6 м, чем выдувать ее на высоту 18—24 м. Приводимая ниже табл. 1 дает приблизительно-

Табл. 1.—Производительность силосорезок (в т/ч).

Ширина приемного отверстия	Тип силосорезки	
	барабанный	дисковый
9 дм. (228 мм)	2—4	3—5
11 » (279 »)	4—7	6—12
13 » (330 »)	5—9	9—15
15 » (381 »)	6—12	12—20
18 » (457 »)	8—15	15—25
20 » (508 »)	9—22	—
25 » (635 »)	10—25	—

ное понятие о производительности силосорезки с различной шириной приемного отверстия, при резке длиной в 13 мм и высоте подъема в 12 мм.

Для приведения в действие силосорезки и достижения ее полной производительности трактор должен обладать достаточной мощностью. Необходимая мощность для приведения в действие силосорезки зависит от многих факторов: от степени остроты ножей, их установки, высоты С. б., длины резки и состояния, в к-ром находятся механизмы машины (табл. 2).

Табл. 2.—Потребная мощность трактора для работы с силосорезками при выдувании зеленой массы на высоту 12 м.

Ширина приемного отверстия	Мощность трактора (HP)	
	при барабанной силосорезке	при дисковой силосорезке
9 дм. (228 мм)	4—8	6—12
11 » (279 »)	6—12	12—20
13 » (330 »)	8—16	14—25
15 » (381 »)	10—20	18—35
18 » (457 »)	12—25	25—50
21 » (508 »)	15—30	—
25 » (635 »)	18—35	—

В начале применения силосования в американских хозяйствах предполагалось, что для получения более питательного корма кукурузу для силосования необходимо убирать незрелой, и для получения большого количества зеленой массы в США принято было высевать узкими рядами т. н. специальную с и л о с н у ю к у к у р у з у. Это был очень высокорослый южный сорт, образующий большое количество листьев, но редко в этих местностях развивавший початки. Благодаря такому направлению в приготовлении силоса сложилось мнение, что для силосования годна лишь зеленая кукуруза. Позже, когда было обращено больше внимания на питательные свойства силосованного корма и после многочисленных опытов с силосованием кукурузы в различных стадиях ее развития, США от приготовления силосованного корма из зеленой кукурузы отказались, и в настоящее время готовность кукурузы для силосования стала определяться по зерну в початках, а именно началом его морщания. В это время кукуруза в течение нескольких дней д. б. срезана и вместе с початками переработана на силосорезках и помещена в С. б. В последнее время в США начал распространяться еще более новый способ приготовления силосованного корма, а именно: из вполне спелой кукурузы, с к-рой удаляются початки на зерно, и на силосованный корм идут лишь сухие или полусухие стебли, листья и оболочки початков. Подобный силосованный корм (с т о в е р - с и л о с) готовится при помощи хоскер-шредеров, особых машин-силосорезок. При этом способе кукурузу убирают при полной зрелости початков кукурузными сноповалками или иными способами и устанавливают в поле стоймя снопами для просушки в бабки (с у с л о н ы). Когда зерно в початках высохнет настолько, что початки без опасения самонагрева м. б. помещены в кош для хранения, кукурузу свозят с поля к С. б. Силосорезка хоскер-шредера представляет собою комбинацию хоскер-шредера, отделяющего початки от стеблей, срывающего с них оболочку, а также и изрезающего стебли на мелкие части, и мощного вентилятора силосорезки, поднимающего по трубам изрезанную массу в С. б. Так как наре-

занные сухие стебли слишком рыхлы и трудно уплотняются в С. б., что затрудняет вытеснение из силоса воздуха, то эту силосорезку снабжают еще насосом, подающим во время работы через трубу вместе с изрезанными стеблями и воду в требуемом количестве. Последняя должна добавляться к массе одновременно с поступлением материала, т. к. при этом он более равномерно его пропитывается. Главное условие при приготовлении стовер-силоса—правильное распределение по всей площади С. б. изрезанного материала, основательное его уплотнение и вытеснение из него воздуха. Преимущество нового способа приготовления силоса по словам его сторонников состоит в том, что он допускает возможность выдержки на корню растений до полного их вызревания, благодаря чему в них накапливается нек-рое количество лишних питательных веществ, и корм, приготовленный из вполне созревших растений, хотя и с предварительным отделением початков на зерно, по питательности не уступает силосу, приготовленному из не вполне созревших растений вместе с початками. Распространенное мнение, что стовер-силос менее питателен, чем обыкновенный силосованный корм, приготовленный из незрелой кукурузы с початками, ошибочно и опровергается новейшими данными (бюллетень университета штата Иллинойс).

Лит.: Болотин Е., Силосы и силосование нормов. М., 1930. Н. Шиловский.

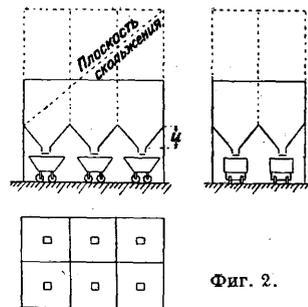
СИЛОСЫ, сооружения для хранения больших масс сухих сыпучих тел (зерна, цемента, угля, руды и пр.). Различают два основных типа этих сооружений, а именно: С. амбарного типа (фиг. 1 и 2) без членения внутреннего пространства вертикальными стенками и закромами С. с вертикальным членением (фиг. 3).

В первых продуктах насыпаются на сравнительно небольшую высоту, при к-рой плоскость скольжения хранимых сыпучих тел пересекает поверхность последних, а во втором случае продукты насыпаются на значительно большую высоту, причем плоскость скольжения пересекает расчленяющие С. стенки. С. состоят в основном из трех частей: нижней опорной части, средней части, или самого хранилища, и верхней перекрывающей части, служащей одновременно помещением для обслуживания хранилища. Нижняя часть силоса, между опорными частями сооружения, используется для транспортного оборудования; сюда же выходят воронки дна С., через к-рые опорожняются амбары и закрома.

В верхней части располагаются приспособления для подачи хранимого материала в самые хранилища. С одной стороны к С. примыкает пристройка, служащая для сообщения с верхней частью С. и для размещения подъемных механизмов, подающих материал в хранилище. Высота стенок последнего в С. амбарного типа определяется,



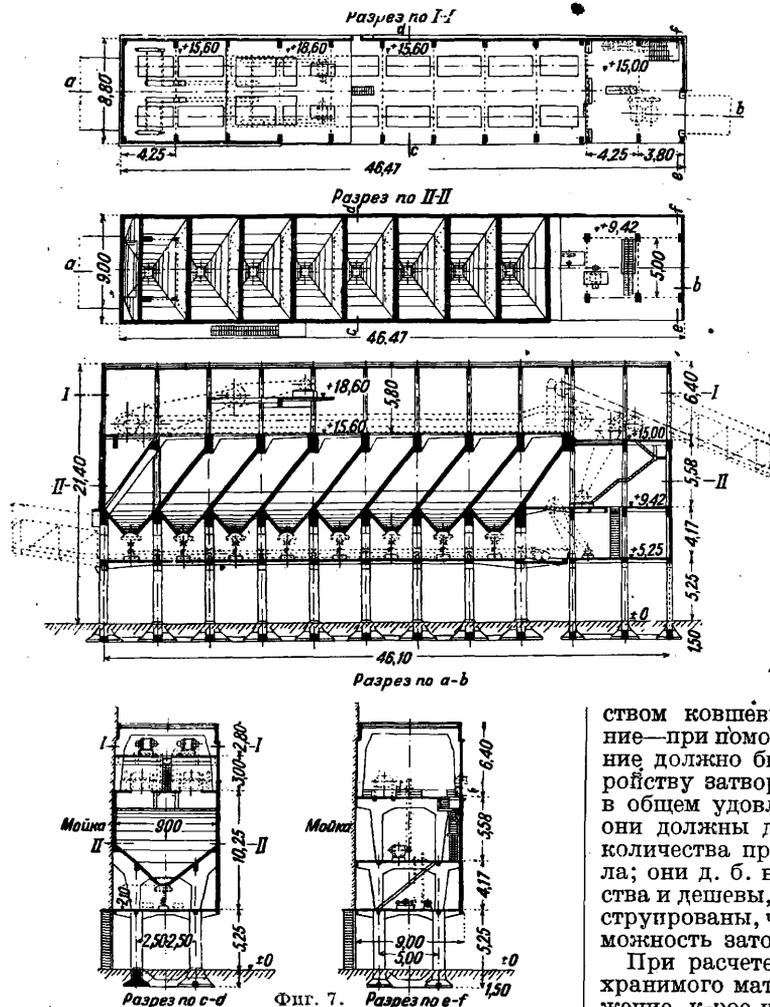
Фиг. 1.



Фиг. 2.

в пределе пересечением плоскости скольжения хранимого материала с верхним краем противоположной стены С. (фиг. 2). Высота закромных С. (фиг. 3) достигает 20—25 м, ширина закромов обыкновенно 5—6 м (зернохранилища). При большой высоте амбарных С. стенки испытывают столь большие напряжения, что такие С. становятся неэкономичными и уступают место более целесообразным закромным С. Для

ная перекрывающая часть должна иметь размеры, достаточные для свободного пропуска транспортных средств с рудой; воронкам придается форма опрокинутой пирамиды с не менее чем четырьмя плоскостями скольжения во избежание ваторов при опорожнении С. Фиг. 7 дает закромный С. для угля; здесь целесообразны закромные С. ради большей пожарной безопасности; высота слоя угля д. б. ограничена 6 м во избежание самовоспламенения его; приток в закрорма свежего воздуха, способствующего разложению угля, д. б. по возможности ограничен соответствующими мероприятиями (закрытие сверху, плотность стенок). На фиг. 8 показан закромный С. для хранения зерна (пшеницы); ширина отдельных закромов 8,2 м; зерновые и мучные продукты должны поступать на хранение в С. в совершенно сухом виде, в противном случае в С. должны быть предусмотрены устройства для просушки таковых; для воспрепятствования нагреву хранимых продуктов производят периодич. пересыпание их из одного закрорма в другой или прибегают к другим предохранительным мероприятиям. Для хранения соли сооружают С. амбарного типа; вследствие гигроскопических свойств большинства солей последние образуют комя, которые препятствуют свободному высыпанию через воронки; опорожнение этих С. производят посред-



Фиг. 7.

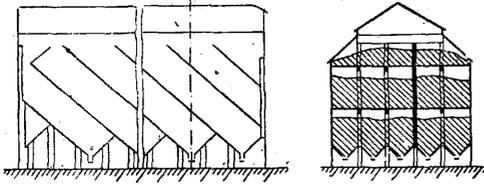
ограничения толщины слоя хранимого материала строят иногда С. с наклонными внутренними стенками, расчленяющими С. на закрорма (фиг. 4). Дно С. должно быть так сконструировано, чтобы была обеспечена беспрепятственность движения хранимого материала при опорожнении вместилища. Дно амбарных С. состоит поэтому из сплошного ряда воронок, число к-рых зависит от высоты и воронок (фиг. 2). При прямоугольных закрормах воронке м. б. придана рациональная форма согласно фиг. 5. Опорная часть С. должна быть так сконструирована, чтобы она допускала свободный проход перевозочных средств под воронками для погрузки хранимого материала. Конструктивное оформление перекрывающей части зависит от условий эксплуатации. Конструктивные особенности тех или иных С. вообще зависят от свойств хранимых в С. материалов. На фиг. 6 представлен С. амбарного типа для руды; верх-

ством ковшевых приспособлений, а последние—при помощи транспортеров. Особое внимание должно быть уделено рациональному устройству затвора воронок; эти затворы должны в общем удовлетворять следующим условиям: они должны допускать точное регулирование количества пропускаемого через них материала; они д. б. возможно более простого устройства и дешевы, легко обслуживаемы и так сконструированы, чтобы была устранена всякая возможность затвора сыпучего материала.

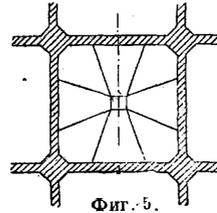
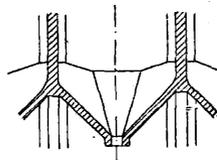
При расчете С. важно определить давление хранимого материала на стенки и дно. Напряжение, к-рое испытывают стенки амбарного С., соответствует приближенно напряжению, испытываемому подпорной стенкой, заделанной в нижней части. Боковое давление p , оказываемое сыпучим материалом на единицу поверхности вертикальной стены амбарного силоса на глубине h под поверхностью загрузочного материала, выразится поэтому ур-нем

$$p = \gamma h \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right), \quad (1)$$

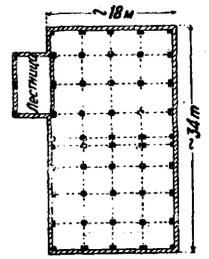
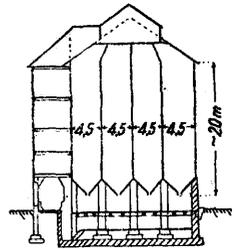
где γ —уд. в. загрузочных материалов; φ —угол естественного откоса загрузочных материалов. Ф-ла (1) применима для слоя загрузочных материалов небольшой высоты, т. к. в ней не учтено трение между последними и поддерживающими их стенками. Конструкция стен амбарных С. представляет сочетание плит и балок; расположенные в расстоянии 3—5 м друг от друга вертикальные ребра м. б. рассчитаны как горизонтально загруженные вертикаль-



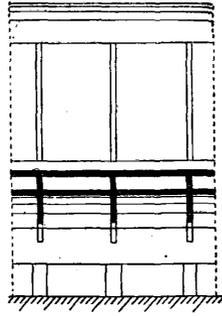
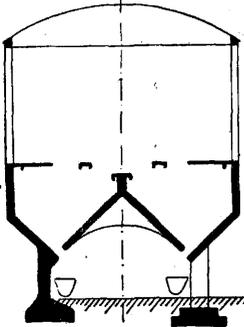
Фиг. 4.



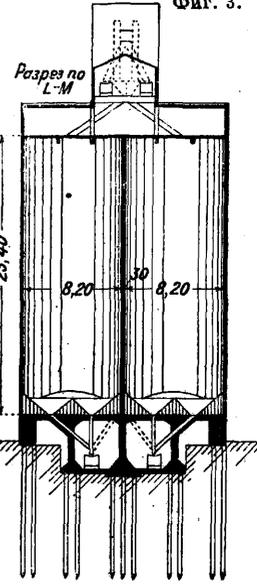
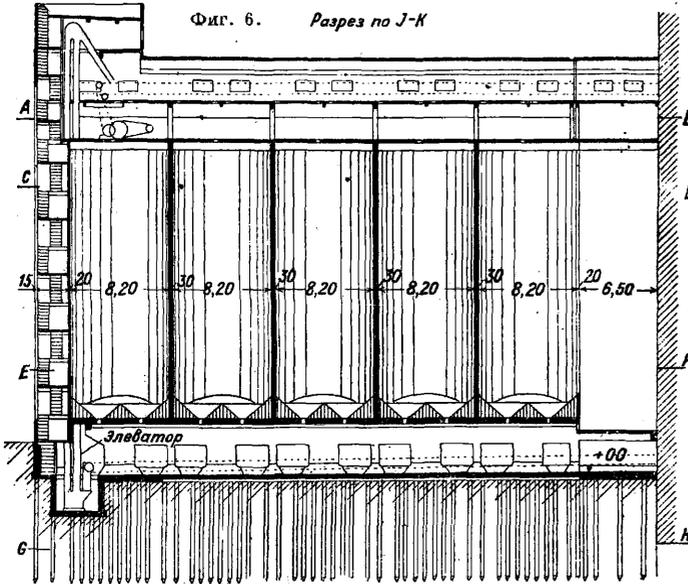
Фиг. 5.



Фиг. 3.

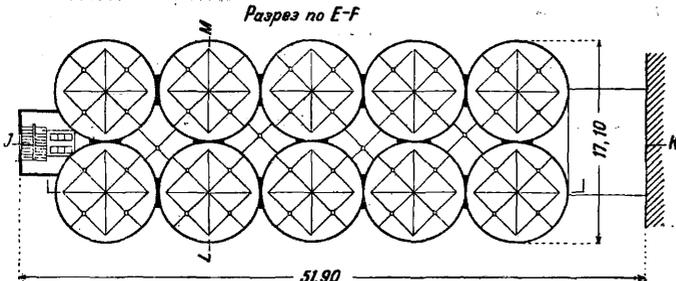


Фиг. 6. Разрез по J-K



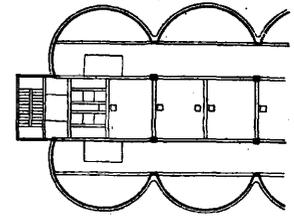
Разрез по L-M

Разрез по A-B

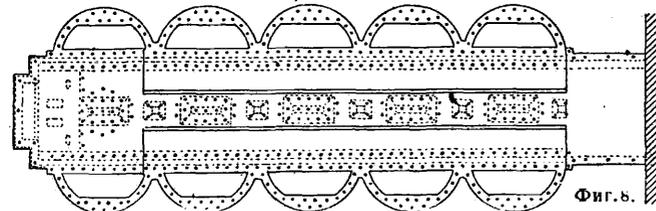


Разрез по E-F

Разрез по G-H

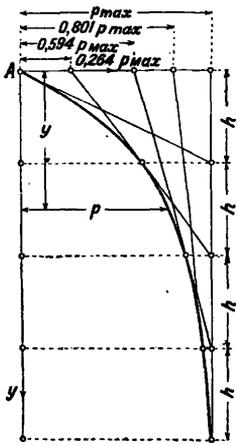


Разрез по C-D



Фиг. 5.

ные ребра подпорной стенки; при большем расстоянии между этими ребрами простенки между ребрами рассматриваются как плиты, опертые по трем сторонам; трение между стенками и загрузочным материалом большей частью не учитывается.



Фиг. 9.

зование натуральных логарифмов; λ —показатель степени, пропорциональный глубине y и обратно пропорциональный тангентному отрезку h , т. е. $\lambda = \frac{y}{h}$; p_{max} — значение p , когда y , а следовательно и λ , принимает бесконечно большое значение. Основная высота h для построения кривой давления получается из уравнения

$$h = \frac{p_{max}}{a} \quad (3)$$

причем

$$p_{max} = \frac{\gamma F}{U \operatorname{tg} \varphi'} \quad (4)$$

$$a = \gamma \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right); \quad (5)$$

γ —уд. в. загрузочных материалов; F —площадь основания отдельного закрома; U —периметр основания отдельного закрома; φ —угол естественного откоса загрузочных материалов; φ' —угол трения между загрузочным материалом и стенками закрома. Давление q на единицу площади горизонтального сечения на глубине y определяется по давлению p на стенку на той же глубине по следующей ф-ле:

$$q = \frac{p}{\operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)}. \quad (6)$$

Нормальное давление на наклонное под углом α к горизонту дно С. определяется из выражения (фиг. 10):

$$p_n = p \sin^2 \alpha + q \cos^2 \alpha = \frac{c^2 p + d^2 q}{s^2}. \quad (7)$$

При $\alpha = 45^\circ$ получим:

$$p_n = \frac{1}{2} (p + q). \quad (8)$$

В закромах С. статич. условия расчета крайне неопределенны, т. к. стены не м. б. рассматриваемы ни как шарнирно закрепленные ни как жестко заделанные. Расчет закромах С. обыкновенно сводится к расчету отдельных закромов, рассматриваемых как самостоятельные замкнутые рамы, вне связи с соседними закромами. Для расчета С. с прямоугольными и закромами мы будем иметь для стержня 1—2—3 (фиг. 11):

$$M_1 + 2(\eta + 1)M_2 + \eta M_3 + \frac{pa^2}{4} + \frac{\eta pb^2}{4} = 0, \quad (9)$$

где

$$\eta = \frac{I_a \cdot b}{I_b \cdot a}; \quad (10)$$

M_1, M_2 и M_3 —угловые моменты; I_a, I_b —моменты инерции соответственно для сторон a и b силосного закрома. Т. к. $M_1 = M_2 = M_3$, то

$$M_1 = -\frac{p(a^2 + \eta b^2)}{12(\eta + 1)}. \quad (11)$$

Наибольший момент в стержнях a будет

$$M_{ma} = \frac{pa^2}{8} + M_1, \quad (12)$$

а в стержнях b

$$M_{mb} = \frac{pb^2}{8} + M_1. \quad (13)$$

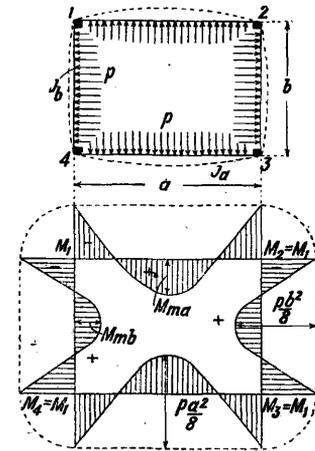
Для случая $I_a = I_b, a = b$ получаем $\eta = 1$ и тогда

$$M_1 = -\frac{pa^2}{12} \quad (14)$$

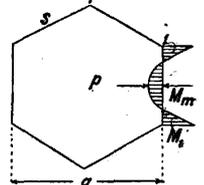
и

$$M_m = +\frac{pa^2}{24} \quad (15)$$

(как у балки с жестко заделанными концами). Для расчета С. с многоугольными закромами можно для двух смежных сторон мн-ка написать следующую зависимость, принимая во внимание, что угловые моменты равны (фиг. 12):



Фиг. 11.



Фиг. 12.

$$M_1 + 4M_1 + M_1 + \frac{ps^2}{4} + \frac{ps^2}{4} = 0, \quad (16)$$

откуда получим

$$M_1 = -\frac{ps^2}{12}; \quad (17)$$

следовательно

$$M_m = +\frac{ps^2}{24}. \quad (18)$$

Если обозначить через a диаметр вписанного круга, то для квадрата $s = a$, а поэтому

$$M_1 = -\frac{pa^2}{12} \quad (19)$$

и

$$M_m = \frac{pa^2}{24}; \quad (20)$$

для правильного шестиугольника $s = \frac{a}{\sqrt{3}}$, а следовательно

$$M_1 = -\frac{pa^2}{36} \quad (21)$$

и

$$M_m = \frac{pa^2}{72}; \quad (22)$$

для правильного восьмиугольника $s = 0,414a$ и потому

$$M_1 = -0,0143 pa^2 \quad (23)$$

и

$$M_m = 0,00716 pa^2. \quad (24)$$

Для закромного С. указанных на фиг. 13 сечения и заполнения отдельных закромов, моменты угловые и промежуточные для заполненных закромов (принимая во внимание, что стены между незаполненными закронами не подвергаются изгибу) получаются те же, что и для многоугольной рамы. Стены силоса с прямоугольными закронами подвержены действию изгибающего момента M и продольного растягивающего усилия N . Если закрона имеют круглое сечение, то в стенах таких закромов возникает лишь одно растягивающее усилие, равное pr , где r —внутренний радиус сечения. В железобетонных С. наружные стены снабжаются одиночной арматурой, а внутренние—двойной (давление возможно с двух сторон). Расстояние h_1 п. т. сжатой арматуры сечения f_e до крайнего сжатого волокна

$$h_1 = \frac{1}{3}x, \quad (25)$$

где x —расстояние от нейтральной оси до того же волокна. Толщина стены

$$d = 1,1h, \quad (26)$$

где h —полезная толщина. Для равновесия необходимо удовлетворить следующие два ур-ия:

$$D_b + D_e - Z + N = 0; \quad (27)$$

$$(D_b + D_e)h_0 + Nu = M; \quad (28)$$

D_b означает сумму сил, сжимающих бетон, причем

$$D_b = \frac{1}{2}b \cdot \sigma_b \cdot x; \quad (29)$$

D_e —сумму сил, сжимающих арматуру, причем

$$D_e = f'_e \cdot \sigma'_e; \quad (30)$$

Z —сумма сил, растягивающих арматуру, причем

$$Z = f_e \cdot \sigma_e; \quad (31)$$

h_0 —плечо внутренних сил D и Z ; u —расстояние силы N от центра растянутой арматуры, причем

$$u = 0,45h; \quad (32)$$

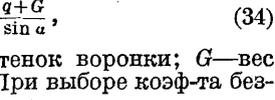
b —ширина рассматриваемого участка стены; σ'_e , σ_e , σ_b —соответственно напряжения сжатой арматуры, растянутой арматуры и сжатого бетона; f'_e , f_e —соответственно сечения сжатой и растянутой арматуры. При о д и н о ч н о й арматуре

$$D_e = 0 \text{ и } f'_e = 0; \quad (33)$$

задавшись величинами σ_b и σ_e , определяют величины h и f_e . Металл, необходимый для прикрепления воронки, должен для всего горизонтального сечения F верха воронки иметь сечение (фиг. 14).

$$f_e = \frac{F \cdot q + G}{\sigma_e \sin \alpha}, \quad (34)$$

где α —угол наклона стенок воронки; G —вес содержимого воронки. При выборе коэф-та безопасности следует иметь в виду динамич. силы, напр. вследствие обрушения в закронах образовавшихся в сыпучем материале пустот и затворов; эти добавочные силы не м. б. заранее учтены и принимаются в расчет путем повышения запаса прочности.



Фиг. 14.

О силосах для хранения кормовых растений и других продуктов см. *Силосные башни*.

Лит.: Бриллиг С., Формулы и таблицы для расчета инженерных конструкций, ч. 2, 3 изд., М., 1931; Дотт Н., Silos, Hndb. f. Eisenbeton, hrsg. v. F. Emperger, 3 Aufl., B. 14, B., 1924; Luft E., Druckverhältnisse in Silozellen, 2 Aufl., B., 1920; Otzen R., Der Masivbau, B., 1926; Saliger R., Praktische Statik, 2 Aufl., Lpz., 1927; Ritter A., Berechnung rechteckiger Silozellen in Eisenbeton, Stg., 1916. С. Бриллиг.

СИНЕРЕЗИС, процесс самопроизвольного выделения жидкости из коллоидных гелей, сопровождаемый сокращением объема геля (см. *Коллоиды*). С. особенно ясно наблюдается на тиксотропных гелях, связывающих при своем образовании всю жидкость системы в одно сплошное целое. Вообще С. можно считать общим характерным свойством гелей. Большой частью процесс протекает так, что масса геля, застывшего в данном сосуде, со временем отстает полностью от его стенок и затем плавает в отделившейся жидкости, оставаясь по форме подобной форме сосуда. Кинетика С. измеряется по изменению объема v отделяемой жидкости со временем τ , т. е. $v = f(\tau)$. Скорость С. в данный момент равна $\frac{dv}{d\tau}$. С. наблюдается лишь при достаточ-

но малых концентрациях гелеобразующего коллоида (дисперсной фазы), напр. для геранина S менее 3% [1], причем v растет с уменьшением этой концентрации; однако скорость С. при этом убывает; возрастает она под влиянием повышения f' и прибавок веществ, способствующих гелеобразованию. Верхний предел концентрации, при к-ром С. прекращается, соответствует связи всей массы жидкости (дисперсионной среды) с коллоидными частицами, т. е. характеризуется отсутствием в жидкости избытка, могущего отделиться. Сущность С. сводится к действию тех же молекулярных сил притяжения, которые проявляются и в процессах коагуляции (см.). Коагулированные хлопья, как и частицы геля, со временем сближаются (уплотняются) и терять связанную ими жидкость. Поэтому С. следует считать вполне аналогичным гелеобразованию (желатинированию), являющимся его продолжением и тоже связанным с дегидратацией коллоидных частиц. Жидкость, отделяемая при С., содержит в нек-ром количестве вещество дисперсной фазы—для полукolloидов типа геранина в истинно растворенном (молекулярно-дисперсном) состоянии.

С. имеет большое значение в областях техники, имеющих дело с лиофильными коллоидами. Так, С. наблюдается на гелях мыла и крахмального клейстера. Им же в основном обусловлен процесс черствения хлеба, которое нельзя рассматривать как простое высыхание.

Лит.: 1) Липатов С., Коллоидиум по коллоидной химии, «Записки Воронежского с.-х. ин-та», 1929; Liepatoff S., «Kolloid-Ztschr.», Dresden, 1927, B. 41, p. 200, 1927, B. 43, p. 396, 1929, B. 47, p. 21, 1929, B. 48, p. 62, 1929, B. 49, p. 321; «Biochem. Ztschr.», B., 1928, B. 192, p. 91.—Нумов В., Химия коллоидов, 3 изд., Л., 1932; Fгeundlich H., Kapillarchemie, 4 Aufl., Lpz., 1932; Kuhn A., «Kolloid-Ztschr.», Dresden, 1928, B. 46, p. 299; LeBlanc u. Kröger, «Ztschr. f. Elektrochemie», B., 1924, B. 27, p. 335; Мукочая Т., «Kolloid-Ztschr.», Dresden, 1927, B. 42, p. 79; Vnngenberg de Jong, «Kolloid-chemische Beihefte», Dresden, 1929, B. 29, p. 454. П. Ребиндер.

СИНИЛЬНАЯ КИСЛОТА, пианистый водород, пианистоводородная к-та, HCN, открыта Шееле в 1872 г. Впервые получена из берлинской лазури, откуда и получила свое первоначальное название «к-ты берлинской сини», впоследствии—синильной кислоты. Как соединение неустойчивое С. к. в минеральном мире не встречается. В растительном

мире она встречается как в свободном, так и в связанном состоянии (в виде глюкозидов). В растительных организмах С. к. является по всей вероятности одним из первых продуктов ассимиляции азота. В тропич. растениях (Бразильская гевея) С. к. обнаруживается уже по запаху. В листьях *Pangium edule* с о-ва Ява С. к. содержится до 0,34%, а во всем взрослом растении—до 350 г. В форме глюкозида *амигдалина* (см.) С. к. находится в семенах яблок, горьком миндале, косточках вишен, слив, персиков, лавровишни и др. С. к. встречается постоянно в продуктах пирогаемого разложения азотсодержащих органических веществ, в табачном дыме, в газообразных продуктах перегонки каменного угля, в доменных газах, в генераторном газе.

Физические свойства. С. к. при обыкновенной t° бесцветная, легкоподвижная жидкость с запахом, отдаленно напоминающим запах горького миндаля. Уд. вес $D^4 = 0,70583$, $D^{20} = 0,6969$; $t_{кип.}^{760}$ 25,65° (760 мм), $t_{пл.} = 13,4^\circ$ (по Тамману), $t_{замерз.} = -14^\circ$. Критическая температура 183,5 ± 0,1, критическая плотность 0,195 г/см³, критич. давление 53,2 ± 0,5 atm; упругость пара: 110 мм Hg при -15,2°, 165 при -10°, 427 при 10,8°, 567 при 18°, 760 при 25,6°, 3,71 atm при 64,8°, 9 atm при 100°; криоскопическая константа $K = 21,7$, степень ассоциации $x = 2,04$. Склонность молекул С. к. к ассоциации сказывается в ряде химических свойств, в частности в легкости образования комплексных солей. Электропроводность жидкой HCN при 0° 0,60 · 10⁻⁸ мо; диэлектрическая постоянная ϵ при 22,1° 113,2, при 13,4° 194,4. Характерно то, что ϵ для HCN гораздо больше, чем ϵ для воды (ϵ для H₂O = 81); вследствие этого диссоциирующая способность С. к. по отношению к электролитам д. б. большей, чем у воды: Показатель преломления HCN: $n_D^{10} = 1,2675$ (удельный), $M_D^{10} = 6,475$ (молекулы); константа электролитич. диссоциации 13 · 10⁻¹⁰. Последняя величина указывает, что С. к. является слабой кислотой; водный раствор ее дает едва заметную кислотую реакцию на лакмус; даже борная кислота и фенол частично вытесняют HCN из ее солей. С водой, алкоголем и эфиром С. к. смешивается во всех отношениях. Теплота образования HCN из элементов (по Томсену): паробразной -27 480 cal, жидкой -21 780 cal. С. к.—сильно эндотермич. соединение, что сказывается на ряде ее химич. свойств (неустойчивость, взрывчатость).

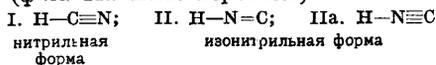
Теплота горения С. к. (на 1 моль) при 18° . . . 15 862 cal
 » смешения 1 мол. HCN с 400 мол. H₂O . . . 6 100 cal
 » термич. диссоциации HCN (при 18°) . . . 2 700 cal
 » испарения (при 20°) . . . 5 690 cal
 » плавления . . . 1 680 cal
 » возгонки . . . 8 900 cal

Теплоемкость (молярная) газообразной HCN

t°	мм Hg	c_p	c_v	$c_p c_v$
17,35	565	10,38	8,23	1,261
20,8	422	9,63	7,51	1,282

Свободная энергия при $t^\circ 298^\circ = 29 700$ cal; при 800° = 28 400 cal.

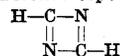
Строение и химические свойства С. к. Синильной к-те можно придать три формулы (Ф-ла IIa мало вероятна):



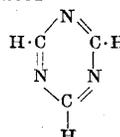
Соли синильной кислоты при взаимодействии с галогидными алкилами дают одновременно два ряда цианистых соединений: *нитрилы* (см.) и

изонитрилы (см. *Цианистые соединения*). В зависимости от температуры и ионизирующей среды меняется соотношение нитрильных и изонитрильных производных.

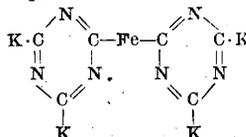
Крайняя ядовитость HCN говорит за ее изостроение (двувалентный углерод). Данные теплоты горения HCN, исследование теплоемкости паробразной С. к. и ее оптических свойств показывают, что С. к. является смесью двух таутомерных форм—нормальной и изоформы. Содержание изоформы в смеси быстро растет с повышением t° . Работы Брэдига, Тейхмана позволяют заключить, что обычная С. к. с $t_{кип.}^{26,5^\circ}$ представляет смесь 54,3% изоформы с $t_{кип.}^{66,7^\circ}$ и 45,7% нормальной к-ты с $t_{кип.}^{31,7^\circ}$ и что большинство цианистых солей является производными нормальной синильной кислоты, лишь KCN вероятно имеет изостроение. Кроме того Энклар доказывает наличие третьей «лабильной» С. к. с $t_{кип.}^{120^\circ}$. Последняя совпадает с $t_{кип.}$ давно известной дицианистой водородной к-ты с $t_{кип.}^{120-125^\circ}$, имеющей вероятно циклическое строение



Эта к-та двусосновна, что хорошо согласуется с давно известной способностью цианидов тяжелых металлов образовывать двойные соединения типа $KAg(CN)_2$. Принятие циклич. строения и двусосновности лабильной дицианистой водородной к-ты хорошо объясняет как образование комплексных солей, так и легкость их разложения с выделением С. к., что является следствием наличия мало прочного четырехчленного кольца. Особенности свойств желтой и красной солей (см. *Кровяная соль*), их прочность и целый ряд других соображений говорят за то, что существует еще С. к. циклич. строения—т р и ц и а н и с т о водородная кислота



производной которой—желтая соль имеет строение



Шестичленность такого кольца обуславливает его значительную прочность, что подтверждается свойствами железисто-синеродистых солей.

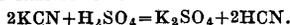
В чистом состоянии С. к. довольно устойчива, но в присутствии даже незначительного количества влаги, щелочей, а особенно аммиака, она быстро разлагается с выделением аммиака, муравьиной кислоты, шавелевой кислоты и продуктов полимеризации. На воздухе С. к. может быть зажжена и горит фиолетовым пламенем. Эндотермич. характер С. к. проявляется в ее взрывчатости. Неоднократно наблюдались случаи самопроизвольных взрывов жидкой С. к., хранившейся в железных баллонах. По силе взрыва С. к. превосходит тротил, пикриновую к-ту, бездымный порох, уступаая лишь нитроглицерину. Однако вызвать взрыв С. к. можно только с помощью очень сильных детонаторов. Вследствие малой скорости взрывной волны С. к. как взрывчатое вещество не применима. Меры борьбы со взрывчатостью С. к. при ее хранении: возможно большая чистота продукта (т. е. устранение влаги, следов щелочных цианидов и др.) и введение специальных стабилизаторов, как HCl, CaCl₂, активированный уголь, шавелевая к-та, тетрагидроэтан, хлороформ, а также соединений, способных при гидролизе выделять HCl, как хлорное олово, хлористый циан, хлоругольные эфиры.

Физиологические свойства С. к. Даже в незначительном количестве HCN, попадая в организм животных, вызывает быстрое отравление и смерть. Для человека смертельно

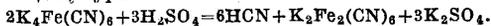
вдыхание воздуха с содержанием HCN 0,3 мг/л. По Лазарскому С. к. сначала возбуждает дыхательные, вазомоторные и сердечные центры нервной системы, а затем парализует их. По Шёнбейну С. к. прекращает перенос кислорода гемоглобином крови, связывая последний в циан-гемоглобин; смерть наступает в результате удушья (так называемого кислородного голода) организма.

Получение С. к. Можно наметить следующие виды азотного сырья: 1) азот неорганич. солей, 2) азот органич. соединений, 3) азот в элементарной форме, 4) азот аммиака, 5) азот, связанный с кислородом.

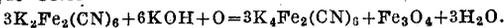
1. Получение С. к. из ее простых и комплексных солей—широко принятый в настоящее время метод в промышленности и в лабораторной практике. Обычно исходят из KCN, NaCN или желтой кровяной соли, действуя на них разбавленной серной кислотой:



Можно также пользоваться реакцией вытеснения HCN из простых цианидов действием углекислоты. Получение С. к. из желтой соли ведется сходным методом. По Гартману на $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ действуют разбавленной серной к-той по следующему уравнению:



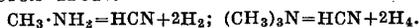
При этом выделяется только половина всей С. к., заключенной в желтой соли; другая половина остается в нерастворимом остатке—в виде т. н. зверитовой соли $\text{K}_2\text{Fe}_2(\text{CN})_6$. По Гроссману зверитову соль кипячением с раствором КОН в присутствии кислорода воздуха целиком переводят опять в растворимую желтую соль



2. Самый старый метод получения С. к.—прокаливание животных остатков (кожи, волоса, рога, крови) с поташом и железом. В результате получается желтая кровяная соль, из которой затем по способу (1) может быть выделена чистая HCN. Этот метод в настоящее время почти оставлен.

3. Получение С. к. из газов пиролиза. С. к. содержится в газах коксовых печей в генераторном и доменном газе и м. б. оттуда извлечена. На газовых з-дах С. к. улавливается в скрубберах раствором сернокислой соли окиси железа. Получающийся при этом ферроцианат выделяет в виде осадка, откуда можно выделить С. к. в чистом виде; 100 кг газового угля дают до 42 г (0,04%) HCN.

При нагревании аминов до 1000° и выше получается HCN:

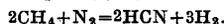


Рейхард и Буэб разработали технич. способ получения С. к., исходя, как из сырья, из шлепмы сахарной мелассы. Шлепта содержит до 4% азота в виде бетаина и аминокислот. При пиролизе бетаин распадается на аммиак и низшие амины. В производстве дистиллируют шлепму 40°Вé в горизонтальных ретортах при 700—800° в течение 3—4 час. Смолы собираются в приемниках, а газы и пары, проходя через каналы, нагретые до 1000°, подвергаются цианированию, затем пропускаются через 20%-ный раствор H_2SO_4 для улавливания аммиака, и наконец через конц. NaOH для улавливания HCN; непоглощенный остаток газов идет как топливо. В первой стадии процесса (при дистилляции) газы содержат H_2 , CO_2 , H_2O , CH_4 , тяжелые углеводороды, N_2 , NH_3 и низшие амины.

Цианированный газ содержит 7% HCN, 7% NH_3 , 8% углеводородов, 12% H_2 , 18% CO , 24% CO_2 , 24% N_2 .

4. Из элементарного азота С. к. может быть получена при действии высокой t° . В 1879 г. Дьюар получил С. к. в вольтовой дуге, пропускающей через нее смесь водорода и воздуха; Дифенбах, Мольденгауэр и Грисгейм получили HCN из генераторного газа, пропуская его через вольтову дугу, причем катодом служил порошкообразный уголь. Реакция идет еще лучше в присутствии катализаторов: меди, железа и их солей. В последнем случае выход С. к. достигает 21 г на кВт энергии. По этому методу работает Шейдеанштальт при давлении 1,6 atm, используя смесь: 5,3% CO ; 18,3% CH_4 ; 33,7% H_2 ; 42,7% N_2 . Акц. об-во «Азот» в Бори получает С. к. из нефтяного газа и азота, пропуская смесь их через вольтову дугу. Применяемые для этого печи аналогичны печам, служащим для получения азотной кислоты из азота воздуха.

Мосцицкий использовал реакцию взаимодействия метана и азота в электрич. дуге, указанную еще Бертелло:



Тогда как при эквимолекулярных количествах газов у Бертелло при незначительном образовании С. к. имело место большое выделение сажи, Мосцицкий, подбирая соотношение $\text{N}_2:\text{CH}_4$, добился (при исходной смеси из 20% CH_4 , 10% H_2 , 70% N_2 и при напряжении 4 200 V переменного тока) выхода около 19% HCN, т. е. почти количественного превращения метана в С. к. Липинский исходил из масляного газа и азота, подвергая смесь газов действию разрядов в дуге высокого напряжения, помещенной во вращающемся магнитном поле. Заставляя газовую смесь циркулировать, он достиг выходов до 28 г HCN на кВт энергии. Андрыссенс и Циба исходили из ацетилена и азота. Указанные методы (Мосцицкого, Липинского и Андрыссенса) м. б. применены с большим успехом в целях промышленного получения HCN в условиях дешевой электрической энергии. Надо еще указать на кальций-цианамидный способ: при пропускании азота над накаленным кальций-карбидом образуется кальций-цианамид CaCN_2 , к-рый с водяным паром или с водяным газом при t° красного каления над углем дает HCN и CaO. За последние годы (1929—31) появились работы К. Петерса, Ф. Фишера, Г. Кюстера о газовых реакциях под действием электрических разрядов при уменьшенном давлении. В указанных условиях элементарный азот реагирует с различными углеводородами, напр. с метаном, нафталином, этиленом, ацетиленом—с образованием С. к., причем при избытке азота идет почти количественное превращение углеводородов в С. к. В конце 1930 г. появились работы Петерса и Кюстера об образовании С. к. в аналогичных условиях из углеводородов и аммиака; напряжения на электродах бралось до 10 000 V, вакуум в реакционных трубках поддерживался 20—50 мм Hg, скорость тока газов до 250 л/ч; при составе исходной газовой смеси метан : аммиак = 1 : 1, максимальный выход С. к. достигал 70%. С увеличением содержания аммиака растет и выход С. к. по отношению ко втянутому метану; при соотношении метан : аммиак = 3 : 7 достигается количественное превращение метана в С. к. Конечный продукт синтеза—чистый цианистый аммоний.

5. Метод получения С. к. из окиси углерода и аммиака по схеме

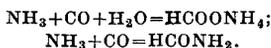


за последние годы приобретает все более выдающееся значение. Майль и де-Гордон в 1918 г. впервые указали на возможность получения HCN из CO и NH_3 над Al_2O_3 или ThO_2 при t° 400—500°. Ими была установлена каталитическая природа реакции, влияние состава контакта на t° начала реакции и на величину выхода С. к. Начиная с этого времени появились многочисленные патенты на получение С. к. из CO и NH_3 .

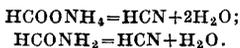
Сохраняя б. или м. постоянные темп-рные условия, патенты эти обнаруживают большое разнообразие предлагаемых катализаторов. Так, Гольдильбер Шейдеанштальт предлагает в качестве катализатора активированный уголь нейтральный или слабо щелочной, чистый или покрытый металлами, окислами и т. п., или пропитанный гидратами окисей, карбонатами, силикатами, боратами, фосфатами,

сульфидами и цианидами щелочных или щелочноземельных металлов. BASF (1923 г.) предлагает применять стекловидную окись алюминия, чистую или с примесями ThO_2 , ZrO_2 , окиси урана; I. G. — Al_2O_3 , ZrO_2 , ThO_2 , окись урана; Франк и Каро — окиси щелочноземельных металлов или магния или могущие их дать соединения; Бредиг и Элод — соединения редких земель (особенно дицима, лантана, церия), а также окислы Ti, Mo, урана и особенно ванадия, далее те же вещества в смеси с другими катализаторами, напр. Al_2O_3 , карбиды Si, Ti, Zr, смеси их («силит» и «силокситон»), силициды тех же металлов, карбид Al, ThO_2 .

Изучение кинетики реакции Бредигом и Элодом в пределах $t^\circ 500\text{--}700^\circ$ с катализаторами Al_2O_3 , ThO_2 , CeO_2 с переносчиком и без него показало, что лучшие выходы С. к. получаются с Al_2O_3 без переносчика и с CeO_2 на фаянсе. Выход С. к. растет с повышением t° , содержания СО и скорости тока газовой смеси. При $\text{CO} : \text{NH}_3 = 20 : 1$, «скорости газа 12 л/ч (при времени контрактирования $\frac{1}{10}$ мин.) и при $t^\circ = 700^\circ$, выход HCN доходит до 65% от взятого NH_3 , при потере аммиака на диссоциацию $\sim 14\%$; при соотношении $\text{CO} : \text{NH}_3 = 5 : 1$ выход HCN — 48%. Помимо основной реакции ($\text{CO} + 2\text{NH}_3 = \text{NH}_4\text{CN} + \text{H}_2\text{O}$) идет частичная реакция диссоциации аммиака на элементы, причем потеря аммиака доходит в ряде опытов до $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{5}$ от выхода С. к. (при 500° потеря равна 2–6%, при 600° — до 12%, при 700° — 7–18%). Параллельно с основной реакцией идет еще реакция между окисью углерода и водяным паром: $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2 + \text{CO}_2$; поэтому с ростом выхода HCN всегда наблюдается и рост выхода H_2 . Получающаяся CO_2 во многих случаях вредит основной реакции. Несколько иной метод получения HCN из СО и NH_3 предложил де-Ламбилли. Последний пропускал смесь NH_3 , СО, H_2O при 80–150° над древесным и животным углем или над кусками пемзы. При этом сначала идет образование муравьиной соли аммония и формамида по следующим уравнениям:

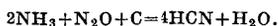


Полученные продукты еще раз пропускают при 210° для образования HCN:



С. к. также м. б. получена из муравьиных эфиров и аммиака. I. G. и BASF взяли несколько патентов на получение HCN из метилформиата и аммиака над катализаторами ThO_2 и Al_2O_3 при $t^\circ 180\text{--}250^\circ$.

6. Получение С. к. из окислов азота. Были предложены получения HCN из аммиака и окислов азота. Смесь NH_3 и окислов азота при пропускании над накалившимся докрасна древесным углем дает HCN:



По Элоду и Недельману С. к. получается с помощью пирореакции из NO и углеводородов; лучшим катализатором является смесь Al_2O_3 и кварца в соотношении 1 : 1.

Наиболее актуальным методом промышленного получения С. к. надо считать синтез из окиси углерода и аммиака, поскольку он увязывается с целым рядом смежных производств: производством сжатых газов (кислорода, водорода, азота), аммиачно-содовым, азотнокислотным, азотно-туковым, получением синтетического топлива (метанол) и др. Поэтому разрешение вопроса получения дешевого сырья — получение аммиака синтетич. путем из азота воздуха — и выдвинуло за границей за последние годы этот метод как наиболее рентабельный. Однако во многих случаях не исключается возможность применения и других методов. Из них наибольший интерес представляет получение С. к. из элементов. В данном случае исходное сырье (азот воздуха) является наиболее дешевым. Получение С. к. электрохимич. путем из азота воздуха и всякого рода углеродсодержащих соединений с успехом м. б. применено в районах дешевой электрич. энергии. Наряду с этим сохраняет свое значение и проблема использования промышленных отходов для получения С. к.; сюда относится улавливание С. к. из продуктов пиролиза каменного угля, доменных и генераторных газов, крекинг мелассы на сахарных заводах и др.

Анализ HCN. Качественное определение HCN производят нагреванием его со щелочным раствором закисной соли железа, затем при подкислении HCl и по-

следующем прибавлении окисной соли железа, получается синий осадок берлинской лазури; чувствительность реакции 1 : 50 000. При кипячении с многочисленным аммонием и выпаривании досоуха, затем при подкислении и прибавлении соли окиси железа — кровавокрасная окраска (родановая реакция); чувствительность 1 : 4 000 000. Роль естественного HCN (по Либиху) определяют титрованием $\frac{1}{10}$ N AgNO_3 , приливая в отмеренном объеме с содержанием около 1,1 г HCN в щелочном растворе KOH или NaOH раствор серебра до появления белой мути. 1 см³ $\frac{1}{10}$ N $\text{AgNO}_3 = 0,0054$ г HCN. По Фольгарду в отмеренном объеме раствора HCN или ее соли, подкисленному HNO_3 , приливают избыток $\frac{1}{10}$ N AgNO_3 , забалтывают, фильтруют через сухой фильтр, фильтрат титруют $\frac{1}{10}$ N KCN в присутствии соли окиси железа как индикатора (1 см³ $\frac{1}{10}$ N $\text{AgNO}_3 = 0,0027$ г HCN). По Дени же в присутствии аммиака — в отмеренном объеме раствора HCN приливают 10 см³ 10%-ного NH_3 , 10–15 капель 10%-ного KJ и титруют $\frac{1}{10}$ N AgNO_3 до появления желтой опалесценции. Колориметрическое определение HCN основано на появлении красной окраски от приливания цианида к щелочному раствору пикроновой к-ты (изоциануровая реакция). В 25-см³ мерный цилиндр приливают 3 см³ насыщенной пикроновой к-ты, 1 см³ 5%-ного Na_2CO_3 и 1 см³ испытуемого раствора. Ставят на 5 мин. на водяную баню, охлаждают и дополняют до 25 см³ воды. Сравнивают в колориметре со стандартом. Чувствительность 1 : 5 000 000. Можно использовать также бензидиновую реакцию: смешивают 3%-ную уксуснокислую медь (1 капля) с насыщенным раствором бензидина (5 капель) с 1 см³ 10%-ного Na_2HPO_4 и $\frac{1}{20}$ ч. воды; приливая каплю реактива в испытуемый раствор, получают синее окрашивание. Для определения наличия паров HCN в воздухе пользуются бензидиновой бумажкой (фильтровальная бумажка, смоченная раствором соли меди и после того раствором соли бензидина): при концентрации HCN выше 25 мг/м³ синяя окраска появляется не позже 7 ск.

Применение С. к. HCN в свободном состоянии, а также в виде комплексного соединения $\text{Ca}(\text{CN})_2 \cdot 2\text{HCN}$, известного под названием твердой С. к., применяется в с. х. в смеси с хлором, фосгеном, жидкой углекислотой в борьбе с вредителями (полевыми мышами, кротами, сусликами и др.). В Испании, Калифорнии, Японии, Южной Африке С. к. применяется против вредителей плодовых деревьев и виноградников, против хлебных вредителей, насекомых — домашних паразитов (клопов, блох и др.). За последние годы были проведены успешные опыты применения синильной кислоты для созревания плодов и овощей (см. также *Этилен*). В медицинской практике С. к. идет для приготовления некоторых фарм. препаратов (искусственное горькоминдальное масло, лавровишневые капли). Как дезинфицирующее средство С. к. употребляется в давних пор, еще лучше с последующим применением формальдегида, который является и дезгазатором по отношению к С. к. Применение С. к. в военном деле в качестве боевого отравляющего вещества несмотря на ее высокую ядовитость и смертоносное действие не имело заметного успеха, гл. обр. благодаря малому уд. весу паров С. к. (0,93 по отношению к воздуху) и ее малой устойчивости. Попытки боевого применения смесей С. к. с мало летучими жидкостями, напр. с хлорным оловом, хлористым мышьяком, хлороформом (франц. «винсеннит») также до настоящего времени не увенчались успехом. Однако в будущем не исключена возможность подыскания таких смесей С. к., которые окажутся вполне действительными боевыми средствами химич. борьбы.

Лит.: Некрасов В., Химия отравляющих веществ, М.—Л., 1929; Либерман Г., Химия и технология отравляющих веществ, М.—Л., 1931; Зимаков, «Ж», 1929, т. 61, стр. 997; Вредиг U. Teichmann, «Ztschr. f. Elektrochemie», В., 1925, В. 31, p. 449; Paschall, «CR», 1925, v. 180, p. 1850; Meyer K. u. Hopff, «B», 1924, В. 54, p. 4709; Wade, «Painting», «Journ. of the Chemical Society», L., 1898, v. 73, p. 256; Guillemaud, «CR», 1907, t. 144, p. 141; Вредиг, «Chem. Zentr.», 1926, В. 2, p. 2849; Вредиг U. E. Iod, «Ztschr. f. Elektrochemie», Lpz., 1930, В. 36, p. 1003; «Ch. Zentr.», 1926, В. 1, p. 3628; E. Iod u. Nedelmann, «Ztschr. f.

Elektrochemie», Lpz., 1927, В. 33, p. 277; Bertelsman W., Die Technologie der Cyanverbindungen, Mch., 1906; Am. Cyanamid Company, Am. P. 1513051/1926; Ф. П. 576392.

С. Бобков и П. Зинаков.

СИНТЕЗ ОРГАНИЧЕСКИЙ, совокупность химических методов, дающих возможность, исходя из элементарных веществ или из соединений относительно простого состава, получать в конечном счете сложные органич. (углеродистые) соединения определенного, заранее намеченного химич. состава, а в большинстве случаев и заранее известного строения. В своем первоначальном значении понятие С. о. охватывало только такие процессы, при к-рых имеет место образование сложных молекул из более простых (синтез в буквальном, узком смысле этого слова). В настоящее время общепринято придавать понятию С. о. более широкий смысл: сюда относят все методы искусственного получения жelaемых органич. соединений, не исключая и таких реакций, в к-рых осуществляется дезагрегация сложных молекул на более простые или происходит лишь перегруппировка атомов внутри молекулы (изомеризация, циклизация, замыкание циклов).

Начало С. о. было положено историч. реакцией Вёлера, получившего в 1828 г. мочевины изомеризацией циановодородного аммония, который в свою очередь м. б. получен (синтезирован) из элементов; эта реакция была так. обр. первым полным синтезом органич. вещества, известного до тех пор лишь как продукт жизнедеятельности организмов. Вслед за тем был произведен полный синтез уксусной кислоты (Франклянд и Кольбе, 1848 г.), далее ряд синтезов, выполненных Бертелло, Шеврёлем, Бутлеровым и другими исследователями. Вторая половина 19 в. обогатила органич. химию огромным числом разнообразных синтетич. методов, в том числе всевозможными диазореакциями, многочисленными методами конденсации (см.) углеродных цепей и замыкания циклов, сложнейшими синтезами Э. Фишера и его учеников и т. д. Работы первой трети 20 в. значительно дополнили методы С. о., уточнили их и некоторым из них позволили придать весьма изящные формы (ксантогеновый метод Чугаева, синтез Гриньяра, ступенчатое каталитич. восстановление по Паалу и Скита и т. п.). В результате непрерывного прогресса С. о. дал в руки химиков систему весьма совершенных методов, позволяющих строить сложнейшие органич. молекулы почти любой структуры, допускаемой валентностью соответствующих элементов. Подавляющее большинство известных к настоящему времени органич. соединений было реализовано с помощью С. о.

Методика С. о. носит специфич. характер, определяемый условиями проведения реакций между органич. веществами, из к-рых большинство—неэлектролиты. При получении неорганических соединений объектами работы являются в большинстве случаев электролиты либо инертные вещества, не реагирующие при обычных t° ; в соответствии с этим синтез новых веществ основывается либо на быстро протекающих ионных реакциях в растворах либо на высокотемпературных пирореакциях. Область же С. о. является по преимуществу областью молекулярных, медленно протекающих реакций, могущих принимать различное направление в зависимости от условий их проведения; выход синтезируемого продукта определяется законом действия масс и относительной скоростью главной реакции по сравнению с «любоч-

ными», т. е. другими возможными при данных условиях реакциями. Высокие t° (выше 600°) в С. о. используются редко, так как лишь немногие углеродистые соединения переносят их без разложения. Необходимость оперировать в области умеренных t° вызвала к жизни усиленную разработку других (кроме нагревания) способов ускорения реакций; результатом этого явилось включение в практику С. о. разнообразнейших методов фотосинтеза и электросинтеза, применение высоких давлений и особенно широкого использование катализа. В этом отношении за последние 2 десятилетия достигнуты крупнейшие успехи, хотя до сих пор еще не удалось искусственно воспроизвести условия, в к-рых протекают при обычных t° атмосферы сложные биологические синтезы в растительных клетках. Второе затруднение—возможность протекания реакций в нежелательном направлении—нередко удается устранить применением вакуума, или быстрой «закалкой» продукта (выводом его из горячей реакционной зоны в охлаждаемую), или соответствующим подбором катализатора.

Первой стадией «полного» синтеза органич. вещества являются реакции прямого соединения углерода с различными простыми веществами—водородом, кислородом, азотом, серой, фтором, кремнием или металлами. Т. о. получаются простейшие углеродистые соединения, могущие служить исходным материалом для дальнейших синтетич. реакций. Эти последние заключаются в наращивании углеродных цепей (обычно при этом в молекулу вводится и водород) и введении различных неорганич. радикалов (заместителей водорода, субституентов), напр. гидроксила —ОН, карбонильного кислорода =О, нитрогруппы —NO₂, аминогруппы —NH₂, сульфогруппы —SO₃H и т. п. На практике чаще всего исходят из готовых органич. соединений растительного, животного или минерального происхождения либо из отдельных продуктов пиролиза углеродосодержащего сырья (угля, нефти, древесины, торфа); эти вещества соответственно подобранными химич. методами переводятся в требуемое соединение, что бывает нередко связано с переходом через ряд промежуточных продуктов.

Все задачи, разрешаемые с помощью С. о., могут быть сведены к следующему общему случаю. 1. Исходное вещество содержит углеродную цепь требуемого строения и с требуемым числом атомов углерода. Здесь возможны 4 случая: 1) Исходное вещество не содержит неорганич. замещающих групп или содержит лишь часть требуемых заместителей. В этих случаях недостающие группы вводятся в исходное соединение: а) путем замещения атомов водорода соответствующими субституентами (галогидирование, нитрование, сульфирование, окисление и т. д.) или б) присоединением различных неорганич. молекул (в случае непрелестности), напр. галоидов, галоидоводородных к-т, Н₂O, Н₂SO₄ и т. д. 2) Исходное вещество не содержит требуемых субституентов, но содержит (исключительно или наряду с частью требуемых) другие—иного состава или строения. В этом случае требуемый заместитель вводится следующими путями: а) замещением имеющегося субституента требуемым (омыление галоидопроводных, амидов и нитрилов, обмен галоида, диазогруппы, гидроксила на другие радикалы и т. д.) и б) превращением имеющегося заместителя в требуемый, что может быть достигнуто отнятием из него части атомов, либо введением новых, либо перегруппировкой наличных атомов в данной группе. 3) Исходное вещество содержит замещающие группы в большем количестве, чем требуется, или наряду с требуемыми содержит излишние посторонние группы. В таких случаях лишние группы отщепляются, напр. путем замещения их водородом (восстановление). 4) Исходное вещество содержит нужные замещающие группы в требуемом количестве, но в ином расположении. В этом случае заместители переводятся на надлежащие места путем изомеризации молекул исходного вещества.

II. Исходные вещества содержат меньше число атомов углерода, чем требуемый конечный продукт. Путем к получению последнего здесь служит прямой синтез из

двух или более органич. молекул, приводящий либо 1) к наращиванию непрерывной углеродной цепи (полимеризация при угледе, полимеризация, всевозможные реакции конденсации, алкилирования и ацилирования); сюда относятся такие важнейшие методы С. о., как реакция Фриделя-Крафта, Вюрпа и Фиттига, Гриньяра, Зайцева и Бутлерова, синтезы с помощью ацетоуксусного и малонового эфиров и т. п.), либо 2) к сочетанию нескольких углеродных цепей через посредство промежуточных неуглеродных связующих звеньев (этерификация, алкилирование и ацилирование в неорганич. радикалах или при гетероатомах основной цепи).

III. Исходное вещество содержит больше атомов углерода, чем конечный продукт. Для получения последнего молекула исходного вещества подвергается расщеплению, что может происходить без присоединения (простое разложение) или с присоединением новых атомных групп (омыление эфиров, окислительный распад и т. д.).

IV. Исходное вещество содержит требуемое число атомов углерода, но цепь иного строения. В этих случаях углеродная цепь перестраивается соответствующим образом, причем возможны следующие варианты: 1) изомеризация открытых цепей (внутримолекулярные перегруппировки), 2) смыкание открытых цепей в замкнутые (циклизация), 3) размыкание замкнутых цепей в открытые и 4) изомеризация замкнутых цепей. Сюда же можно отнести случаи, когда путем отнятия нек-рых атомных групп создаются кратные связи между углеродными атомами цепи, и обратно—путем присоединения таких групп кратные связи преобразуются в простые.

Характеристику отдельных методов органич. синтеза и примеры соответствующих реакций см. *Промежуточные продукты для синтеза красителей*.

Практич. значение С. о. заключается в том, что он 1) является одним из наиболее надежных способов установления структуры сложных органических веществ, 2) непрерывно обогащает область органич. химии новыми химич. индивидуумами и новыми классами соединений, 3) имеет широкое и разностороннее применение в технике. В области химич. технологии С. о. позволил организовать на базе дешевого сырья крупное производство таких веществ, к-рые ранее добывались в готовом виде из природных источников (напр. ализарин, индиго), а также ввести в практику потребления огромное количество новых продуктов (синтетич. красители и т. п.). Наиболее крупное значение С. о. приобрел в пром-сти красящих веществ, в производстве растворителей, фармацевтич. и парфюмерных препаратов, а также в области военной техники (производство взрывчатых веществ). Ближайшие годы намечают мощное развитие методов органич. синтеза в области получения искусственного топлива, синтетического каучука, смол и пластических масс, удобрительных, дубильных и консервирующих веществ, инсекто-фунгисидов и т. д. На очереди—проблема промышленного изготовления синтетических пищевых веществ—углеводов и жиров.

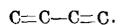
Лит.: А лек сее в П., Методы превращения органич. соединений, Киев, 1889 (книга до сих пор не утратила своей ценности; русское издание—библиографич. редкость; имеется франц. пер.); К р а п и в и н С., Практич. работы по органич. химии, М., 1910; В о р о ж ц о в Н., Основы синтеза красителей, М.—Л., 1925; Г а т т е р м а н Л., Практич. работы по органич. химии, пер. с нем., 3 изд., Л., 1926; Г а т т е р м а н Л. и В и л а н д Г., Практич. работы по органич. химии, пер. с нем., Л., 1930—1932; О р т н е р Л. и Р е й х е л ь Л., Практикум по органич. химии, пер. с нем., М.—Л., 1931; E l b s K., Synthetische Darstellungsmethoden d. Kohlenstoff-Verbindungen, B. 1—2, Lpz., 1891; Н о u b e n - W e y l, Die Methoden d. organischen Chemie, 3 Aufl., Lpz., 1924—1929; L a s z a r - C o h n, Arbeitsmethoden f. die organisch-chemische Laboratorien, 5 Aufl., Lpz., 1922—1923; P o s n e r T., Lehrbuch d. synthetischen Methoden d. organischen Chemie, 1903; S c h m i d t J., Synthetisch-organische Chemie d. Neuzelt, 2 Aufl., Wiedemann's Serie, B. 23, Brschw., 1926; P o r t e r Ch. W. a. o. th., The Methods of Organic Chemistry, Boston, 1927; V a l i n o L., Handbuch d. präparativen Chemie, B. 2, Organischer Teil, 2 Aufl., Stuttgart, 1923; H o l l e m a n A. F., Die direkte Einführung von Substituenten in dem Benzolkern, Berlin, 1910; B a t e S. C., The Synthesis of Benzene Derivatives, London, 1926.

В. Янковский.

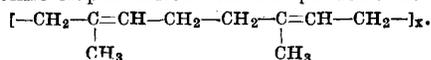
СИНТЕТИЧЕСКИЙ КАУЧУК. Первые наблюдения по превращению диэтиленовых углеводородов в каучукоподобные вещества (в С. к.) были сделаны Г. Бушарда в 1879 году при нагревании изопрена и И. Кондаковым в 1901 году при автополимеризации диизопропилена [1]. Вопрос о синтезе каучука как о практич. задаче был впервые поставлен в 1909 г. В этом году и в ближайшие годы производилось обследование явлений полимеризации и связанного с этим вопросом получения С. к. независимо и одновременно С. Лебедевым [2] в России, Гарриесом [3] и Гофманом [4] в Германии, Перкинсом и Метьюсом в Англии [4]. Впоследствии вопросами синтеза каучука в России занимались И. Остромысленский [5] и Б. Бызов. Наибольшее внимание этому вопросу было уделено в Германии, где во время войны был построен завод С. к. из диизопропилена. Он выпустил свыше 2 000 т каучука. С окончанием войны этот завод был закрыт.

В 1926 г. по инициативе ВСНХ была возобновлена работа по С. к. в СССР. Разработанный С. Лебедевым способ получения дивинилового каучука из спирта был изучен на опытном з-де в Ленинграде. Первый большой завод, работающий по этому способу, пущен в ход 7 июля 1932 г. в Ярославле; второй завод пущен 14 сентября 1932 г. в Воронеже. Постройка двух других заводов этого типа (в Ефремове и Казани) близится к окончанию. Вопросы, связанные с получением С. к. из нефти, также разрабатываются на опытном з-де в Ленинграде.

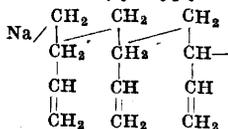
Химия С. к. сейчас достаточно определена намечает пути своего дальнейшего развития. Если до недавнего времени она стремилась к тому, чтобы С. к. возможно точнее копировал свойства природного каучука, то в настоящее время задача ставится значительно шире. Всякая новая форма С. к. приносит новый комплекс свойств, которых нет ни у природного каучука ни у других С. к. Способностью превращаться в высокомолекулярные полимеры, обладающие рядом признаков природного каучука (эластичность, способность вулканизоваться горячим и холодным способом), отличаются многие вещества, имеющие в молекуле сопряженную систему двойных связей:



Эту группировку атомов можно назвать к а у ч у к о ф о р о м. Процесс получения С. к. по этому распадается на следующие две операции: 1) синтез веществ, имеющих в молекуле каучукофор (обычно это углеводороды, но в последнее время внимание исследователей стали привлекать производные этих углеводородов, например вещества, содержащие хлор или этюксильную группу— $O_2C_2H_5$) и 2) превращение этих веществ в высокомолекулярные полимеры, или полимеризация. Строение полимерных форм С. к. в значительной степени разъяснено изучением действия на них озона (метод Гарриеса) и обследованием продуктов, получающихся при распаде озонидов. Различают два типа полимеров (каучуков): нормальные и аномальные. Первые получают в результате самопроизвольной полимеризации при комнатной t° или при нагревании—обычно в пределах $50 \div 150^\circ$. Их строение аналогично строению природного каучука. Для изопрена напр. строение нормального полимера таково:



Аномальные каучуки имеют структуру, отличную от структуры природного каучука. Такие каучуки получаются при полимеризации, протекающей под влиянием энергичных возбудителей процесса. Наибольший интерес имеет вопрос о структуре каучуков, запolyмеризованных действием металла натрия. На основании работ Циглера [6] натрийбутадиеновому каучуку приписывают структуру

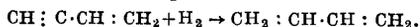


Вопрос этот однако не может считаться окончательно решенным.

Синтез исходных материалов. Бутадиен-1,3, иначе дивинил, винилэтилен, эритрен [5, 7] $\text{CH}_2 : \text{CH} : \text{CH} : \text{CH}_2$. При атмосферном давлении это газ, $t_{\text{пл}}^{\circ} = -4,3^{\circ}$ (751 мм). $D_4^{20} = 0,65615$; $D_4^{25} = 0,64483$; $D_4^{15} = 0,62743$. Молекулярная рефракция $M R_D = 20,85$. Для ф-лы C_4H_6 требуется $M R_D = 19,72$. Отсюда экзальтация +1,13. Упругость пара p в пределах от -79° до $+29,8^{\circ}$ имеет следующие значения в мм:

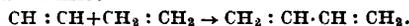
t°	-79	-58	-29	-14	-7,2	0	+8,2	+15,0	+29,8
p	20	116	338	529	692	902	1215	1532	2419

Бутадиен как углеводород ненасыщенный способен присоединять по две молекулы водорода, галоидоводородных кислот, хлора, брома. Как вещество, содержащее сопряженную систему двойных связей, он способен присоединять сернистый ангидрид, а также молекулу малеинового ангидрида. Наиболее характерная реакция для бутадиена—присоединение брома. При избытке этого реактива образуется кристаллич. плавящийся около 110° тетрабромид $\text{C}_4\text{H}_2\text{Br}_4$. Главная масса (90%) этого бромиды состоит из высокоплавкой модификации с $t_{\text{пл}}^{\circ} 118^{\circ}$. В виде примеси имеется ок. 10% низкоплавкой модификации с $t_{\text{пл}}^{\circ} 39^{\circ}$. Металлич. цинком в спиртовой среде бутадиен регенерируется количественно из обоих тетрабромидов. Количественное определение бутадиена производится или в виде тетрабромида или в форме соединения с малеиновым ангидридом. Впервые бутадиен-1,3 был получен Кавенту в 1862 г. при разложении паров амилового спирта в железной трубке при красном калении. Этот способ не имеет практического значения. Известно свыше двух десятков способов получения бутадиена-1,3. Здесь приведены лишь те, которые по доступности сырья и выходам имеют практич. значение или могут его получить при усовершенствовании. 1) Из ацетилена. Недавно химиками америк. Общества Дю-Пон-де-Немур [10] разработан способ получения димерной формы ацетилена. Получается он при каталитическом действии CuCl . Его формула: $\text{CH} : \text{C} : \text{CH} : \text{CH}_2$. Превращение этого углеводорода в бутадиен возможно при частичном присоединении водорода

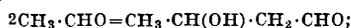


Однако проведение этого процесса с хорошими выходами может натолкнуться на значительные затруднения вследствие его осложнения образованием продуктов дальнейшего присоединения водорода к бутадиену. Оригинальный выход из положения *был найден в замене водорода хлористым водородом. При этом был получен оклоренный аналог бутадиена—хлоро-

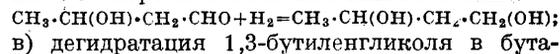
преп, способный полимеризоваться в каучукоподобное вещество. 2) Смесь ацетилена и этилена, взятых в эквимолекулярных количествах, по наблюдениям Бертелло (1867 г.) дает некое количество бутадиена при пропускании через накалившую докрасна трубку. Процесс течет по уравнению:



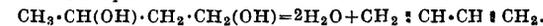
Этот способ пока не имеет практич. значения вследствие малых выходов бутадиена. 3) Можно считать установленным, что большинство органич. соединений при пирогеом разложении образует некое орое количество бутадиена-1,3. Количество бутадиена колеблется в широких пределах, в зависимости от исходного материала и от условий процесса. Наиболее обещающим сырьем для пирогеомного процесса образования бутадиена-1,3 является нефть; может быть некие специальные сорта нефти окажутся особо пригодными. Образовать бутадиен способна как сама нефть, так и все ее фракции. Оптимальные условия процесса: $t^{\circ} 700-750^{\circ}$ и возможно быстрое удаление образовавшегося бутадиена из сферы высокой t° (закалка). По опытам С. Лебедева [8] и его сотрудников из бакинской нефти и ее фракций были получены такие выходы бутадиена: би-бийбатская нефть 3,75%; различные фракции бензина 7,5-11%; керосин 6,0%; соляровое масло 5,5%; мазут 2,5%. При существующих способах пиролиза нефти (получение светильного газа и блаугаза, ароматизация нефти, крекинг) количество возникающего в процессе бутадиена по видимому колеблется от предела, близкого к 1%, до малых долей процента. Вопрос о выделении и эксплуатации бутадиена, образующегося при процессе пирогеизации нефти, в особенности при ожидаемом широком развитии крекинга, является вопросом значительной экономической важности. Значительные трудности встретятся при очистке нефтяного бутадиена-1,3 от многочисленных сопровождающих его других непредельных углеводородов. Последние затрудняют полимеризацию бутадиена и по видимому неблагоприятно отзываются на качестве получающегося каучука. 4) Из ацетальдегида можно получить бутадиен-1,3 в три последовательные фазы: а) полимеризация альдегида в альдол под влиянием щелочей:



б) восстановлением альдола в 1,3-бутиленгликоль электролитически или каталитически:



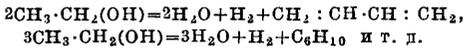
в) дегидратация 1,3-бутиленгликоля в бутадиен-1,3 в присутствии водоотщепляющих катализаторов:



Исходный альдегид м. б. получен или из ацетилена (способ М. Кучерова) или из этилового спирта. Этот способ может стать приемлемым при проведении всех трех фаз с весьма высокими выходами. 5) Из смеси альдегида со спиртом по способу, разработанному И. Остроумским [5]. Эквимолекулярная смесь альдегида и спирта, пропущенная через трубку с окисью алюминия, при $360-460^{\circ}$ образует бутадиен-1,3 в значительных количествах. Реакция по видимому течет через 1,3-бутиленгликоль:

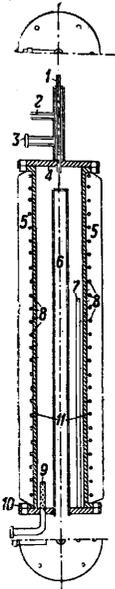
$\text{CH}_3 \cdot \text{CHO} + \text{CH}_3 \cdot \text{CH}_2(\text{OH}) = \text{CH}_3 \cdot \text{CH}(\text{OH}) \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2(\text{OH})$, к-рый далее дегидратируется окисью алюминия в бутадиен-1,3. Этот способ был проведен на специальной установке на заводе «Крас-

ный Богатырь» в Москве в 1919—22 гг. Было найдено, что выход бутадиена по этому способу равен 6%. 6) Из этилового спирта С. Лебедевым [2] был разработан очень простой способ получения бутадиена, непосредственно из спирта. Пары этилового спирта пропускают через трубу, заключающую катализатор, при 425—450°. Катализатор представляет тесную смесь вещества, способного отщеплять от спирта воду, напр. Al_2O_3 , с веществом, способным отщеплять от спирта водород, напр. ZnO . Реакция течет по ур-ням:



Первая из этих реакций преобладает, остальные имеют подчиненный характер. Побочными продуктами при этом процессе являются: этилен, псевдобутилен, уксусный альдегид, эфир, нормальный бутиловый и гексиловый спирты и другие продукты. При хорошо подобранном катализаторе выходы бутадиена превосходят 20% на затраченный спирт. По этому способу будут получать бутадиен первые строящиеся заводы С. к. в СССР.

Фиг. 1 и 2 представляют установки для переработки 80 кг спирта в сутки. Химический процесс является однофазным. Технологически он разбит на четыре части: 1) контактное разложение спирта, 2) разделение продуктов разложения на жидкий конденсат и газ; 3) переработка газа; 4) переработка жидкого конденсата. Аппаратом для контактного разложения является печь, состоящая из системы труб, наполненных рыхлой контактной массой. Трубы обгреваются отдельно или в общей оболочке. На фиг. 1 изображена отдельная печь с двусторонним электр. нагревом (диам. 10 см, длина 1 м, материал красная медь). На

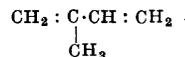


Фиг. 1.

фиг. 1: 1—карман, 2—вакуум, 3—трубка для поступающих паров спирта, 4—верхний фланец (железо), 5—изоляция (асбест), 6—карман для внутреннего нагрева (красная медь), 7—карман для термпары печи (красная медь), 8—намотка (никром), 9—трубка для отводящих газов из печи, 10—нижний фланец, 11—стенки печи. На фиг. 2 изображена батарея из 6 таких печей: 1—бак для спирта, 2—мерники для спирта, 3—перегреватели для спирта, 4—печи, 5—ледяной холодильник, 6—приемник конденсата, 7—экстаустер, отводящий газ разложения в систему поглотителей. Процесс разложения ведется при t° ок. 450°. Пройдя через холодильник, продукты разложения разделяются на газ и жидкий конденсат. Газ состоит из бутадиена-1,3 и ряда побочных продуктов: водорода, этилена, псевдобутилена и незначительных количеств окиси углерода и метана. Газ содержит значительное количество паров летучих жидкостей, входящих в состав конденсата. Переработка газа протекает так. обр.: газ, выпущенный из холодильника 5, поступает через газомеритель 8 на скрубберы 9, орошаемые жидкостью, способной растворять тяжелые составные части газа, включая бутадиен и псевдобутилен. Такой жидкостью может служить скипидар, тетралин и др. Скрубберная жидкость стекает в бачки

10, а газ, состоящий главным образом из H_2 , C_2H_4 , CO и CH_4 , через газомеритель 11 поступает в газгольдер. Скрубберная жидкость передается насосом 12 в перегонные кубы 13, снабженные насадкой 14. Здесь из скрубберной жидкости отгоняются растворенные в ней газы и летучие продукты разложения спирта. При помощи компрессора 15 и холодильника 16 газы конденсируются и передаются на ректификационный аппарат. Последний состоит из бака 17, колонны 18, дефлегматора 19, промывателя 20, сушила 21, холодильника 22 и приемника для ректификованного бутадиена 23. Ректификация ведется под давлением около 3 atm. В промышленности 20 бутадиен освобождается от примеси альдегида. Ректификованный бутадиен, содержащий в качестве примесей псевдобутилен, диэтиловый эфир и некие другие вещества поступает на полимеризацию. Для переработки жидкого конденсата его перекачивают из бака 6 в куб 24 ректификационного аппарата, состоящего из колонны 25, дефлегматора 26, холодильника 27 и приемников 28. Конденсат состоит из неразложившегося спирта, воды, уксусного альдегида, диэтилового эфира, бутилового и гексилового спиртов, некоторых карбонильных соединений, а также углеводов этиленовых, двуэтиленовых и бензолных. Конденсат подвергают разделению на фракции. Из них путем ряда физических и химических операций выделяются в технически чистом состоянии перечисленные выше отходы.

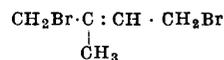
Изопрен [7], иначе метил-2-бутадиен-1,3, или β -метилдивинил,



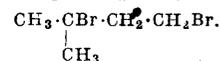
бесцветная, очень подвижная жидкость своеобразного резкого запаха. Его физические константы приведены в след. таблице:

Характеристики	по Гарриесу [3]	по С. Лебедеву [2]
$t^\circ \text{мп.}$	33,75 ± 34° (7(2 мм))	34,5° (765 мм)
Уд. в.	$D_4^{21,5} = 0,6793$	$D_4^{20,0} = 0,6803$
Показ. преломл. . .	$n_D^{21,0} = 1,42267$	$n_D^{20,0} = 1,42207$
Молекулярная рефракция $M_R D$	25,45	{ 25,40 найд. 24,33 выч.
Экзальтация	—	1,07

Изопрен легко присоединяет две молекулы водорода в присутствии металлич. катализаторов: никеля, платины, палладия. Конечным продуктом реакции является изопентан. В промежуточной фазе образуется смесь амиленов: изопропилэтилена, несимметрического метилэтилэтилена и триметилэтилена. Бром присоединяется в количестве двух молекул. Первая молекула присоединяется преимущественно к крайним углеродным атомам сопряженной системы:

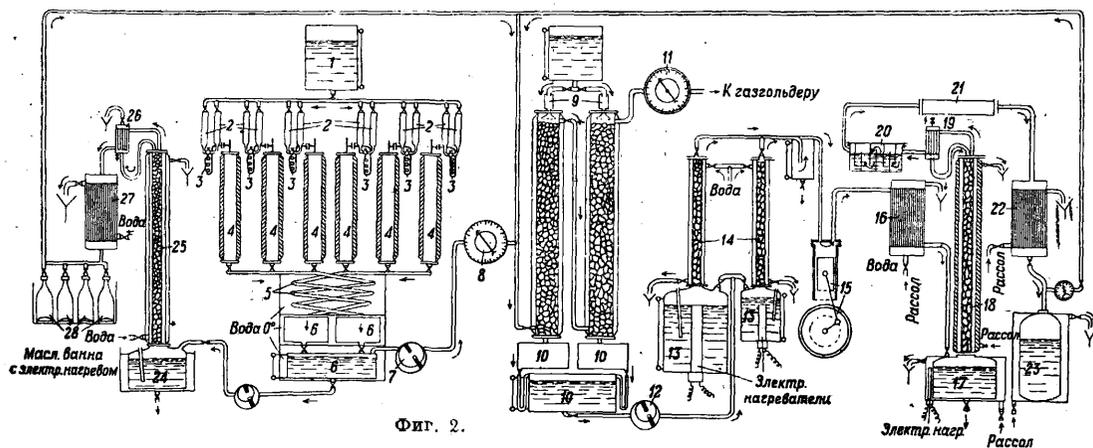


Вторая присоединяется значительно труднее. И дибромид и тетрабромид жидки. Хлористый и бромистый водород присоединяются легко, образуя при полном насыщении жидкие гидробромиды (или гидрохлориды), например



Эти соединения имеют существенное значение для выделения изопрена в химически чистом состоянии из смеси других углеводородов. Подобно большинству сопряженных систем изопрен способен образовывать соединения с сернистым ангидридом SO_2 . Этот последний может быть взят для реакции и в газообразном состоянии и в виде водного раствора. Это соединение известно в двух формах: кристаллической и аморфной. Из первой изопрен можно регенерировать нагреванием; вторая при нагревании разлагается. Для количественного определения

полимеризацией необходима, в виду способности изопрена увлекать в реакцию полимеризации некоторое количество триметилэтилена, что неблагоприятно отражается на качестве полимера. Большой интерес по своей значительной массе представляют те пентаны и пентены различного строения, к-рые образуются при пиролизации нефти. При мощном развитии крекинга количество пентаново-пентеновой фракции будет очень велико, и ее выделение из продуктов крекинга не представит значительных затруднений. Очевидно м. б. использована и



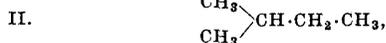
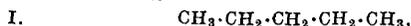
Фиг. 2.

изопрена пригодны дигидрохлорид и дигидробромид; однако для получения точных цифр при посредстве этих соединений надо располагать значительным количеством анализируемого материала. Повидимому наилучшим аналитич. методом является получение кристаллич. соединения изопрена с малеиновым ангидридом по методу Дильса [11].

Впервые изопрен был выделен Виллиамсом в 1860 г. из продуктов пирогенного разложения каучука; строение его было установлено работами Ипатьева и Мокиевского. Описано и запатентовано громадное количество способов получения изопрена. Здесь приведены лишь немногие способы для характеристики тех путей, по к-рым в этой области движется химическая мысль. Очевидно только тот способ может рассчитывать на успех, который имеет дешевую сырьевую базу. Сырьем настоящего момента служат: нефть и продукты ее крекинга, каменный уголь, а также получающиеся из него продукты (газ, деготь, первичная смола), целлюлоза, крахмал и получающиеся из них продукты (спирт, сивушное масло, ацетон), скипидар, ацетилен. По каждой из этих категорий сырья зарегистрировано немало способов синтеза и вариантов этих способов.

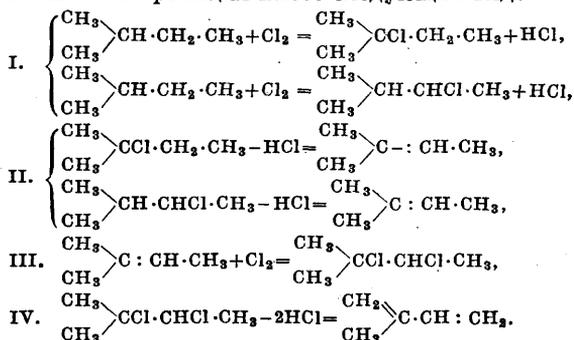
1) При пиролизации нефти [7] и ее погонов всегда образуется незначительное количество изопрена. Одна часть его находится в легких жидких продуктах пиролизации, а другая в газообразных продуктах, откуда он может быть извлечен скрубберным промыванием или же комбинацией компримирования с охлаждением. Полученный таким способом изопрен смешан со значительным количеством других углеводородов, преимущественно триметилэтилена, от которых он неотделим перегонкой. Удобных физич. методов очистки изопрена от триметилэтилена до сих пор неизвестно; необходимо применение химических способов. Во всяком случае предварительная очистка изопрена перед

пентановая фракция нефтей, хотя ее количество вообще в нефтях незначительно. Пути превращения в изопрен пентанов и пентенов различного строения хорошо изучены и теоретически и в лабораторном масштабе. Все три возможных пентана:

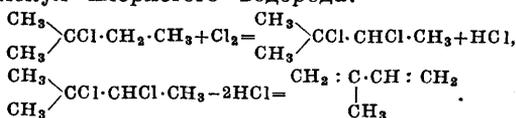


находятся в нефтях и повидимому с преобладанием второго находятся в продуктах пиролизации нефтей. Второй из них имеет углеродный скелет тот же, что и изопрен, и переход от него к изопрену наиболее прост. Первый и третий тоже удаётся, хотя и более сложным путем, превратить в изопрен. Для всех трех пентанов первая фаза процесса одна и та же—хлорирование до получения монохлорпентанов. Для возбуждения процесса хлорирования применяются или катализаторы или ультрафиолетовый свет ртутной лампы. Во второй фазе смесь изомерных хлорпентанов подвергается нагреву $400-450^\circ$ в присутствии извести или катализаторов (например BaCl_2) для отщепления молекулы хлористого водорода. При этом хлориды пентанов типа II и III образуют почти исключительно триметилэтилен [хлорид пентана (III) с изменением углеродного скелета]; хлориды нормального пентана (I) образуют два изомерных пентена нормального же скелета. Эти последние по указаниям патента BASF могут быть с хорошими выходами изомеризованы в триметилэтилен пропусканием над окисью алюминия при 450° . Полученный во второй фазе триметилэтилен действием хлора превращают в дихлоризопентан. Наконец последний, теряя две молекулы хлористого водорода при повышенной t° в присутствии изве-

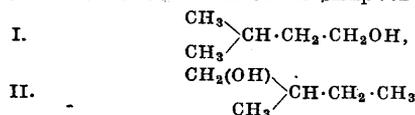
сти или катализаторов, образует изопрен. Для изопентана реакция имеет следующий вид:



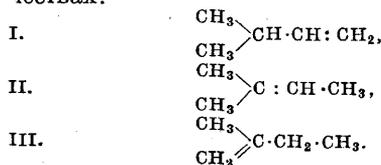
Вариантом описанного выше способа является процесс дальнейшего хлорирования до дихлорида (при действии ультрафиолетовых лучей), полученных в первой фазе монохлоридов изопентана с последующим отщеплением двух молекул хлористого водорода.



2) Сивушное масло, кипящее ок. 130°, представляет смесь амиловых спиртов [7]:



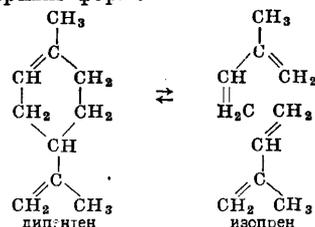
со значительным преобладанием первого. Углеродный скелет обоих спиртов тот же, что и у изопрена. Можно наметить два пути для перехода от этих спиртов к изопрену. По первому пути отщепляют от этих спиртов воду пропусканием паров изоамилового спирта над окисью алюминия при 400°. В результате появляются три амилена, приблизительно в равных количествах:



Действием хлора они превращаются в соответственные дихлориды; последние, отщепляя по две молекулы HCl при высокой t° в присутствии катализаторов, образуют изопрен. Нормальным продуктом реакции отщепления HCl при низких температурах являются не изопрен, а соответственно: а) изопропилацетилен, б) диметилацетилен и в) непредельный монохлорид; поэтому необходимо допустить во время реакции изомерное превращение исходных хлоридов в такие изомеры, к-рые, отщепляя 2HCl, образуют изопрен. Частично происходит и изомеризация готовых углеводородов в изопрен, к-рый при повышенных t° является поведением наиболее стойким изомером. Второй путь превращения амиловых спиртов сивушного масла в изопрен заключается в превращении спиртов в монохлориды действием хлористого водорода и в дальнейшем хлорировании монохлоридов до дихлоридов с последующим контактным отщеплением 2HCl при высокой t° . Все операции, производимые при высоких t° ,

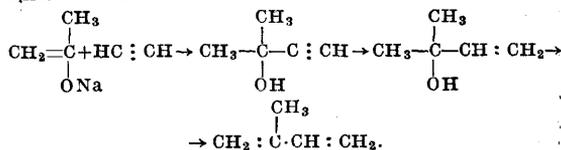
ведутся при разрежении для предохранения образовавшегося изопрена от разрушения.

3) Способ получения изопрена из скипидара [12] сводится к пирогенному его разложению. В 1884 г. Тильден при пропускании скипидара через нагретую докрасна железную трубку получил ок. 6% сырого изопрена. В. А. Мокиевский показал, что этот сырой изопрен представляет собою смесь почти равных количеств изопрена и триметилэтилена. Впоследствии было установлено, что различные углеводороды, входящие в состав скипидара, далеко не одинаково пригодны для получения изопрена. Хорошие выходы получаются из дипентена, лимонена, карвестрена (сильвестрена) и тех углеводородов, к-рые могут изомеризоваться в только что перечисленные. Объясняется это тем, что дипентен и сильвестрен являются димерными формами изопрена, и образование из них изопрена является естественным процессом диссоциации этих димерных форм.



Существенные усовершенствования этого процесса были внесены Зильберрадом и Штаудингером, которые показали, что применение при реакции пирогенного разложения дипентена пониженного давления или разведения паров дипентена инертными газами значительно повышает выходы изопрена, предохраняя образовавшийся изопрен от разложения. Той же цели достигает и быстрое удаление изопрена из области высоких t° (закалка). При соблюдении этих условий Штаудингеру удалось повысить выход сырого изопрена до 60%. Прибор, в котором получают изопрен пирогенизацией скипидара или его фракций при соблюдении упомянутых выше условий, носит название изопреновой лампы. Существенной частью этого прибора является накаливаемая током спираль из металлич. проволоки, через витки которой проходит пар разлагаемого материала.

4) Значительный интерес представляет синтез по способу Мерлинга из ацетона и ацетилен. Так как ацетон сейчас синтезируется из ацетилен, то материалом для этого синтеза изопрена можно считать один ацетилен. Реакция проводится через натриевое производное и ведет к образованию спирта, содержащего в молекуле ацетиленовую связь. Ацетиленовую связь затем восстанавливают до этиленовой; от полученного т. о. непредельного спирта отщепляют воду и получают изопрен. Схема реакции такова:



По своей сложности и дороговизне синтез по способу Мерлинга пока имеет лишь теоретический интерес. В нем однако возможны значительные усовершенствования.

нескольких недель. Темп-ра процесса не должна превышать 60—70° во избежание образования димерных форм. Металлич. натрий вводят в форме проволоки, дисперсии или коллоидного раствора. Количество его д. б. тем меньше, чем удельная поверхность его больше; он варьирует от малых долей процента для коллоидного раствора до 0,5—2% для проволоки. Этот способ полимеризации имеет особенно важное значение для получения дивинилового каучука. Ведущиеся сейчас исследования на опытно заводе лит. Б в Ленинграде показали значительную гибкость этого способа. В зависимости от условий процесса он может дать каучукоподобные полимеры, растворимые в обычных растворителях (эфир, хлороформ, бензол) или нерастворимые, мягкие или жесткие. Вариация свойств обусловлена величиной мол. веса и возможно различием в строении.

Полимеризация в каучукоподобные полимеры сопровождается громадным сжатием и выделением значительного количества тепла. Сжатие при образовании из мономера каучукоподобных полимеров колеблется для различных углеводородов и различных типов полимера от 20 до 30%. Для дивинила оно близко к 30%. Тепловой эффект полимеризации изопрена в природный каучук равен 450 cal/g [16]. Для различных полимеров дивинила тепловой эффект полимеризации колеблется в довольно широких пределах: 315—415 cal на г вещества; для растворимых форм—ниже; для нерастворимых форм—выше (для расчета взята теплота полимеризации жидкого дивинила). Столь значительный тепловой эффект полимеризации при малой теплопроводности каучука обуславливает необходимость проведения полимеризации в длительные сроки или применения специальных средств для отвода теплоты реакции. При несоблюдении этих условий подъем t° на больших установках может вызвать обугливание полимера.

Свойства синтетических каучуков. На основании опубликованных до сих пор материалов лишь очень немногие С. к. могут быть характеризованы с удовлетворительной полнотой. Характеризованы м. б. разновидности диизопренилового каучука на основе опыта Германии во время войны 1914—18 гг., а также дивиниловые каучуки на основе данных опытного завода лит. Б в Ленинграде. Для характеристики изопреновых каучуков имеются лишь отрывочные и недостаточные сведения. Есть указания, что изопреновый термополимер наиболее приближается по свойствам к природному каучуку, с которым он имеет одинаковый исходный материал (изопрен) и сходную химич. природу. С. к. присущ ряд признаков, отличающих их от природного.

Окисляемость, стабилизация. Почти все типы синтетического каучука энергично окисляются кислородом воздуха. Окисление тем энергичнее, чем каучук жестче и чем развитее его поверхность. Особенно энергично поэтому окисляется губкоподобный автополимер, описанный Кондаковым для диизопренила, и аналогичные полимеры дивинила и изопрена. Также чрезвычайно энергично окисляются рыхлые вальцованные шкурки из натрийдивинил-каучука. Длительное хранение таких сортов каучука невозможно. Окисляясь, каучук теряет свои эластич. свойства и через несколько недель или месяцев превращается в хрупкий «сухарь». При неумелом хранении

кип такого каучука может наступить самовозгорание, подобно самовозгоранию кип хлопка. Это невыгодное свойство С. к. совершенно устраняется введением а н т и о к с и д а н т о в, или стабилизаторов, каковыми являются многие органические основания, многоатомные фенолы и др., напр. введение путем вальцевания 0,5—1% альдоль-а-нафтиламина (Age-rite) совершенно предохраняет от окисления натрий-дивиниловый каучук. Относительно малая окисляемость природного каучука обусловлена наличием в нем стабилизирующих веществ (органических оснований и смол), попадающих в него из латекса при коагуляции.

Ограниченная способность переходить в пластич. состояние. Характерная способность природного каучука переходить в пластич. состояние при механич. обработке на вальцах у некоторых типов С. к. отсутствует совсем, у других выражена очень слабо. С. к. упорно сохраняет свой «нерв». Это обстоятельство затрудняет получение гладкой каландровой пластины из мало наполненных смесей синтетического каучука, а также конфекцию изделий.

Пониженная клейкость. Смесей из С. к., в особенности из сухих типов, обладают пониженной клейкостью по сравнению со смесями из натурального каучука. Хотя свежее-обнаженные поверхности таких смесей обладают клейкостью, приближающейся к таковой натурального каучука, она обычно сохраняется недолго и быстро падает. Это обстоятельство затрудняет конфекцию изделий из С. к., т. к. те десятки мин., в течение которых сохраняется клейкость,—срок недостаточный в производстве. Недостаточная пластицируемость и клейкость—два характерных свойства С. к., к которым придется приспособиться резинового пром-сти. Хотя С. к. поддаются обработке на обычной аппаратуре, применяемой на резиновых заводах для обработки природного каучука, но надо думать, что оригинальные свойства С. к. вызовут к жизни новые и оригинальные способы обработки и новую аппаратуру.

Виды С. к. Диизопрениловый каучук. В Германии во время войны было приготовлено свыше 2 000 т этого каучука [18]. Готовилось три сорта каучука. Один из них под названием метил-каучук W получался полимеризацией диизопренила нагреванием до 70° в течение примерно пяти месяцев и имел вид прозрачной вязкой желтоватой массы. Другой сорт—метил-каучук H—белоснежный губчатый автополимер, полученный холодным способом по Кондакову. Наконец третий сорт получался полимеризацией металлическим натрием в присутствии углекислого газа. Это метил-каучук В. Все три сорта обладали рядом недостатков, из которых наиболее существенным является недостаточная эластичность (кожистость) при обычных t° -ных условиях и почти полная потеря эластичности на холоду. Марка W после мастикации может быть растворена. Она применялась для изготовления изделий (шин и пр.). Марка H служила для приготовления эбонита, по электрич. свойствам не уступающего эбониту из натурального каучука. Марка В применялась гл. обр. для изготовления кабелей. После войн производство метил-каучуков было прекращено вследствие низкого качества каучука и его высокой стоимости (15 руб. за кг во время войны 1914—18 гг., 7 р. 50 к. после войны).

Бутадиеновый (дивиниловый) каучук. Для дивинила известны следующие полимеры: термополимеры, губчатый автополимер и натрий-полимеры. Термополимер известен в двух модификациях: растворимой и нерастворимой; обе образуются одновременно со значительным преобладанием нерастворимой формы. Термополимер с трудом обрабатывается на вальцах; смеси имеют кожистый характер; вулканизованные—мало прочны. При полимеризации дивинила, содержащего примеси, характер термополимеризата существенно изменяется. Свойства этого каучука мало изучены. По качеству он во всяком случае ниже натрийбутадиен-каучука. Повидимому термополимеризация как метод получения бутадиен-каучука может сохраниться лишь в тех случаях, где натрий неприменим. Такой случай представляет дивинил, получаемый пиролизацией нефти и ее фракций и неочищенный от углеводородов, реагирующих с натрием (однозамещенные ацетилены, циклопентадиен). Темп-ры, применяемые для термополимеризации, варьируют от 60 до 100°. Дальнейшему повышению темп-ры с целью ускорения процесса препятствует значительное образование димерной формы. Введение веществ, подверженных тауомерным превращениям или легко окисляющихся, ускоряет процесс образования полимера (Б. Бызов). Автополимер губчатый для дивинила был получен лишь в очень небольших количествах; он близок по свойствам к метил-каучуку Н, описанному выше. Изучение его только начинается. Натрийбутадиен-каучук [7, 17] получил наибольшее значение в синтезе каучуков как по удобству и легкости получения, так и по качеству получаемой из него резины. Чистый дивинил в присутствии 0,5—1% натрия в форме тонкой проволоки, равномерно распределенной в массе дивинила, полимеризуется нацело в 2—5 дней. Для заводского дивинила вследствие наличия примесей этот срок увеличивается до 10 и более дней. Характер полимеризата подвержен колебаниям в зависимости от примесей, типа примененного натрия, его распределения и температуры процесса. Для дивинила, получаемого из спирта по описанному выше способу Лебедева, свойства полимеризата варьируют от очень сухого, трудно поддающегося обработке, до мягкого. Чем чище дивинил, тем меньше натрия, тем вообще суше получается полимеризат. Пластичность (по Карреру на приборе Вильямса) полимера, удобного для обработки, колеблется от 0,05 до 0,35. Хорошего качества натриевый полимеризат бутадиена представляет почти бесцветную, очень упругую, прозрачную массу, почти не деформирующуюся при хранении, уд. в. ок. 0,89 (20°). В тех случаях, когда этот каучук предназначен для изоляции и некоторых других специальных задач, его на вальцах отмывают от натрия и сушат в виде листов в вакуум-сушильных аппаратах. Если такие задачи не ставятся, каучук м. б. обработан вместе с заключенным в нем натрием, который при этом окисляется и связывается вводимыми примесями. Отмытый от натрия на вальцах, этот каучук представляет б. или м. рыхлую шкурку, почти бесцветную. Высушенный в атмосфере азота, этот каучук содержит около 0,2% золы. Беззольная часть имеет следующий средний состав: 88,75% С, 11,09% Н, 0,16% О. При хранении на воздухе такой каучук жадно поглощает кислород, теряя постепенно упру-

гие свойства и через несколько месяцев превращается в «сухарь»; он энергично поглощает кислород при обработке на вальцах; так, при мастикации в течение 30, 45 и 60 мин. количество кислорода в каучуке возросло соответственно на 0,25, 1,0 и 0,2%. Введение в натрийбутадиен-каучук обычных для природного каучука антиоксидантов (Age-Rite, Neos'n-D.) в количестве 0,5—1%, как показали двухлетние наблюдения, совершенно его стабилизирует. Растворимость для натрийбутадиен-каучука не является характерной константой; она варьирует очень широко от легкой растворимости в эфире, бензоле, бензине, хлороформе и других растворителях до полной нерастворимости в этих жидкостях. Растворимость зависит от условий полимеризации, от термич. обработки, от степени окисленности. Все условия, ведущие к получению сухого полимера высокого молекулярного веса, ведут к уменьшению растворимости. К этому же ведет длительная термич. обработка. Нерастворимые формы лишь набухают. В метиловом и этиловом спиртах все типы натрийбутадиен-каучука нерастворимы. Отношение к повышенной t° натрийбутадиен-каучука сухого типа очень характерно и резко отличается от поведения природного каучука. В то время как при нагревании природного каучука до 75° он сначала приобретает липкость и наконец совсем раскисает, натрийбутадиен-каучук в этих условиях внешне совершенно не изменяется. В структуре натрийбутадиен-каучука однако при этом происходят значительные изменения (циклизация, изомеризация); растворимость уменьшается; убывает и склонность к реакциям присоединения.

Механические свойства резины из натрийбутадиен-каучука колеблются в широких пределах в зависимости от типа полимеризата. Сухой тип дает резину более прочную, чем мягкий тип. Вулканизация смесей несколько замедлена по сравнению с таковой для натурального каучука, но легко поддается регулированию действием обычных ускорителей вулканизации. Вулканизат из натрийбутадиен-каучука, серы и ускорителя обладает ничтожной прочностью. Так, смесь состава 100 ч. натрийбутадиен-каучука, 3,5 ч. серы и 0,25 ч. тиурама, дает следующие показатели при испытании на разрыв:

Продолжительность вулканизации, мин.	40	50	60
Прочность в $кг/см^2$	5	6	4
Относительное удлинение в %	840	444	272
Остаточное удлинение в %	48	12	4

Механич. прочность С. к. приобретает от введения в него активных наполнителей, обладающих большой степенью дисперсности. По величине усиливающего эффекта их можно распределить в следующий ряд: газовая сажа, ламповая сажа, каолин, окись магния и углекислая магнезия. Лучшие результаты дает газовая сажа при введении ее в смесь в количестве 50—75% по весу от каучука. Для хороших сортов натрийбутадиен-каучука прочность на разрыв составляет 200 $кг/см^2$. Ламповая сажа из того же каучука дает резину с прочностью не выше 150 $кг/см^2$. Лучшие сорта каолина дают смесь с прочностью 100 $кг/см^2$. Для каолинов с меньшей степенью дисперсности прочность падает до 70 $кг/см^2$ и даже еще ниже. Для примера ниже приведен рецепт смеси для шинного протектора и результаты механич. испытаний: 100 ч. каучука, 4 ч. серы, 65 ч. сажи арроу-

блек, 10 ч. окиси цинка, 4 ч. стеариновой к-ты, 10 ч. руберакса, 1 ч. дифенилгуанидина, 1 ч. альдоль- α -нафтиламина. Вулканизация в течение 130 мин. при давлении пара в 3 кг. Прочность (в кг/см²) 159; относительное удлинение 712%; остаточное удлинение 38,9%.

Эксплуатационная выносливость изделий из натрийбутадиен-каучук а. На опытном з-де лит. Б в Ленинграде были изготовлены из натрийбутадиен-каучука следующие изделия, бывшие в эксплуатации на протяжении 1½ г. и после окончания службы подвергнутые испытанию. 1) Автомобильные шины с поверхностью из С. к. на каркасе, промазанном натуральным каучуком; усилителем служила газовая сажа; пробег первых трех шин до выхода из эксплуатации 16 и 18 тыс. км. 2) Автомобильные шины с той же поверхностью и каркасом, промазанном С. к. с каолином в качестве усилителя: первые шины этого типа показали значительно меньший пробег—7÷12,5 тыс. км. 3) Калоши из натрийбутадиен-каучука: в эксплуатации выносливость, не уступающая изделиям из натурального каучука. 4) Прорезиненные ткани в форме макинтошей по выносливости не уступают тканям прорезиненным натуральным каучуком.

Хлоропрен [11]. Особняком стоит недавно изготовленный фирмой Du Pont de Nemours в США хлоропрен $\text{CH}_2=\text{CCl}:\text{CH}:\text{CH}_2$ и полученный из него каучук, обладающий хорошими механич. свойствами. Он характерен тем, что не требует вулканизации и напоминает вулканизованный природный каучук. Исходным материалом является ацетилен, который под влиянием водного раствора полухлористой меди способен полимеризоваться в винил-ацетилен: $\text{CH}:\text{C}:\text{CH}:\text{CH}_2$. Последний, присоединяя хлористый водород, образует хлоропрен. Это бесцветная жидкость; $t_{\text{кип.}}$ 59,4° при 760 мм и 6,4° при 100 мм; n_D^{20} —1,4583. Молекулярная рефракция найденная M_{RD} 25,26, вычисленная—24,66. Вязкость при 25°=0,394 центипуазам. Из химич. свойств характерна чрезвычайная прочность атома хлора как в мономере, так и в полимерах. Хлоропрен легко присоединяет два атома брома; реагирует с малеиновым ангидридом. Полимеризация хлоропрена происходит при его хранении: он постепенно густеет, остуживает и дней через 10 превращается в плотную эластичную массу, названную μ -полимером. Он напоминает вулканизованный каучук. Свойства μ -полимера: D^{20} =1,23, n_D^{20} =1,5512; прочность на разрыв ~140 кг/см², относительное удлинение 800%; непластичен, не дает гладкого листа при вальцевании. Он набухает, но не растворяется в обычных растворителях каучука. Если полимеризацию прервать, не доведя ее до конца, то получается пластичный, вполне растворимый α -полимер. Он способен обрабатываться на вальцах. При 30° он теряет свою пластичность, превращаясь в μ -полимер через 48 час. При 130° процесс превращения заканчивается в 5 минут. Строение его предполагается аналогичным природному каучуку с заменой метилового группы хлором: $[-\text{CH}_2-\text{CCl}:\text{CH}:\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CCl}:\text{CH}:\text{CH}_2-]_x$. Описаны и нек-рые другие полимерные формы хлоропрена. Хлоропреновые каучуки еще мало изучены. Об эксплуатационной их прочности сведений нет.

Лит.: 1) Кондаков И., Сиятетич. каучук, его гомологи и аналоги, Юрьев, 1912; 2) Лебедев В. С., Иссле-

дование в области полимеризации двуэтиленовых углеводородов, «Ж», 1910, 1911 и 1913; его же, Исследование в области полимеризации двуэтиленовых углеводородов, СПб, 1913; 3) Haggies C., Untersuchungen über die natürlichen u. künstlichen Kautschukarten, В., 1919; 4) Hofmann F., «Z. ang. Ch.», 1912, В. 25, p. 1465; 5) Остроумьский И., «Ж», 1915, 1916; его же, Качук, М., 1914; 6) Ziegler K. u. Vanger, «В», 1928, В. 61, p. 253; 7) Schott S., Synthetic Rubber, L., 1928; 8) Лебедев В. С., Получение дивинила из нефти и ее фракций, «Сиятетич. каучук», М., 1932; 9) его же, Сов. П. 24393/1928; 10) Du Pont de Nemours et Co., «The Journ. of the American Chemical Society», Wash., 1931; 11) Diels u. Alder, «В», 1929, В. 62, p. 2337; 12) Standinger u. Klever, ibid., 1911, В. 64, p. 2212; 13) Kondakoff, «Journ. f. pr. Chemie», 1901; 14) Matthews, Strange, An. П. 24790/1910; 15) Geiger, Ueber die Konstitution der Hochpolymeren, Zurich, 1926; 16) Burgdorf C., Artificial Rubber During the War in Germany, (I. Eng. Chem.), 1926, 11; 17) Memmler, Hndb. d. Kautschuk-Wissenschaft, Lpz., 1930. С. Лебедев.

СИНТОЛ, кислородсодержащая сложная маслянистая смесь, получаемая из окиси углерода при контактных процессах переработки (Ф. Фишер 1913). Процесс образования С. в основном является процессом гидрирования (см.) окиси углерода (см. Жидкий уголь).

Появление жидких кислородсодержащих продуктов реакции наблюдается только тогда, когда процесс контактного восстановления окиси углерода ведут при увеличении давления. Такой метод получения жидких соединений запатентован Баденской анилиновой и содовой ф-кой (BASF) еще в 1913 г. Несколько времени спустя той же проблемой получения жидких продуктов из окиси углерода под давлением занялся Фишер и его сотрудники. ими было установлено, что для приготовления катализатора безусловно должно употребляться железо, к-рое в таких условиях предпочтительнее, чем кобальт и никель. Железные опилки обрабатывались едким калием и высушивались. Применяя специальный циркуляционный аппарат, в котором реакционные газы при давлении в 150 atm. многократно прогонялись через трубку с катализатором, нагретую до 400—450°, Фишер получал смесь жидких продуктов. Такая жидкая смесь состояла из двух слоев—одного водного, содержащего спирты, альдегиды, кетоны, к-ты и воду, и другого—маслянистого, к-рого получалось по объему раза в два больше, чем водного. Из к-т были обнаружены (в обоих слоях) следующие: муравьиная, уксусная, пропионовая, изомасляная и пивидимому высшие, прямого определения которых однако не делалось. Альдегиды, присутствующие гл. обр. в маслянистом слое (до 20%), содержали пропионовый альдегид, альдегиды масляных к-т и ряд других высших альдегидов. Присутствия формальдегида обнаружено не было; из спиртов в значительных количествах присутствовали: метиловый, этиловый, нормальный пропиловый; из кетонов—ацетон, метилацетон и другие. Кроме этих соединений в масле присутствовали углеводороды (до 5%) и эфиры. После отделения водного слоя главная маслянистая часть обладала следующими свойствами: удельн. вес ~0,8289; содержание углерода ~70% и водорода ~12%; высшая теплотворная способность 8 200 Cal/кг, низшая теплотворная способность 7 540 Cal/кг; тем-ра застывания ниже -30°; границы кипения: до 100° перегоняется около 40%, до 200° перегоняется около 97%; продукт обладает очень низкой температурной вспышкой. Все приведенные данные показывают пригодность продукта для употребления его в качестве моторного топлива. Особенно благоприятные результаты получались при употреблении смеси синтола с бензолом.

Практич. значение синтолового процесса заключается в том, что он открывает возможности получения из дешевых углеродистых веществ (уголь, торф и дерево), переходя через окисл. углерода, ценных синтетич. продуктов. Вместе с тем на пути практич. использования синтолового процесса стоят значительные препятствия, заключающиеся гл. обр. в трудности разделения получающихся продуктов.

Синтин—продукт, получаемый из С., отличающийся от него значительно меньшим содержанием кислорода, если не полным отсутствием последнего. Синтин состоит гл. обр. из углеводов. Процесс получения синтина осуществляется Ф. Фишером след. обр.: фракция С., кипящая от 100 до 225°, подвергается нагреванию до 420° в течение часа под избыточным давлением. После этого продукт оказывается разделенным на два слоя—верхний водный и нижний маслянистый, составляющий основную массу. Исследование этой маслянистой фракции показало, что она в основном состоит из углеводов, кипящих как ниже исходной (ниже 100°), так и выше ее (до 300°) и с переменным отношением С : Н = 1,5 : 2,2. Следует указать, что нагревание С. не в автоклаве, а при обычном давлении, ведет к обратному процессу: С. расщепляется на газообразные продукты и уголь. Образование синтина по Ф. Фишеру происходит т. о., что сначала из спиртов с отщеплением воды возникают непредельные углеводороды, а эти последние под влиянием давления конденсируются в нафтеноподобные углеводороды. Возможность последнего превращения экспериментально доказана Ипатьевым; за эту же схему говорит высокое содержание олефинов в газе, образующемся при нагревании С. в автоклаве. Кроме работ Ф. Фишера имеются и другие работы, осуществляющие аналогичный процесс получения различных углеводов путем нагревания разных кислородсодержащих органич. соединений в присутствии угля (или без него) до t° в 500—600° и при избыточном давлении. Получающийся при этом маслянистый продукт перегоняется:

до 100°	150°	200°	250°	300°
17%	35%	57%	74%	84%

Фракции ниже 100° обладают запахом бензина. Фракции выше 100° растворяются в конц. серной кислоте на 50% (С. растворяется целиком). Часть, не растворимая в серной к-те, после очистки и перегонки оказалась состоящей из углеводов. Продукты, растворимые в серной к-те, содержали: углерода ок. 80%, водорода ок. 12% и кислорода ок. 8%.

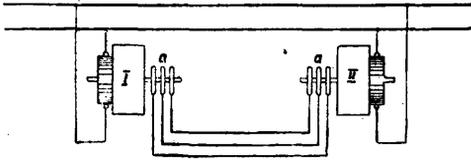
Лит.: Фишер Ф., Искусственное получение жидкого топлива, пер. с нем., Л., 1927; Ellis S., Hydrogenation of Organic Substances, N. Y., 1930; Sabatier P., Die Katalyse ind. organischen Chemie, В., 1927; Rideal E. K., Taylor H. S., Catalysis in Theory a. Practice, L., 1926; Fischer F., Tropfenstein H., «Brennstoff-Chemie», Essen, 1923, p. 193, 275, 281; В., 1923, В. 56, p. 2436, 2728; ibid., 1926, В. 59, p. 830, 922; «Abh. d. Kohle», 1924, В. 6, p. 382; Pratiew W., «B», 1911, В. 44, p. 2978; Pratiew W. u. Kljukwin N., ibid., 1913, В. 58, p. 4; Kobayashi, Jamamoto, «Journ. Soc. Chem., Ind. Japan», 1929, v. 32, p. 23; «Brennstoff-Chemie», 1929, В. 10, p. 134; Frolich K., «Ind. Eng. Chem.», 1931, v. 23, p. 1386; Morgan G. T., «Proceed. of the Royal Soc.», L., 1930, v. 127, p. 246; Guerbet M., «CR», 1901, t. 128, p. 511; Weizmann, Garrard, «Journ. of the Chemical Society», L., 1920, p. 334; Adkins, Kinsey, Folkers, «Ind. Eng. Chem.», 1930, v. 22, p. 1046; Brown, Galloway, ibid., 1928, v. 20, p. 960; 1929, v. 21, p. 310; 1930, v. 22, p. 175; Graves G. D., ibid., 1931, v. 23, p. 1381; Smith, Davis, Reynolds, ibid., 1928, v. 20, p. 462; Schuftan P., «Z. ang. Ch.», 1926, В. 39, p. 276; Ф. П. 6У5839/1925; BASF, Ф. П. 293787 (295202, 295203)/1913; А. С. 254760/1925; Ф. П. 593942/1925; 623068/1926; 598447/1925; 450543/1923; 32812 (1930).

П. Зинаков.

СИНХРОНИЗАЦИЯ, с общей точки зрения приведение двух или нескольких периодически изменяющихся явлений к точному взаимному соответствию их периодов, в частности к соответствию, состоящему в совпадении по времени начала и конца последних. Периодич. явления, обладающие указанными свойствами, называются синхронными или синхронизированными. Так, если на какую-либо упругую систему, имеющую период собственных колебаний, равный T , действует возмущающая сила, имеющая тот же период, причем начало действия этой силы совпадает с началом колебаний упругой системы, то колебания системы и возмущающая сила будут между собою синхронны. В этом случае возникает явление резонанса (см. *Колебательные движения и Резонанс*). Совокупность всех естественных и технич. условий, при к-рых данные периодич. явления становятся синхронными, называется синхронизмом. Если какие-либо из условий синхронизма для данного явления исчезают, т. е. если синхронные явления перестают быть таковыми, то говорят, что они выпадают из синхронизма. Несинхронные явления называются также асинхронными. Общее значение скорости синхронно перемещающихся объектов называется синхронной скоростью. Если какой-либо из этих объектов выпадает из синхронизма, то говорят, что он «скользит» по отношению к объектам, сохранившим синхронную скорость, другими словами, что он обладает некоторою относительною скоростью по отношению к последним. Отношение относительной скорости объекта, выпавшего из синхронизма, к синхронной скорости называется скольжением, которое конечно не следует смешивать со скольжением при перемещении одного тела по поверхности другого. С. с точки зрения кинематики механизмов есть приведение подобных или тождественных механизмов с одинаковыми кинематич. связями в такое движение, при к-ром отдельные пространственные расположения их в каждый момент времени тождественны. Простейшим случаем синхронного движения является движение двух шкивов с одинаковыми или разными диаметрами, насаженных неподвижно на вращающийся вал, или движение двух шкивов одинакового диаметра, приводимых в движение общей ременной передачей при отсутствии скольжения. Примером асинхронного движения может служить движение двух шкивов, хотя и разных диаметров, но при наличии скольжения ременной передачи по одному из них, или движение без скольжения ремня двух шкивов разных диаметров. Необходимым условием синхронизма движения частей одного и того же механизма или связанного комплекса механизмов служит наличие механич. или электрич. связей. В вышеприведенных примерах механич. связью служил вал и приводной ремень; в электрич. механизмах связью обычно является магнитное или электромагнитное поле, действующее на протекающие в поле электрич. токи. В зависимости от того, создает ли данная механич. или электрич. связь синхронные или асинхронные движения, и сама связь называется синхронизующей (синхронизирующей) или асинхронной.

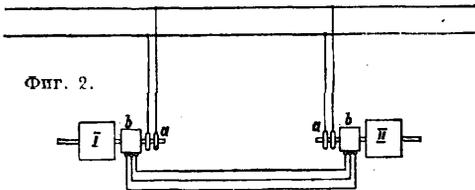
В области электротехники синхронная электрич. связь применяется во многих случаях, когда требуется различные части ме-

ханизмов или целых агрегатов привести в синхронное движение. Такая связь должна существовать напр. при работе электродвигателей на общий приводной вал при необходимости устранения возможности скольжения приводных ремней и установления равномерной нагрузки двигателей. Особенно важное значение имеет синхронная электрич. связь у разводных мостов, у к-рых каждая из половин приводится в движение собственным электродвигателем;



Фиг. 1.

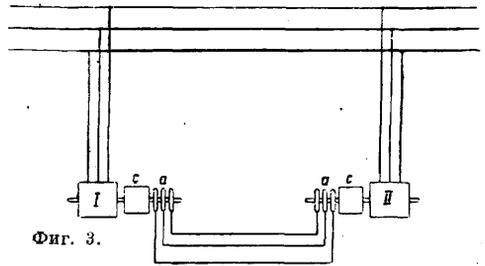
при несинхронном действии двигателей может произойти одновременная посадка частей моста. Синхронная электрическая связь необходима также и для порталных кранов с большими пролетами, у которых каждая опора перемещается при помощи собственного двигателя. Естественно, что при асинхронной электрической связи могли бы при этом получиться в механизме очень опасные для целости последнего перекосы. Точная С. движения двух электродвигателей достигается след. образом. Два электродвигателя I и II постоянного тока снабжаются каждый тремя контактными кольцами а (фиг. 1), которые соединяются с тремя точками якорной обмотки, расположенными по периферии якоря на дуговом расстоянии друг от друга в 120°. Кольца одного из двигателей при помощи щеток соединены с соответствующими кольцами другого. Каждый из роторов м. б. при этом рассматриваем как якорь трехфазного генератора. При синхронном вращении якорей по проводам, соединяющим кольца а, никакой ток проходить не будет. Если же



Фиг. 2.

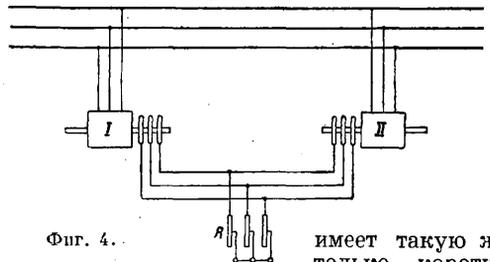
какой-либо из якорей начнет нарушать вследствие каких-либо причин синхронный характер движения, то по проводам потечет т. н. «выравнивающий ток», к-рый будет оказывать тормозящее действие на опережающий якорь и ускоряющее действие на отстающий якорь до полной их С. Указанная синхронная электрическая связь обладает однако нек-рыми недостатками, а именно: наличие контактных колец вызывает искажение магнитного поля, что в свою очередь вызывает искрение щеток; помимо того синхронный ход электродвигателей имеет место в рассматриваемом случае лишь при нормальном числе оборотов; при небольшом же числе оборотов синхронное движение отсутствует. Для устранения первого недостатка двигатели I и II снабжаются еще вспомогательными синхронными двигателями б, причем схема фиг. 1 изменяется так, как указано на фиг. 2, однако при этом второй из указанных недостатков не устраняется. Вследствие этого, а также вследствие некоторой своей сложности

указанный способ С. широкого распространения не получил. Для устранения обоих недостатков моторы I и II снабжаются вспомогательными асинхронными двигателями с, у которых статоры и роторы соединены параллельно. Соответствующая схема представлена на фиг. 3. Так как в этом случае вращающееся магнитное поле образуется и при неподвижных роторах, то синхронное движение двигателей обеспечено с самого же начала движения их. Если синхронная электрическая связь д. б. осуществлена для индукционных трехфазных двигателей, то применяется схема, представленная на фиг. 4, где R представляет один общий пусковой и регулирующий реостат. Однако для большей полноты С. и в этих случаях применяют синхронизирующие вспомогательные индукционные моторы. В некоторых случаях требуется, наоборот, достичь определенным образом отрегулированное асинхронное движение с определенным «скольжением». Такой случай представляется



Фиг. 3.

например в бумажном производстве. На *бумагодельных машинах* (см.) бумажная пленка движется сначала вместе с сушильным сунком по поверхности ряда барабанов, а затем, по достижении определенной степени сухости, покидает сунко и перемещается по дальнейшему ряду барабанов. Т. к. при высыхании бумажная пленка укорачивается, то при одной и той же линейной скорости точек поверхностей барабанов бумага либо рвалась бы либо давала бы складки. Отсюда является необходимость определенного отрегулированного асинхронного движения валов машины, т. е. определенного «скольжения» движения (в вышеуказанном смысле) валов друг относительно друга. Часто могут иметь место не только синхронные движения (в частности вращения) физич. тел, но и синхронные некорпускулярные движения, напр. вращения магнитного поля. В качестве примера рассмотрим следующий случай. Допустим, что к статору асинхронного двигателя подводится трехфазный ток, создающий вращающееся магнитное поле, и что ротор двигателя



Фиг. 4.

имеет такую же, только короткозамкнутую обмотку, как и статор. Пусть число пар полюсов ротора равно p , частота тока, т. е. число полных периодов тока в с. (число «герц»), — f , полюсное деление, т. е. дуговое расстояние между нейтральными линиями двух смежных

полюсов, — τ , полный период тока $T = \frac{1}{f}$. Магнитное поле, создаваемое статором, будет совершать при этом $\frac{f}{p}$ об/сек., или $60 \frac{60f}{p}$ об/м., а т. к. каждый оборот равняется по длине $2\pi r$, то следовательно в течение минуты магнитное поле переместится на величину

$$\frac{60f}{p} \cdot 2\pi r = 60f \cdot 2\tau.$$

Т. о. магнитное поле будет пересекать провода ротора с линейной скоростью, равной $2\tau f$ /сек. В обмотках ротора будут индуцироваться переменные электродвижущие силы с частотой, также равной f . Возникающие вследствие этого в короткозамкнутых проводах ротора токи, вступая во взаимодействие с магнитным полем, заставляют ротор вращаться. Если бы на ротор не действовали никакие внешние силы, то скорость вращения его увеличивалась бы до тех пор, пока она не стала бы равной скорости вращения магнитного поля, после чего ротор продолжал бы вращаться с достигнутой им скоростью, т. е. с этого момента ротор и магнитное поле вращались бы синхронно. В этом случае магнитные линии очевидно совсем не пересекали бы проводов ротора, т. ч. ток в последних был бы равен нулю. В реальных условиях, т. е. при наличии внешних сил, приложенных к ротору, последний, начав свое вращательное движение, достигает при установившемся режиме некой стабильной скорости, к-рая однако ниже скорости вращающегося магнитного поля. Т. о. вращения магнитного поля и ротора будут асинхронны, при наличии некого «скольжения» последнего. Так как вращающийся момент, приложенный к ротору, пропорционален наводимой в роторе эдс, а последняя пропорциональна относительному перемещению проводников ротора в электромагнитном поле, то вращающий момент пропорционален «скольжению». Обозначая синхронную линейную скорость через v , а отстающую относительную скорость через v' , «скольжение» через s , имеем:

$$\frac{v'}{v} = s.$$

Если f' частота вращения ротора, то

$$v' = 2\tau f';$$

точно так же

$$v = 2\tau f,$$

откуда

$$\frac{v'}{v} = \frac{f'}{f} = s \text{ и } f' = fs,$$

т. е. частота вращения отстающего ротора при асинхронном установившемся вращении равна частоте наводящего тока, умноженной на скольжение.

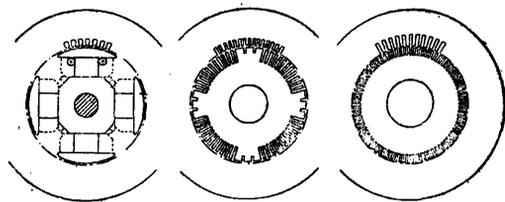
См. также *Генератор переменного тока, Синхронный двигатель, Телевидение.*

Лит.: Люст Г., Синхронные машины, Л., 1932; Толвинский В., Электрич. машины, П., 1923; Ян Г., Испытания электрич. машин, пер. с нем., 2 изд., М.—Л., 1931; Круг К., Основы электротехники, т. 2, М.—Л., 1932; Поярков М., Центральные электрич. станции, 2 изд., М.—Л., 1927; Чечет Ю., Генераторы и моторы перемен. тока, 2 изд., М.—Л., 1931. М. Серебrennikov.

СИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ, электрич. машина переменного тока, вращающаяся с постоянной угловой скоростью. Скорость вращения С. д. обуславливается частотой тока, к-рым питается двигатель, а также числом пар полюсов последнего. С. д. применяются а) для привода машин—орудий, станков—в тех случаях, когда не требуется изменения скорости при нормальной работе, а во время пуска—боль-

ших моментов вращения, б) как вращающиеся компенсаторы, предназначенные для регулирования сдвига фаз в электрич. установках и поддержания устойчивости параллельно работающих синхронных систем при передаче энергии. Выбор С. д. для силовых установок требует предварительного внимательного рассмотрения всех условий и детальной оценки всех положительных и отрицательных сторон самого С. д. Преимущество С. д. перед другими двигателями переменного тока, в частности перед асинхронными, заключается в том, что 1) нормальные С. д. не берут из сети тока возбуждения, поэтому коэф. мощности м. б. высоким; 2) они м. б. рассчитаны междужелезным пространством, больше, чем у индукционных двигателей; 3) опрокидывающий момент у этих двигателей значительно больше, вследствие чего они могут выдерживать большие перегрузки. Свойство С. д. вращаться с неизменной скоростью при постоянной частоте тока является достоинством лишь в некоторых случаях. Необходимость иметь источник постоянного тока для возбуждения и различного рода пусковые приспособления несколько усложняет установку С. д. В силу этих соображений С. д. применяются там, где они могут дать вполне определенные преимущества. За последние годы благодаря большим конструктивным усовершенствованиям, а также улучшению способов пуска в ход, С. д. находят все большее и большее распространение. Они могут с успехом применяться для насосных и компрессорных установок, для привода турбовоздуховок, прокатных станов, штамповальных станков, дробилок, а также в установках для преобразования одного вида электрич. энергии в другой, гл. обр. переменного тока в постоянный или переменного тока одной частоты в переменный ток другой частоты. С. д. как компенсатор делается теперь неотъемлемой частью устройств производства, передачи и распределения электрич. энергии. Мощность синхронных компенсаторов в одной единице все возрастает и за последние годы она достигла 80 000 kVA.

Устройство С. д. В конструктивном отношении С. д. весьма сходны с устройством синхронных генераторов переменного тока (см.). С. д. выполняются а) с явно выраженными полюсами, б) с неявно выраженными полюсами, в) по типу асинхронных двигателей. Двигатели небольшой мощности делают с неподвижной внешней магнитной системой и внутренним вращающимся якорем. Нормальное же устройство С. д.—вращающаяся внутренняя магнитная система (ротор) и внешний неподвижный якорь (статор). Типичные формы устройств якорной и магнитной систем С. д. изображены на фиг. 1.



Фиг. 1.

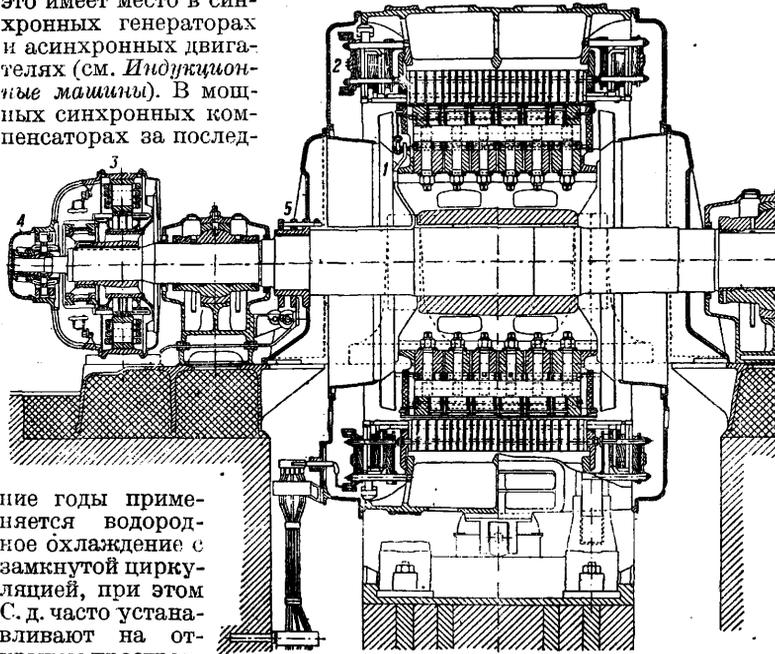
Для повышения устойчивости работы, а также для улучшения пусковых свойств С. д. снабжаются демферными обмотками. Если С. д. применяются в качестве компенсаторов, то ме-

ханич. часть этих машин м. б. несколько облегченной. Возбуждение С. д. осуществляется от собственного возбуждения—генератора постоянного тока, сидящего на одном валу с С. д., или же от постороннего источника тока (сети, специального агрегата и т. п.). Защита, вентиляция С. д., устраивается аналогично тому, как это имеет место в синхронных генераторах и асинхронных двигателях (см. *Индукционные машины*). В мощных синхронных компенсаторах за послед-

магнитное поле, вращающееся относительно статора с числом оборотов n :

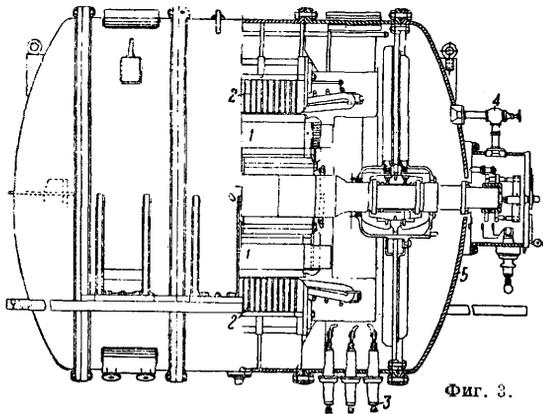
$$n = \frac{60 \cdot f}{p}, \quad (1)$$

где p —число пар полюсов. Возбудив соответственной машине и приведя ротор ее во вращение с той же скоростью n и в ту же сторону, в какую вращается магнитное поле статора, можно увидеть, что при нек-рых условиях ротор оказывается способным продолжать вращаться без помощи извне вследствие того, что вращающееся поле статора увлекает за собой ротор. Уяснить себе такое явление легко на следующей модели: если расположить концентрически две вращающиеся около одной оси магнитные системы с явно выраженными полюсами чередующейся полярности, то эти системы примут такое относительное положение, как представлено на фиг. 4; полюсы располагаются друг против друга разноименными полярностями. Приводя в медленное вращение внешнюю систему, можно легко сообразить, что вследствие взаимного притяжения разноименных полюсов начинает вращаться и внутренняя система, и притом с той же скоростью. При постепенном увеличении скорости враще-



Фиг. 2.

ние годы применяется водородное охлаждение с замкнутой циркуляцией, при этом С. д. часто устанавливают на открытом пространстве. На фиг. 2 приведен чертеж синхронного двигателя, а на фиг. 3 изображен разрез наружной установки С. д. с водородным охлаждением. На фиг. 2: 1—ротор, 2—статор, 3—возбудитель, 4—подвозбудитель, 5—собирающие кольца для ввода тока возбуждения; на фиг. 3: 1—ротор, 2—ста-

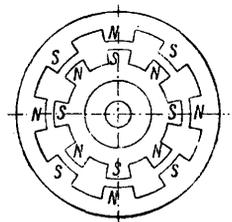


Фиг. 3.

сети, 4—кран для впуска водорода, 5—кожух, в который заключен С. д.

Принцип действия С. д. Действие С. д. станет понятным, если рассмотреть явление, в нем происходящее, и сопоставить их с работой следующей простой модели. Пусть статор (якорь) многофазной синхронной машины приключен к соответственной многофазной сети (с частотой f); возникающие в отдельных фазовых обмотках тока дают в совокупности

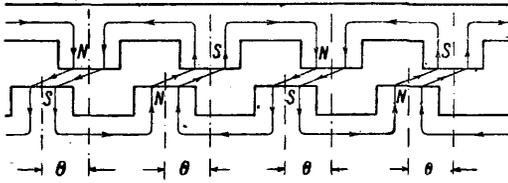
одной системы происходит такое же увеличение скорости вращения и другой системы. Внешняя система создает во внутреннем пространстве между полюсами вращающееся магнитное поле. Оси полюсов в рассматриваемой модели будут совпадать и при вращении, если не имеется сопротивления этому вращению. Если же к валу ротора (внутренней системе) приложить какое-либо сопротивление, то ротор моментально отстанет несколько от ведущего его поля, т. е. между осями полюсов внутренней и внешней систем образуется некоторый угол, который на фиг. 5, изображающей модель в развернутом виде, обозначен через θ . Ротор, отстав на $\angle \theta$, будет снова вращаться синхронно с полем внешней системы. При смене полюсов (на $\angle \theta$) от силы магнитного притяжения разноименных полюсов по-



Фиг. 4.

явится касательная составляющая, которая, создавая вращающий момент, уравнивает сопротивление на валу ротора. Чем больше момент сопротивлений, приложенный к ротору, тем на больший угол θ ротор отстанет от ведущей системы (внешней системы). Активный вращающий момент от притяжения разноименных полюсов внешнего и внутреннего колес возрастает с увеличением θ , и максимум вращающего момента получается при $\theta \approx 90^\circ$; с дальнейшим увеличением θ вращающий мо-

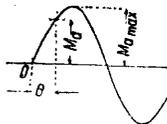
мент убывает и становится равным нулю при $\theta \cong 180^\circ$. Еще большее увеличение θ вызывает изменение направления вращающего момента. Отсюда получается, что ротор может вращаться синхронно с ведущей системой лишь при нагрузке, вызывающей отставание ротора на $\theta < 180^\circ$,



Фиг. 5.

и при этом работа такого механизма получается устойчивой лишь при углах θ , заключающихся в пределах $0-90^\circ$. Изменение вращающего момента, развиваемого С. д., происходит приблизительно по кривой, представленной на фиг. 6.

Совершенно такое же действие производит вращающееся магнитное поле статора нормальной многофазной синхронной машины на ротор, т. е. вращающееся поле статора увлекает за собой ротор, если ротор каким-либо способом уже доведен до вращения, со скоростью, синхронной с вращением поля статора, и если он расположен относительно поля статора так, что между его полем и вращающимся полем статора имеется притяжение; при этом поле ротора, как увлекаемое полем статора, вращается в синхронном двигателе при всех режимах его работы сзади поля статора, и притом угол отставания его возрастает с увеличением нагрузки двигателя. Приведение синхронной машины в такое состояние возможно с помощью вспомогательного двигателя или каким-либо искусственным способом. Развертывание синхронной машины в качестве двигателя нормально невозможно, так как инерция масс ротора велика. Для того чтобы ротор мог втянуться



Фиг. 6.

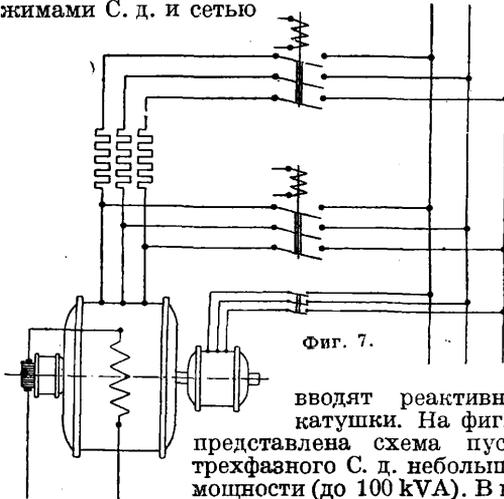
вращающимся полем статора в направлении с нормальной скоростью, необходимо было бы, чтобы скорость эта достигалась в течение промежутка времени не более $1/4$ периода тока, т. е. ускорение, сообщаемое ротору при трогании с места, должно было бы быть чрезмерно велико (при $f = 50$ пер/сек.).

Пуск в ход С. д. Активная работа С. д. начинается с момента параллельного подключения его к сети переменного тока. При обычном синхронизировании двигателей по фазоиндикаторным лампам или вольтметрам присоединение машины параллельно к сети является одной из наиболее сложных и ответственных операций, которая доверяется лишь опытному обслуживающему персоналу. Для возможности параллельного присоединения С. д. к сети переменного тока необходимо 1) довести С. д. до т. н. в. и н. х. р. и скорости, 2) возбудить С. д. так, чтобы напряжение на зажимах машины было равно напряжению сети, и 3) иметь полное совпадение всех фаз напряжения. Если эти условия не соблюдаются, параллельное включение может не удасться и повести к крупным авариям. Для облегчения пуска в ход С. д. в настоящее время применяют приспособления, при к-рых С. д. может входить автоматически не только в синхронизм, но и в фазу, и весь про-

цесс присоединения двигателя к сети сводится лишь к замыканию рубильника или масляного выключателя.

Обычные способы пуска в ход. К этим способам принадлежат следующие виды пуска в ход С. д.: 1) при помощи машины, сцепленной с С. д., 2) посредством постороннего двигателя. 1) Если С. д. связан напр. с машиной постоянного тока, то агрегат м. б. пущен со стороны постоянного тока от аккумуляторной батареи или какого-либо другого источника энергии. В этом случае машина постоянного тока приводится во вращение, как двигатель, и, когда скорость вращения достигает синхронной, возбуждают синхронный двигатель; присоединение С. д. параллельно к сети переменного тока производится обычным путем, после того как достигнуты синхронизм и полное совпадение фаз напряжения. После присоединения С. д. к сети машина постоянного тока из двигателя переводится в генератор посредством соответствующей регулировки возбуждения. В некоторых случаях в качестве пускового двигателя м. б. использован возбудитель С. д., если мощность этого возбудителя достаточна для этих целей. 2) Часто случается, что С. д. приходится одному работать на привод и не всегда налицо источник постоянного тока, при помощи к-рого можно загустить в качестве двигателя машину постоянного тока, связанную с С. д.; тогда для пуска в ход С. д. применяют асинхронный двигатель, причем ротор пускового асинхронного двигателя снабжается короткозамкнутой обмоткой или обмоткой в виде беличьего колеса. Сущность способа пуска в ход при помощи асинхронного двигателя заключается в следующем: пусковой асинхронный двигатель, имеющий обычно на два, а иногда на четыре полюса меньше, механически связывается с С. д. Вследствие меньшего числа полюсов асинхронный двигатель может привести во вращение синхронную нев возбужденную машину со скоростью выше номинальной. При возбуждении С. д. асинхронный двигатель нагружается, скорость вращения ротора начинает падать, пока скорость вращения С. д. не станет равной синхронной скорости, и при наступлении этого улавливается наиболее благоприятный момент для параллельного включения двигателя к сети. Пусковые двигатели с беличьим колесом не всегда удобны по той причине, что если момент синхронизма пропущен, то прежде всего нужно охладить беличье колесо и лишь затем приступить к вторичному пуску. Затем не всегда возможно хорошо рассчитать беличье колесо на том основании, что потери холостого хода С. д. со временем меняются. Поэтому иногда приходится исправлять беличье колесо, удаляя несколько стержней или подпильвая соединительное кольцо. Если ротор пускового двигателя снабжен обмоткой, то в некоторых случаях для получения более надежной синхронизации в цепь обмотки ротора вводят реостат, к-рый конечно усложняет и удорожает всю установку. Пусковой ток при пуске в ход асинхронным двигателем составляет 30—40% номинального тока С. д. Период пуска длится 5—7 мин., а иногда и более. Мощность пускового двигателя составляет ок. 10% номинальной мощности С. д., если последний запускается вхолостую. Если синхронный двигатель приводит в действие насос или компрессор, то пусковой вращающий момент должен быть значителен, что ведет к увеличению пускового двигателя и затруднению самого пуска в ход.

Пуск в ход С. д. можно значительно ускорить; для этого С. д. сцепляют с асинхронным двигателем, имеющим одинаковое число полюсов с первым, и между зажимами С. д. и зажимами сети вводят сопротивления или реактивные катушки. Когда С. д. доведен приблизительно до номинальной скорости, его подключают к сети, не заботясь о синхронизации, т. к. под действием проходящих токов он сам входит в синхронизм. После того как С. д. вошел в синхронизм, ему дают такое возбуждение, при котором ток идущий в него, доводится до минимума и напряжение на концах сопротивлений значительно падает, а затем эти сопротивления замыкаются накоротку. Добавочные сопротивления или реактивные катушки д. б. соответственным образом рассчитаны, причем следует предвидеть наиболее неблагоприятное сочетание векторов напряжения, т. е. совпадение обоих векторов по направлению. Обычно эти сопротивления выбирают такими, чтобы при включении через них невозбужденного двигателя на полное напряжение значение силы тока составляло $\frac{2}{3}$ от номинального. Омические сопротивления употребляют для двигателя до 100 kVA, свыше этой мощности между зажимами С. д. и сетью



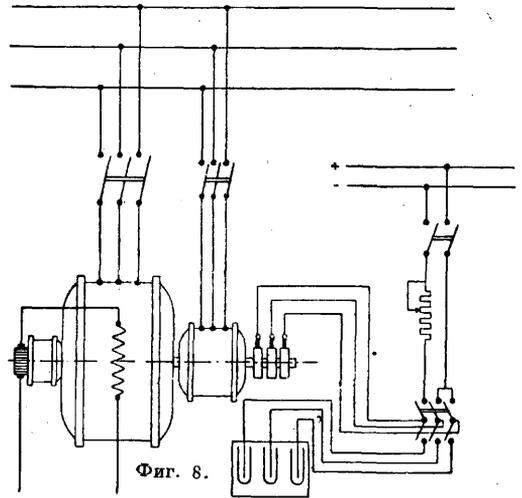
Фиг. 7.

вводят реактивные катушки. На фиг. 7 представлена схема пуска трехфазного С. д. небольшой мощности (до 100 kVA). В некоторых случаях для ускорения введения в синхронизацию пусковой двигатель С. д. снабжают одинаковым числом полюсов, причем обмотка ротора пускового двигателя выполняется разомкнутой; как только С. д. достигнет максимальной скорости, обмотка ротора размыкается и быстро приключается к сети постоянного тока (фиг. 8), и тогда весь агрегат быстро входит в синхронизм. Для того чтобы фазы напряжения С. д. и сети при наступлении синхронизма совпадали, необходимо пусковой двигатель заклинить с С. д. определенным образом. Во избежание разрыва тока во вторичной цепи пускового двигателя при переключении ее на сеть постоянного тока, питание переменным током производят со стороны ротора пускового двигателя, а статорную обмотку последнего разбивают на две части, из к-рых одна при достижении скорости, близкой к синхронной, начинает питаться постоянным током (фиг. 9). При таком способе пуска в ход пусковой ток составляет 10—20% от номинального тока С. д. Продолжительность пуска в ход составляет ок. 1 мин. Приключение к сети производится путем простого включения рубильника, после того как установлено соответствующее

возбуждение машины. Мощность асинхронного пускового двигателя для приведения во вращение С. д. вхолостую может быть определена по следующей формуле:

$$P_b = 2,74 \frac{GD^2}{t_a} \cdot \frac{n_1}{1000} \cdot \frac{n_2}{1000} + P_0; \quad (2)$$

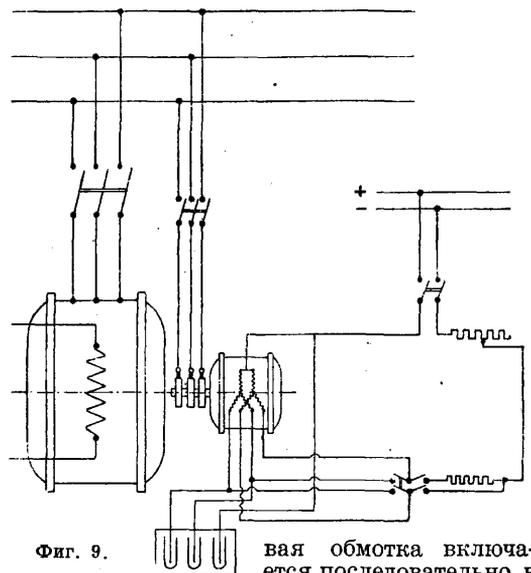
GD^2 —маховой момент вращающихся частей в кгм², t_a —время пуска в ход в ск., n_1 —синхрон-



Фиг. 8.

ное число оборотов С. д., n_2 —синхронное число оборотов асинхронного пускового двигателя, P_0 —потери холостого хода в kW.

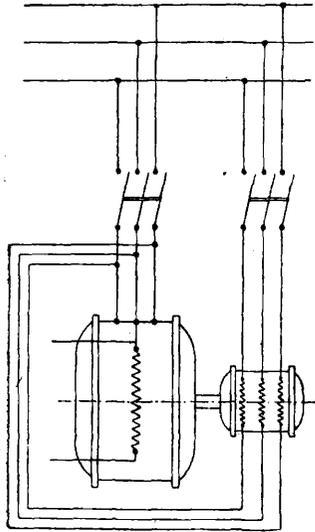
Специальные способы пуска в ход. К этим способам принадлежат следующие: 1) пуск в ход по системе Розенберга; 2) асинхронный пуск; 3) пуск в ход от синхронного генератора. Способ Розенберга состоит в следующем: на валу С. д. насаживается обыкновенный пусковой асинхронный двигатель с ротором в виде беличьего колеса; трехфазная обмотка статора пускового двигателя открыта и каждая фазо-



Фиг. 9.

вая обмотка включается последовательно в цепь С. д.; т. о. обмотка С. д. образует как бы нулевую точку для обмотки статора пускового двигателя (фиг. 10). На фиг. 11 представлена схема соединения для случая, когда пусковой двигатель в цепь якоря С. д. включается через

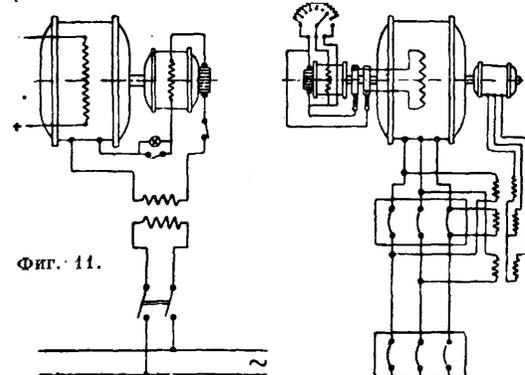
трансформатор. Если С. д. однофазный, то на вал его насаживают коллекторный однофазный двигатель, обмотку статора которого соединяют последовательно со статорной обмоткой С. д. (фиг. 12). Во время пуска в ход, когда скорость вращения агрегата достигает максимума,



Фиг. 10.

С. д. возбуждается, когда он начинает входить в синхронизм, причем вначале это вхождение в синхронизм сопровождается сильными колебаниями скорости вращения и силы тока. После вхождения в синхронизм возбуждение С. д. устанавливается такое, при котором напряжение на концах статорной обмотки пускового двигателя достигает минимума, и тогда производится короткое замыкание статорной обмотки, а затем и отсоединение ее от сети. Спусковым двигателем, допускающим ок. 30% номинального тока синхронного мотора, полный пуск в ход продолжается ок. 1 мин. При большем значении пускового тока (50—60% от номинального тока) продолжительность времени пуска в ход уменьшается до 15—20 сек.

Асинхронный пуск в ход является в настоящее время весьма распространенным видом пуска в ход трехфазных С. д. Сущность этого способа заключается в том, что С. д. запуска-

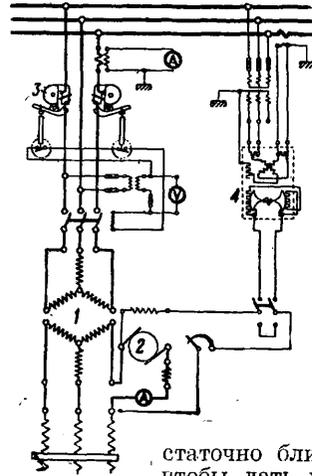


Фиг. 11.

ется как асинхронный двигатель. Если С. д. имеет явно выраженные полюсы, то он снабжается короткозамкнутой обмоткой (беличьим колесом), которая располагается у полюсных башмаков. Если полюсные башмаки сделаны из листового железа, то они снабжаются осевыми пазами, в которые прокладываются медные или бронзовые стержни. Последние соединяются кольцами, идущими вокруг полюса, или кольцами, соединяющими стержни всех полюсов. Если полюсные башмаки массивны, то они сами по себе играют роль стержней и колец (пусковой обмотки). Можно увеличить начальный вращающий момент, увеличивая сопротивление

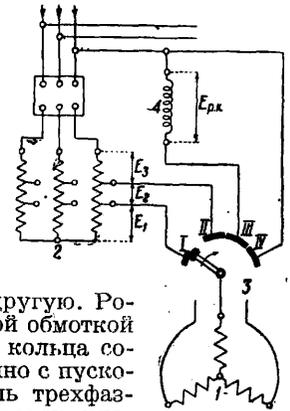
Фиг. 12.

беличьего колеса; для данного напряжения момент в некоторых пределах пропорционален сопротивлению ротора. Короткозамкнутая обмотка индукторов является как бы второй беличьей клеткой, но не полной, т. к. это однофазная обмотка и ее пересекает только часть потока. Эта обмотка уменьшает начальный момент так же, как параллельное включение ее равносильно уменьшению сопротивления беличьего колеса; она уменьшает крутящий момент при скорости



Фиг. 13.

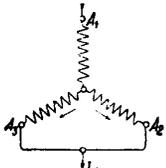
ти, равной половине синхронной. С другой стороны, короткозамкнутая обмотка индукторов помогает двигателю приблизиться к синхронной скорости, другими словами, она уменьшает его скольжение. По достижении синхронной скорости свойства асинхронного двигателя пропадают, т. обр. обмотка наподобие беличьей клетки должна только довести ротор до скорости, достаточно близкой к синхронной, чтобы дать возможность синхронизирующей силе машины поднять затем скорость до синхронной. Если С. д. имеет не явно выраженные полюсы (цилиндрич. магнитную систему), то магнитная обмотка выполняется в виде трехфазной обмотки. На фиг. 13 представлена схема пуска в ход трехфазного С. д. с цилиндрич. ротором: 1—синхронный индукционный двигатель, 2—возбудитель, 3—реле, 4—автоматич. регулятор фаз. Для ограничения пускового тока к зажимам двигателя подводят пониженное напряжение (ок. 30% номинального); обычно понижение напряжения производится посредством автотрансформаторов. Кроме того в цепь якоря двигателя вводят еще реактивные катушки, которые служат для снижения ударного действия токов при переходе от пониженного напряжения к номинальному после вхождения двигателя в синхронизм (фиг. 14, где 1—синхронный двигатель, 2—автотрансформатор, 3—переключатель, 4—реактивная катушка). Уменьшение толчков тока при переключении достигается также путем введения омических сопротивлений или циклич. перехода с одной ступени на другую. Ротор снабжен трехфазной обмоткой (фиг. 15—16); два его кольца соединены непосредственно с пусковым реостатом. В цепь трехфазного кольца введен переключатель, посредством которого можно это кольцо ротора соединить с третьей ветвью пускового реостата или вводить в цепь ротора возбудитель. Начальный пусковой ток при асинхронном пуске в ход С. д. составляет обычно 100—130% номинального. Если двига-



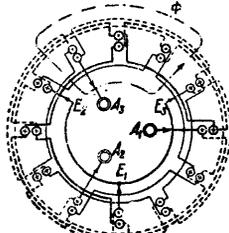
Фиг. 14.

тель однофазный, то для пуска его в ход как асинхронного двигателя якорь его снабжается вспомогательной обмоткой.

В последние годы получил довольно широкое применение пуск в ход по сист. Корндерфера. Схемы включения С. д. при асинхронном запуске по этой системе приведены на фиг. 17 и 18. Асинхронный способ пуска в ход по сист.

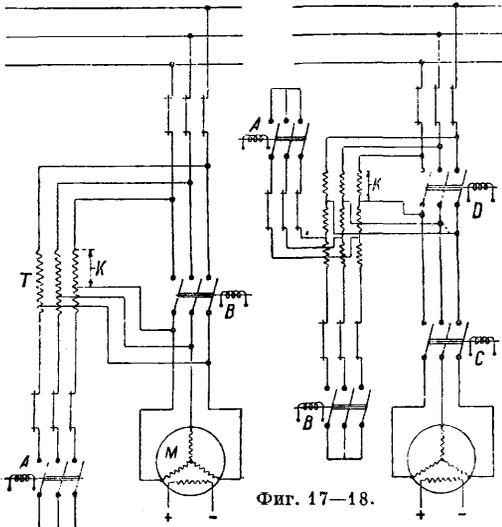


Фиг. 15.



Фиг. 16.

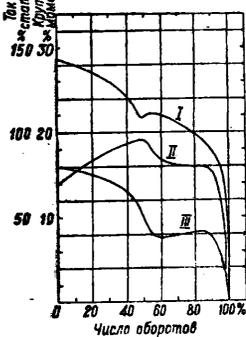
Корндерфера имеет то преимущество, что здесь необходима установка только одного автоматического выключателя (масленника), требующе-



Фиг. 17—18.

го устройства взрывной камеры. Масляные выключатели А, В не разрывают токов короткого замыкания и потому м. б. облегченного типа, на малую разрывную мощность. Манипуляции при пуске в ход по системе с одной промежуточн. ступенью напряжения (фиг. 17) таковы:

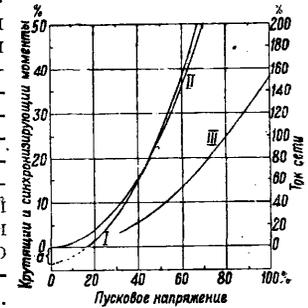
1) цепь возбуждения С. д. М замыкается через реостат на возбудитель (значение сопротивления возбудителя указывается для каждого типа отдельно); 2) замыкается масляный выключатель А и вслед за ним главный масляный выключатель D. В этом положении С. д. должен получить от автотрансформатора Т такой процент напряже-



Фиг. 19.

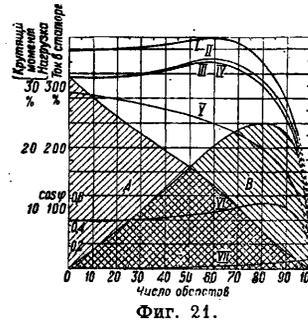
ния, который является достаточным для развития полной скорости и синхронизации на этой ступени. Напряжение в цепи возбуждения должно предварительно подняться при развитии скорости до значения, соответствующего

положению реостата. Положение реостатов определяется при первых пусках на месте установки т. о., чтобы переход от асинхронного режима к синхронизму происходил с наименьшими возможными толчками тока; 3) размыкается масляный выключатель А; в этом положении полное напряжение линии распределяется между частью автотрансформатора К, служащей реактором (см.), и С. д. соответственно их полному сопротивлению (импедансу). Если по каким-либо причинам С. д. не удалось войти в синхронизм в положении (2), правильным выбором значения возбуждения и соответственным изменением реактивного тока можно отрегулировать падение напряжения в реакторе К т. о., чтобы на зажимах С. д. получалось достаточное напряжение для плавного вступления в синхронизм при этом положении, т. е. при размыкании масляного выключателя А; 4) замыкается масляный выключатель В, чем реактор замыкается накоротку.



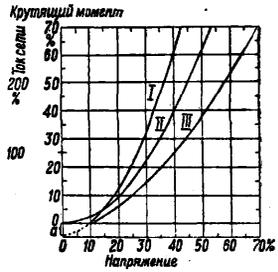
Фиг. 20.

Пуск в ход по схеме с промежуточными ступенями (фиг. 18) осуществляется так. 1) Цепь возбуждения С. д. замыкается через реостат на возбудитель (значение сопротивления указывается для каждого типа отдельно); 2) замыкается масляный выключатель А и вслед за ним главный масляный выключатель D; в этом положении на зажимах С. д. получается минимальное значение напряжения и оно сохраняется в этом положении до достижения предельной скорости, которую он может развить как асинхронный двигатель; при этом же положении напряжение возбудителя должно подняться до значения, соответствующего положению реостата; 3) размыкается масляный выключатель А; в этом положении полн. напряжение линии распределяется между частью автотрансформатора К, которая служит реактором, и С. д. соответственно их полному сопротивлению (импедансу); по истечении 2—3 сек. замыкается масляный выключатель В, чем устанавливается вторая промежуточная ступень напряжения на зажимах С. д., который при этом положении должен тотчас же войти в синхронизм; 4) размыкается масляный выключатель В, чем опять кратковременно выключается часть автотрансформатора К как



Фиг. 21.

2—3 сек. замыкается масляный выключатель А и вслед за ним главный масляный выключатель D; в этом положении на зажимах С. д. получается минимальное значение напряжения и оно сохраняется в этом положении до достижения предельной скорости, которую он может развить как асинхронный двигатель; при этом же положении напряжение возбудителя должно подняться до значения, соответствующего положению реостата; 3) размыкается масляный выключатель А; в этом положении полн. напряжение линии распределяется между частью автотрансформатора К, которая служит реактором, и С. д. соответственно их полному сопротивлению (импедансу); по истечении 2—3 сек. замыкается масляный выключатель В, чем устанавливается вторая промежуточная ступень напряжения на зажимах С. д., который при этом положении должен тотчас же войти в синхронизм; 4) размыкается масляный выключатель В, чем опять кратковременно выключается часть автотрансформатора К как

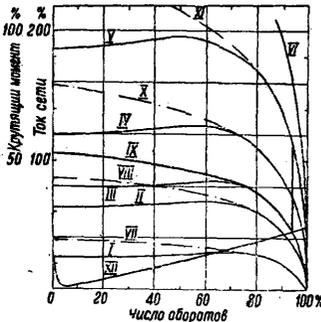


Фиг. 22.

выключается часть автотрансформатора К как

реактор, и сейчас же вслед за этим замыкается масляный выключатель *C*, замыкающий реактор накоротко, и на зажимах синхронной машины получается полное напряжение линии. Пусковые характеристики *C. д.* при асинхронном запуске представлены на фиг. 19—23. Значения кривых: на фиг. 19—*I*—ток в статоре, *II*—коэф-т мощности, *III*—полезный крутящий момент; на фиг. 20—*I*—крутящий момент (в неподвижном состоянии), *II*—ток сети (*C. д.* в неподвижном состоянии), *III*—минимальное напряжение, при к-ром м. б. достигнут синхронизм (кривые *I* и *II* относятся к пуску в ход с разомкнутыми роторными обмотками), *a*—момент трения покоя; на фиг. 21—*I*—мощность, поглощаемая статором, *II*—мощность, передаваемая ротору, *III*—мощность по кривой *II* за вычетом потерь на трение и вентиляцию, *IV*—полезный момент ротора, *V*—ток в статоре, *VI*—коэф. мощности, *VII*—потери на трение и вентиляцию, заштрихованная площадь *A*—потребленная ротором энергия, *B*—избыток энергии (идет на ускорение); фиг. 22—*I*—крутящий момент, *II*—ток сети, *III*—минимальное напряжение, при к-ром *C. д.* может быть синхронизирован (кривые *I* и *II* относятся к пуску в ход с разомкнутыми роторными обмотками), *a*—момент трения покоя; фиг. 23—*I*—*VI*—пусковые крутящие моменты для различных чисел оборотов при частоте 50 пер/сек. и пусковом напряжении в 20; 30; 33,3; 40; 50 и 60% от нормального напряжения, *VII*—*XI*—ток сети для кривых *I*—*V*, *XII*—крутящий момент холостого хода вентилятора.

В нек-рых случаях пуск в ход *C. д.* осуществляется от особого синхронного генератора, к-рый для питания *C. д.* может доставлять



Фиг. 23.

ток переменной частоты (от 0 до номинальной). С этой целью *C. д.* соединяется электрически с генератором; при этом генератор, так и *C. д.* возбуждаются. Если при таком соединении приводить во вращение синхронный генератор (напр. посредством паровой турбины), то вместе с ним будет увлекаться во вращение и *C. д.*, электрически связанный с генератором. Для создания наибольшего пускового момента необходимо генератор возбудить возможно сильнее, причем *C. д.* должен иметь возбуждение в два раза слабее.

Диаграммы напряжений. Электрич. машины, работающие как двигатель, потребляют электрич. энергию, поэтому развиваемая двигателем электромагнитная мощность получается отрицательной. Т. к. электромагнитная мощность определяется

$$P_m = m E_m \cdot I \cos \psi, \quad (3)$$

где *m*—число фаз, *E_m*—напряжение, соответствующее потоку возбуждения Φ_m , *I*—фазовая сила тока, ψ —угол сдвига фаз, то при отрицательном значении мощности $\cos \psi$ д. б. меньше 0 и следовательно $270^\circ > \psi > 90^\circ$. На фиг. 24—26 приведены векторные диаграммы напряжений для различных внешних углов сдвига фаз

между приложенным напряжением *U* и током *I*. Как видно из этих диаграмм, если *C. д.* перевозбужден, то ток опережает напряжение; при невозбужденном состоянии, наоборот: ток получается отстающим по фазе от напряжения, при определенном же возбуждении имеется воз-



Фиг. 24—26.

можность скомпенсировать сдвиг фаз, т. е. заставить *C. д.* работать при коэф-те мощности,

равном единице ($\cos \psi = 1$). Т. о. регулировкой возбуждения имеется возможность воздействовать у *C. д.* на реактивную составляющую тока. Из векторных диаграмм видно также, что вектор приложенного напряжения *U* во всех случаях опережает вектор напряжения *E_m*, создаваемого основным потоком возбуждения Φ_m .

Мощность *C. д.* Из диаграмм, приведенных на фиг. 24—26, можно получить выражение: 1) для мощности, потребляемой двигателем:

$$P_1 = m \cdot U \cdot I \cdot \cos \psi; \quad (4)$$

2) для мощности, передаваемой статором ротору, — для электромагнитной мощности *C. д.*:

$$P_a = m \cdot E_a \cdot I \cdot \cos \psi_a = m \cdot E_m \cdot I \cdot \cos \psi; \quad (5)$$

эта мощность равна мощности *P₁*, уменьшенной на величину джоулевых потерь в статоре *P_j*:

$$P_a = P_m = P_1 - m \cdot I^2 r_a = P_1 - P_j; \quad (6)$$

эта мощность носит название также синхронной мощности; 3) для мощности, передаваемой на вал *C. д.*; эта мощность получается из электромагнитной после вычета потерь в железе, т. е.

$$P' = P_a - P_e; \quad (7)$$

4) для механической, или полезной, мощности, равной

$$P = P_1 - P_j - P_e - P_e, \quad (8)$$

где *P_e*—механич. потери. Если обозначить посредством z_a синхронное кажущееся сопротивление обмотки якоря, через $\psi_k = \arctg \frac{x_a}{r_a} = \psi_k$, то выражения для всех видов мощности можно представить так:

$$P_1 = m \cdot \frac{U}{z_a} [U \cos \psi_k - E_m \cos (\psi_k - \theta)]; \quad (9)$$

$$P_a = P_m = m \cdot \frac{U}{z_a} [U \cos (\psi_k - \theta) - E_m \cos \psi_k], \quad (10)$$

или приближенно, полагая, что $P_j = 0$,

$$P_1 = P_a = P_m = \frac{U \cdot E_m}{x_a} \cdot \sin \theta = \frac{b \cdot U^2}{x_a} \cdot \sin \theta, \quad (11)$$

где $b = \frac{E_m}{U}$ —коэффициент, характеризующий возбуждение синхронного двигателя.

Вращающий момент С. д. Электромагнитная мощность С. д. $P_m = P_a$, развивающаяся в машине при синхронном вращении, дает вращающий момент M_a , носящий название момента в синхронных ваттах. Выражение этого вращающего момента получается из равенства

$$P_a = M_a \cdot \omega,$$

где $\omega = \frac{\pi \cdot n_1}{30}$ — угловая скорость вращения ротора. Отсюда:

$$M_a = \frac{P_a}{\omega} = \frac{60 \cdot P_a}{2 \pi \cdot n_1} = \frac{30 m \cdot E_m \cdot I \cdot \cos \psi}{\pi \cdot n_1}. \quad (12)$$

При работе двигателем

$$M_a = M_e + M_e + M,$$

где M_e — вращающий момент, затрачиваемый на преодоление потерь в железе, а M_e — вращающий момент, идущий на покрытие механич. потерь (трение в подшипниках, трение в воздухе и прочие трения); M — полезный вращающий момент двигателя. Вращающий момент в «синхронных ваттах» можно выразить в кгм, а именно:

$$M_a = \frac{30}{9,81 \cdot \pi \cdot n_1} \cdot m \cdot E_m \cdot I \cdot \cos \psi = 0,974 \cdot \frac{m}{n_1} \cdot E_m \cdot I \cdot \cos \psi = 0,974 \cdot \frac{P_m}{n_1}. \quad (13)$$

Выражение (12) можно написать и в ином, иногда более удобном практически виде, если вставить в него выражение для E_m :

$$E_m = 4 f_B \cdot f_{w_1} \cdot f_y \cdot f \cdot w \cdot \Phi_m \cdot 10^{-8},$$

а именно:

$$M_a = \frac{2}{\pi} \cdot m \cdot f_B \cdot f_{w_1} \cdot f_y \cdot f \cdot w \cdot \Phi_m \cdot I \cdot \cos \psi \cdot 10^{-8} = A \cdot \Phi_m \cdot I \cdot \cos \psi. \quad (14)$$

Если в выражение (12) для P_m вставить выражение (10), то легко увидеть, что M_a зависит от угла θ . Кроме того легко убедиться, что при нек-ром θ вращающий момент имеет максимум. Для определения M_{amax} находим значение угла θ , при котором он имеет место:

$$\begin{aligned} \frac{dM_a}{d\theta} &= c \cdot m \frac{E_m}{z_a} [-U \cdot \sin(\psi_k - \theta)] = 0, \\ \sin(\psi_k - \theta) &= 0, \\ \psi_k - \theta &= 0, \\ \theta &= \psi_k; \end{aligned}$$

так что

$$M_{amax} = c \cdot m \frac{E_m}{z_a} [U - E_m \cos \psi_k]. \quad (15)$$

Так как

$$\psi_k \approx \frac{\pi}{2},$$

то

$$M_{amax} = \frac{0,974}{n_1} \cdot m \cdot \frac{E_m \cdot U}{z_a} \text{ кгм}. \quad (16)$$

Этот вращающий момент носит название о п р о к и д ы в а ю щ е г о м о м е н т а, т. к. с увеличением нагрузки С. д. вращающий момент, развиваемый им, несмотря на увеличение θ уже не возрастает, а уменьшается, т. е. С. д. не может преодолеть даваемой ему нагрузки и выпадает из синхронизма. Для увеличения перегрузочной способности С. д. необходимо стремиться, с одной стороны, к уменьшению его z_a , а, с другой стороны, к увеличению отношения $\frac{x_a}{r_a}$ (к увеличению ψ_k). Уменьшение z_a должно следовательно достигаться за счет гл. обр. уменьшения активного сопротивления якоря r_a .

Выражение (16) показывает, что максимальный вращающий момент С. д. зависит от его возбуждения. Для того чтобы убедиться, какое влияние на M_{amax} имеет возбуждение двигателя (т. е. величина E_m), следует воспользоваться не приближенным выражением (16), а точным его выражением (15), взяв первую производную его по E_m ; при этом находят, что это выражение дает максимум при

$$E_m = \frac{U}{2 \cos \psi_k}.$$

Так что

$$(M_{amax})_{max} = \frac{U}{2 \omega z_a \cdot \cos \psi_k} \left[U - \frac{U}{2} \right] = \frac{U^2}{4 \omega r_a}, \quad (17)$$

так как

$$z_a \cdot \cos \psi = r_a.$$

Из этого выражения видно, что максимум опрокидывающего момента не зависит от реактивного сопротивления якоря и что он обратно пропорционален активному сопротивлению якоря. Следует заметить, что под r_a необходимо понимать не только активное сопротивление самого якоря, но и всей цепи от тех точек, между которыми поддерживается генератором, питающим двигатель, постоянное напряжение U .

Влияние возбуждения на работу С. д. У С. д., как у всякой параллельно работающей синхронной машины, при регулировке возбуждения изменяется только реактивный ток. Здесь можно различать три случая: 1) С. д. не возбужден ($E_m < U$), при этом для всех нагрузок (от холостого хода до полной) двигатель потребляет из сети кроме активного тока реактивный отстающий ток; 2) С. д. возбужден нормально ($E_m = U$), при этом двигатель для всех нагрузок берет из сети небольшой реактивный опережающий ток; 3) С. д. перевозбужден ($E_m > U$), он потребляет реактивный опережающий ток, величина которого в пределах нормальной нагрузки колеблется мало; при этом усиление перевозбуждения вызывает увеличение реактивного тока. Что касается максимальной мощности С. д. P_{amax} , то она в невозбужденном двигателе растет по мере увеличения возбуждения (с увеличением E_m); после же достижения нормального возбуждения P_{amax} сперва несколько растет с увеличением E_m , а затем уменьшается. В этом можно убедиться и аналитически. Из выражения для электромагнитной мощности (10) получается:

$$P_{amax} = m \frac{U}{z_a} [U - E_m \cos \psi_k] \text{ при } \theta = \psi_k.$$

Это выражение достигает максимума при $E_m = \frac{U}{2 \cos \psi_k}$:

$$(P_{amax})_{max} = \frac{U^2}{4 r_a}.$$

Следовательно максимальный вращающий момент $(M_{amax})_{max}$ достигает своего наибольшего значения:

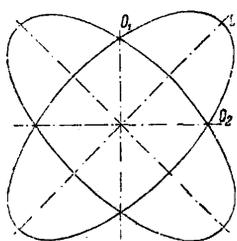
$$(M_{amax})_{max} = \frac{U^2}{4 \omega r_a}.$$

Из (17) видим, что $(M_{amax})_{max}$ изменяется обратно пропорционально r_a , т. е., что активное сопротивление в цепи С. д. сильно влияет на значение его максимального вращающего момента. Отсюда становится понятным, почему перегрузаемость С. д., питаемого от станции по длинной линии (с большим активным сопротивлением), м. б. весьма незначительна несмотря на то, что С. д. сам по себе является впол-

не нормальным в отношении его способности перегрузки. Нормально С. д. строятся так, чтобы их максимальный вращающий момент превосходил номинальный вращающий момент приблизительно в два раза (коэф. перегрузки = 2). Случайные перегрузки, всегда практически могущие иметь место, обычно не достигают 100%, а потому выпадения из синхронизма от перегрузки нормально не могут встречаться. Это справедливо, когда С. д. связан с генератором проводами с относительно малым активным сопротивлением. Из упрощенной диаграммы напряжений для С. д. можно установить, что

$$U^2 - E_m^2 - I_a^2 r_a - 2 P_a \cdot z_a = 2 x_a \sqrt{(E_m I)^2 - P_a^2}. \quad (18)$$

Это выражение связывает между собой и с постоянными параметрами машины (r_a, x_a, z_a) все величины, характеризующие условия работы С. д., а потому оно носит название основного уравнения работы С. д. В основное ур-е входят величины E, U, I, P_a , которые могут изменяться. Если поддерживать постоянными U и E_m , то получающаяся при изменении P_a связь между P_a и I представляет рабочую характеристику С. д. Поддерживая постоянной электромагнитную мощность P_a при постоянном напряжении U , получают $I = f(E_m)$.

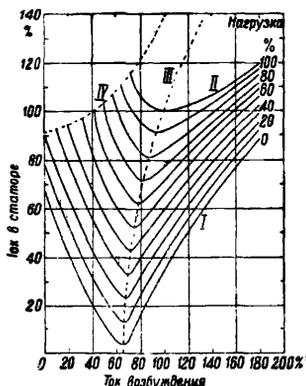


Фиг. 27.

Кривая, изображающая эту зависимость, походит на латинскую букву V и носит название V-образной кривой. Для каждого значения P_a получается своя V-образная характеристика. Из уравнения следует, что при $P_a \approx 0$

$$U^2 - E_m^2 - I_a^2 z_a^2 = \pm 2 x_a \cdot E_m \cdot I. \quad (19)$$

Последнее выражение представляет ур-е эллипса (два эллипса: один при знаке +, а другой при знаке -). Эти эллипсы представлены на фиг. 27, причем их ветви $O_1 O$ и $O O_2$ образуют V-образную кривую для $P_a = 0$, соответствующую устойчивому режиму работы С. д. Обычно V-образные кривые строятся не как $I = f(E_m)$, а как $I = f(i_m)$, где i_m — ток возбуждения, так как при экспериментальн. исследовании С. д. не представляется возможным измерение напряжения E_m . Кривые $I = f(i_m)$ несколько отличаются от кривых $I = f(E_m)$. Зависимость между током в якоре и током возбуждения для С. д. графически также представляется в виде V-образных кривых (кривых Морлея). Типичные V-образные кривые приведены на фиг. 28 и 29. I — кривая при холостом ходе, II — кривая при полной нагрузке, III — линия для $\cos \varphi = 1$, IV — опрокидывание (двигатель выпадает из синхронизма). Из V-образных кривых видим, что С. д. может служить в качестве



Фиг. 28.

синхронного компенсатора фаз тока, т. е. он может посылать в сеть реактивные отстающие токи. Перевозбужденный С. д., предназначенный для компенсаций реактивных отстающих токов и играющий т. о. роль емкости, называется синхронным конденсатором. Генерирование отстающего (относительно напряжения сети U) тока производится большим или меньшим перевозбуждением двигателя. Такое свойство С. д. часто используется практически. При этом предназначенная для такой цели синхронная машина может одновременно с работой компенсатором служить и в качестве двигателя. Довольно часто С. д. устанавливают с исключительной целью для работы в качестве фазных компенсаторов. Такие применения имеют особенно важное значение при длинных линиях передач. Устанавливая синхронные компенсаторы на подстанции в конце линии передач, мы получаем возможность генерировать в линию передачи отстающие (от напряжения сети) реактивные токи, потребные для линии, и освободить или хотя бы уменьшить т. о. для стационарных генераторов необходимость работать при низком $\cos \varphi$. Вместе с тем при этом уменьшается и падение напряжения в самой линии передачи, что, с одной стороны, уменьшает расход меди на линию передачи, и, с другой стороны, уменьшает потери энергии в линии, т. е. повышает кпд линии.

Влияние изменения напряжения и частоты на опрокидывающий момент. При падении напряжения опрокидывающий момент M_{amax} уменьшается:

$$M'_{amax} = M_{amax} \cdot \frac{100 - \epsilon_u}{100}, \quad (20)$$

где ϵ_u — %-ное падение напряжения. Отношение опрокидывающего момента к номинальному:

$$k' = k \frac{100 - \epsilon_u}{100}, \quad (21)$$

нормально при

$$\left. \begin{aligned} \cos \varphi = 0,8 & \quad k = 2,1 \\ \cos \varphi = 0,9 & \quad k = 1,9 \\ \cos \varphi = 1,0 & \quad k = 1,5 \end{aligned} \right\} \quad (22)$$

Изменение частоты на величину ϵ_f вызывает ускоряющие моменты, равные

$$M_j = \frac{\pi}{2 \cdot 9,81} \cdot G D^2 \frac{f}{P} \cdot \frac{f}{100} \text{ кгм}^2. \quad (23)$$

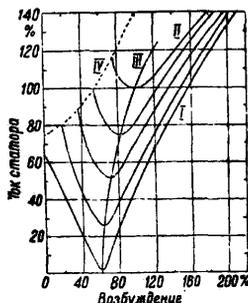
Свободный опрокидывающий момент под действием изменения частоты и напряжения равен

$$M''_{amax} = M_{amax} \cdot \frac{100 - \epsilon_u}{100} - M_j.$$

Для устойчивой работы необходимо, чтобы

$$M''_{amax} > M_{amax}$$

Устойчивость работы С. д. Под действием изменения внешнего момента сопротивления система ротора смещается относительно вращающегося поля статора, при этом при изменении внешнего момента на ΔM угол смещения вырастает на величину $\Delta \theta$, обусловленную



Фиг. 29.

синхронизирующей мощностью двигателя. Синхронизирующая мощность P_s характеризуется упругие свойства связи между ведомой и ведущей частями С. д. Математически под синхронизирующей мощностью следует понимать производную от синхронной мощности по углу смещения θ , т. е.

$$P_s = \frac{dP_a}{d\theta} \approx m \cdot \frac{E \cdot U}{z_a} \sin(\psi_k - \theta). \quad (24)$$

С изменением угла θ синхронная мощность машины P_a изменяется так, чтобы противодействовать той внешней для машины причине, которая вызывает изменение угла θ . Синхронизирующая мощность P_s неодинакова при различных значениях угла θ ; она достигает максимума при $\psi_k - \theta = \frac{\pi}{2}$, а именно:

$$P_{smax} = m \frac{E_m \cdot U}{z_a}. \quad (25)$$

Отсюда следует, что максимальная синхронизирующая мощность С. д. пропорциональна максимальной синхронной мощности машины; таким образом чем больше перегрузочная способность С. д.

$$k = \frac{P_{amax}}{P_{анорм.}}$$

тем больше и ее синхронизирующая мощность. Как показывает ф-ла (24), с увеличением угла θ P_s уменьшается и при $\theta_k = \psi_k$ она делается равной нулю; при $\theta > \psi_k$ синхронизирующая мощность становится отрицательной, т. е. в этом случае С. д. делается неспособным противодействовать изменениям нагрузки и работа его делается неустойчивой. Зависимость P_s от угла θ для С. д. представлена фиг. 30, из которой видно, что синхронизирующая мощность имеет наибольшее значение при $\theta \approx 0$; это значит, что С. д. работает наиболее устойчиво при холостом ходе. По мере увеличения угла θ , т. е. с увеличением нагрузки, устойчивость работы С. д. постепенно падает и при $\theta = \psi_k \approx \frac{\pi}{2}$; небольшие нагрузки способны выбить С. д. из синхронизма. Если С. д. приводит в движение машины, станки и т. п., которые создают противодействующие моменты, периодически изменяющиеся, то ротор С. д. приходит в колебательное состояние, причем амплитуда колебаний зависит не только от амплитуды пульсации внешнего момента, но также и от соотношения периодов собственных и вынужденных колебаний. Для устойчивой работы С. д. как правило период собственных колебаний д. б. минимум в два раза более периода вынужденных колебаний. Период собственных колебаний С. д. определяется по формуле:

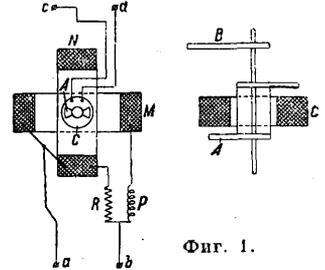
$$T_e = \frac{U}{240} \sqrt{\frac{GD^2}{P_n \cdot \frac{I_k}{I_n} \cdot f}}, \quad (26)$$

где GD^2 —маховой момент вращающихся масс, выраженный в $кгм^2$, P_n —номинальная мощность двигателя в $кВт$.

Лит.: Кулебакин В., Испытание электрич. машин, М., 1928; Толвинский В., Синхронные машины, Л., 1923; Люст Г., Синхронные машины, Л., 1932; Arnold E., Die Wechselstromtechnik, В. 4, Die Synchronen Wechselstrommaschinen, В., 1923; Richter R., Elektrische Maschinen, Band 2, Berlin, 1930; Rizha P. u. Seidener J., Starkstromtechnik, 6 Auflage, Band 2, Berlin, 1932. В. Нулебакин.

СИНХРОНОСКОП, электротехнич. прибор, служащий для измерения разности фаз между сетью и приключаемой к ней синхронизируемой машиной. По конструкции является фазометром, неподвижную катушку которого включают через большое сопротивление параллельно зажимам одной фазы синхронизируемой машины, подвижные катушки—параллельно зажимам другой фазы сети.

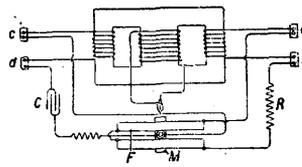
С. системы Вестингауза (фиг. 1) основан на след. принципе. Две неподвижные катушки M и N , параллельно приключенные к зажимам сети a и b через индукционное сопротивление R и безиндукционное R , создают вращающееся поле. В этом поле может вращаться под влиянием магнитного поля подвижной катушки C Z-образный сердечник из мягкого железа A , соединенный со стрелкой B . Катушка C приключена к зажимам c и d синхронизируемой машины. В момент притягивания или отталкивания сердечника под влиянием вращающегося поля достигается положение, когда значение поля катушек M и N равно нулю одновременно с нулевым значением поля катушки C . Отсюда возможность судить о разности фаз между сетью и синхронизируемой машиной. Если фазы машины и сети, к которой машина приключается, различны, положение указателя постоянно меняется; при совпадении (или противоположности) фаз, указатель остается спокойным (машина в синхронизме с сетью).



Фиг. 1.

С. системы Вестон (фиг. 2) не имеет подвижного железного сердечника. Этот С. представляет собой электродинамич. вольтметр, неподвижные катушки которого F последовательно приключены к зажимам сети a и b через безиндукционное сопротивление R , а подвижная катушка M —к зажимам c и d синхронизируемой машины через конденсатор C . Когда машина находится в фазе с сетью или противоположна ей по фазе, момент вращения катушки равен нулю, и стрелка прибора, скрепленная с катушкой M , под влиянием регулирующей пружины становится вертикально. При иных углах сдвига фаз, смотря по знаку угла, стрелка отклоняется вправо или влево от нулевого положения. Помещенная позади циферблата из молочного стекла стрелка освещается изнутри прибора фазной лампой. В момент совпадения фаз на циферблате C видна тень стрелки (при противоположности фаз лампа гаснет). Вследствие медленного загорания и погасания лампы наблюдателю представляется, что стрелка при отсутствии синхронизма перемещается вправо или влево от нулевого положения и останавливается вертикально в момент, подходящий для включения машины в сеть.

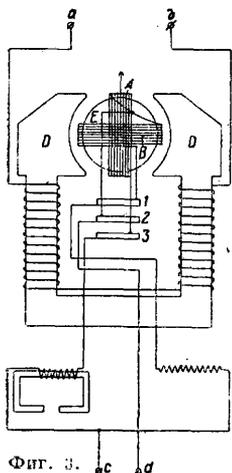
С. системы ГЕС (фиг. 3) основан на том же принципе, что и прибор Вестингауза. Катушки A и B смонтированы на подвижном элементе



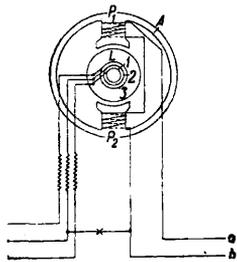
Фиг. 2.

E, вращающемся в поле электромагнита *D-D*. *k*-ый приключен к зажимам *a* и *b* сети. Обе катушки присоединяются к зажимам *c* и *d* синхронизируемой машины через контактные кольца 1, 2, 3.

С. системы Сименс и Гальске (фиг. 4) состоит из неподвижного, сделанного из листового железа корпуса *A* (статор) с двумя полюсами *P*₁ и *P*₂ и из подвижного элемента *L* (ротор), несущего заложенную в пазы обмотку (для образования вращающегося поля). Под влиянием напряжения приключенной синхронизи-



Фиг. 3.

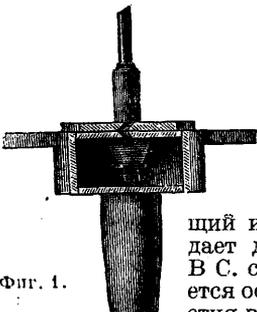
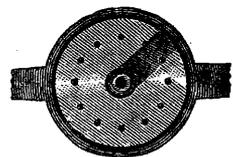


Фиг. 4.

руемой машины (зажимы *a*, *b*) в статоре возбуждается магнитное поле. Трехфазный ток подается к ротору от собирательных шин через три контактных кольца 1, 2, 3. Работа прибора основана на взаимодействии вращающегося и магнитного полей. При синхронизме ротор принимает положение, соответствующее углу сдвига фаз сети и приключенной машины. Скрепленная с ротором стрелка, как и в описанных приборах, служит индикатором синхронизма.

Лит.: СЭТ, Справочная книга для электротехников, т. 1, Л., 1928; Standard Handbook for Electrical Engineers, London, 1922; G r u h n K., Elektrotechnische Messinstrumente, 2 Aufl., Berlin, 1923; A r n o l d E., Die Wechselstrommaschinen, Die synchronen Wechselstrommaschinen, Berlin, 1923. И. Мельников.

СИРЕНА, звуковой передатчик, в к-ром звук получается вследствие прерывов постоянного потока воздуха или пара (воздушные, паровые С.) или воды (подводные С.). Устройство простейшей С. сист. Каньяр-Латура изображено на фиг. 1. Главная часть прибора — вращающийся на оси круг с косыми расположенными по кругу отверстиями, находящийся над таким же неподвижн. кругом, отверстия в к-ром наклонены в противоположную сторону. При продувании воздуха через насадку верхний круг (вся установка напоминает турбину) приходит во вращение, и выходящий из него толчками воздух



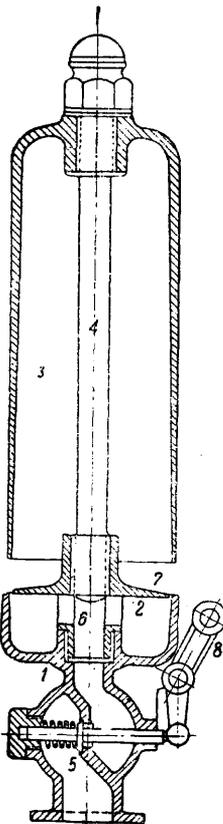
Фиг. 1.

дает довольно сильный звук. В С. сист. Зебека круг вращается особым двигателем, и отверстия в нем прямые. Существует много систем С., употребляемых в технике для сигнализации, простейшей из к-рых является свисток-сирена. В морском деле вследствие нали-

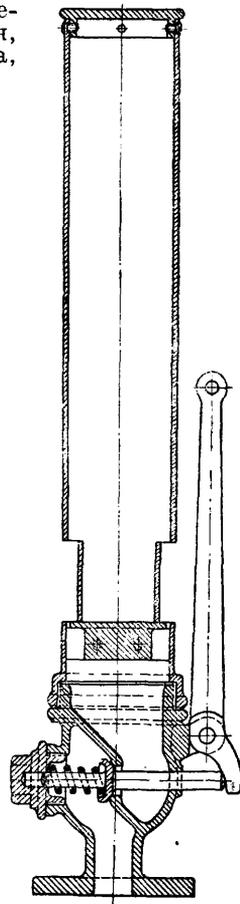
чия на судах пара С. является особенно доступным источником звука для сигнализации; однако кпд С. весьма низок (порядка 5%), а потому они хуже электромагнитных передатчиков звука, получающих все большее распространение и имеющих кпд 50% и более. В подводной звуковой сигнализации также пробовали употреблять С.; как и воздушные С., они имеют низкий кпд и потому в настоящее время заменены электромагнитными передатчиками. Подводные С. имеют еще тот недостаток, что при вызываемых в них довольно мощных колебаниях давления из воды выделяются пузырьки воздуха, существенно ухудшающие кпд С.

Н. Андреев.

Сирены (и гудки) в морском деле. На судах для подачи звуковых сигналов по правилам морской навигации в условиях нормальной видимости и при мгливой туманной погоде служат также паровые С. и гудки. Назначение гудков или завываний С. как сигналов определяется продолжительностью сигналов и их количеством. Обычно короткие сигналы даются в течение 1/2 ск., продолжительные — в течение 6—8 ск. Встречается употребление гудков, не вызываемых потребностями сигнализации (салютационные, для созыва команды и пр.). Употребление С. воспрещается, кроме случаев пожара,



Фиг. 2.

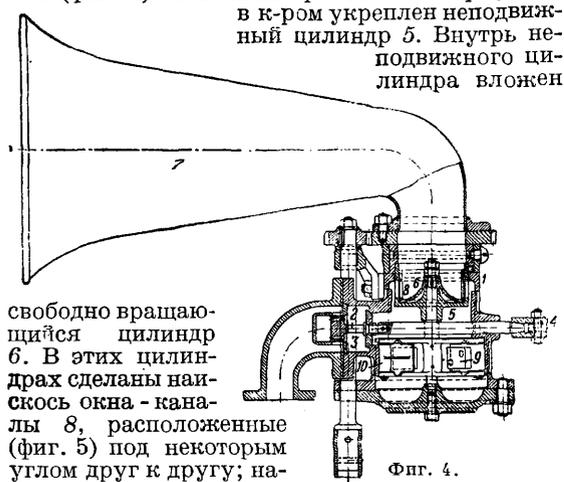


Фиг. 3.

аварий и тумана. Гудок паровой (фиг. 2) состоит из бронзового корпуса 1, имеющего вверх вид чашки. К корпусу крепится диск 2, имеющий канал 6, через к-рый пар может проходить от клапана 5 в чашку корпуса. Над диском с помощью стержня 4 укреплен колпак 3.

Края колпака помещаются над щелью 7, образующейся кругом между чашкой корпуса и диском. При открывании приводом 8 (при помощи троса с мостика) клапана 5 пар из трубы будет идти по каналу 6 и выходить с большой скоростью из щели 7 через острую кромку колпака, где, рассекаясь, будет производить звук. Расстояние от кромки колпака до щели 7 нельзя изменять произвольно, т. к. от него зависит получение хорошего звука. Для чистоты получаемого звука каждому давлению пара должно соответствовать определенное расстояние между щелью и кромкой колпака. Колпак навернут резьбой на стержень 4; вращая колпак, можно его опускать или же поднимать, изменяя расстояние до щели соответственно давлению пара. На чистоту звука влияет и величина колпака (по высоте) и способ крепления его к корпусу, т. к. при работе гудка стенки колпака приходят в колебания, дающие звук определенного тона. К разновидностям морских паровых гудков принадлежит и изображенный на фиг. 3. Существуют также двух- и трехтонные гудки, издающие мягкие, нетревожащие слуха аккордные звуки, но в морской практике они привились мало, т. к. комбинация тонов, снижая высоту, вносит нек-рую сложность в систему самой сигнализации. Гудки паровые, как и другие сигнальные звуковые приборы (горн, колокол, металлич. доска и пр.), в настоящее время считаются слишком слабыми и мало пригодными для морских сигналов: звук их распространяется на расстояние не более 1,5 км и кроме того увеличить высоту тона этих звукоизлучателей нет средств. Между тем кроме дальности при тихой погоде звуки их должны также преодолевать шум ветра, волн, морского прибоя и пр. при наиболее плохих атмосферных условиях, встречающихся в морской практике.

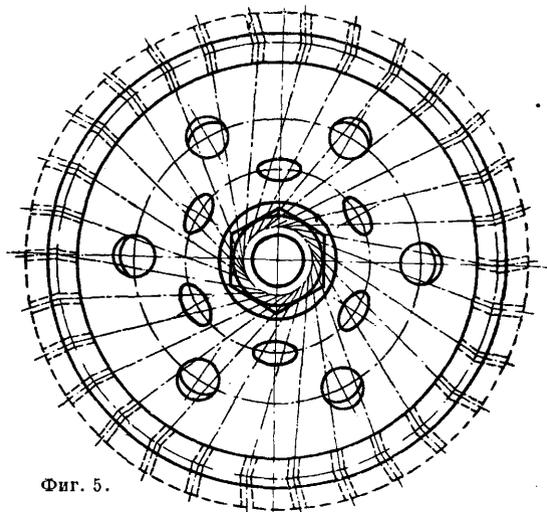
В настоящее время наиболее употребительным и самым сильным звуковым сигнальным прибором в морском деле считается морская сирена. Она (фиг. 4) состоит из бронзового корпуса 1,



Фиг. 4.

свободно вращающийся цилиндр 6. В этих цилиндрах сделаны наискось окна - каналы 8, расположенные (фиг. 5) под некоторым углом друг к другу; направление осей каналов цилиндра 6 идет по касательной к окружности вращения стержня. При таком расположении каналов улучшается уравновешенность прибора при пуске С. в действие и во время ее вращения. Открывая приводом 4 разгрузочный клапан 2, а затем и стопорный клапан 3, пускают пар в верхнюю часть корпуса. Отсюда пар проходит через окна 8 и благодаря их относительно наклонному положению застав-

ляет цилиндр 6 вращаться. При каждом его обороте n раз откроются все каналы (n —число каналов в каждом из цилиндров). В эти моменты струи пара, вырывающиеся через окна в рупор 7 наружу, производят сжатие воздуха, к-рое в следующий момент, когда все каналы закроются, превратится в разрежение; при следующем открывании каналов получается опять сжатие и т. д. Если цилиндр 6 совершает в 1 ск.



Фиг. 5.

к оборотов, то благодаря такому отсеканию сплошными стенками проходящего через окна пара и попеременному сжатию и разрежению воздуха около стенок цилиндра получается звук, число колебаний к-рого $N = nk$. По исследованиям Тиндалля (1872 г.) наиболее подходящая высота тона для звуковых сигналов морских С.—400 колебаний в ск. С. дают завывающий звук, высота тона которого зависит от скорости вращений цилиндра при пуске С. Чтобы эта скорость могла устанавливаться вполне определенной при данном давлении пара, на оси цилиндра устроен регулятор, состоящий из двух грузов 9, к-рые при вращении цилиндра стремятся удалиться от центра и этим прижимают плечи рычагов 10 к цилиндрич. поверхности корпуса С. Чем больше скорость вращения цилиндра, тем большая сила трения разовьется между рычагом 10 и цилиндрич. корпусом, а поэтому необходимо и повышение давления пара для поддержания этой скорости и наоборот. Т. о. вес грузов 9 играет существенную роль в высоте звука С. При изготовлении С. с определенным числом отверстий для впуска пара определенного давления желаемую высоту звука при испытании ее достигают изменением веса грузов 9 регулятора. При получении требуемой высоты звука С. по весу грузов определяются уже и другие размеры прибора (высота, ширина и пр.). Часто в сиренах устраивают приспособления для трогания цилиндра 6 с места, чтобы останавливать цилиндр в положении, когда окна его не будут совпадать с окнами неподвижного цилиндра и движение не может начаться от давления пара. Рупор усиливает передачу на большие расстояния. Усиление звука в нем обуславливается 1) отражением, или отбрасыванием, звуковых волн от внутренней поверхности трубы в одном направлении и 2) дрожанием самих стенок рупора, что объясняет лучшую слышимость и по всем

другим направлениям, не совпадающим с осью его. Чтобы посылать звуки в желаемом направлении, устраивают приспособление для поворачивания С. или рупора около вертикальной оси. Это приспособление играет очень важную роль во время сильных туманов при береговых рейсах, т. к. короткие звуки С., встречаясь с береговыми скалами или другими препятствиями, отдаются обратно сильным и звучным эхо и т. о. предупреждают о возможной опасности. При долгом бездействии гудка или С. внутри корпуса и в подводном пар трубопроводе накапливается конденсат, вследствие чего при открывании клапана не получается чистого звука, пока не продует скопившаяся вода. В целях меньшего охлаждения пара трубопровод к гудку и С. иногда проводят внутри дымовой трубы, на к-рой обычно закрепляются сигнальные паровые приборы. Перед пусканием гудка или С. в действие необходимо прогреть и продуть как паропровод, так и корпус от скопившегося конденсата. Чтобы не терялась пресная вода при продолжительной работе С., иногда устанавливают на судне особый воздушный насос-компрессор, и С. приводится в действие сжатым воздухом.

Из всех сигнальных звуковых приборов С. представляет громадное преимущество в том отношении, что по своему устройству может давать любой тон, смотря по числу оборотов и отверстий вращающегося цилиндра, и может давать звук очень большой силы, для чего нужно увеличивать массу проходящего через С. пара или сжатого воздуха, к-рая уже сама по себе обладает надлежащим звуковым колебанием. Современные судовые С. слышны на расстояниях 3—5 км при любых атмосферных условиях; но часто и на 20 км звук слышен вполне отчетливо. Каков бы ни был звуковой аппарат, дальность звука и кажущееся направление источника звука не только подвержены значительным колебаниям, но часто кажутся необъяснимыми. Все кажущиеся звуковые аномалии по исследованиям Физо объясняются явлениями преломления звука в среде воздуха неоднородной плотности; результатом напр. слоистости, плотности воздуха является з в у к о в о й м и р а ж. Оказывается также, что туман, когда именно и применяются звуковые сигналы, сам по себе не заглушает звука, но звуковые аномалии обуславливаются, особенно на море, неравномерностью распределения t° и плотности воздуха.

Лит.: Хвольсон О., Курс физики, т. 2, Берлин, 1923; Погодин Судовые паровые котлы, ч. 1; Правила плавания, 1929; Звуковые сигналы, Aigner Fr., Unterewasserschalltechnik, В., 1922.

М. Зуб.

СИРЕНЬ (*Syringa vulgaris*), кустарник. Распространена в культуре (из-за цветов ее) по всей Европе и Юж. Азии. Размножается легко корневыми отпрысками, семенами и отводками. Разводят С. также с декоративной целью. Древесина твердая, тяжелая; уд. в. 0,93. Применяют древесину С. для инкрустационных работ (заболонь С. красноватая, ядро буро-красное, с темными прожилками), для изготовления сапожных гвоздей, древесного угля (для пороха). Древесина С. хорошо поддается полировке.

СИРОПЫ представляют собой густые тягучие жидкости. Главной составной частью их является сахар (сахароза или инвертный), наличие которого обуславливает высокое осмотическое давление, не дающее возможности развиваться микроорганизмам, и следовательно хорошую сохраняемость. С. могут быть разделены на три

группы: 1) медицинские, 2) плодовые и искусственные—для промышленных целей и 3) столовые. С. м е д и ц и н с к и е представляют густые, насыщенные в определенном отношении сахаром настои растений, растительные соки, растворы врачебных веществ и т. д.; предназначаются в большинстве случаев для улучшения вкуса лекарств, иногда с целью сочетанного действия с другими медикаментами, а иногда и в качестве самостоятельных действующих. Среди медицинских С. можно выделить 1) простой С. (*Sirupus simplex*), получаемый растворением 60 ч. рафинада в небольшом количестве воды, нагреванием раствора до кипения, разбавлением водой до 100 ч. и фильтрованием; 2) С., получаемые растворением сахара в настоях лекарственных веществ (водяных или в смеси со спиртом), и 3) С., получаемые растворением сахара в перебродившем плодном соке. При приготовлении последних ягоды (вишня, малина, красная смородина) раздавливают в ступке в кашеобразную массу, наполняют сосуд до $\frac{2}{3}$ объема, иногда прибавляют 2% сахара и сбрызгивают при помешивании, при t° 20—25°, в продолжение нескольких суток (обычно 4—5) до тех пор, пока отфильтрованная проба сока, смешанная с половинным количеством 90°-ного спирта, не будет давать мути. Затем массу отжимают, жидкость отстаивают и фильтруют; после чего немедленно готовят сироп; в 40 ч. полученного сока растворяют 60 ч. сахара, жидкость нагревают до кипения и процеживают, по охлаждении прибавляют 5 ч. 90°-ного спирта и столько воды, чтобы получилось всего 100 ч. сиропа. Прибавление небольшого количества спирта (ок. 5%) с целью лучшего хранения и более полного извлечения лекарственных веществ практикуется не только при приготовлении плодовых, но и других видов медицинских С. Готовые медицинские С. должны быть прозрачны (за исключением мясдалного), иметь запах и вкус данного вещества и густоватую консистенцию.

Плодовые и искусственные С. для промышленных целей применяют при приготовлении напитков, как выпускаемых со специальными 3-дов фруктовых вод, где они готовятся путем насыщения углекислым газом разбавленных водой С., и поступающих в продажу в бутылках в готовом виде, так и пригодных путем разбавления С. газированной водой непосредственно перед употреблением. Кроме того эти С. применяются для изготовления мороженого, ликеров, в кондитерском производстве, в кулинарии и т. д. Производство плодовых (фруктовых и ягодных) С. состоит из двух операций: получения сока прессованием и насыщения его сахаром, аналогично указанному выше для медицинских С. Перед прессованием плоды и ягоды измельчаются и непосредственно затем прессуются (земляника, смородина, вишня—последняя после выстаивания 12 ч. в холодном месте) или предварительно подвергаются брожению (малина, ежевика, яблоки), а иногда плоды и пропариваются. В целях концентрации ягодного сока ягоды замораживаются и затем центрифугируются для отделения кристаллов льда; повторным замораживанием и центрифугированием можно получить соки-сиропа плотностью до 50° Баллинга, причем полностью сохраняется присущий ягодам вкус и аромат. Некоторые плодовые С. сгущаются увариванием; так, яблочный С. готовится концентрацией до t° 60° Баллинга в вакуум-

аппарате яблочного сока, полученного путем прессования дробленых яблок. Для хранения я б л о ч н ы й С. должен быть пастеризован. Имеются также способы приготовления яблочного С. из сока сухих яблок, получаемого настаиванием их с водой и прессованием. В и н о г р а д н ы й С.—уваренное сусло, б е к м е с, получают увариванием отпрессованного свежего виноградного сока. Для изготовления хорошего виноградного С. необходимо применение вакуум-аппарата, так как при уваривании в котлах на голом огне сахар карамелизуется и С. получает темный цвет и пригорелый привкус.

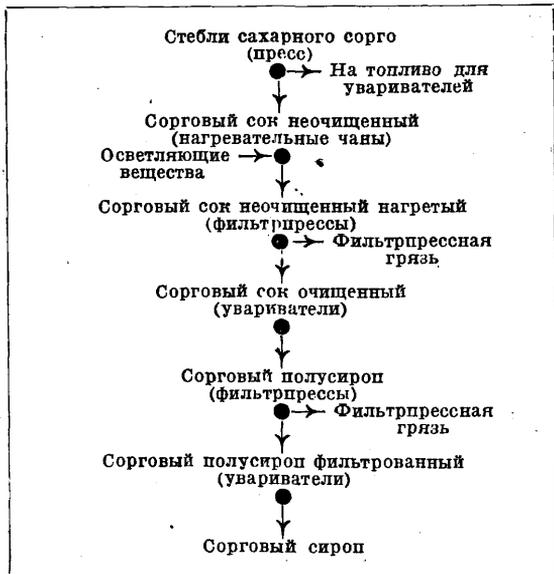
Для указанных выше целей наряду с натуральными фруктовыми С. выпускаются искусственные С., получаемые смешиванием сахарного С. с искусственными ароматич. веществами, органич. к-тами и красками. Искусственные С. выпускаются как под названием разных фруктовых С., так и под специальными (имбирный, ванильный, гренадин и др.). Искусственные С. благодаря своей относительной дешевизне являются серьезными конкурентами натуральных фруктовых сиропов.

С т о л о в ы е С. представляют собой почти исключительно сгущенные соки растений, содержащих сахар сахарного тростника, сорго, клена, свеклы, арбуза и др.; они широко употребляются в пищу за границей, а также в некоторых местностях СССР, непосредственно как таковые для намазывания на хлеб. Благодаря большому содержанию сахара они являются веществами высокой питательной ценности; кроме того сладкий вкус их раздражает пищеварительные железы, что увеличивает секрецию желез и влечет более легкую и полную переваримость того хлеба, к-рый с ними съедается. Кроме того они применяются в небольшой степени и для приготовления квасов и простых кондитерских изделий. Почти для всех видов столовых сиропов производство их складывается из следующих операций: подготовки сырья, получения сока, обработки и очистки его и уваривания С. до требуемой густоты. Тростниковые и сорговые С. имеют широкое распространение в Америке, где среднее годовое производство выражается для тростникового 175—200 и для соргового 130—150 тыс. т в год. В производстве созревшие стебли растений срезают специальным ножом, очищают от листьев, боковых ветвей и семенной головки и свозят на переработочные пункты, где сейчас же стебли прессуются на вальцовых прессах типа применяющихся на тростниково-сахарных заводах, но сильно упрощенных. В то время как 9—12-вальцовые мощные прессы сахарных заводов выжимают до 80—85% сока по весу тростника, 2—3-вальцовые прессы, применяющиеся на производстве С., дают не более 55% сока. Полученный сок очищают от механических примесей тяжелее сока путем отстаивания; далее сок нагревают; при нагревании белковые вещества свертываются и всплывают на поверхность в виде пены, которая удаляется. В нек-рых крупных производствах при нагревании к соку еще добавляют осветляющие вещества (диатомовую землю, специальные глины и др.). После нагревания сок фильтруют и уваривают. Для уваривания сока наибольшее распространение в Америке получили с о р г о в ы е к о р ы т а, представляющие собой плоские противни глубиной 10—15 см, изготавливаемые из меди или луженого железа; эти противни при ширине 30—50 см имеют в длину от

2,0—2,5 до 4,5 м, нагреваются на голом огне на специальном очаге. В корытах устроены поперечные перегородки, к-рые прикреплены ко дну поперечно то к одной то к другой стороне, не доходя до противоположной. Благодаря перегородкам подлежащий увариванию сок, наливаемый с одного конца корыта, проходит зигзагообразно до противоположного конца и во время своего пути выпаривается до надлежащей концентрации готового сиропа. Эти уварочные корыта дают гораздо более светлый и лучшего вкуса С., чем простые котлы. Во время уваривания продолжает появляться на поверхности С. пена из свернувшихся белковых веществ, к-рая снимается. В нек-рых случаях уваривание ведется в два приема, причем сок, уваренный до состояния жидкого С., фильтруется и после этого во втором корыте уваривается уже окончательно; в нек-рых производствах вторично фильтруется уже готовый С. В более крупных предприятиях для уваривания применяются такие же плоские корыта, внутри к-рых устроены паровые трубки в виде секций; уваривание здесь идет более быстро и С. получается лучшего качества. После уваривания С. желательно быстро охладить, для чего его пропускают через змеевик, погруженный в охлаждающую жидкость; часто в качестве последней применяется свежеежатый сок, и т. о. тепло используется для предварительного подогрева сока, поступающего на уваривание (см. схему). Производство соргового С. домашним и кустарным путем велось в СССР на С. Кавказе. В 1930 г. при станции Усть-Лабинская (С.-Кавказская ж. д.) построен первый опытный завод соргового С. производительностью ок. 500 т С. за сезон. Урожай сорго в калифорнийских условиях составляет ок. 35 т с 1 га, что соответствует 30 т очищенных сорговых стеблей, дающих ок. 1 600 кг готового С. К л е н о в ы й С. В феврале-марте в деревьях сахарного клена специальным колотоворотом высверливают отверстия диам. 9—12 мм и 50 мм глубиной; вытекающий сок, содержащий 1—5% сухих веществ (гл. обр. сахарозы), собирают в подвешенные сосуды и затем свозят на уварочные пункты, где (на описанных выше типах уваривателей) он сгущается до 65—70° Баллинга. При наличии холодной погоды предварительно сок замораживают, что облегчает уваривание. Очистка сока заключается так же в снятии пены во время уваривания, применении яичного белка и др. осветляющих веществ. Иногда готовому С. дают закristаллизоваться и получают к л е н о в ы й с а х а р. Подобным же образом готовятся (Швейцария, Норвегия, Балтийское побережье) С. из березового сока (см. *Клен и Сахарное производство*). С в е к о л ь н ы й С., свекольный мед, еще с конца 19 в. готовился на мелких з-дах в Германии в Рейнских провинциях; в 1918/19 г. здесь было зарегистрировано свыше 500 производств с общей выработкой 33 000 т С.; при этом не был учтен ряд кустарных производств. Кроме Германии производство существовало в Бельгии, Франции, Голландии и др. странах. В Америке свекольный С. производится домашним способом, и данных о производстве его нет. Мелкое кустарное производство свекольных С. существовало и сильно распространялось в РСФСР в 1920/21 г. Производство С. заключается в том, что тщательно обрезанная, а иногда и очищенная от кожуры (что дает С. гораздо лучшего качества) сахарная свекла

распаривается острым паром в герметически закрытых сосудах при 2—3 atm давления в течение 2—3 часов. Распаренная свекла грубо измельчается и прессуется. Полученный сок кипятится с целью свертывания белковых веществ, фильтруется с прибавкою порошков для осветления (костяного угля, бурого угля, кизельгура и др.) и уваривается до требуемой густоты на голом огне в паровых варочных котлах или в вакуум-аппаратах в зависимости от размера производства. Готовые С. кроме приятного вкуса должны обладать определенной густотой и вязкостью как для хорошей сохранности, так и для того, чтобы при намазывании на хлеб не стекать и не сильно впитываться.

Схема производства соргового сиропа.



ся. С. должны иметь сухих веществ ок. 80%, главной составной частью к-рых является сахар (80% от сухих веществ). Для того чтобы сахароза не выкристаллизовывалась, половина ее подвергается в процессе производства инверсии (под влиянием к-т как естественных, так и прибавляемых во время переработки, или фермента инвертина). Кроме того наличие несахаров, пектиновых и азотистых веществ, а также солей влияет задерживающим образом на кристаллизацию С. (см. схему). С. из батата предложил изготовлять в США Гард для утилизации отходов, к-рых при сортировке батата получается до 40%. В процессе производства клубни батата проваривают в воде (сменяемой до трех раз) для удаления из кожицы клубня веществ, портящих цвет и вкус С. Далее клубни разваривают в воде или при помощи пара до тех пор, пока содержащийся в них крахмал не клейстеризуется. Разваренные клубни затирают с двойным количеством воды, t° смеси доводят до 60° , прибавляют ок. 1% ячменного солода и смесь выдерживают от 20 мин. до 1 часа при $t^{\circ} 52-63^{\circ}$ до тех пор, пока проба отфильтрованной жидкости перестанет давать с иодом реакцию на крахмал. При этом крахмал переходит в мальтозу. Полученное сусло отделяют от твердых частиц прессованием в мешках в плодовом прессе, кипятят и фильтруют через фильтрпресс с примесью диатомовой земли, уваривают, освет-

Т. Э. т. ХХ.

ляют кипячением с древесным или костяным углем, вновь фильтруют и окончательно уваривают в С. янтарного цвета и мягкого характерного вкуса. Выход С.—ок. $\frac{1}{3}$ от переработанного батата. Солодовы й С. готовится осахариванием крахмального клейстера (1 ч. крахмала на 9 ч. воды) в течение 3 часов при $t^{\circ} 60-65^{\circ}$ солодовыми вытяжками. Полученный раствор кипятят, фильтруют и уваривают до густоты С. Подобным же образом готовят патоку (см.) из кукурузной муки; осахаривание ее производят не солодовым экстрактом, а ферментами, заключающимися в кукурузе. Искусственные столовые С., широко распространенные за границей, готовят из обыч-

Схема производства свеклового сиропа.



ного тростникового или свекловичного сахара, распуская его в воде, частично инвертируя нагреванием с небольшим количеством минеральных (гл. обр. соляной) или органич. (лимонной, винной) к-т, фильтруя и уваривая его в вакуум-аппарате. Прибавкой эссенций и подкрашиванием им придают соответствующий аромат и цвет. Искусственные столовые С. выпускаются под названиями искусственного меда, столового С. и др. Под названием столового С. в продажу идет иногда рафинадная патока, профильтрованная через механич. и угольные фильтры. Часто к столовым С. применяется картофельная или кукурузная патока.

Лит.: Государственная фармакопей, М., 1925; Гарденин и М., Производство свеклового сиропа в Германии, «Технико-экономич. вестник», М., 1925, 1; Кашацкий Ф., Производство свеклольных сиропов и исследование их, Сборник статей по сахарной промышленности, М.—Л., 1925; Иофан А., Сорговый сироп и его производство, «Пищевая промышленность», М., 1930, 7; Каменский В. и Иофан А., Проект опытного завода по производству сахарного сиропа из сорго, *ibid.*, 1930, 10; Hagers Handbuch d. pharmazeutischen Praxis, В. 2, В., 1927; Blosk B., Rübensirup, seine Herstellung, Beurteilung u. Verwendung, Lpz., 1920; Crues W., Commercial Fruit & Vegetable Products, N. Y., 1924; An Improved Method of Making Sugarbeet Syrup, «Farmer's Bull. U.S. Dep. of Agric.», Wash., 1921, 1241; Production of Maple Syrup a. Sugar, *ibid.*, 1922, 1366; Sorgo-Syrup Manufacture, *ibid.*, 1389; Production of Syrup Sweet Potatoes, *ibid.*, 1923, 1158. М. Гарденин.

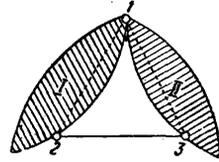
СИСТЕМА в технике, теоретич. оформление сооружения или механизма, отличающееся от действительного сооружения упрощением, вводимыми для проведения расчета и вме-

сте с тем мало изменяющимися условия работы сооружения. В С., теоретич. схемах сооружений, состоящих из отдельных брусьев, абстрагируются поперечные размеры отдельных элементов, образующих сооружения, влияние которых на величину расчетных усилий и деформаций невелико. По своему образованию С. разделяются на С. с в о б о д н ы е, неизменяемость к-рых обеспечивается вне зависимости от опорных закреплений, и С. с в я з а н н ы е, неизменяемость к-рых зависит от опорных закреплений, и составляют две основные группы: 1) С. плоскостные, составные элементы к-рых располагаются в одной плоскости, способные воспринимать на себя силы, действующие в той же плоскости, или передавать в ней движения; 2) С. пространственные, составные части к-рых не располагаются в одной плоскости, способные воспринимать на себя силы любых направлений или передавать движение в пространстве. Названные группы С. обнимают собой целый ряд других подразделений, объединяя С. с общими свойствами.

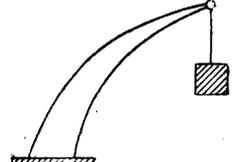
Плоскостные С. образуются из отдельных стержней или дисков, связанных между собой в общей целое. Входящие в состав С. диски могут сами составлять более простую С. Соединение стержней и дисков между собой может быть шарнирное (цилиндрич. шарнир) и жесткое. Шарнирное соединение исключает две степени свободы относительного смещения соединяемых частей и может рассматриваться как две стержневые связи между дисками с шарнирами на концах (фиг. 1). Жесткое соединение исключает три степени возможных относительных смещений соединяемых частей на плоскости и может рассматриваться как три стержневые связи, не пересекающиеся в одной точке (фиг. 2). Если образование С. таково, что перемещение одного стержня или диска, образующего С., вызывает совершенно определенные конечные перемещения остальных стержней С. без изменения длин всех стержней, то такая С. является С. изменяемой и носит название плоской кинематич. цепи или механизма. Такие С. употребляются в машинах (см. *Механизмы*) для передачи движения. С., в к-рых взаимное перемещение стержней или дисков м. б. только в том случае, если произойдет изменение длины или формы составляющих С. стержней или дисков, считаются С. неизменяемыми и применяются в сооружениях. По самой сути неизменяемая С. является той же кинематич. цепью с нулевой степенью свободы. В таких С. взаимное перемещение отдельных составляющих С. частей и С. в целом является следствием только их деформаций от внешних сил и д. б. относительно мало по сравнению с основными размерами С., т. е. С. должна быть жесткой.

Неизменяемость плоскостной С. обеспечивают соответствующим ее образованием, соединяя стержни и диски между собой т. о., чтобы были исключены три возможные степени свободы относительных перемещений на плоскости. Это достигается введением между дисками трех связевых условий, к-рые м. б. в следующих ком-

бинациях: соединение двух дисков м. б. шарниром (два условия закрепления) и стержнем с шарнирами на концах (одно условие, фиг. 3), заделкой или тремя стержнями, не пересекающимися в одной точке (три условия, фиг. 2, см. *Неизменяемость геометрическая*). С., пред-

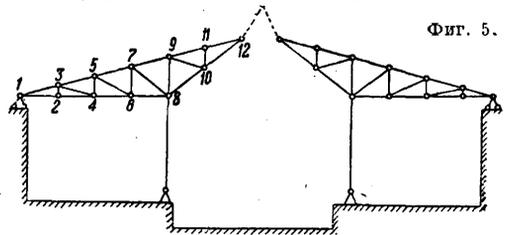


Фиг. 3.



Фиг. 4.

ставляющие сооружения, кроме внутренней неизменяемости д. б. неизменяемо прикреплены к земле. Рассматривая С. как один общий диск, необходимо уничтожить его три степени свободы перемещений относительно земли, т. е. ввести три условия закреплений (в общем случае три стержня, не пересекающиеся в одной точке, как между двумя дисками; фиг. 2). Такими опорными закреплениями м. б.: а) заделка при наличии опоры (фиг. 4), которая дает три связевых условия; неизменяемыми в ней являются величина, направление и точка приложения усилия или две составляющие его и момент; б) при наличии двух опор (фиг. 5) одна

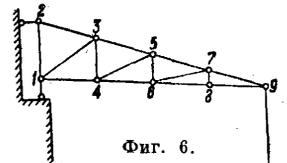


Фиг. 5.

опора шарнирно-подвижная, исключаяющая одну степень свободы (один стержень), дающая неизвестное усилие по величине, и другая опора шарнирно-неподвижная (шарнир), исключаяющая две степени свободы, дающая усилие, неизвестное по величине и направлению; в) при наличии трех опор (фиг. 6) каждая из них является шарнирно-подвижной, исключаяющей одну степень свободы (один стержень); неизвестными являются величины трех усилий. При образовании плоскостной системы, состоящей из m дисков или стержней (опорные стержни исключаются), имеющей между ними n шарнирных и r жестких связей, условия неизменяемости требуют соблюдения неравенства

$$3m < 2n + 3r + 3. \quad (1)$$

Количество шарнирных связей n подсчитывается по количеству стержней, образующих С., с к-рыми связан шарнир, без одного; точно так же количество жестких связей r — по количеству сходящихся соединенных между собой жестко стержней без одного. Так, на фиг. 7а узел А имеет 4 сходящихся стержня, из к-рых 2 соединены между собой жестко ($r = 2 - 1$), и шарнир принадлежит трем стержням — двум сходящимся и одному из жестких стержней, следовательно $n = 3 - 1 = 2$. Обозначая количество связевых условий плоскостной С. с землей через k , условие внутренней неизменяемо-

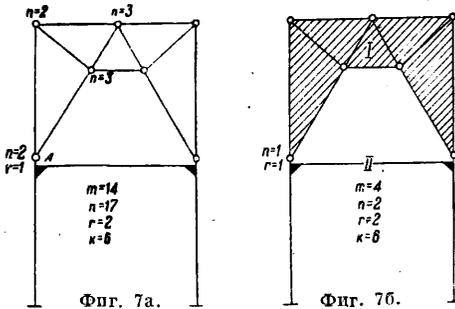


Фиг. 6.

сти С. и ее неизменяемого прикрепления к земле требует, чтобы

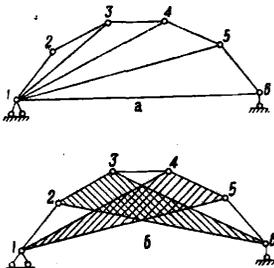
$$3m \leq 2n + 3r + k. \quad (2)$$

На фиг. 7а и 7б для одной и той же С. сделан подсчет шарнирных и жестких связей в двух вариантах: а) считая верхнюю часть как составную (фиг. 7а) и б) считая I как один общий



сплошной диск (фиг. 7б). Результаты в обоих случаях удовлетворяют условию (2). Условия (1) и (2) являются необходимыми для неизменяемости С., но недостаточными; последнее обстоятельство обуславливает необходимость особой проверки (см. *Неизменяемость геометрическая*).

С. называются простейшими, если легко проследить их образование на основании правила, вытекающего из условия соединений дисков: «присоединение каждого нового шарнира к неизменяемой С. должно быть сделано двумя дисками, не лежащими на одной прямой». На фиг. 5 и фиг. 6 представлены простейшие системы. Из простейших систем можно получить целый ряд других всевозможных С. путем взаимозамены внутренних связевых условий, дисков и условий закрепления к земле, удовлетворяющих основному условию неизменяемости (2). Способ замены связевых

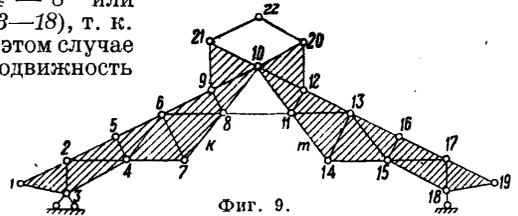


Фиг. 8.

условий состоит в том, что если из простейшей С. убрать один стержень или диск, входящий в ее образование, то условие $3m = 2n + 3r + k$ не будет удовлетворено, и система превращается в кинематич. цепь — механизм. Введение новой связи, в виде нового стержня или диска в самой С. или

в виде дополнительного опорного закрепления, уничтожающих подвижность полученной кинематич. цепи, дает новую С., удовлетворяющую условию (2) и геометрически неизменяемую. Следует иметь в виду, что уничтожение связевого условия в прикреплении С. к земле превращает С. также в механизм, подвижность к-рого м. б. уничтожена только новой связью с землей же. Внутренняя связь м. б. заменена излишней связью с землей, превращая С. из свободной в связанную; обратная же замена связевых условий с землей из трех требуемых условиями прикреплений внутренней связью невозможна. Путем замены внутрен. стержней получена сложная С., показанная на фиг. 8, б; она получается из простейшей С. (фиг. 8, а) путем замены в последней стержней 1—6 и 1—3 стержнями 3—6 и 2—6. В этом случае $m = 9$, $n = 12$, $k = 3$ и $r = 0$, что удовлетворяет равен-

ству (2): $3 \cdot 9 = 2 \cdot 12 + 3$. Полученную С. можно также рассматривать как два диска (1—4—5) и (2—3—6) (заштрихованы на чертеже), связанных между собой тремя стержнями (1—2), (3—4) и (5—6); тогда $m = 5$, $n = 6$, $k = 3$ и $r = 0$, и равенство (2) будет также удовлетворено. Количество шарниров уменьшилось потому, что теперь в каждом узле сходятся только два диска — стержня. При пользовании способом замены для образования системы необходимо следить за тем, чтобы заменяющий стержень или связь не были поставлены между узлами или дисками С., не имеющими относительных смещений в кинематич. цепи. Так, на фиг. 9 представлена простейшая С. При выбрасывании стержня 8—11 С. превращается в механизм, части к-рого могут поворачиваться вокруг шарнира 10. Заменяющий стержень очевидно м. б. поставлен в любом месте между двумя дисками 1—9—21—10—7—4—3—1 и 10—20—12—19—18—15—14—10, напр. между узлами 4—13, и не м. б. помещен между узлами одного диска (4—8 или 13—18), т. к. в этом случае подвижность



Фиг. 9.

механизма не уничтожается; обычно заменяют стержнем 7—14, получая таким образом систему Полонсо. Также следует избегать ставить заменяющие стержни между точками двух дисков или между двумя узлами, относительное смещение к-рых имеет значение минимума или близкое к нему, так как в этом случае С. будет нежесткой, и в заменяющем стержне могут развиваться значительные усилия. На фиг. 9 малые значения относительных смещений имеют точки дисков, соприкасающиеся с шарниром 10; если заменяющий стержень поместить между точками k и m и постепенно приближать его к шарниру 10, тем самым точки k и m приближаются к состоянию минимума относительных смещений, и усилие в заменяющем стержне $k—m$ будет неограниченно расти.

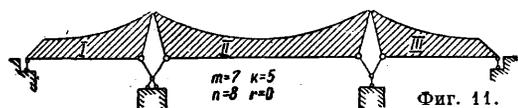
По условиям внутреннего образования С., а также по условиям закрепления С. к земле различают следующие виды их: 1) Когда $3m = 2n + 3r + k$ и С. по образованию удовлетворяют условиям как внутренней неизменяемости, так и неизменяемого устойчивого прикрепления к земле, то такие С. являются в то же время С., статически определенными, причем: а) если $3m - 3 = 2n + 3r$ и $k = 3$, то С. является свободной и м. б. как простейшей, так и сложной (фиг. 8); условия закрепления к земле таких С. были указаны выше (фиг. 4, 5, 6); б) если



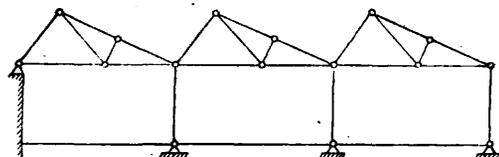
Фиг. 10.

$3m - 3 > 2n + 3r$, но $k > 3$, то С. в целом не является свободной, т. к. в ее внутреннем образовании недостает необходимых связей, к-рые заменены опорными закреплениями числом более трех; примерами таких С. являются С. трехшарнирные (фиг. 10), многоопорные (фиг. 11, 12)

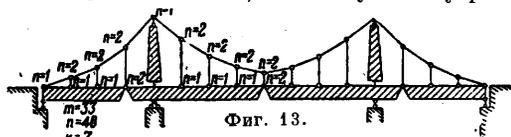
и комбинированные (фиг. 13, 14). 2) Когда $3m < 2n + 3r + k$ и в процессе образования С. удовлетворено условие неизменяемости, то С. ста-



тически неопределима, причем: а) если $3m - 3 < 2n + 3r$ и $k = 3$, то количество внутрен-



них связей в С. больше, чем требуется геометрич. неизменяемостью, а потому С. внутренне



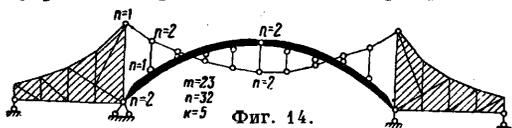
статически неопределима. Степень неопределимости таких С. (фиг. 15) N можно установить по формуле

$$N = 2n + 3r - 3m + 3. \quad (3)$$

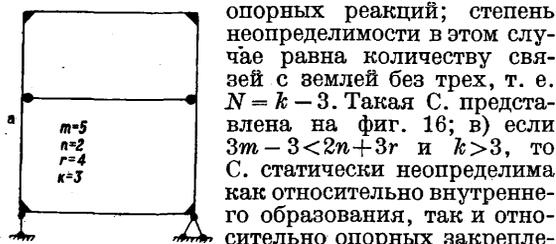
Когда данная С. имеет замкнутые контуры, то неопределимость удобнее подсчитать по выражению

$$N = 3p - n, \quad (4)$$

где p —количество замкнутых контуров при внутреннем образовании и n —шарниры в кон-



турах; б) если $3m - 3 = 2n + 3r$ и $k > 3$, то система статически



неопределимы относительно опорных реакций; степень неопределимости в этом случае равна количеству связей с землей без трех, т. е. $N = k - 3$. Такая С. представлена на фиг. 16; в) если $3m - 3 < 2n + 3r$ и $k > 3$, то С. статически неопределима как относительно внутренне-

образования, так и относительно опорных закреплений (фиг. 17 и 18). Общая степень неопределимости получается из следующего равенства:

$$N = 2n + 3r - 3m + k \quad (5)$$

или, считая по замкнутым контурам,

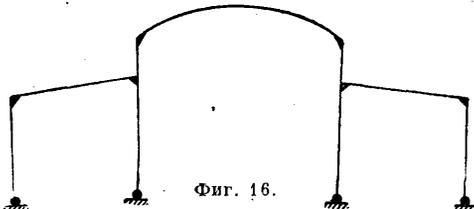
$$N = 3p - n + k - 3. \quad (6)$$

Так, на фиг. 18 замкнутых контуров внутреннего образования С. $p = 2$, $n = 0$, $k = 6$:

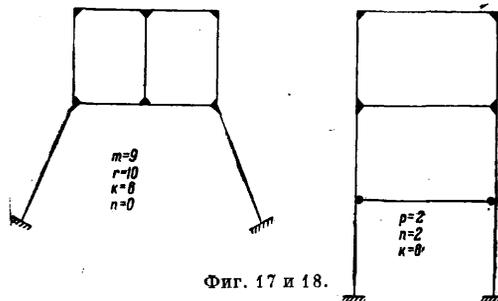
$$N = 3 \cdot 2 + 6 - 3 = 9.$$

3) Когда $3m > 2n + 3r + k$, то С. представляет уже механизм, степень подвижности к-рого при указанных способах соединений будет равна $3m - 2n - 3r - k$. На фиг. 19 дана С. механизма с одной степенью свободы.

С., применяющиеся в сооружениях, можно также разделять на: 1) С., составленные из одного прямого бруса,—балки, статически определимые и статически неопределимые (неразрезные), и из одного кривого бруса—арки (см.). Работа этих С. связана гл. образом с изгибом

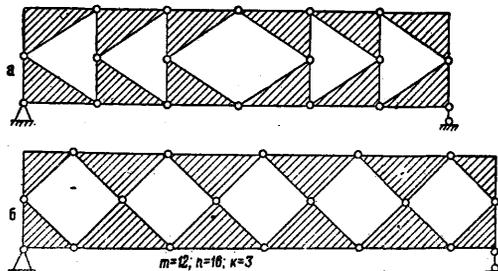


и скатнем, поэтому в их элементах появляются продольные усилия N_x , поперечные усилия Q_y и моменты M_x ; 2) С., состоящие из брусьев, связанных между собой только шарнирами, носят название сочлененных С. (см. Формы). Особенностью таких С. является то, что нагрузки, приложенные в узлах (шарнирах), вызывают в каждом элементе только продольное усилие (фиг. 5, 6); 3) С., состоящие из брусьев, связанных между собой жестко (заделкой),—рамные системы (фиг. 17; см. Жесткие рамы). Работа таких С. под действием нагрузки сводится в



общем случае к работе сил N_x , Q_y и момента M_x ; 4) С., представляющие сочетание указанных выше видов, называются С. комбинированными. По своей работе комбинированные С. могут иметь одновременно часть элементов, работающих только на продольную осевую силу, и часть—на усилия N_x , Q_y и момент M_x .

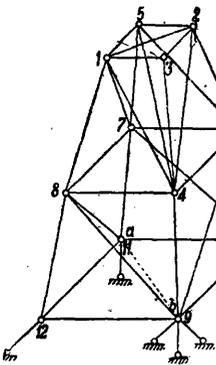
Пространственные С. состояются из отдельных плоскостных С., стержней, дисков или составных пространственных элементов, обеспечивающих в своем образовании пространственную неизменяемость. При образовании пространственных С. отдельные элементы, входящие



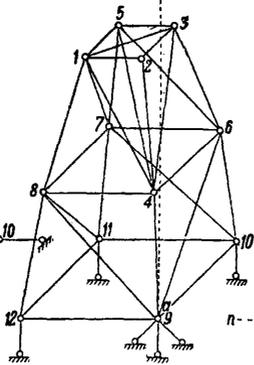
в состав С., соединяются между собой жестко или шарнирно, причем следует различать два вида шарнирных соединений пространственных С.: а) шарниры шаровые, обеспечивающие

пространственное взаимное вращение частей; б) шарниры цилиндрические, обеспечивающие вращение только в одной плоскости. Соединение двух элементов в одно пространственное целое требует уничтожения шести степеней свободы относительно смещений в пространстве соеди-

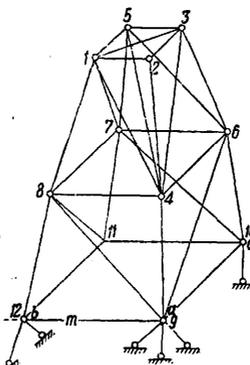
вращательные движения и поступательные только по одной прямой (по линии передвижения цилиндрич. катков), осуществляется в виде цилиндрич. катков, зажатых между плоскими опорными подушками, из к-рых верхняя имеет шаровую неподвижную опору для сооружения.



Фиг. 20.



Фиг. 21.



Фиг. 22.

няемых между собой элементов, чему полностью удовлетворяет жесткое соединение, уничтожающее все шесть степеней свободы. Соединение шарнирно-шаровое исключает три степени свободы поступательных смещений, три же степени свободы вращательных движений остаются. Шарнирно-цилиндрич. соединение исключает пять степеней свободы, оставляя только вращение в одной плоскости. Рассматривая землю и пространственную C как 2 части одного целого, необходимо для обеспечения относительной неподвижности (устойчивости) C уничтожить также ее шесть степеней свободы по отношению к земле, для чего необходимо ввести шесть закрепительных связей, к-рые теоретически м. б. представлены как шесть соединительных стержней с шаровыми шарнирами по концам. Каждый такой стержень исключает одну степень свободы (поступательные движения по направлению стержня). Однако расположение закрепительных стержней д. б. таково, чтобы они при своем продолжении не пересекали одну и ту же прямую ab в пространстве, так как в этом случае сооружение имело бы возможность повернуться вокруг этой прямой (фиг. 20 и 21). Как следствие закрепительные стержни не должны лежать в одной плоскости и пересекаться в одной точке и не д. б. параллельными. Если стержни при своем продолжении не пересекают математич. прямую в пространстве, а располагаются на близком от нее расстоянии, то такое закрепление будет иметь значительные усилия в стержнях и может стать нереальным закреплением.

В практике прикрепление пространственных систем к земле осуществляется или в виде задан или в виде специальных опорных частей, которые разделяются на три следующих вида. 1) Шаровая неподвижная опора, допускающая только вращательные движения, исключает три степени свободы, именно три поступательных движения, и выполняется в виде стального шара, заложеного между опорными плитами, имеющими сферич. углубления. Теоретич. оформление такой опоры м. б. представлено в виде трех стержней, пересекающихся в одной точке (узел a на фиг. 22). Такая опора дает три неизвестные величины опорной реакции (величину и направление ее в пространстве). 2) Цилиндрич. подвижная опора, допускающая

Такая опора исключает две степени свободы C , теоретически м. б. представлена в виде двух опорных стержней (узел b , фиг. 22), расположенных в плоскости, перпендикулярной к линии движения катков, и дает две неизвестные величины опорной реакции (величину силы и ее направление в плоскости расположения стержней). 3) Шаровая подвижная опора, допускающая вращательные движения и все поступательные движения в одной плоскости, практически осуществляется в виде стального шара, зажатого между плоскостными опорными подушками. Теоретически такая опора м. б. представлена в виде одного опорного стержня (узел c на фиг. 22), исключающего одну степень свободы и дающего одну неизвестную реакцию по величине; направление же ее известно — оно совпадает с направлением стержня. Для удобства опоры на чертеже обозначают, как показано на фиг. 26; число внизу значка указывает количество степеней свободы, которое исключает данная опора.

Три названных опоры дают необходимое количество связевых условий для присоединения пространственной C к земле. Присоединение пространственной C также м. б. выполнено и одним из указанных видов опор, но при достаточном их числе и надлежащем распределении. Если пространственная C состоит из m стержней или дисков и имеет в своем образовании r жестких соединений, s шаровых шарнирных и n цилиндрич. шарниров, то необходимое количество связевых условий в образовании C должно удовлетворять выражению

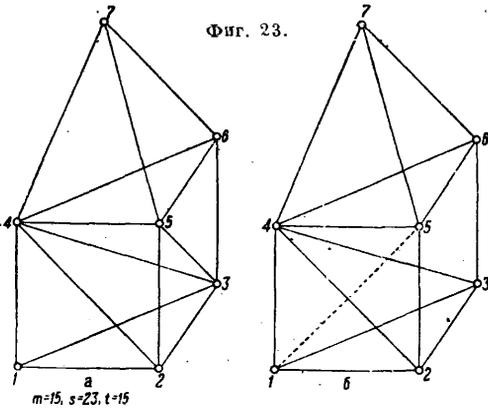
$$6(m-1) \leq 3s + 6r + 5n, \quad (7)$$

где s , r и n считаются по количеству стержней в узле, обладающих общей одинаковой связью, без одного. C , удовлетворяющие этому условию, способны воспринимать силы любых направлений и как угодно приложенные. Когда в образовании системы встречаются элементы, имеющие по концам шаровые шарниры, то такой элемент обладает одной степенью свободы — вращением вокруг собственной оси — и очевидно не может воспринимать на себя силы, не лежащие с ним в одной плоскости. Такая C представлена на фиг. 23, б, где количество необходимых связей для восприятия силы случайного направления, действующей на элементы с шаровыми шарнирами, не удовлетворяет условию (7), и в то же время C геометрически неизменяема, т. е. не меняет свою геометрич. форму без изменения этих составляющих C частей. С. подобного образования, геометрически неизменяемые, м. б. применены в сооружениях только в случае, если силы, действующие на элементы с шарнирами по концам, будут лежать в одной плоскости с ними, т. е. представлять собой плоскостную C . Для обеспечения геометрич. неизменяемости пространственной

С., включающей в себя t стержней или дисков с шаровыми шарнирами по концам, д. б. удовлетворено условие

$$6(m-1) \leq 3s+6r+5n+t. \quad (8)$$

С., удовлетворяющая этому условию, показана на фиг. 23, а. Условие (8) является так же, как

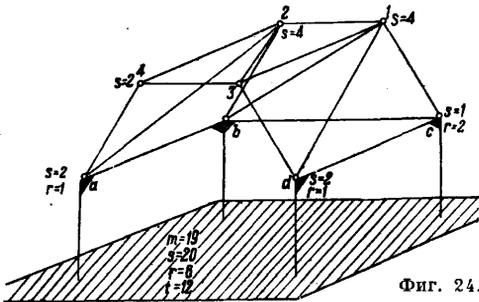


Фиг. 23.

и в плоскостных С., условием необходимым, но не достаточным в смысле установления неизменяемости (см. *Неизменяемость геометрическая*). Если количество опорных закреплений обозначить через k , то для обеспечения неизменяемости и достаточного (устойчивого) закрепления к земле необходимо, чтобы в С.

$$6m = 3s+6r+5n+k+t. \quad (9)$$

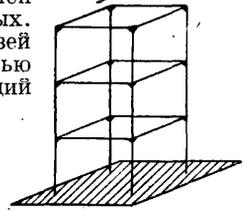
Системы, постепенное образование которых происходит или жесткой заделкой (фиг. 25) или присоединением нового шарнирного узла тремя стержнями или дисками, не лежащими в одной плоскости, обеспечивающими неизменяемую пространственную форму тетраэдра, называются С. простейшими. Так, на фиг. 24



Фиг. 24.

нижний этаж получен путем заделки стержней, а вверх узлы получены тремя стержнями; последовательный порядок образования их указан на чертеже. Полученная форма тетраэдра $dbc1$ с вершиной 1 является геометрически неизменяемой, так как основание тетраэдра dbc расположено на стержнях $db-bc-cd$, неизменяемое положение к-рых обеспечивается взаимной жесткой заделкой. С., не удовлетворяющие указанному образованию, называются сложными С. Из простейших С. можно получить другие простейшие С. и С. сложные путем замены связей или стержней. Прием заключается, как и в плоскостных С., в том, что из С. исключается связь или стержень; тогда очевидно равенство (9) будет нарушено, и С. будет превращена в изменяемую С. с недостающим количеством связей—в механизм. Если же связь

или стержень ввести вновь в С. в другом месте в виде связи, способной исключить полученную при первом исключении подвижность С., то неизменяемость вновь восстановится и равенство (9) будет удовлетворено, но С. будет уже другая. Новые введенные в С. связи взамен утраченных в простейшей С. носят название заменяющих связей или стержней. Заменяющими связями могут быть так же, как и в плоскостных С., связи с землей свыше шести необходимых. Обратной же замены связей с землей внутренней связью быть не может. Заменяющий стержень (или связь) не д. б. поставлен между двумя узлами, не имеющими относительных смещений в полученном механизме. Так, на фиг. 23 взятый из простейшей системы стержень 3—5 не м. б. заменен в ней связью между узлами 1—5, т. к. в этом случае узел 5 будет прикреплен тремя стержнями 4—5, 1—5 и 2—5, лежащими в одной плоскости. Также заменяющий стержень не м. б. вставлен между узлами, которые при перемещениях механизма находятся в состоянии минимума, т. к. в этом случае малые упругие деформации заменяющего стержня вызовут большие перемещения С., к-рая становится не жесткой, а в заменяющем стержне могут возникать значительные усилия. С. неизменяемые и удовлетворяющие условию (9) являются в то же время статически определенными, т. к. для каждой части, входящей в С., можно составить шесть ур-ий статики, определяющих шесть связей условий в С.



Фиг. 25.

По условиям внутреннего образования С., а также по условиям закрепления ее к земле можно различать следующие виды С.:

I. Когда

$$6m = 3s+6r+5n+k+t$$

и С. по образованию неизменяема, то она является С. статически определенной, причем а) если

$$6m-6=3s+6r+5n+t \text{ и } k=6,$$

то С. является свободной, м. б. простейшей и сложной (фиг. 22);

б) если

$$6m-6 > 3s+6r+5n+t \text{ и } k > 6,$$

то С. является преобразованной—связанной С. (фиг. 26).

II. Когда

$$6m < 3s+6r+5n+k+t$$

и С. по образованию неизменяема, то она статически неопределима, причем а) если

$$6m-6 < 3s+6r+5n+t \text{ и } k=6,$$

то С. является свободной и статически неопределимой относительно внутреннего образования, т. к. число ее внутренних связей более требуемого по условию (8);

б) если

$$6m-6 = 3s+6r+5n+t \text{ и } k > 6,$$

то С. свободная и статически неопределимая относительно опорных закреплений (фиг. 24);

в) если

$$6m-6 < 3s+6r+5n+t \text{ и } k > 6,$$

то С. свободная и статически неопределимая как относительно внутреннего образования, так

и относительно опорных закреплений (фиг. 25); г) если

$$6m - 6 > 3s + 6r + 5n + t \text{ и } k > 6,$$

то С. является связанной и статически неопределимой относительно опорных закреплений.

Степень статич. неопределимости указанных выше С. можно установить из равенства:

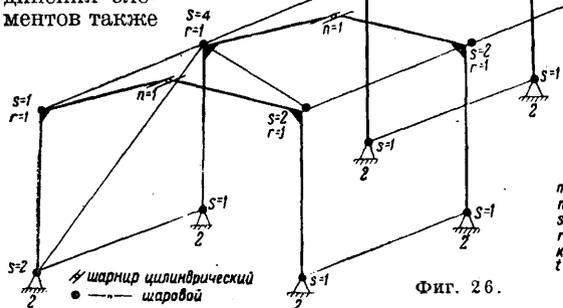
$$N = 3s + 6r + 5n + k + t - 6m. \quad (10)$$

III. Когда

$$6m > 3s + 6r + 5n + k + t,$$

то С. представляет механизм с недостаточными внутренними связями или с недостаточным прикреплением к земле и не может находить применения в сооружениях.

Степень подвижности механизма при указанных способах соединения элементов также



Фиг. 26.

можно определять равенством (10), получая отрицательные значения неопределимости.

По своему образованию пространственные С. могут быть разделены на следующие С. 1) С., состоящие из отдельных брусев и дисков, связанных между собой в одно жесткое монолитное целое, не допускающее взаимного поворота сходящихся в узлах брусев (фиг. 25); такие С. называются жесткими рамными С. и употребляются во всех видах инженерных сооружений. Особое развитие получили рамные С. с появлением и развитием железобетона как материала, обеспечивающего монолитность С. В таких С. в общем случае имеются изгибающие моменты, поперечные силы и моменты кручения. Жесткие рамные С. по своему образованию всегда являются С. неизменяемыми вне зависимости от числа стержней и узлов, образующих систему, и в них возникают только вопросы о достаточном закреплении к земле и степени статической неопределимости, причем первый из них решается просто, второй же м. б. подсчитан по условию (10), к-рое в этом случае м. б. написано упрощенно:

$$N = 6(r - m) + k.$$

Так, С., указанная на фиг. 25, имеющая $m=24$, $r=32$, $k=24$, имеет неопределимость

$$N = 6(32 - 24) + 24 = 72.$$

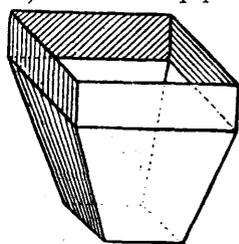
К таким же С. относятся С., состоящие из плоских плит (пластинок), связанных в одно пространственно-жесткое целое; они называются бункерами (фиг. 27) и употребляются в силосах, углекислотниках и т. п. Сюда же надо отнести системы, состоящие из пластинок, имеющих одиночную или двойную кривизну. К первым относятся цилиндрич. покрытия (фиг. 28), ко вторым относятся С., представляющие собой поверхности вращения с обра-

зующей, имеющей кривизну, например купола (фиг. 29). 2) С. сочлененные (фермы), состоящие из отдельных стержней или фермочек и дисков, обеспечивающих свою пространственную неизменяемость, связанных между собой шаровыми шарнирами, допускающими взаимный поворот стержней (дисков) в любых направлениях. Благодаря этому усилие в стержне (диске) при нагрузках, приложенных в узлах, будет всегда осевое, направленное по линии центров шарниров на концах стержня. Пространственные сочлененные С. (фермы) могут воспринимать на себя силы, не лежащие в плоскости элементов, на которые они действуют. Геометрическая неизменяемость требует удовлетворения равенства (9), к-рое для сочлененных С. будет: $m + k = 3q$, где q — количество узлов в С. Основной формой, обеспечивающей пространственную неизменяемость по образованию, является тетраэдр 1—2—3—4 (фиг. 23) С., образованная из шести стержней. В простейших сочлененных С. присоеди-

нение нового узла производится тремя новыми стержнями, не лежащими в одной плоскости (фиг. 23). Применяя способ замены стержней, можно получать из простейших самые разнообразнейшие сложные сочлененные С., которые применяются для перекрытий общественных зданий крупных размеров, купольных и шатровых покрытий, в мостах, кранах, башнях, маяках и прочих инженерных сооружениях.

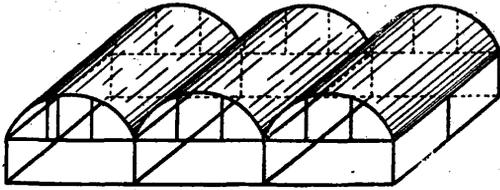
По своему внешнему виду и по назначению сочлененные пространственные С. могут быть разделены на мостовые, зубчатые, стропильные, балочно-сферические, купольные, пирамидальные, шатровые, крановые фермы и фермы мачт и пилонов. Особую разновидность свободных пространственных С. составляют фермы летательных аппаратов, аэропланов и дирижаблей (см. *Аэроплан и Дирижабль*). Мостовая ферма (фиг. 30) состоит из шести отдельных плоскостных С., связанных неизменяемо в одно пространственное целое. Такая ферма при расчете на вертикальную нагрузку даст возможность разложить ее на отдельные плоскостные С., как обычно и поступают в практике (см. *Фермы*). При езде пони-

зу плоскостные сочлененные системы ABCD и EHFG (фиг. 30) заменяются жесткими рамами. Мостовая ферма м. б. составлена также из трех плоскостных С. (фиг. 31) — т. н. трехножных С. Такие С. осуществлены за последние годы в практике мостостроения (Америка, Германия). Зубчатые стропильные фермы (или шедовые) применяются гл. обр. для перекрытия широких зданий мастерских, требующих большого освещения (фиг. 32), для чего крутая часть перекрытия ABCD бывает застеклена, а пологая покрывается кровлей. Балочно- и арочно-сферич. покрытия применяются в зданиях, имеющих в плане форму правильных мн-ков, и состоят из отдельных радиально расположенных плоскостных ферм, имеющих очертание верхнего

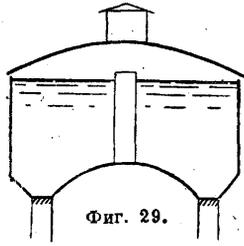


Фиг. 27.

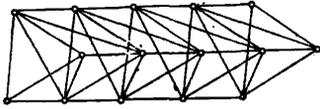
Фермы). При езде пони-



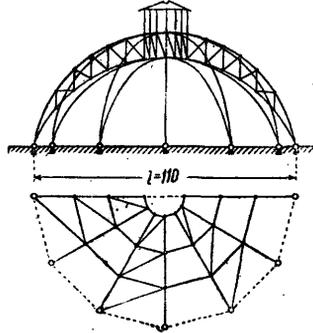
Фиг. 28.



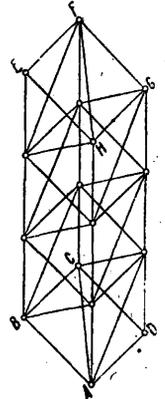
Фиг. 29.



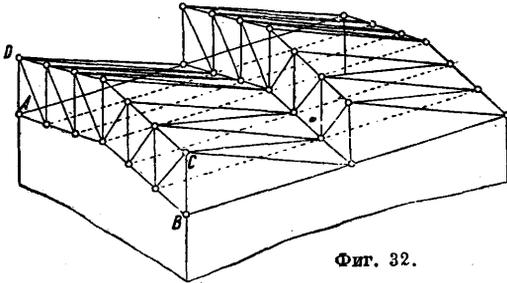
Фиг. 31.



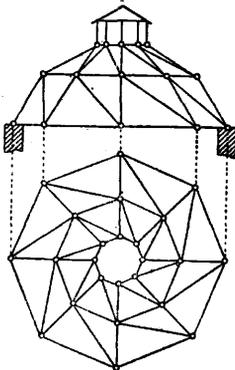
Фиг. 33.



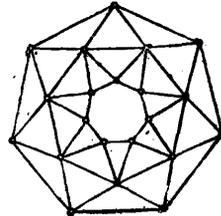
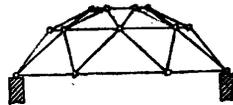
Фиг. 30.



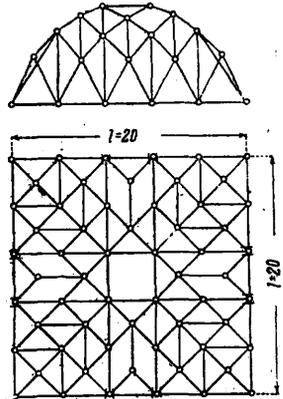
Фиг. 32.



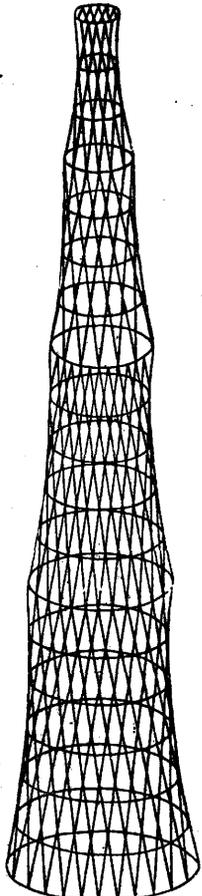
Фиг. 34a.



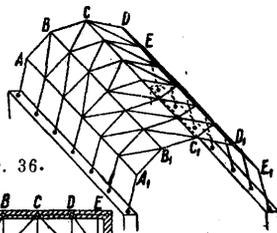
Фиг. 34b.



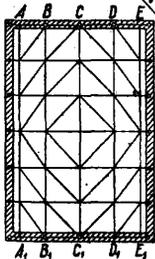
Фиг. 35.



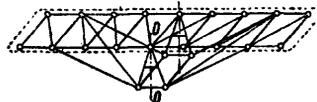
Фиг. 38.



Фиг. 36.



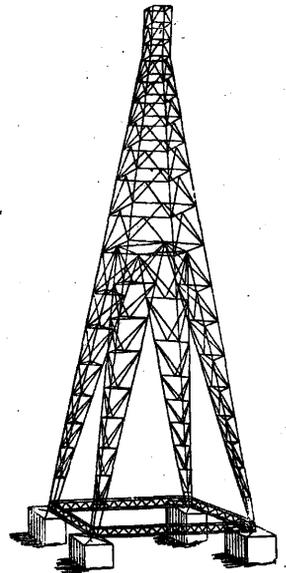
A B C D E A₁ B₁ C₁ D₁ E₁



Фиг. 40.



Фиг. 39.



Фиг. 37.

полюса по кривой и дающих внешнюю сферич. поверхность. Отличие арочно-сферич. покрытий от балочных то, что первые дают на опоры распор и требуют исключительно неподвижных опор или нижнего кольца, выполняющего роль затяжки. На фиг. 33 дана подобно-го рода система, составленная из серповидных арок, чем достигается использование внутреннего помещения. Взаимное пересечение плоскостных ферм обеспечивается особым барабаном, расположенным в центре. Купольные С. отличаются от сферических (балочных и арочных) тем, что в них внутренняя часть купола использована полностью. На фиг. 34 даны 2 купольные С.: а) С. Шведлера (фиг. 34а) имеет внизу опорное кольцо, а сверху световой фонарь; поверхность ее состоит из плоскостей, имеющих более трех стержней, в ней лежащих; ребра С. располагаются по меридиональным и параллельным сечениям: первые дают представление об образующей поверхности вращения С., а вторые образуют в плане фигуру, подобную плану перекрываемого здания; б) С. сетчатая: поверхность ее состоит из плоскостей, в к-рых находятся только 3 стержня, меридиональных ребер нет, а параллельные фигуры подобны плану здания, но повернуты одна относительно другой; в сетчатых С. существует зависимость между числами стержней m , узлов q и граней f , выраженной ф-лой Эйлера: $m = q + f - 2$, чему удовлетворяет С. на фиг. 34б, где $m = 49$, $q = 21$ и $f = 30$, включая основание.

К С. купольным близко подходят С. шатровые (фиг. 35), служащие для перекрытия зданий с прямоугольным очертанием в плане. С. цилиндрические применяются для перекрытия длинных зданий, перронов и т. п. На фиг. 36 показана такого вида С., требующая дополнительных опор в точках A, B, C, D, E и A_1, B_1, C_1, D_1, E_1 . С. в виде башен и пилонов различного профиля (фиг. 37) употребляются для опор виадуков, для причальных мачт дирижаблей, мачт электропередач, радиостанций и т. д. Среди этих С. особо следует отметить гиперболоидную С. (фиг. 38), предложенную акад. Шуховым; поверхность ее образуется сеткой из прямых стержней, что обеспечивает простоту изготовления. На фиг. 39 и 40 показаны С. летательных аппаратов.

Лит.: Прокофьев И., Теория сооружений, ч. 1, М., 1926; Тимошенко С., Курс статки сооружений, ч. 1, Л., 1926; Подольский И., Пространственные фермы, М.—Л., 1932; Рившо О., Металлические стальные фермы, 5 изд., М.—Л., 1931; Раблевич П., Сборник задач по пространственным системам, 1911; Schlink W., Statik d. Raumfachwerke, Lpz., 1907; Förpl A., Vorlesungen über techn. Mechanik, 7 Aufl., B. 2, Lpz.—В., 1926. В. Киселев.

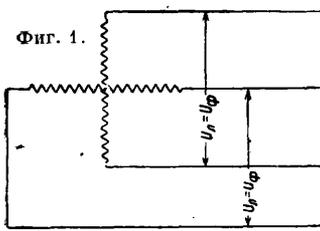
СИСТЕМЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА (см. *Переменные токи* и *Трехфазный ток*) бывают следующие: 1) по числу фаз—однофазные и многофазные, 2) по числу проводов—двухпроводные и многопроводные.

Однофазные системы. Первые установки, работавшие на переменном токе, были однофазными. Вследствие отсутствия отвечающего различным запросам практики однофазного двигателя, однофазные установки для силовых и осветительных целей с появлением трехфазного тока не только почти перестали строить, но целый ряд существовавших однофазных установок был переделан в двух- или трехфазные. Ныне однофазные силовые и осветительные установки встречаются редко: в основу электрификации во всех странах положены районные станции и сети трехфазного тока, на

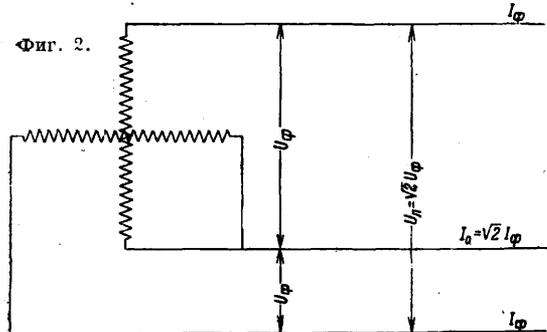
питание от которых должны постепенно переходить и потребители всех других существующих пока отдельно установок; помимо этого и до сих пор нет однофазных электродвигателей, способных конкурировать с трехфазными. Для передачи значительных количеств энергии на большие расстояния однофазные системы не применяются: расход меди для трехфазной системы составляет 75% расхода меди, потребной для однофазной системы при том же напряжении между проводами и том же КПД передачи (тех же потерях); при одинаковых размерах однофазный генератор развивает значительно меньшую мощность, чем трехфазный. Однофазные двигатели сложнее, дороже трехфазных и вызывают большие колебания напряжения при пуске. Поэтому несмотря на то, что однофазные цепи проще многофазных, распределение энергии однофазными системами чрезвычайно редко применяются для питания двигателей свыше 10 HP. Распределение однофазными цепями наиболее принято для целей освещения и как в однофазных, так и в многофазных (в виде однофазных ответвлений от трехфазных сетей) установках. Кроме того однофазные цепи применяют для электрических печей, нагревательных приборов и некоторых вспомогательных целей. Для целей же тяги в связи с развитием за последние два десятилетия однофазного коллекторного двигателя однофазный ток применяется часто при электрификации железных дорог (в особенности в Германии, Австрии и Швейцарии). Однофазные установки можно (подобно установкам постоянного тока) выполнять в виде двухпроводных и трехпроводных (см. *Трехпроводные системы*). Трехпроводные установки выполняются так же, как при постоянном токе, но деление напряжения при переменном токе осуществимо значительно легче, так как нулевой провод можно просто присоединить к средней точке обмотки генератора или трансформатора; если при этом можно ожидать больших неравномерностей в распределении нагрузки между двумя половинами трехпроводной системы, то во избежание неодинаковых падений напряжения в обеих половинах нужны изменения конструкции или схемы соединений обмоток трансформатора. Однако (за исключением США, где они иногда применяются) трехпроводные однофазные системы практик. распространения не получили: при переменном токе для уменьшения расхода металла на проводе можно вместо увеличения числа проводов прибегать к повышению напряжения посредством трансформирования; кроме того при трехпроводной системе более целесообразен трехфазный ток.

Двухфазные системы встречаются в настоящее время крайне редко (для питания электр. печей); в США они были ранее широко распространены, причем из построенных в этой стране двухфазных установок часть существует и ныне. Двухфазные системы представляют собой сочетание двух однофазных систем, в которых эдс и соответственные токи сдвинуты по фазе (см. *Сдвиг фаз*) на 90° (четверть периода); получить такие токи (двухфазный ток) возможно от двух имеющих общий вал генераторов, обмотки якорей к-рых расположены друг по отношению к другу со сдвигом на 90° ; на практике их получают от одного генератора с двумя обмотками, сдвинутыми на 90° . Для соединения обмоток генераторов, трансформаторов и проводов применимы следующие схемы.

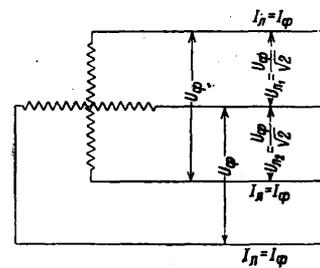
1) Четырехпроводная несвязанная (несопряженная) система (фиг. 1). Обе обмотки (фазные обмотки, или фазы) не соединены между собой; преимущество: независимость (электрическая) обеих фаз друг от друга; недостатки: сложность (четыре провода) и больший расход металла на провода.



2) Трехпроводная система (фиг. 2). Обе фазы соединены между собой в нулевой точке, каждая одним из своих концов; эту систему можно рассматривать как полученную из предыдущей следующим образом: для каждой фазы сохранен свой прямой провод, обратные же провода обеих фаз объединены в один общий провод, исходящий из нулевой точки; преимущество: экономия металла; недостаток: несимметричность си-



стемы, вследствие чего падения напряжения м. б. настолько различны в отдельных проводах линии, что в конце ее напряжения фаз неодинаковы, и сдвиг отличен от 90°; это неблагоприятно для присоединенных двигателей: различна будет мощность, потребляемая фазами, т. ч. возможна перегрузка одной из них. Основные соотношения между токами и напряжениями: линейное напряжение между крайними про-



Фиг. 3.

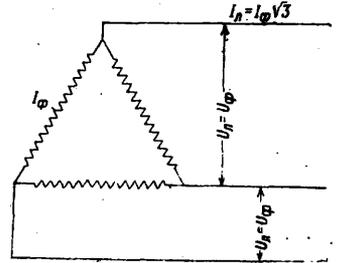
водами $U_{\lambda} = \sqrt{2}U_{\phi}$, где U_{ϕ} — фазное напряжение (фиг. 2); ток в нулевом проводе $I_0 = \sqrt{2}I_{\phi}$, причем I_{ϕ} — ток в крайних проводах (линейный, в данном случае равный фазному). 3) Четырехпроводная связанная (сопряженная) система (фиг. 3): обе фазы соединены между собой в своих средних точках. Линейные напряжения меньше, чем в предыдущем случае:

$$U_{\lambda 1} = U_{\lambda 2} = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{2}} = 0,71U_{\phi};$$

токи: $I_{\lambda} = I_{\phi}$. Если от нулевой точки проложить пятый провод, то можно располагать еще и половиной фазного напряжения, к-рое можно использовать (напр. для присоединения низковольтных ламп). К недостаткам двухфазных

систем следует отнести, что изготовление двухфазных генераторов требует отклонения от нормальных процессов массового производства.

Трехфазные системы в настоящее время наиболее распространены в силовых и осветительных установках (для тяги в виде исключения, главным образом в Италии); достоинства: значительная экономия металла на провода (см. *Распределение электрической энергии*) и одинаковая пригодность для осветительных и силовых целей благодаря наличию весьма совершенных двигателей трехфазного тока, асинхронных и коллекторных; представляют собой сочетание трех однофазных систем, в которых эдс и токи (см. *Трехфазный ток*) сдвинуты друг относительно друга по фазе на 120° (треть периода). Соединение обмоток генераторов и трансформаторов осуществляется по одной из следующих схем. 1) Три фазы не связаны между собой; на практике вследствие сложности и большого расхода металла на провода (6 проводов) не применяется. 2) Трехпроводные системы: а) обмотки генераторов и трансформаторов соединены между собой треугольником (фиг. 4):



Фиг. 4.

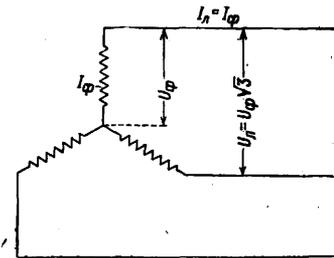
$$U_{\lambda} = U_{\phi}; I_{\lambda} = I_{\phi}\sqrt{3} = 1,73 I_{\phi};$$

б) соединены звездой (фиг. 5):

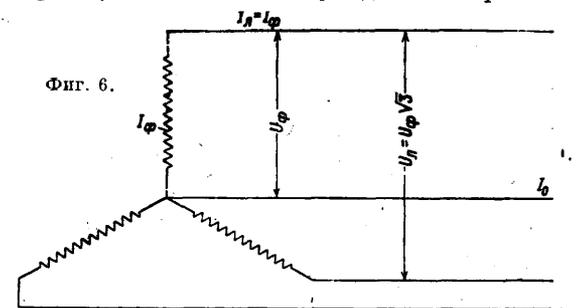
$$U_{\lambda} = U_{\phi}\sqrt{3}; I_{\lambda} = I_{\phi}.$$

Выбор той или иной из этих двух систем определяется тем, требуется ли в данной части сети

большой ток при малом напряжении (треугольник) или же наоборот (звезда). 3) Четырехпроводная система: соединение звездой с нулевым проводом (фиг. 6). Здесь возможно использовать два различных напряжения (фазное и линейное), поэтому возможно присоединение к одной и той же сети осветительных приборов (включается между одним из фазных



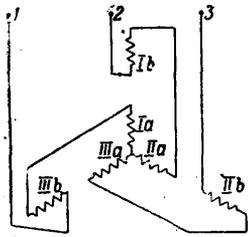
Фиг. 5.



Фиг. 6.

проводов и нулевым) и двигателей (присоединяются к трем фазным проводам); кроме того четырехпроводная система применяется там,

где можно ожидать неравномерного распределения нагрузки между тремя частями (фазами) системы (нулевой провод при этом, неся разность токов, выравнивает несимметричность). Трансформирование в трехфазных системах осуществляется с помощью трехфазных или же однофазных трансформаторов. Первичные и вторичные обмотки одного трехфазного трансформатора или одной трансформаторной группы, состоящей из трех однофазных трансформаторов, включают треугольником или звездой. Применение однофазных трансформаторов с



Фиг. 7.

соединением треугольником на первичной и вторичной стороне позволяет при повреждении одного из трансформаторов отдавать с помощью двух остальных 58% нормальной мощности. При неравномерной нагрузке целесообразно соединение смешанное, например треугольник для первичной стороны и звезда для вторичной. Иногда треугольник на первичной стороне невыгоден для выполнения трансформаторов; тогда первичные обмотки включают звездой, а вторичные — зигзагом (звезда, в которой каждая фаза состоит из двух секций, расположенных на различных сердечниках трансформатора, как на фиг. 7).

Шести фазные системы применяются редко (на подстанциях для подвода энергии от трансформаторов к однофазным преобразователям или ртутным выпрямителям); м. б. получены из трехфазных.

Системы для одновременного потребления однофазного и многофазного токов большого распростра-



Фиг. 8.

нения не получили, встречаются в старых установках: моноциклическая система Штейнмеца (главная обмотка вспомогательная, создающая напряжение, в 4 раза меньшее и сдвинутое по фазе на 90°), полициклическая система Арнольда, Брагштадта и Лякура (для передачи по одной и той же сети токов различной частоты и напряжения) и др.

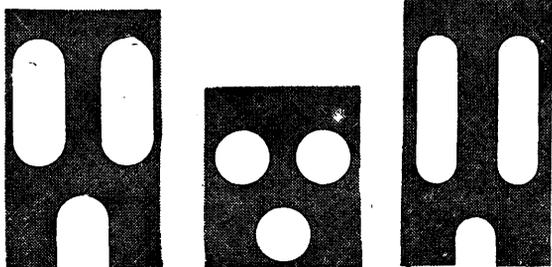
Преобразование многофазных систем при помощи статич. схем (трансформаторов) применяется для уравниваемых систем. Наиболее распространена (в США в старых установках) схема Скотта для преобразования трехфазной системы в двухфазную и обратно с помощью двух однофазных трансформаторов (фиг. 8). Коэф. трансформации трансформатора T_2 равен $m:n$; у трансформатора T_1 ,

он равен $\frac{\sqrt{3}}{2} m:n$. Между зажимами a, b и c — нормальное трехфазное напряжение; d — средняя точка обмотки bc . Напряжения между b и c и соответственно a и d относятся, как $1:\frac{\sqrt{3}}{2}$; вторичные напряжения U_1 и U_2 равны и сдвинуты по фазе на $\frac{\pi}{2}$.

Лит.: Воронцов А., Переменные электрич. токи, П., 1915; Круг К., Основы электротехники, т. 2, 3 изд., М.—Л., 1932; Миткевич В., Теория переменных токов, Л., 1931 (литогр.); СЭТ, Справочная книга для электротехников, т. 4, отд. 2, 2 изд., Л., 1930; Фауль Ф., Справочник по электротехнике, пер. с англ., т. 1, М.—Л., 1929; Хацинский В., Канализация электр. энергии (Сети), ч. 1, 3 изд., Л., 1931; Черданцев И., Теория переменных токов, 3 изд., М.—Л., 1932; Herzog-Feldmann, Die Berechnung elek. Leitungsnetze in Theorie u. Praxis, 4 Aufl., B., 1927; La Cour J. u. Bragstadt O., Theorie d. Wechselströme, B., 1923; Fraenkela., Theorie d. Wechselströme, 3 Aufl., Berlin, 1931; Kittler E., Allgemeine Elektrotechnik, B. 2, Stg., 1909; Karapetoff V., The Electric Circuit, N. Y., 1912; Malti M., Electr. Circuit Analysis, N. Y., 1930; Steinmetz C., Theory a. Calculation of Alternating Current Phenomena, N. Y., 1916; Steinmetz C., The Electric Circuit, N. Y., 1917; Rizh a. U. Seidener J., Starkstromtechnik, 7 Aufl., B. 2, B., 1931. В. Хацинский.

СИТА, рабочие поверхности, применяемые для сортировки различных сыпучих продуктов по величине. С. разделяются на пробивные и тканые. Пробивные С. изготовляют из металлич. листов (железных, оцинкованных и цинковых), путем продавливания в них отверстий разнообразных форм и величины на специальных машинах-прессах, посредством набора соответствующих штампов и матриц. С. для процеживания жидкостей (напр. для пивоваренных заводов) изготовляют из бронзовых листов с просверленными или же профрезерованными в них отверстиями различного профиля и размеров. Пробивные С. в зависимости от природы сортируемых ими материалов бывают различной толщины, достигающей 3—5 мм в дробильных и просевных машинах для минералов. В зависимости от толщины С. находится и минимальный диам. или ширина отверстий, к-рые не м. б. меньше толщины железного листа во избежание поломки штампов. Пробивные С. в шелушильных машинах для зерна (сетки в наждачных обойках) имеют продолговатые отверстия шириною в $1\frac{1}{2}$ мм из сталистого железа такой же толщины. С. тут подвергаются усиленному износу под действием центробежной силы, приближающей зерно к сетке. В центробежных отжимных колонках (после мойки зерна) применяют также плотные С. из оцинкованного железа во избежание ржавления толщиной 1,2—1,5 мм с продолговатыми отверстиями и отогнутыми краями, облегчающими выпуск воды и способствующими шелушению мокрых оболочек зерна. Для сортировки зерна в мельничных сепараторах применяют пробивные С. из железа толщиной 1 мм с отверстиями диам. 15—20 мм или продолговатыми 8×20 мм (фиг. 1) для приемных С., с круглыми отверстиями диам. 5, 6, 7 и 8 мм (фиг. 2) или продолговатыми (фиг. 3) 4×20 ; 5×20 и 6×20 мм для сортировочных С. и с круглыми отверстиями $1\frac{1}{2}$ и 2 мм или продолговатыми $1,5 \times 20$ мм для подсевных С. В элеваторных сепараторах большой производительности приемные С. имеют отверстия 15×25 мм, 20×25 мм, 20×30 мм и 25×30 мм (фиг. 4). Длина отверстий продолговатых С. технологич. значения не имеет и колеблется от 12 до 25 мм. Продолговатые отверстия рас-

полагают параллельными рядами или в шахматном порядке; круглые отверстия всегда располагают в шахматном порядке, обычно с расстоянием центров, равным $1,5D$, но иногда при-

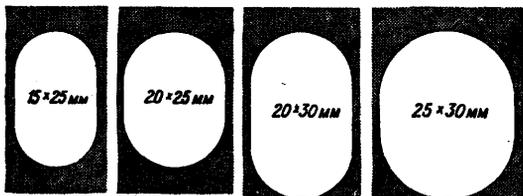


Фиг. 1.

Фиг. 2.

Фиг. 3.

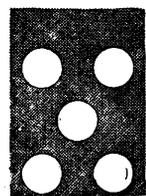
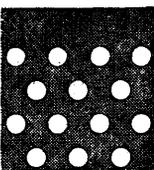
меняют с более редким расположением отверстий (фиг. 5). С. надлежит ставить по движению зерна, как указано стрелкой, не вдоль прямых рядов отверстий, а чтобы зерна пересекали их



Фиг. 4.

шахматное расположение. В крупном деле применяют для сортировки С. из листов железа или цинка толщиной 0,5 мм с калиброванными круглыми отверстиями, \varnothing по шкале с интервалами в 0,1 или $1/8$ мм, примерно 4; $3\frac{7}{8}$; $3\frac{3}{4}$; $3\frac{5}{8}$; $3\frac{1}{2}$ мм и т. д. или 4; 3,9; 3,8; 3,7 мм и т. д.; лучше: 4; 3,9; 3,75; 3,6; 3,5; 3,4; 3,25; 3,1; 3 и т. д.

Наименьший \varnothing круглых отверстий доходит до 0,75 и 0,5 мм. Остается еще отметить, что одно время применяли С. из пергамента с круглыми отверстиями для просева круп на вейках.



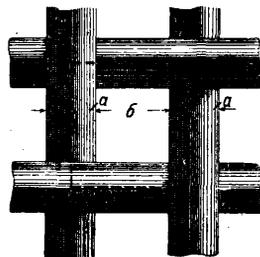
Фиг. 5.

Тканые С. разделяются на металлические и шелковые. Металлические С. в свою очередь подразделяются на плетеные и тканые. Плетеные изготовляют обычно с большими ячейками размером $1\frac{1}{2}$ —2'' из проволоки \varnothing 0,6—4,2 мм и применяют их как сетку над приемными отверстиями завальных ям (зерновых бункеров), для заборов, ограждений машин и т. п. Проволока изготавливается по «калибру Стубс» диаметров или номеров, приведенных ниже в табл. 1. Удобнее считать проволоку по \varnothing в мм, причем проволока имеется тоньше указанных в табл. размеров в 0,15; 0,14; 0,13 и т. д. до 0,03 мм. Тканые С. имеют двух родов: гладкие, или полотняного переплетения (фиг. 6, где a —толщина нити, b —пролет), при котором нити основы попеременно переплетаются через одну, и саржевые или киперные, где нити основы и утка каждая в отдельности переплетаются через две, образуя ткань с диагональным рисунком. Саржевая ткань из латуной проволоки

Табл. 1.—Номера проволоки для металлических сит.

№ по калибру Стубс	Толщина в мм	№ по калибру Стубс	Толщина в мм	№ по калибру Стубс	Толщина в мм
8	4,2	18,5	1,2	28	0,34
9	3,8	19,5	1,0	29	0,31
10	3,4	20,5	0,9	30	0,28
11	3,1	21	0,8	31	0,26
12	2,8	22	0,7	32	0,24
13	2,2	23	0,6	33	0,22
14	2,0	24	0,5	34	0,20
15	1,8	25	0,45	35	0,18
16	1,6	26	0,4	36	0,16
17	1,4	27	0,37	—	—

применяется в сахарных, крахмально-паточных, химических, краскотерочных и других заводах. Из стальной проволоки киперная ткань применяется в мукомольной промышленности для сеточных отрубных машин. Гладкие С. имеют весьма многообразное применение. Легкие железные сита из более тонкой проволоки—для веялок-сортировок; плотные С.—для обтяжки буратов, отсевающих пыль, для искрогасителей. Особо плотные С.—для зерновых буратов, сор-



Фиг. 6.

Табл. 2.—Плотность С. по качеству (\varnothing в мм).

№ на 1 дм.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1	1,80	2,00	2,20	2,80	3,10	3,40	3,80	4,20	4,60	5,00
11/4	1,60	1,80	2,20	2,20	2,50	3,10	3,40	3,80	4,20	4,60
11/2	1,40	1,6/1,8	2,00	2,00	2,20	2,80	3,10	3,40	3,80	4,20
2	1,20	1,60	1,80	2,00	2,20	2,20	2,80	3,10	3,40	3,80
2 1/4	1,10	1,40	1,60	1,80	2,00	2,20	2,20	2,80	3,10	3,40
3	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00	2,20	2,20	2,80	3,10
4	0,80	0,90	1,10	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00	2,20	2,20
5	0,70	0,80	1,00	1,10	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00	2,20
6	0,60	0,70	0,90	1,00	1,10	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00
7	0,50	0,65	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,40	1,60	1,80
8	0,45	0,55	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,40	1,60
9	0,40	0,55	0,65	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,40
10	0,40	0,45	0,60	0,65	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20
11	0,37	0,45	0,55	0,60	0,65	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10
12	0,34	0,40	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,80	0,90	1,00
13	0,34	0,37	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,80	0,90
14	0,31	0,34	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,80
15	0,31	0,34	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,80
16	0,31	0,34	0,37	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70
18	0,28	0,31	0,34	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70
20	0,26	0,31	0,34	0,37	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65
22	0,24	0,28	0,31	0,34	0,37	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60
24	0,22	0,26	0,31	0,34	0,37	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60
26	0,22	0,24	0,28	0,31	0,34	0,37	0,40	0,45	0,50	0,55
28	0,20	0,22	0,26	0,28	0,31	0,34	0,37	0,40	0,45	0,50
30	0,20	0,22	0,26	0,28	0,31	0,34	0,37	0,40	0,45	0,50
32	0,20	0,22	0,26	0,28	0,31	0,34	0,37	0,40	0,45	0,50
34	0,18	0,20	0,24	0,26	0,28	0,31	0,34	0,37	0,38	0,40
35	0,18	0,20	0,24	0,26	0,28	0,31	0,34	0,37	0,38	0,40
36	0,18	0,20	0,24	0,26	0,28	0,31	0,34	0,37	0,38	0,40
38	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,31	0,34	0,37	0,38
40	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,31	0,34	—	—
42	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,31	0,34	—	—
45	0,17	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,31	—	—
50	0,17	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	—	—	—
52	0,17	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	—	—	—
55	0,16	0,17	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	—	—	—
60	0,15	0,16	0,17	0,18	0,20	0,22	0,24	—	—	—
65	0,14	0,15	0,16	—	—	—	—	—	—	—
70	0,14	0,15	0,16	—	—	—	—	—	—	—
75	0,13	0,14	0,15	—	—	—	—	—	—	—
80	0,13	0,14	0,15	—	—	—	—	—	—	—
85	0,12	0,13	0,14	—	—	—	—	—	—	—
90	0,11	0,12	0,13	—	—	—	—	—	—	—
95	0,10	0,11	0,12	—	—	—	—	—	—	—
100	0,09	0,10	0,11	—	—	—	—	—	—	—
110	0,07	—	0,10	—	—	—	—	—	—	—
120	0,06	—	0,09	—	—	—	—	—	—	—
130	0,06	—	0,08	—	—	—	—	—	—	—
140	0,06	—	0,075	—	—	—	—	—	—	—

тирующих зерно, для зерносушилок и пр. С. из стальной квадратной проволоки служат для обтяжки кожухов шелковых машин и называются энграммом.

В Германии в-дом Егер, изготовляющий механические станки для проволочных С., составлены таблицы 10 плотностей С. по качеству, охватывающие все виды металлич. С., железных, луженых и бронзовых, для всех пром-стей (табл. 2 и 3). В мукомольной пром-сти приме-

Табл. 3.—Плотность сит по качеству.*

№ на 1 дм.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1	1,60	2,00	3,00	3,75	5,00	6,00	7,30	8,10	11,00	13,00
11/4	1,80	2,00	3,25	4,00	4,75	5,30	6,60	8,00	9,00	11,00
11/2	1,50	2,20	3,00	3,75	4,50	5,50	6,20	9,00	10,00	11,00
2	1,40	2,50	3,20	4,00	4,80	6,00	8,00	9,30	11,0	13,00
21/2	1,50	2,35	3,30	3,95	5,00	6,50	8,00	9,60	12,00	14,00
3	1,60	2,15	2,80	3,60	4,60	6,00	7,50	9,00	11,00	13,00
4	1,40	1,60	2,40	2,80	3,70	4,90	6,10	8,20	10,00	12,00
5	1,20	1,70	2,40	2,80	3,45	4,60	6,10	7,60	10,50	13,00
6	1,00	1,50	2,40	2,90	3,45	4,20	5,90	7,90	9,00	12,00
7	0,90	1,50	2,30	2,75	3,40	4,00	5,10	6,50	8,50	11,00
8	0,80	1,25	2,00	2,60	3,20	4,00	4,50	5,60	7,90	10,00
9	0,75	1,20	1,90	2,15	2,85	3,65	4,50	5,60	7,00	8,20
10	0,85	1,10	1,80	2,10	2,40	3,25	4,10	5,00	6,00	7,00
11	0,80	1,20	1,20	2,00	2,30	2,70	3,55	4,50	5,60	6,50
12	0,75	1,10	1,50	1,85	2,20	2,60	3,00	3,90	5,00	6,00
13	0,80	1,00	1,25	1,50	2,05	2,50	2,80	3,20	4,20	5,30
14	0,70	0,90	1,20	1,40	1,85	2,10	2,50	3,00	3,40	4,50
15	0,75	0,95	1,30	1,50	2,00	2,25	2,75	3,20	3,60	4,80
16	0,80	1,00	1,20	1,40	1,65	2,10	2,40	3,00	3,50	3,90
18	0,65	0,90	1,35	1,50	1,90	2,30	2,70	3,40	3,90	4,30
20	0,70	0,95	1,20	1,40	1,60	2,10	2,40	3,00	3,50	3,80
22	0,65	0,90	1,00	1,30	1,50	1,80	2,30	2,70	3,50	4,00
24	0,60	0,80	1,10	1,45	1,65	2,00	2,40	2,90	3,80	4,50
25	0,65	0,80	1,10	1,35	1,40	1,90	2,50	3,00	3,80	4,00
26	0,65	0,80	1,10	1,25	1,40	1,80	2,10	2,80	3,50	4,20
28	0,60	0,70	1,00	1,15	1,40	1,60	1,90	2,50	2,80	3,80
30	0,65	0,80	1,10	1,20	1,50	1,80	2,05	2,80	3,00	4,00
32	0,70	0,90	1,15	1,30	1,30	2,00	2,20	2,60	3,25	4,20
34	0,60	0,70	1,00	1,20	1,35	1,70	2,05	2,60	2,70	2,90
35	0,70	0,75	1,05	1,25	1,40	1,75	2,10	2,35	2,70	3,00
36	0,70	0,80	1,10	1,25	1,45	1,80	2,20	2,40	2,90	3,20
38	0,75	0,85	0,95	1,15	1,30	1,55	1,75	2,50	2,70	2,90
40	0,75	0,90	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,20	2,20	—
42	0,77	0,95	1,05	1,25	1,45	1,70	1,90	2,30	—	—
45	0,75	0,90	0,95	1,10	1,30	1,50	2,05	—	—	—
50	0,85	0,95	1,05	1,20	1,45	1,70	2,00	—	—	—
52	0,85	1,00	1,10	1,25	1,50	1,80	2,10	—	—	—
55	0,75	0,90	1,00	1,15	1,35	1,60	2,00	—	—	—
60	0,70	0,80	0,95	1,05	1,25	1,65	2,05	—	—	—
65	0,70	0,80	0,95	—	—	—	—	—	—	—
70	0,75	0,85	1,00	—	—	—	—	—	—	—
75	0,70	0,80	0,95	—	—	—	—	—	—	—
80	0,75	0,90	1,00	—	—	—	—	—	—	—
85	0,70	0,80	1,00	—	—	—	—	—	—	—
90	0,70	0,75	0,90	—	—	—	—	—	—	—
95	0,60	0,65	0,80	—	—	—	—	—	—	—
100	0,60	0,60	0,70	—	—	—	—	—	—	—
110	0,45	—	0,65	—	—	—	—	—	—	—
120	0,30	—	0,55	—	—	—	—	—	—	—
130	0,35	—	0,55	—	—	—	—	—	—	—

* Вес 1 м² железных сит в кг. Латунные—на 10% тяжелее железных, медные—на 15%, фосфористо-бронзовые—на 20%.

няют железные особо плотные С. по табл. 4, соответствующие С. VII качества табл. 2. Вторая колонка этой табл. дает №№ сит в англ. дм. (номером называется число ниток или клеточек на единицу длины): 4-я колонка—Ø проволоки и 5-я колонка—чистый размер клеток (фиг. 6). Живое сечение С. в % равно $\frac{b^2}{(b+a)^2} \cdot 100$.

Первая колонка дает приблизительный пересчет на нумерацию в количестве клеток на 1 см и 3-я колонка—пересчет на вершковую нумерацию. Табл. 5 дает аналогичные данные плотных железных С., соответствующих V качеству табл. 2, составленной в дюймовой нумерации. Веса С. 4-й, 5-й, 6-й и 7-й таблиц можно найти в табл. 3. Табл. 6 для луженых С. составлена соответственно II качеству табл. 2 и дает С. умеренной плотности для применения в мукомольной и других промышленности. При данном подборе толщины проволоки С. получают достаточно жесткие, в к-рых нити не могут сбиваться и изменить размеры клеточек от трения движущихся по С. масс продукта. Левее первой колонки обозначены №№ мучных С. по шрихской нумерации, лжеюще одинаковое с луженых С. число ниток на 1 см. Правее 5-й колонки №№ шрихской нумерации

Табл. 4.—Железные сита особо плотные, равные VII качеству по немецкой номенклатуре (в англ. дм.).

№ на 1 см	№ на 1 дм. (26 мм)	№ на 1 вершок	Диам. провол. в мм	Чистый размер клеток в мм
1,35	3,5	6,1	2,0	5,428
1,54	4	6,8	1,8	4,700
1,73	4,5	7,7	1,8	3,977
1,92	5	8,5	1,6	3,600
2,3	6	10,2	1,4	2,933
2,7	7	12	1,2	2,514
3,1	8	13,8	1,1	2,150
3,46	9	15,4	1,0	1,880
3,85	10	17,1	0,9	1,700
4,23	11	18,8	0,8	1,564
4,6	12	20,5	0,7	1,466
5	13	22,2	0,65	1,350
5,4	14	24	0,60	1,257
5,77	15	25,6	0,60	1,133
6,15	16	27,3	0,55	1,075
6,9	18	30,7	0,55	0,894
7,7	20	34,2	0,50	0,800
8,46	22	37,6	0,45	0,732
9,2	24	41	0,45	0,633
10	26	44,4	0,40	0,600
10,8	28	48	0,40	0,528
11,5	30	51	0,37	0,496
12,3	32	54,6	0,37	0,442
13,1	34	58,2	0,34	0,425
13,86	36	61,4	0,34	0,382

проставлены против соответственных №№ луженых С. уже согласно чистому размеру тех и других в м. Табл. 7 для фосфористо-бронзовых С.—в метрич. мерах. Главной колонкой является 1-я с нумерацией на см. Во 2-й колонке №№ перечислены на 1" (26 мм) и рядом справа в скобках (28), (32) и т. д. взяты целые ближайшие числа ниток на 1". Соответственно этим №№ взяты диам. проволоки по I качеству из табл. 2. Чистый размер клеток взят по отношению числа клеток на 1 см.

Табл. 5.—Сита железные плотные, равные V качеству по немецкой номенклатуре (в англ. дм.).

№ на 1 см	№ на 1 дм. (26 мм)	№ на 1 вершок	Диам.* провол. в мм	Чистый размер клеток в мм
1,35	3,5	6,1	1,6	5,828
1,54	4	6,8	1,4	5,100
1,73	4,5	7,7	1,4	4,377
1,92	5	8,5	1,2	4,000
2,3	6	10,2	1,1	3,233
2,7	7	12	1,0	2,714
3,1	8	13,8	0,9	2,350
3,46	9	15,4	0,8	2,088
3,85	10	17,1	0,7	1,900
4,23	11	18,8	0,65	1,714
4,6	12	20,5	0,6	1,566
5	13	22,2	0,55	1,450
5,4	14	24	0,5	1,357
5,77	15	25,6	0,5	1,233
6,15	16	27,3	0,45	1,175
6,9	18	30,7	0,45	0,994
7,7	20	34,2	0,40	0,900
8,46	22	37,6	0,37	0,812
9,2	24	41	0,37	0,713
10	26	44,4	0,34	0,660
10,8	28	48	0,34	0,588
11,5	30	51	0,31	0,556
12,3	32	54,6	0,31	0,502
13,1	34	58,2	0,23	0,485
13,86	36	61,4	0,23	0,442
14,6	38	64,9	0,26	0,424
15,4	40	68,4	0,26	0,390

Как видно из табл. 7, верхние №№ до 24-го (на 1 см) имеют более толстые нити против шелковых С., а после 34-го более тонкие нити, а потому большие клеточки против шелковых С. с тем же количеством клеток на 1 см. Так. обр., применяя бронзовые С. вместо шелковых, их надо брать по числу клеток на один номер гуще против шелковых согласно показателям, поставленным в правом столбце таблицы. Брать на один номер гуще даже недостаточно, ибо металл. нити глаже шелковых, а потому через металл. бронзовое С. при равных клеточках будет просеваться более, чем через шелковое.

Табл. 6.—Сита луженые (в англ. дм.).

Мучные по числу ниток на 1 см	№ на 1 см	№ на 1 дм. (26 мм)	№ на 1 вершок	Диам. провол. в мм	Чистый размер отверст. в мм	Мучные №№ по частому размеру отверст.
	2,3	6	10,3	0,7	3,633	
	2,7	7	12	0,65	3,064	
	3,1	8	13,7	0,6	2,650	
	3,5	9	15,4	0,55	2,339	
	3,8	10	17,1	0,5	2,100	
	4,2	11	18,8	0,45	1,914	
	4,6	12	20,5	0,45	1,717	
	5,—	13	22,2	0,40	1,600	
	5,4	14	23,9	0,37	1,457	
	5,8	15	25,6	0,34	1,393	
	6,2	16	27,3	0,34	1,285	
	6,5	17	29,—	0,31	1,220	
0000	6,9	18	30,7	0,31	1,134	0000
	7,7	20	34,2	0,31	0,990	
000	8,5	22	37,6	0,28	0,902	000
	9,2	24	41,—	0,28	0,803	
	10	26	44,4	0,26	0,740	
	10,8	28	47,8	0,26	0,669	00
00	11,5	30	51,3	0,24	0,626	
	12,3	32	54,6	0,24	0,572	
	13,1	34	58,—	0,22	0,545	0
	13,8	36	61,4	0,22	0,502	
	14,6	38	65	0,22	0,464	
0	15,4	40	68,4	0,2	0,450	1
	16,2	42	71,8	0,2	0,419	
	17,3	45	76,8	0,18	0,398	2
1	19,2	50	85,4	0,18	0,340	3
	20	52	88,8	0,17	0,330	
2	21,2	55	94	0,17	0,303	4
3	23,1	60	102,6	0,16	0,273	5
4	25,—	65	111,1	0,16	0,240	6
5	26,9	70	119,7	0,15	0,221	7
	28,8	75	128,2	0,15	0,197	6
6	30,7	80	136,8	0,14	0,185	7
7	32,7	85	145,3	0,14	0,168	8

Табл. 8.—Швейцарские сита.

Качество прима		Качество ХХХ экстра трижды	Крученные крупочные №№ соответствуют числу ниток на 1 дм.	Мучные №№ *
№	Число ниток на 1 см			
0000	7	0000 7	14	
000	9	000 9	16	0000
00	11½	00 11½	18	
0.	15	0 15	20	000
			22	
1	19	1 19	24	
2	21½	2 21½	26	00
			28	
3	23	3 23	30	
4	24½	4 24½	32	
5	26	5 26	34	0
6	29	6 28	36	
7	32½	7 29	38	
8	34	8 32½	40	
			42	
9	38½	9 34	44	1
10	43	10 38½	48	
11	46	11 43	50	2
12	48½	12 46	52	
13	51	13 48½	54	3
14	55	14 51	56	
15	57½	15 55	58	4
			60	
16	61½	16 57½	62	5
17	65	17 61½	64	
18	66		66	6
19	67		68	
20	68		70	7
21	70		72	
25	77			

* Соответствуют не числу клеток, а чистым размерам таковых.

не превзойдено: на втором месте стоят французские (табл. 9); на третьем месте — французские и итальянские.

Табл. 9.—Французские сита.

Сита прима		Сита ХХХ экстра трижды		Крученные, крупочные
№	Число ниток на 1 см	№	Число ниток на 1 см	
0000	8	0000	8	16
000	10	000	10	18
00	12	00	12	20
0	15	0	15	22
1	19	1	19	24
2	21	2	21	26
3	23	3	23	28
4	24	4	24	30
5	26	5	26	32
6	29	6	29	34
7	32	7	32	36
8	34	8	34	38
				40
9	38	9	38	42
10	43	10	43	44
				46
11	48	11	48	48
12	49	12	49	50
				52
13	51	13	51	54
14	55	14	55	56
15	59	15	59	58
				60
16	62	16	62	62
17	65	17	65	64
18	67			66
19	70			68

Табл. 7.—Сита фосфористо-бронзовые.

№	№ на 1 см	№ на 1 дм. (26 мм)	№ на 1 вершок	Диам. проволоки в мм	Чистый размер клетки в мм	№
00	11	28,6 (28)	48,8 (50)	0,2	0,709	00
	12	31,2 (32)	53,4 (55)	0,2	0,633	
	13	33,8 (34)	57,8 (60)	0,18	0,589	0
	14	36,4 (36)	62,3 (65)	0,18	0,534	
0	15	39 (38)	66,7 (70)	0,18	0,487	0
	16	41,6 (42)	71,2 (75)	0,18	0,445	1
	17	44,2 (44)	75,6 (80)	0,18	0,403	
	18	46,8 (46)	80,1 (85)	0,17	0,366	2
1	19	49,4 (50)	84,5 (90)	0,17	0,356	
	20	52 (52)	89 (95)	0,17	0,330	
2	21	54,6 (54)	93,4 (100)	0,16	0,316	3
3	22	57,2 (58)	98 (105)	0,16	0,295	
4	24	62,4 (62)	106,8(115)	0,15	0,266	4
5	26	67,6 (68)	115,7(125)	0,14	0,245	5
	28	72,8 (73)	124,6(135)	0,14	0,217	6
6	30	76 (80)	133,5(145)	0,13	0,203	
7	32	83,2 (85)	142,4(155)	0,13	0,183	7
8	34	88,4 (90)	151,3(165)	0,12	0,174	
(38) 9	36	93,6 (95)	160,2(175)	0,11	0,168	8
(43) 10	40	104 (105)	178 (190)	0,10	0,150	9
(46) 11	44	114,4(115)	195,8(210)	0,09	0,137	
	12	124,8(125)	213,6(230)	0,08	0,128	10
	13	135,2(135)	231,4(250)	0,07	0,122	
	14	145,6(145)	249,2(270)	0,06	0,118	11

мало гигроскопичны, а потому предпочитают во всех случаях лучшим металлич. (бронзовым) С., т. к. успешно просеивают влажные или теплые продукты, к-рые увлажняют металлич. сита и вякляют их. Сто лет тому назад шелковые С. появились в Голландии и вытеснили грубые шерстяные С., тогда применявшиеся. Но вскоре производство шелковых С. перешло в Швейцарию, где оно достигло такого качества, что одно время другие С., кроме швейцарских, никем не признавались. Впоследствии возникло производство шелковых С. во Франции, сперва на ручных ткацких станках, как и в Швейцарии, и наконец в последнее время во Франции и Италии поставлено производство шелковых С. на механич. ткацких станках; однако качество С. швейцарских (табл. 8)

ские С. механич. выработки. Шелк, употребляемый для утка, должен иметь крепость не менее 4 г на 1 дм (см.), а для основы не менее 3,5 г. Крутка утка ordinaria с числом кручений 400—600 на 1 м. Крутка основы двойная, и число кручений двух ниток 800 на 1 м. Ниты основы и утка бывают разной толщины для разных №№ шелковых С. (табл. 10). По указанному ассортименту основы и утка в СССР шелковые С. одной марки применительно к швейцарской ХХ экстра двойные, причем нумерация принята на 1 см как для мучных, так и крупочных (до сих пор имеющих счет на 1 дюйм). В табл. 11 и 11а включены С. ХХ экстра под названием ordinaria и крученные крупочные под названием двойные. Круточные №№

Табл. 10.—Нити основы и утка для шелковых сит.

Основа		Уток	
грежа	крученая	грежа	крученный
7/9	7/9 × 2 7/9 × 3	8/10	8/10 × 3 8/10 × 4
8/10	8/10 × 2 8/10 × 3 8/10 × 4	10/12	10/12 × 2 10/12 × 3 10/12 × 4
10/12	10/12 × 2 10/12 × 3 10/12 × 4	13/15	13/15 × 4 13/15 × 7
13/15	13/15 × 2 13/15 × 4	16/18	16/18 × 4 16/18 × 7
16/18	16/18 × 3 16/18 × 4 16/18 × 5 16/18 × 6 16/18 × 7 16/18 × 8 16/18 × 10		16/18 × 5 16/18 × 8 16/18 × 9 16/18 × 11 16/18 × 12 16/18 × 15 16/18 × 18

имеются только: 18, 20, 24, 26, 28, 32, 34, 36, 38, 40, 44, 46, 48, 52, 54, 56, 60, 62, 64, 66, 68, 72 на 1", переведенные на см (т. е. берды все сантиметровые). Параллельно имеются мучные 0000 (18); 000 (24); 00 (28); 0 (38); 1 (48); 2 (54); 3 (60); 4 (64) и 5 (68), соответственно в см: 7, 9, 11, 15, 21, 23, 25 и 27 и далее №№ 6—18 и 21. В таблицах указаны размеры одной нити, основы, но их надо считать по две; напр. С. 0000 (18 на 1"). № 7 на 1 см имеет основу из двух нитей: каждая скручена из 8 греж 16/18 (денье), а уток состоит из одной нити, скрученной из 15 греж 16/18 (денье). Шелковые С., имея 2 нити основы, бывают газового или ажурного плетения (см. *Ажурные ткани*, фиг. 1), что в таблицах обозначается буквой С. Это относится ко всем крупным и мучным, включая № 9. Далее мучные бывают смешанного плетения, газового взаменку с гладким, что в таблицах обозначается буквой П. В заключение отметим некоторые показатели качества шелковых С. Кре-

Табл. 11а.—Шелковые сита, изготавливаемые в СССР.

Нумерация сит		О р д и н а р н ы е					
старая	новая	Основа		Уток		Вес 1 м ² сита	
		Денье	Вес в 1 м ²	Денье	Вес в 1 м ²		
8	35—С	13/15×2	23,9	10/12×4	17,8	41,7	
9	38—С	13/15×2	26,—	10/12×4	19,3	45,3	
—	10—С	7/9×3	23,4	10/12×4	20,3	43,7	
10	43—П	7/9×3 10/12×4	12,7 10,5	10/12×4	—	—	
11	46—П	7/9×3 10/12×3 10/12×4	13,7 9,2 9,2	10/12×4 8/10×4	21,4 18,7	44,6 41,6	
12	49—П	10/12×2 10/12×3	13,4 9,—	10/12×3	18,3	40,7	
13	52—П	10/12×2 10/12×3	14,2 9,3	10/12×3	19,5	43,0	
14	55—П	10/12×2 10/12×3	15,1 10,1	10/12×3	20,5	45,8	
15	58—П	8/10×2 10/12×3	13,— 10,6	10/12×3	21,7	45,3	
16	61—П	8/10×2 8/10×3	13,8 9,2	8/10×3	18,6	41,6	
17	64—П	8/10×2 8/10×3	14,3 9,5	8/10×3	19,5	43,3	
18	67—П	8/10×2 8/10×3	15,1 10,—	8/10×3	20,4	45,5	
—	70—П	7/9×2 10/12×3	16,3 8,5	10/12×2	17,5	42,3	
21	73—П	7/9×2 12/10×2	16,9 8,9	10/12×2	18,2	44,0	
—	76—П	7/9×2 10/12×2	17,5 9,3	10/12×2	18,9	45,7	

вые же С. имеют преимущественное распространение в мукомольной пром-сти, но применяются также в аптекарском деле, на пороховых заводах, для биологич. исследований, и стандарт их—общий для всех потребителей.

Табл. 11.—Шелковые сита, изготавливаемые в СССР.

Нумерация сит		О р д и н а р н ы е				Вес 1 м ² сита	Д в о й н ы е				
		Основа		Уток			Основа				
старая	новая	Денье	Вес в 1 м ²	Денье	Вес в 1 м ²	Денье	Вес в 1 м ²	Денье	Вес в 1 м ²	Вес 1 м ² сита	
0000—18	7—С	16/18×8	22,—	16/18×15	20,2	42,2	16/18×10	27,4	16/18×18	24,2	51,6
20	8—С	—	—	—	—	—	16/18×8	25,2	16/18×15	23,1	48,3
00С—24	9—С	16/18×6	21,2	16/18×12	20,5	41,71	16/18×8	28,2	16/18×15	26,—	54,2
26	10—С	—	—	—	—	—	16/18×7	27,4	16/18×12	23,1	50,5
0С—28	11—С	16/18×5	21,8	16/18×9	19,—	40,8	16/18×6	26,2	16/18×11	23,3	49,5
32	12—С	—	—	—	—	—	16/18×6	28,6	16/18×11	25,4	54,—
34	13—С	—	—	—	—	—	16/18×5	25,8	16/18×9	22,5	48,3
36	14—С	—	—	—	—	—	16/18×5	27,8	16/18×9	24,2	52,—
0—38	15—С	16/18×4	24,—	16/18×7	20,2	44,2	16/18×5	30,1	16/18×8	23,1	53,2
40	16—С	—	—	—	—	—	16/18×4	25,7	16/18×8	24,6	50,3
44	17—С	—	—	—	—	—	16/18×4	27,—	16/18×7	22,8	49,8
46	18—С	—	—	—	—	—	16/18×4	28,9	16/18×7	24,2	53,1
1—48	19—С	16/18×3	23,—	16/18×5	18,3	41,3	13/15×4	25,3	16/18×7	25,6	50,9
52	20—С	—	—	—	—	—	13/15×4	26,8	13/15×7	22,2	48,8
2—54	21—С	16/18×3	25,4	16/18×5	20,—	—	13/15×4	28,—	13/15×7	23,3	51,3
56	22—С	—	—	—	—	—	13/15×4	29,3	13/15×7	24,4	53,7
3—60	23—С	10/12×4	24,—	16/18×4	17,7	41,7	16/18×3	27,9	16/18×5	22,1	50,—
62	24—С	—	—	—	—	—	16/18×3	29,4	16/18×5	23,—	52,4
4—64	25—С	10/12×4	26,4	16/18×4	19,2	46,6	16/18×3	30,7	16/18×5	24,—	54,7
66	26—С	—	—	—	—	—	10/12×4	25,9	16/18×5	25,—	50,9
5—68	27—С	8/10×4	23,4	13/15×4	17,1	40,5	10/12×4	28,6	16/18×4	20,8	49,3
72	28—С	—	—	—	—	—	10/12×4	29,5	16/18×4	21,6	51,1
6	29—С	10/12×3	23,2	13/15×4	18,—	41,6	10/12×4	30,7	16/18×4	22,4	53,1
7	32—С	10/12×3	25,5	13/15×4	20,2	45,7	10/12×4	—	16/18×4	—	—

пость полоски ординарного С. шириною 5 см при занимающей длине 20 см и скорости движения тисок динамометра Шоппера 9 см/мин устанавливается для основы 27 кг при удлинении 12% (для двойных С. 30 кг и 27 кг—при тех же % удлинения) и для утка крепость 24 кг при удлинении 14%. Стойкость С. на истирание определяется ф-лой N×230, где N выражено в см; примерно С. 0000 должно выдерживать 7×230=1610 оборотов на истирание на машине Шоппера. Вес 1 м² ординарного С. в среднем 43 г, двойного—52 г. Применение пробивных и тнанных металлич. С. чрезвычайно разнообразно, шелко-

Лит.: З в о р ы к и н К., Курс по мукомольному производству, Харьков, 1894; К о з ь м и н П., Мукомольно-крупяное производство, 4 изд., М., 1926; Шелковое швейцарское сито, «Мельник», М., 1913; Б а л а н ц и н С., Исследование сит, применяемых в мукомольном деле, «Советское мукомолье и хлебопечение», М., 1928, 11; К о з ь м и н П., Качество советских и иностранных шелковых сит, там же, 1929, 5; Т ю р и н А., Исследование советских и иностранных шелковых сит, там же, 1929, 10; е г о же, Замена шелковых сит металлическими, там же, 1930, 3. Л. Розенштейн.