663
Р224 УДК

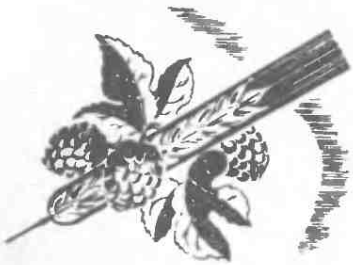
СПРАВОЧНИК ПИВОВАРА

АНРИ РУЛЁ



FORMULAIRE DU BRASSEUR

2e Edition



663 148794
Р224 Русё Анри
Справочник
пивовара
2р.80к.

H. ROULEAU

УДК 663
Р224

АНРИ РУЛЁ

СПРАВОЧНИК ПИВОВАРА

Перевод с французского
Д. П. МИРОТИНОЙ
под редакцией
М. Т. ДЕНЩИКОВА
и В. В. РУДОЛЬФА

Куйбышевская
центральная
науч[illegible]ая
библиотека
ИНВ № 148794

Москва. 1969

УДК 663.4[03]-40

Справочник пивовара,
А. Рулё.

В справочнике содержится материал, необходимый для работников пивоваренной промышленности. Справочные данные приведены по всем стадиям производства пива: солодоращению, варке и охлаждению сусла, брожению, применяемым ферментам, холодильному хозяйству, лабораторному контролю и другим вопросам. Приведены примерные расчеты, необходимые в производственной практике.

Справочник предназначен для специалистов пивоваренной промышленности.

Таблиц 147. Иллюстраций 84.

3—17—8
44—67

ОТ РЕДАКТОРОВ

Переведенный с французского языка «Справочник пивовара» А. Рулё представляет несомненный интерес для работников советской пивоваренной промышленности.

Он выпущен во Франции уже вторым изданием (первое было в 1950 г.). Приведенные в справочнике сведения касаются всех сторон технологии и оборудования солодоращения и пивоваренного производства, а также контроля сырья и готовой продукции. Советскому пивовару справочник безусловно окажет большую помощь в его повседневной работе.

Ценность справочника состоит в том, что автор в сжатой форме в виде таблиц, формул и числовых выражений дал основные сведения, необходимые пивовару и другим работникам пивоваренных заводов для ведения технологических процессов, обеспечивающих выпуск пива высокого качества.

Кроме материалов по основным технологическим операциям, по аппаратуре, контролю сырья, технологических процессов и готового пива, в справочнике с достаточной полнотой представлены данные по холодильному, паросиловому и энергетическому хозяйству.

Справочник представляет собой ценное дополнение к «Справочнику по производству солода и пива», выпущенному Пищепромиздатом в 1962 г. и составленному применительно к используемому в СССР сырью, принятым у нас технологическим режимам с учетом утвержденных схем контроля и основным нормативам, техническим условиям и стандартам.

Справочник Рулё выходит в свет с некоторыми сокращениями. В русское издание не включены общие физико-химические сведения, а также устаревшие статистические данные по производству пива в отдельных странах, по количеству пивоваренных заводов и т. п.

Советским читателям следует иметь в виду, что приведенные в справочнике сведения и материалы не отменяют и не заменяют принятых у нас технологических режимов, норм, нормативов, схем и порядка контроля сырья, полуфабрикатов и готовой продукции.

Они расширяют наши познания и могут помочь советским пивоварам в дальнейшем совершенствовании производства и выпуска высококачественного пива.

Переход на более высокую техническую ступень производства тесно связан с повышением квалификации и знаний работников пивоваренных заводов в проведении технологических процессов на всех стадиях производства, в осуществлении контроля сырья и готовой продукции, и в этом направлении справочник Рулё также может оказать существенную помощь.

При проведении семинаров, занятий по подготовке кадров массовых профессий и краткосрочных курсов по повышению квалификации работников пивоваренной промышленности приведенные в справочнике сведения для слушателей окажутся весьма полезными.

Раздел I. ПРОИЗВОДСТВО СОЛОДА

1. ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ (табл. 1—12)

Таблица 1

Воздушные сепараторы для очистки зерна

Габаритные размеры, *мм*					Скорость вращения, *об/мин*	Производительность, *кг/ч*	Масса, *кг*
сепаратора			роликов приводного блока				
длина	ширина	высота	диаметр	ширина			
1850	1300	1850	200	90	475	600—1000	560
1990	1470	1930	200	90	475	1000—1600	655
2130	1650	2050	250	100	475	1600—2400	740
2290	1820	2150	250	120	475	2400—3200	870
2470	1970	2250	250	140	475	3200—4500	995
2720	2400	2410	300	150	475	4500—6000	1390
3130	2600	2610	350	150	475	6000—8000	1845
3440	2820	2780	350	180	475	8000—11000	2350

Частота колебаний в минуту . . . . . от 250 до 300
Амплитуда колебаний, *мм* . . . . . от 15 до 30
Габаритные размеры сит, *мм*
1-е сито (верхнее) . . . . . 8—10
2-е сито (среднее) 3
3-е сито (нижнее) 2
Потребляемая мощность, при часовой производительности, *квт*
1000 *кг* 1,47
4000 *кг* 2,94

Таблица 2

Машина для очистки зерна

Габаритные размеры, *мм*			Длина барабана, *мм*	Диаметр барабана, *мм*	Скорость вращения барабана, *об/мин*	Производительность, *кг/ч*	Потребляемая мощность, *квт*	Масса, *кг*
длина	ширина	высота						
1140	725	635	500	125	630—710	1500	0,4	140
1290	725	635	650	125	630—710	2000	0,5	175
1580	725	635	900	140	630—710	3000	0,6	225
1880	725	635	12000	140	630—710	4000	1,0	275

Зерноочистительные машины-аспираторы при высокой производительности 80 000 *кг/ч* потребляют всего 2,2 *квт*.

Таблица 3

Магнитный сепаратор[1]

Габаритные размеры, *мм*			Длина магнитной поверхности, *мм*	Производительность, *кг/ч*	Масса, *кг*
длина	ширина	высота			
120	210	170	40	120	6
160	210	170	80	240	8
200	210	170	120	360	9
240	210	170	160	480	11
360	210	170	280	800	16
480	210	170	400	1200	21
680	210	170	600	1800	30
880	210	170	800	2400	37
1080	210	170	1000	3200	50

[1] Угол наклона (падения) должен быть порядка 45°. Не следует допускать длительного соединения двух магнитных полюсов с металлическими предметами.

Таблица 4

Электромагнитный барабан

Диаметр барабана, *мм*	Ширина магнитного поля, *мм*	Предельная длина, *мм*	Производительность, $м^3/ч$*	Потребляемая мощность, *квт***	Масса, *кг*
200	160	600	1,0	0,05	35
200	240	680	2,0	0,07	45
200	320	760	3,0	0,10	55
200	400	840	4,0	0,12	65
200	480	920	5,0	0,15	75
200	640	1080	6,0	0,20	95
200	800	1240	8,0	0,25	115
300	180	750	3,5	0,10	95
300	290	860	6,0	0,15	120
300	400	970	8,0	0,20	145
300	510	1080	10,0	0,25	170
300	620	1190	13,0	0,30	195
300	840	1410	17,0	0,40	245
300	1060	1630	21,0	0,50	295

* При слое толщиной 1 *см*.
** При непрерывном потоке.

Таблица 5

Триер «Картер»

Число дисков	Габаритные размеры, *мм*			Часовая производительность, *кг*			Масса, *кг*	Потребляемая мощность, *квт*
				отбор зерен				
	длина	ширина	высота	длинных	круглых	смеси длинных и круглых		
12	960	610	810	750—950	550	—	130	0,36
15	1100	610	810	1100—1350	800	—	145	0,36
18	1250	610	810	1400—1750	1100	—	165	0,36
22	1450	610	810	1750—2200	1350	400	190	0,36
21	1730	625	860	1800—2750	—	225	320	0,73
23	1850	625	860	2100—3000	1200	—	950	0,73
27	2110	625	860	2400—4000	1600	450	410	1,1
31	2110	625	860	—	1800	650	440	1,1
14	1280	980	1140	1950—3500	—	—	480	1,1
17	1470	980	1140	2600—4750	—	—	540	1,1
20	1660	980	1140	3400—6100	—	—	600	1,46
23	1850	980	1140	4100—7500	2400	875	660	1,46
25	1970	980	1140	4500—8500	2700	—	700	1,82
27	2100	980	1140	5000—9500	—	1100	740	1,82
29	2310	980	1140	—	3600	—	800	1,82
31	2310	980	1140	—	4500	1400	820	1,82

Таблица 6

Сепаратор с ленточным транспортером

Габаритные размеры, *мм*					Скорость вращения, *об/мин*	Производительность, *кг/ч*	Масса, *кг*
сепаратора			приводного блока				
длина	ширина	высота	диаметр	ширина			
2200	1000	1600	280	70	80	100	260
2200	1300	1600	300	75	80	150	330
2200	1600	1600	350	80	80	200	470

Таблица 7

Ячеистый триер

Габаритные размеры, *мм*				Производительность, *кг/ч*				Скорость вращения цилиндра, *об/мин*		Масса, *кг*
барабанов		приводного блока		зерновая рожь	ячмень, рис	овес	смеси			
диаметр	длина	диаметр	ширина					круглые зерна	длинные зерна	
600	1000	300	80	200	160	120	120	13	14	250
600	1500	300	80	500	400	350	350	13	14	280
600	2000	300	80	700	560	420	420	13	14	305
600	2500	300	80	1000	800	600	600	13	14	340
600	3000	300	80	1200	960	720	720	13	14	380
450	1000	300	70	150	120	90	90	17	18	105
450	1250	300	70	300	240	180	180	17	18	110
450	1500	300	70	450	360	275	275	17	18	125
450	1750	300	70	550	440	330	330	17	18	155

Наклон цилиндра, *град*	8—10
Производительность ячеек, *кг/(ч·м²)*	
фрезерованных	200
штампованных	180
Число ячеек на 1 *м²*	
фрезерованных	30200
штампованных	23500
Габариты ячеек, *мм*	
глубина	3—5
диаметр	
маленькие круглые зерна и поломанные зерна	до 4
рожь и зерновые	4—5,5
ячмень	5,5—6
овес	6—7
Линейная скорость цилиндра, *м/сек*	0,30—0,35

Таблица 8

Ячеистый триер высокой производительности

Габаритные размеры, *мм*					Скорость вращения приводного блока, *об/мин*	Приблизительная производительность, *кг/ч*			Потребляемая мощность, *квт*	Масса, *кг*
триера			приводного блока			для зерновых		для ячменя в солодовне		
длина	ширина	высота	диаметр	ширина		на заводе	на мельнице			
1550	700	750	200	70	100	1200	800	600	0,15	330
1950	—	—	—	—	—	1800	1200	1000	0,22	365
1950	—	—	—	—	—	2200	1400	1200	0,22	380
2400	—	—	—	—	—	2700	2000	1600	0,30	410
2400	900	900	250	80	110	4000	2600	2000	0,36	500
3200	—	—	—	—	—	6000	4000	3200	0,44	620
3850	—	—	—	—	—	7500	5300	4000	0,60	680
3850	1100	1050	300	90	120	8500	6800	5000	0,73	1000

Таблица 9

Сортировочный барабан для зерна (калибратор)

Габаритные размеры, *мм*				Производительность (ячменя), *кг/ч*		Скорость вращения барабанов, *об/мин*	Потребляемая мощность, *квт*	Масса, *кг*
барабана		приводного блока						
диаметр	длина	диаметр	ширина	2-я фракция	3-я фракция			
600	1470	600	100	—	750	25	0,073	120
600	1470	600	100	1125	—	25	0,11	120
600	2130	600	100	—	1500	25	0,15	169
600	2130	600	100	1650	—	25	0,186	169
600	2790	600	100	—	2500	25	0,22	220
600	2790	600	100	2650	—	25	0,26	220
800	2130	700	120	—	3400	20	0,33	256
800	2130	700	120	4500	—	20	0,44	256
800	2790	700	120	—	6000	20	0,60	320
800	2790	700	120	7500	—	20	0,73	320

Длина отверстий, *мм* 25
Окружная скорость цилиндра, *м/сек* . . . . 80—90
Наклон цилиндра, *град* . . . . . 8—10
Производительность на 1 *м*² сита, *кг/ч* . . . 400

Таблица 10

Нагнетательный фильтр для воздуха

Количество рукавов	Габаритные размеры, *мм*					Скорость вращения, *об/мин*	Фильтрующая поверхность (высота этажа 3 *м*)*, $м^2$	Диаметр трубки, *мм*	Масса, *кг*
	фильтра			приводного блока					
	длина	ширина	высота	диаметр	ширина				
56 (8×7)	1360	845	3000	200	70	60	31,7	85	225
72 (9×8)	1465	950	3000	200	70	60	40,7	85	270
90 (10×9)	1570	1055	3000	200	80	60	50,9	85	330
121 (11×11)	1675	1265	3000	200	90	60	68,4	85	410
156 (13×12)	1885	1370	3000	200	100	60	88,2	85	500
192 (16×12)	2200	1370	3000	200	100	60	108,6	85	600
224 (16×14)	2200	1580	3000	250	100	60	126,7	85	650
252 (18×14)	2410	1580	3000	250	100	60	142,6	85	710
280 (20×14)	2620	1580	3000	250	100	60	158,4	85	770
42 (7×6)	1770	1190	3000	200	90	60	41,9	150	400
56 (8×7)	1950	1370	3000	200	90	60	55,9	150	440
72 (9×8)	2130	1550	3000	200	100	60	71,8	150	520
90 (10×9)	2310	1730	3000	200	100	60	89,8	150	640
108 (12×9)	2670	1730	3000	250	100	60	107,8	150	770
126 (14×9)	3030	1730	3000	250	100	60	125,7	150	860

* Фильтрующая поверхность, приведенная в этой таблице, соответствует сборникам общей высотой 3 *м*, включая арматуру и рабочие механизмы.

Таблица 11

Всасывающий фильтр для воздуха

Число			Габаритные размеры, *мм*			Габаритные размеры приводного блока, *мм*		Скорость вращения, *об/мин*	Фильтрующая поверхность, $м^2$	Масса, *кг*
камер	рукавов		длина	ширина	высота	диаметр	ширина			
	в камере	всего								
2	4	8	1000	560	3000	300	80	60	11,1	500
4	4	16	1950	560	3000	300	80	60	22,1	880
2	6	12	1000	780	3000	300	80	60	16,6	570
3	6	18	1530	780	3000	300	80	60	24,9	815
4	6	24	1950	780	3000	300	80	60	33,2	1000

Продолжение табл. 11

Число			Габаритные размеры, *мм*			Габаритные размеры приводного блока, *мм*		Скорость вращения, *об/мин*	Фильтрующая поверхность, *м²*	Масса, *кг*
камер	рукавов в камере	рукавов всего	длина	ширина	высота	диаметр	ширина			
2	8	16	1000	1000	3000	300	80	60	22,1	655
3	8	24	1530	1000	3000	300	80	60	33,2	880
4	8	32	1950	1000	3000	300	80	60	44,2	1100
5	8	40	2480	1000	3000	300	80	60	55,3	1300
6	8	48	2900	1000	3000	300	80	60	66,4	1600
7	8	56	3430	1000	3000	300	80	60	77,5	1900
8	8	64	3850	1000	3000	300	80	60	88,5	2050
9	8	72	4380	1000	3000	300	80	60	99,6	2200
12	8	96	5750	1000	3000	300	80	60	132,8	2500

Примечания. 1. Фильтрующая поверхность, приведенная в этой таблице, соответствует сборникам общей высотой 3 *м*, включая арматуру и рабочие механизмы.

2. 1 *м²* фильтрующей поверхности (по Баумгартнеру) является достаточным при производительности 10 *м³/сек*.

3. Потребляемая мощность — от 186 *квт* для малых моделей (50 *м³/м*) до 3,67 *квт* для больших (400—500 *м³/м*).

4. Следует по возможности свести к минимуму сопротивление при прохождении воздуха и для этого периодически проверять чистоту шлангов и давление в них.

Таблица 12

Циклон (центробежный вентилятор)

Габаритные размеры, *мм*				Объем воздуха, *м³/мин*	Масса, *кг*
цилиндра		заборного отверстия			
диаметр	высота	ширина	высота		
1200	1850	230	400	150	90
1400	2345	250	500	225	105
1550	2465	320	530	300	130
1700	2695	360	560	375	145
2000	3125	470	740	550	170
2200	3350	570	770	650	185

2. ТРАНСПОРТЕРЫ
(табл. 13—16)

Потребляемая мощность при перемещении (в %)

механическим транспортом	
перемещение продукта	15—30
удаление пыли	30—50
предохранительная аппаратура и сигнализация	10—40
пневматическим устройством	
перемещение продукта и удаление пыли	90—95
сигнализация и защитные устройства	8—10

РАСПОЛОЖЕНИЕ ТРУБОПРОВОДОВ В СОЛОДОВНЕ

Наиболее рациональное расположение (наклон в *град*) трубопроводов для:

ячменя (12%-ной влажности)	25—35
солода	25—35
горячего солода, не прошедшего росткоотбойку	35—40
зеленого солода	50—55
шелухи, сухой дробины	60—65
крупки	40—45
корешков	65—70
муки	65—80
пыли	75—85

Отсчет градусов следует производить от горизонтальной линии.

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ ПО РАСХОДУ ЭНЕРГИИ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ЗЕРНА

При транспортировке 50 *т/ч* ячменя на расстояние 30 *м* (по Циммеру) различными транспортными устройствами требуется энергии (в *квт*):

на встряхивающих столах (трясунах)	5,8—6,3
на ленточном транспортере	3,5
на шнековом транспортере	13,4

Характеристика встряхивающих столов (трясунов)

Габаритные размеры, *мм*	
ширина	200—1000
длина отдельных элементов	15000
Максимальный наклон, *град*	15
Амплитуда колебаний, *мм*	30—40
Частота колебаний, *мин*	250—320
Скорость транспортировки, *мм/сек*	170—260
Потребляемая мощность	незначительная

Характеристика ленточного транспортера

Максимальный наклон, *град*	45
Расстояние между роликами, *мм*	2000—4000
Скорость движения, *м/сек*	2—3

Ориентировочный расчет производительности

$$Q = l^2 v,$$

где Q — производительность, *гл/ч*;
l — ширина ремня, *м*;
v — скорость, *м/сек*.

При скорости движения 2 *м/сек* Баумгартнер предлагает следующие показатели для транспортерной ленты:

Ширина ленты, *мм*	350	400	500	600	700	800
Производительность, *кг/ч*						
при плоской поверхности ленты	12500	22500	45000	60000	75000	90000
при вогнутой поверхности ленты	17500	25000	47500	75000	85000	100000

Расчет потребляемой мощности:

1) $P = \frac{QL}{500}$,

где P — потребляемая мощность, *квт*;
Q — производительность ленточного транспортера, *кг/ч*;
L — длина ленточного транспортера, *м*;

2) по формуле Петн

$$P = \frac{1}{75}[(39 + 0{,}28L)\,Q + (1{,}5b + 0{,}005l)\,na],$$

где P — потребляемая мощность, *л. с.*;
L — общая длина транспортера, *м*;
l — расстояние транспортировки, *м*;
b — ширина транспортера, *м*;
a — объемная масса зерна, *кг*;
n — объемная масса зерна на транспортере, *л*.

Характеристика шнекового транспортера

Максимальный наклон, *град*	30
Расстояние между подшипниками, *мм*	2000—3000
Диаметр винта шнека, *мм*	120—400
Зазор между винтом шнека и желобом, *мм*	2—6
Шаг винта	0,5—0,7 d
Степень загрузки винта	0,2—0,4
Скорость вращения винта шнека, *об/мин*	$\frac{45}{\sqrt{D}}$ (где D — диаметр винта, *м*)

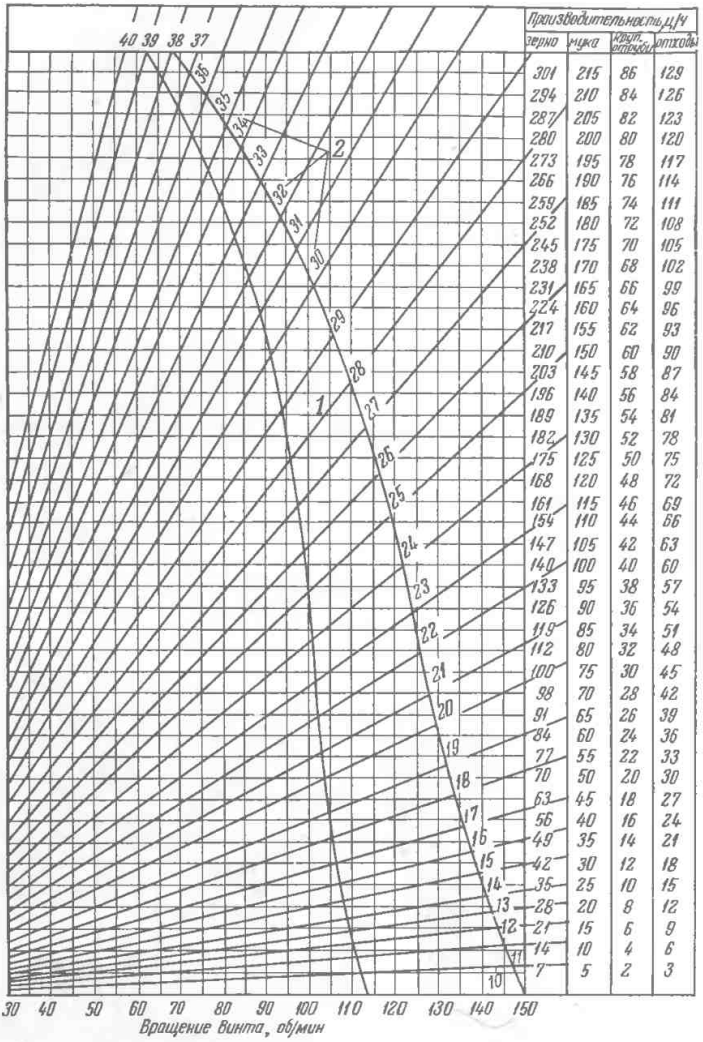


Рис. 1. Диаграмма для определения производительности шнекового транспортера:

1 — неиспользуемая зона для молотых продуктов, *2* — диаметры винта в сантиметрах.

На рис. 1 представлена диаграмма, при помощи которой можно определить производительность шнекового транспортера при перемещении зерна, муки и других продуктов в зависимости от скорости вращения винта и диаметра винта.

Расчет производительности винта:

1) по Баумгартнеру

$$L = 5d^2\pi ns,$$

где L — производительность, *л/ч*;
d — диаметр винта, *дм*;
n — скорость вращения винта, *об/мин*;
s — шаг винта, *дм*;

2) по Пети

$$G = 60srpdn \ кг/ч,$$

где G — производительность, *кг/ч*;
s — площадь винта, *дм²*;
r — степень загрузки;
p — шаг винта, *дм*;
d — объемная масса зерна, *кг*;
n — скорость вращения винта, *об/мин*.

Расчет потребляемой мощности (в *квт*)

$$P = \frac{QL}{200\,000},$$

где P — потребляемая мощность, *квт*;
Q — производительность, *кг/ч*;
L — длина винта, *м*.

Таблица 13

Труба транспортера-трясуна

Длина, *м*	5		10		15		20		25		30	
Диаметр, *мм*	150	180	150	180	150	180	150	180	150	180	150	180
Производительность, *кг/ч*												
ячменя .	6400	8700	4200	5000	2900	3400	2100	2400	1700	1800	1300	1400
муки . .	1800	2200	1100	1400	800	900	600	700	400	500	300	400
крупы . .	6200	8300	4000	5100	2800	3500	2100	2600	1700	2000	1400	1500
оболочки .	2300	3000	1500	1900	1000	1300	800	1000	600	700	500	600

Ковшовые элеваторы. Скорость приводного ремня элеватора определяется по формуле

$$2\sqrt{D},$$

где D — диаметр верхнего барабана, *мм*.

Скорость ковшовых элеваторов при перемещении зерна колеблется от 0,5 до 3 *м/сек*.

Заполнение ковшей 60—80% общей емкости.

Украинская центральная

Украинская центральная научно-техническая

Таблица 14

Транспортер Редлера (скребковый)

Ширина ленты, *мм*	Масса продукта на транспортере, *кг/м³*									
	1500	1250	1125	1000	900	800	700	600	500	250
	Производительность, *кг/ч*									
76,2	9400	7800	7100	6300	5600	5000	4400	3800	3100	1500
127	31800	26400	23800	21200	19000	17000	14800	12700	10600	5300
177,8	53400	44500	40000	35600	32000	28400	24800	21200	17800	8900
228,6	93000	77500	69600	62000	55600	49600	43400	37200	31000	15500
330,2	189000	157000	142000	126000	113500	100000	88200	75600	63000	31400
635	548000	456000	410000	363000	328000	292000	255000	219000	182000	91000

Примечание. Скорость движения ленты, *м/сек* 0,3

Таблица 15

Пневматические транспортеры[1]

Производительность, *кг/ч*	Расстояние транспортировки по горизонтали, *м*	Расход воздуха при давлении 1 *кгс/см²*, *м³/мин*		Внутренний диаметр трубопровода, *мм*		Давление или вакуум (в *м вод. ст.*) воздушного насоса при		Потребляемая мощность, *квт*
		для забора продукта	для перемещения продукта	для забора продукта	для перемещения продукта	заборе продукта	перемещении продукта	
1000	50	2	2,5	40	40	—	—	1,09
	100	3	3,5	46	46	—	—	1,5
	150	4	4,5	54	54	1,5	1,5	2,1
	200	5	6	64	64	—	—	2,6
2000	50	2,5	5	50	54	—	—	2,1
	100	3,5	7	58	64	—	—	3,1
	150	4,5	9	70	76	1,5	1,5	4,2
	200	5,5	11,5	76	88	—	—	5,2
5000	50	4	11	54	82	—	2	5,5
	100	6	14	64	95	—	2	7,3
	150	8	17	76	100	4—6	2,5	9,8
	200	10	20	88	113	—	2,5	12,4
10000	50	6	17	70	100	—	2,5	10,9
	100	8	22	82	119	—	2,5	14,6
	150	12	28	100	125	4—6	3	19,7
	200	15	34	113	143	—	3	24,8
20000	50	10	35	106	143	—	2,5	21,9
	100	14	47	119	169	—	2,5	29,2
	150	18	58	139	180	4—6	3	39,4
	200	22	70	152	203	—	3	49,6

[1] Эти характеристики (по Гартману) относятся к среднему ячменю при высоте подъема 20 *м* с тремя или четырьмя поворотами (коленами) в системе.

Производительность элеватора определяется по формуле

$$Q = 3600ncve,$$

где Q — производительность, *м³/ч*;
n — число ковшей на 1 *пог. м* ленты элеватора;
c — емкость ковша, *м³*;
v — скорость движения ленты элеватора, *м/сек*;
e — коэффициент заполнения ковшей, %.

Расчет потребляемой мощности элеватора производится по формуле

$$P = \frac{Dh}{75 \cdot 3600R},$$

где P — потребляемая мощность, *л. с.*;
D — производительность элеватора, *кг/ч*;
h — высота элеватора, *м*;
R — паспортная производительность, %: при 1000—10000 *кг/ч* — 30—75; при 10000—50000 *кг/ч* — 75—95.

Таблица 16

Обыкновенные ковшовые элеваторы

Натяжной шкив, *мм*		Приводной шкив, *мм*				Скорость вращения приводного шкива, *об/мин*		Приблизительная производительность для ячменя, *кг/ч*
		без передачи		с передачей				
диаметр	ширина	диаметр	ширина	диаметр	ширина	без передачи	с передачей	
500	200	1000	120	800	120	90	270	15000
500	200	1000	120	800	120	90	270	30000
710	260	1250	140	1000	140	63	189	50000
710	300	1250	140	1000	140	63	189	75000
1000	300	1250	140	1000	140	50	250	75000
1000	400	1250	140	1000	140	50	250	100000
1250	400	1250	140	1000	140	45	180	100000
1250	500	1250	140	1000	140	45	180	150000
1250	600	1250	170	1000	170	45	180	200000

Подъемник (элеватор) для мешков. Расчет потребляемой подъемником мощности определяется по следующей формуле:

$$P = \frac{vM}{75},$$

где P — потребляемая мощность, *л. с.*;
v — скорость, *м/сек*;
M — перемещенная масса, *кг*.

Скорость движения подъемника обычно колеблется от 0,1 до 1 *м/сек*.

Стальной канат прочнее, чем пеньковый: он может выдержать от 6 до 8 *кг/мм²*.

3. ХРАНЕНИЕ ЯЧМЕНЯ И СОЛОДА

ОСНОВНЫЕ УСЛОВИЯ ХРАНЕНИЯ

Не следует хранить ячмень с содержанием влаги выше 15—16%. Желательно хранить очищенный ячмень.

В зерноскладах высота слоя зависит от влажности зерна: чем больше влажность, тем меньше должна быть высота.

Желательно установить в зерноскладах и силосах дистанционные термометры для выявления возможного самосогревания зерна или солода.

Следует хранить солод в герметически закрытых силосах во избежание увлажнения его, что всегда отрицательно отражается на качестве солода. Необходимо солод оставить для отлежки (до момента его использования в варнице) на 28—35 дней.

В пивоварении емкость силосов для солода не должна превышать 10 *т* во избежание смешивания сортов ячменя (табл. 17).

Таблица 17

Емкость цилиндрических силосов (в *гл*)

Высота, *м*	Диаметр, *м*						
	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
3	230	315	418	536	670	820	990
4	300	412	544	695	866	1058	1272
5	370	508	670	853	962	1295	1555
6	440	604	795	1012	1259	1532	1837
7	510	700	821	1171	1455	1770	2140
8	580	795	1046	1330	1651	2007	2402
9	651	892	1171	1489	1847	2244	2685
10	722	988	1298	1647	2044	2482	2967
11	793	1085	1423	1805	2240	2719	3250
12	864	1180	1549	1965	2436	2956	3532
13	935	1276	1680	2124	2632	3194	3815
14	1005	1372	1800	2283	2828	3431	4098
15	1076	1468	1925	2441	3025	3668	4380
16	1147	1565	2051	2600	3220	3905	4663
17	1217	1661	2177	2700	3417	4143	4945
18	1288	1757	2302	2918	3613	4380	5228
19	—	1853	2428	3077	3800	4617	5511
20	—	1949	2554	3235	4006	4855	5793
21	—	—	2679	3394	4202	5092	6076
22	—	—	2805	3553	4398	5329	6358
23	—	—	—	3712	4594	5567	6541
24	—	—	—	3870	4790	5804	6924
25	—	—	—	4030	4987	6041	7207
26	—	—	—	—	5185	6278	7489
27	—	—	—	—	5379	6516	7771
28	—	—	—	—	5575	6753	8054
29	—	—	—	—	5771	6990	8337
30	—	—	—	—	5968	7228	8620

В зависимости от количества ячменя на 1 $м^2$ складской площади зерно можно хранить слоем высотой (в *см*)

для 70 *кг* ячменя 10
для 140 *кг* ячменя 20
для 350 *кг* ячменя 50

Загрузка складов для зерна. Нормы загрузки на 1 $м^2$ при высоте слоя зерна 1 $м$ (в $кг$)

для ячменя	600
для солода	500

Потери при хранении, %

I квартал	1,3
II »	0,9
III »	0,5
IV »	0,3

ДАВЛЕНИЕ ЗЕРНА В СИЛОСАХ

Давление, оказываемое зерном в силосах при различной высоте слоя, приведено в табл. 18.

Таблица 18

Давление, оказываемое зерном в силосах

Высота слоя зерна (ячменя), $м$	Давление слоя зерна на 1 $м^2$ дна силоса, $т$			
	при площади, $м$			
	1,5	2	3	4
4	1,32	1,60	1,95	2,20
5	1,40	1,72	2,22	2,52
6	1,44	1,82	2,38	2,80
7	1,46	1,88	2,55	3,04
8	1,48	1,91	2,62	3,20
9	1,49	1,94	2,72	3,34
10	1,49	1,96	2,77	3,44

Примечания. 1. Выше 10 $м$ давление на дно не увеличивается.

2. Боковое давление составляет 75% от приведенных выше цифр.

3. При хранении солода эти цифры увеличиваются на 20%.

БОРЬБА С ВРЕДИТЕЛЯМИ ЗЕРНА

Необходимые мероприятия:

Тщательная проверка всего зерна, поступающего в солодовню.

Использование преимущественно металлических или шлифованных железобетонных силосов.

Устранение в деревянных частях трещин и щелей, служащих убежищем для паразитов.

Замазка щелей и пустот гипсом, штукатуркой и т. п.

Учесть, что оптимальная температура для уничтожения долгоносика равна 26° С; погибает он при температуре от 15 до 50° С.

Хранение зерна выше 14%-ной влажности в открытых силосах. В закрытых силосах такое зерно хранить не рекомендуется.

Использование пневматического всасывающего транспорта, равно как и нагревание до 50—52° С, с последующим провеиванием. При работе в этих условиях следует немедленно сжечь всю пыль.

Порошки, приготовленные из извести или кремнезема (двуокись кремния), действуют эффективно только при сухой атмосфере и когда они сильно измельчены. В настоящее время добавляют к ним ДДТ.

Использование для дезинфицирования помещений сернистого ангидрида, но только в отсутствие ячменя, так как этот препарат отрицательно действует на зародыши.

Обычно используются летучие ядовитые вещества, которые не оставляют запаха и ослабляют способность к прорастанию. Однако работа с ними опасна, так как они по большей части легко воспламеняются.

Чаще всего используют следующие вещества.

Сероуглерод (250 *г* на 1 *м*²) — сильновоспламеняющийся и вредный; образует взрывчатую смесь.

Четыреххлористый углерод — весьма эффективное средство.

Хлорпикрин — очень эффективное, но опасное средство.

Цианистоводородная (синильная) кислота — сильнодействующее, но очень опасное средство. Во Франции оно запрещено.

Арежиналь — очень эффективное патентованное средство, используется при 20—25° С, не оказывает никакого действия на организм человека, зерно, металлы; не взрывается; не воспламеняется; эффективно уничтожает долгоносиков. При применении арежиналя (200 *см*³ на 1 *м*² помещения в течение 12 *ч*) требуется помощь специалистов.

ДДТ — наиболее употребляемое в настоящее время средство.

4. ЗАМОЧКА ЯЧМЕНЯ

Цель замочки заключается в том, чтобы повысить содержание влаги и кислорода в зерне до необходимого для его прорастания количества. При замочке происходит также очистка зерна, распад некоторых компонентов его оболочки и начало химических и биологических процессов, протекающих при прорастании.

Расчет количества замочных чанов производится по формуле

$$n = 1 + \frac{Nt}{P},$$

где n — количество замочных чанов;

N — количество центнеров зерна, предназначенного для замочки в день;

t — продолжительность замочки, дни;

P — емкость каждого чана, *ц*.

Конструкция и емкость замочных чанов. Замочные чаны имеют прямоугольную или цилиндрическую форму с пирамидальным или коническим основанием.

Общая высота замочного чана не должна превышать 3 *м*; из них на цилиндрическую часть приходится от 1,25 до 1,5 *м*.

У конической или пирамидальной части угол наклона боковых сторон должен составлять не менее 45° для того, чтобы было обеспечено быстрое освобождение чана.

Для 100 *кг* ячменя необходим чан емкостью 2,5 *гл* + 5%; для 1 *гл* ячменя требуется чан емкостью 1,4 *гл* + 5%.

Максимальная емкость замочного чана 15 000 *кг*.

Расход воды на замачивание ячменя. В среднем воды расходуется на 1 *ц* ячменя (в *гл*):

первая вода	1,9—2
при каждой смене воды	1—1,2

При числе *n* перемен воды требуется $(1{,}9 + n)$ *гл* на 1 *ц* ячменя.

Количество сплава. В среднем количество сплава зерна составляет около 2% от зерна, взятого для замочки.

Увеличение объема зерна во время замочки. Ячмень увеличивается в объеме на 50%, пшеница — на 50%, рожь — на 60%.

Расход воздуха во время замочки. Воздух потребляется:

при перекачке из одного чана в другой — от 15 до 20 *л* при давлении от 2 до 3 *кгс/см²* на 100 *кг* ячменя, что обеспечивает производительность от 50 до 60 *ц/ч*;

при аэрировании без воды — от 35 до 40 *л* в минуту для 100 *кг* при давлении 1 *кгс/см²*;

при аэрировании под водой — от 25 до 30 *л* в минуту для 100 *кг* при давлении 0,5 *кгс/см²*.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ЗАМАЧИВАНИЯ

Средняя продолжительность замочки, *ч*

при 20° С	40—50
при 10° С	75—90

Продолжительность аэрирования — от $^1/_4$ до $^3/_4$ продолжительности замочки.

Количество абсорбированной воды во время замочки, %

для светлых сортов солода	45—50
для темных сортов солода	50—54

50% абсорбированной воды соответствует общей влажности 43,3% для ячменя с начальной влажностью 15%.

Влияние температуры воды на продолжительность замачивания. Количество абсорбированной воды, одинаковое при температуре воды:

до 20° С	после 40 *ч*
до 15° С	после 63 *ч*
10° С	после 90 *ч*

Способы замочки (табл. 19).

Таблица 19

Различные способы замочки

Замочка	Общая продолжительность замачивания, ч	Время нахождения ячменя под водой, ч	Время открытой замочки, ч	Аэрирование
Непрерывная	78	78	—	—
Чередующаяся	51	30	21	25 раз по 5 *мин*
Предварительная с промывкой	57	41	16	4 раза по 1 *ч*
Холодная чередующаяся	70 (вода 10° С)	40	30	6 раз по 30 *мин*
Умеренная чередующаяся	30 (вода 14° С)	15	15	4 раза по 45 *мин.* Перемена чана
По методу Леберле . .	60	16	44	60 раз по 5 *мин.* Перемена чана

ПОГЛОЩЕНИЕ ВОДЫ ЗЕРНОМ

Скорость поглощения воды зерном. Начальная влажность ячменя 16%, температура воды для замочки 11—12° С.

Количество поглощенной воды, %

после 12 *ч*	30
» 36 *ч*	42
» 60 *ч*	46
» 72 *ч*	49
» 84 *ч*	51

Оценка качества замоченного зерна. Хорошо замоченное зерно должно:

быть эластичным и легко поддаваться надкусыванию;

легко раздавливаться между пальцами, оставляя свою оболочку;

как правило, иметь поперечный срез с белой точкой посередине.

Определение степени замочки. Количество поглощенной воды A измеряется при помощи мешка или металлической корзины определенного объема (например, 1 *кг* ячменя), которую периодически взвешивают (после стекания воды), но всегда за одинаковый отрезок времени.

Влажность H замоченного ячменя соответствует снижению массы чашечки, которая содержит около 200 *см*³ парафина при 125° С и в которую постепенно дают 100 *г* зеленого солода.

Соотношение между конечной влажностью и абсорбированной водой (см. рис. 3) определяют по формуле

$$H = \frac{(A + h)\,100}{100 + A} \text{ и } A = \frac{(H - h)\,100}{100 - h},$$

где H — конечная влажность замоченного ячменя;
A — поглощение замочной воды;
h — начальная влажность ячменя.

Влияние состава воды на качество замочки. Из-за состава оболочки, которая подобна полупроницаемой перегородке, проникновение воды ограничивается действием на оболочку зерна ячменя:

соли окиси кальция (извести) и магния не растворяют танины, которые остаются в оболочках;

бикарбонаты окиси кальция и магния так же, как щелочные карбонаты, удаляют смолы, отчасти вызывающие «вкус соломы».

Вывод. Для замочки лучше употреблять известковую и щелочную воду, чем пресную и мягкую.

ВЕЩЕСТВА, ДОБАВЛЯЕМЫЕ В ВОДУ ДЛЯ ЗАМОЧКИ

Окись кальция. Следует использовать преимущественно известковую умягченную нейтрализованную воду, содержащую 1,36 *г* CaO в 1 *л*. В воду при повторной замочке добавляют 25—30 *г* CaO на 1 *гл* воды.

Перекись водорода в количестве 500 *г*, а в некоторых случаях 1 *кг*, при разбавлении водой в соотношении 1 : 130 (объемных) можно использовать для замачивания влажного или не полностью созревшего ячменя. Замочка с использованием перекиси водорода позволяет определить энергию прорастания ячменя непосредственно после уборки урожая.

Марганцовокислый калий (перманганат калия). Добавлением его достигается незначительное сокращение времени прорастания и небольшое повышение экстрактивности. Это очень хороший антисептик, обеспечивающий зерно кислородом в ранней стадии наклевывания. Используемая доза перманганата калия зависит от количества органических веществ; обычно она составляет 0,01 *г* на 1 *л* воды. Количество перманганата калия можно довести до 10 *г* на 1 *гл*.

Формалин, 50 *см*^{3} раствора на 1 *гл* воды.

Кислый сернистокислый натрий (бисульфит натрия). Слегка активизирует способность прорастания при добавлении 50 *см*^{3} раствора (80 *г* безводной соли на 1 *л*) на 1 *гл* воды для замочки ячменя.

Едкий натр или едкое кали (по способу Муфанга), доза до 0,1%. Фактически мало используется.

Серная кислота употребляется в очень малых дозах (от 10 до 20 *г* на 1 *гл*). Она улучшает диастатическую силу и усиливает запах зеленого солода. Используется редко.

Жавелевая вода, доза 500 *г* на 10 *гл* воды. Используется мало.

Антисептики могут быть использованы только для инфицированных ячменей, способных плесневеть в процессе солодоращения.

Примерная диаграмма замочки представлена на рис. 2.

Аэрирование, показанное на диаграмме, производилось 23 раза по 15 *мин*:

без воды	33 *ч*
под водой	36 *ч*
Всего	69 *ч*

На рис. 3 дан график, указывающий влажность замоченного ячменя H в зависимости от количества поглощенной воды A и начальной влажности ячменя h.

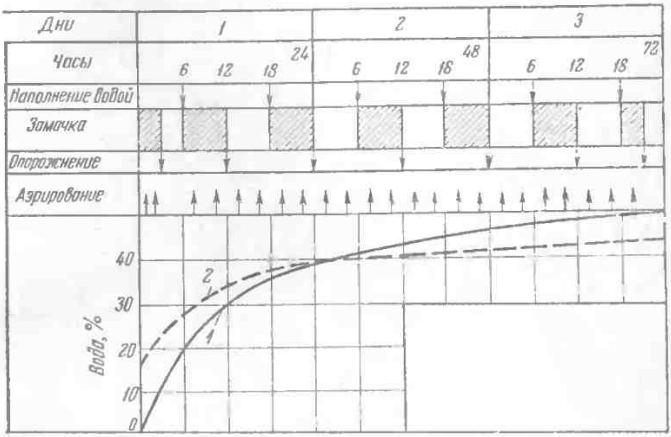


Рис. 2. Примерная диаграмма замочки:
1 — поглощение воды; *2* — влажность.

5. СОЛОЖЕНИЕ ЯЧМЕНЯ

Цель соложения — накопление амилолитических ферментов, необходимых для последующего осахаривания крахмала, содержащегося в ядре зерна.

В процессе соложения проявляется расщепляющее действие ферментов:

цитазы на клеточные стенки эндосперма;
протеазы на альбуминоиды;
амилазы на зерна крахмала.

В результате этого действия происходит распад крахмала и превращение жесткой и роговидной части зерна ячменя в мягкую и хрупкую массу; ростки живут и развиваются.

Температура жизнедеятельности ростка принята (в °С) для:

начала прорастания	5
оптимального развития ростка	27
остановки прорастания	38
разрушения зародыша	55

ТЕХНОЛОГИЯ СОЛОЖЕНИЯ

На графике соложения на токовых солодовнях (рис. 4) указаны колебания температуры.

1-й день

Выгрузка зерна на ток. Выгрузка производится сухим путем. Высота слоя (15—50 *см*) обусловлена влажностью зеленого солода и температурой солодовни.

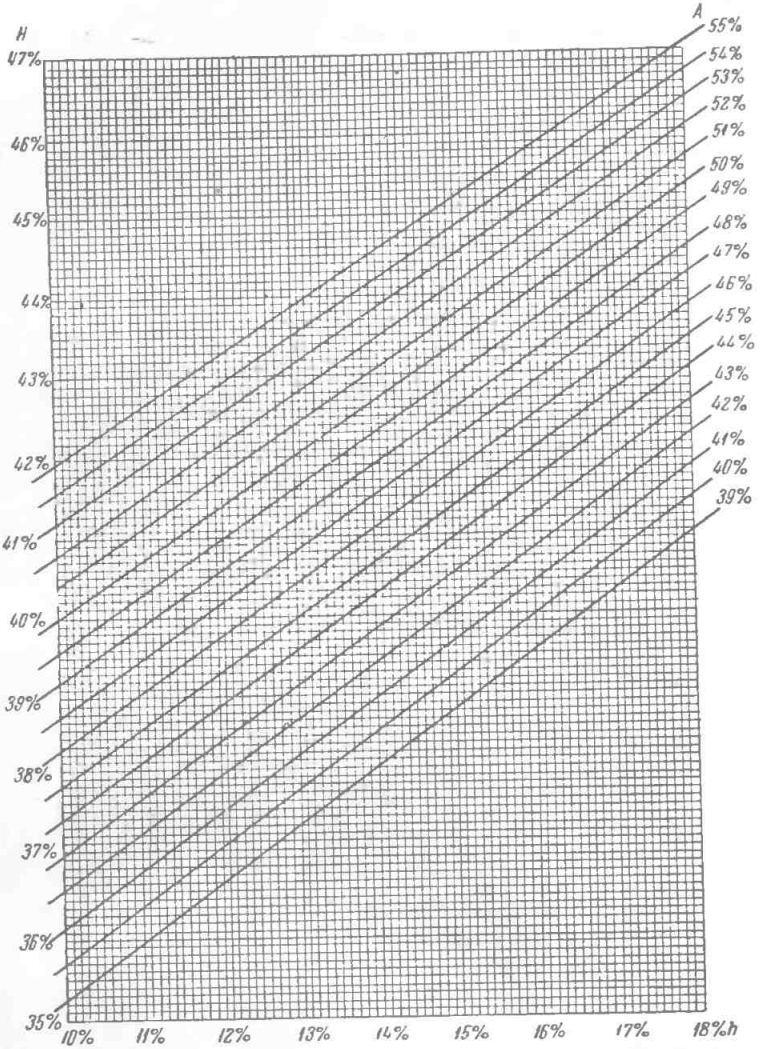


Рис. 3. Конечная влажность замоченного ячменя H в зависимости от количества поглощенной воды A и начальной влажности ячменя h.

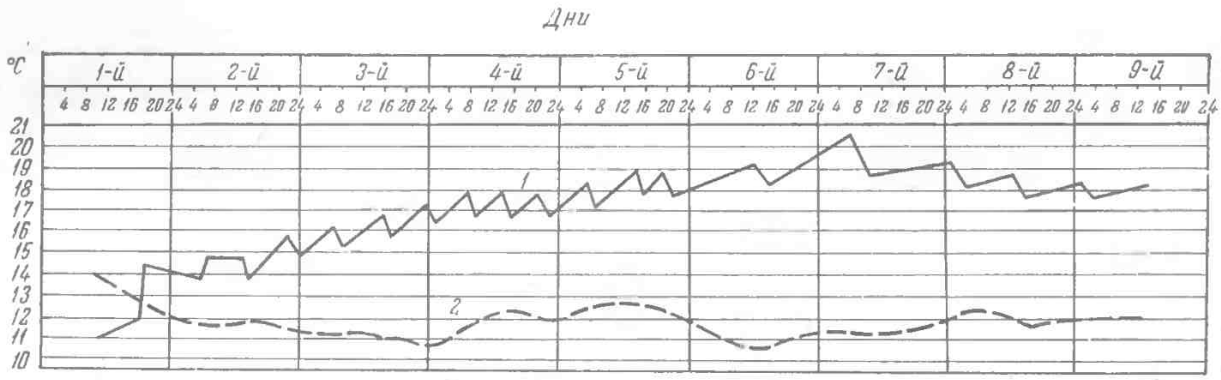


Рис. 4. Соложение на токах:
1 — температура в слое, *2* — температура в растильном ящике.

Перелопачивание — ворошение длится 8—10 *ч*.
Ячмень склонен к высыханию; температура остается постоянной.

2-й день

В зерне появляются ростки: ячмень «наклевывается».
Температура стремится к повышению.
Поверхность слоя начинает «потеть».
Для правильного течения процесса необходимо:
увеличивать длину слоя при каждом ворошении;
избегать повышения температуры более 14° С;
хорошо выровнять слой во время ворошения и следить за тем, чтобы верхний слой попал вниз;
подбирать края после каждого ворошения;
тщательно чистить проходы;
не задевать зерна обувью.

3-й день

Ростки удлиняются, следует стараться выращивать короткие и курчавые ростки. Избегать получения длинных тонких ростков. Температура увеличивается (15—16° С).
В данном случае необходимо:
поддерживать температуру в растильных устройствах 10—12° С при помощи вентиляционных устройств;
ворошить все 6—8 *ч*, сообразуясь с температурой слоя (при очень сильном согревании следует лишний раз переворошить слой);
увеличить при необходимости поверхности слоя.

4-й и 5-й дни

Большей частью ростки прекращают рост на 5-й день.
Зародышевый листок сильно увеличивается.
Температура при этом стремится быстро повыситься.
Зеленый солод приобретает запах огурца.
Необходимо:
если процесс прорастания протекает правильно, то массу ворошить через каждые 8 *ч*;
если температура достигает 18° С, то снова увеличить поверхность слоя, чтобы температуру сохранить на уровне 16° С;
если замочка произведена неудовлетворительно, то перед перелопачиванием произвести орошение ячменя из пульверизатора из расчета 0,5—1 *л* воды на 1 *ц* ячменя.

6, 7 и 8-й дни

Ростки увеличиваются, курчавятся (длина их достигает $^1/_2$ длины зерна).
Зародышевый листок увеличивается под оболочкой (до $^3/_4$ длины зерна).
Температура сильно повышается. Ядро зерна белое, растирается между пальцами в гладкую массу (растворение).
Следует, начиная с 5-го или 6-го дня, слой ячменя подвергать различной термической обработке в зависимости от того, какой нужно получить солод — светлый или темный.
При производстве темного солода (см. рис. 4) технология одинакова для работы с белковистыми и стекловидными сортами ячменя:
взять первую пробу на 5—6-й день: оставить слой на 18 *ч*, не переворачивая;

взять вторую 24-часовую пробу на 6—7-й день.
Толщина слоя около 20 *см*.
Температура в слое повышается до 20—22° С.
Следует брать пробы:
а) только из партий здорового ячменя во избежание заплесневения;
б) только при достаточной влажности.
При производстве светлого солода:
начиная с 6-го дня слои ворошат через каждые 12—16 *ч*;
температура повышается медленно до 18—19° С;
слой «потеет» слабо.
Зародышевый листок разрастается на $^2/_3$ длины зерна.

Пневматическое соложение

Ворошение и аэрирование солода зависят исключительно от соблюдения температурного режима.

Протекание процесса такое же, как и при соложении на токах (см. выше).

Соложение в ящиках. Выгрузка зерна после замочки в ящики производится очень часто гидравлическим путем.

Можно приступить непосредственно к ворошению для того, чтобы сделать слой однородным.

Следить за чистотой ящика — мыть его с известью, не жалея воды во избежание появления плесени.

Толщина слоя при вымочке 50—60 *см*.

Слой оставляют на 18—24 *ч* в покое.

Следить непрерывно за работой установки кондиционирования, которая аэрирует слой ячменя воздухом, насыщенным влагой. Со 2—4-го дня слой ячменя ворошат каждые 12 *ч*, и на 4-й или 5-й день производят орошение его.

Начиная с 4-го дня слой ворошат 1 раз в день.

С 5-го по 9-й день одно перемешивание за 24 *ч* вполне достаточно.

При производстве темного солода:
сократить аэрацию до 3—5 дней;
интенсифицировать орошение на 3, 4 и 5-й дни;
дать температуре подняться до 18—20° С;
использовать для аэрации отработанный воздух (рециркуляция).

При производстве светлого солода:
не допускать температуры выше 16—17° С, для чего интенсифицировать аэрацию.

Соложение в барабанах. Передача зерна после замочки в барабаны производится сухим или влажным способом в зависимости от конструкции солодорастильных барабанов.

Вращение барабана:

1-й день	3—4 *об/ч* с аэрацией
2-й день	5—6 *об/ч* с аэрацией и орошением водой
3-й день	то же
4-й день	6—8 оборотов за 1,5—2 *ч* с аэрацией
5-й день	то же

6-й день	5—6 оборотов за 1,5 *ч* с аэрацией
7-й день	4—5 *об/ч* с незначительной аэрацией
8-й день	8 оборотов за 1—2 *ч* с интенсивной аэрацией
9-й день	выгрузка

При производстве темного солода необходимо:
интенсифицировать орошение на 2, 3, 4 и 5-й день;
дать возможность подняться температуре слоя до 18—20° С, уменьшив аэрацию;
использовать отработанный воздух.
При производстве светлого солода температура слоя не должна превышать 16—17° С. В случае необходимости следует усилить аэрацию.

Соложение на токах

Площадь (вычислена из расчета объема зеленого солода от 360 до 370 *л* на 100 *кг* ячменя) 3,3 *м²* на 100 *кг* ячменя, что даст в результате конечную толщину слоя зеленого солода — 12—13 *см*.
Наклон струи воздуха при соложении 2°.
Высота растильных устройств около 3 *м*.
Температура 10—13° С.
Влажность растильных устройств минимум 95%.
Ворошители — потребляемая мощность большими передвижными ворошителями на рельсах 2,19 *квт*.
Дезинфекция помещений. Применяемые средства:
для стен известковое молоко с добавлением 5% $CuSO_4$;
для воздуха известь, бисульфит (см. раздел IV).
Количество зеленого солода, вырабатываемое одним работником в час (по Фертигу), *кг*:

на передаче зерна после замочки	5000
при соложении, когда происходит «наклевывание» ячменя (2-й день)	4000
на молодой роще (4-й день)	3500
на слое, где ячмень курчавится (5—6-й день)	2500
на сухом солоде	4000

Соложение в ящиках

Увлажнитель. Расход воды на 1 *м³* воздуха, *г*

летом	50
зимой	до 200

что соответствует расходу воды порядка 250—2000 *л* на 100 *кг*, учитывая поступление воздуха 5000 *м³* зимой и 10 000 *м³* летом.
Ящики. Емкость от 10 000 до 20 000 *кг* и больше.
Минимальный наклон ложного дна 2°.
Площадь отверстий ложного дна 15—20% общей площади.
Толщина слоя замоченного ячменя 50—60 *см*.

Толщина слоя зеленого солода к концу соложения 0,8—1 *м*, что соответствует максимальной загрузке сухого ячменя на 1 $м^2$ около 260 *кг*.

Нагрузка ложного дна всегда предусматривает массу в 300 $кг/м^2$.

Ворошители. Скорость 0,5—0,6 *м/мин*.

Потребляемая мощность около 2,19 *квт* при радиусе действия 3 *м*.

Барабаны. Предельная емкость от 3000 до 20 000 *кг*.

Рабочая емкость около 10 000 *кг*.

Длина $2D$.

Скорость вращения барабана 3—4 *об/мин*.

Расход мощности на производство 100 *кг* зеленого солода 12—15 *квт*.

Воздуховоды и вентиляторы. Потеря давления, возникающая в слое солода (по Пти):

$$r = 0,22Q^2h,$$

где Q — расход воздуха, $м^3/(мин \cdot м^2)$;

h — высота слоя солода.

Потеря напора, возникающая в воздуховодах (по Де Клерку):

$$h = k\delta \frac{LP}{S} v^2,$$

где h — потеря напора, *мм вод. ст.*;

k — коэффициент сопротивления:

для круглых и прямых воздуховодов с гладкой поверхностью малого диаметра — 0,0004,

для аналогичных воздуховодов, но с диаметром 30—40 *см* — 0,0003,

для аналогичных воздуховодов, но с диаметром 60—100 *см* — 0,0002.

Если воздуховоды пористые, то коэффициент увеличивается на 10%. У прямоугольных воздуховодов из кирпича или цемента коэффициент сопротивления составит 0,0003;

L — длина воздуховода, *м*;

P — периметр;

S — сечение, $м^2$;

v — скорость движения воздуха, *м/сек*;

δ — объемная масса перемещаемого газа, $кг/м^3$; принимается равной 1,2 $кг/м^3$ для воздуха с нормальной температурой.

Потребляемая мощность вентиляторов

$$\frac{Nr}{75R} \text{ л. с.},$$

где N — количество воздуха, $м^3/сек$;

r — общее сопротивление;

R — производительность (к. п. д.).

К. п. д. вентилятора составляет около 0,3—0,4. Некоторые современные вентиляторы достигают производительности 70—80%.

6. СУШКА ЗЕЛЕНОГО СОЛОДА

Цель сушки. Сушка производится с целью довести содержание влаги в зеленом солоде до такого количества, при котором становятся невозможными самопроизвольные (спонтанные) ферментативные изменения.

ТЕХНОЛОГИЯ СУШКИ СОЛОДА

Светлый солод (типа Пильзенского). Сушку следует осуществлять быстро, чтобы получить солод нужного цвета, для чего необходимо обеспечить тягу.

При работе на верхней решетке следует:

сушку вести непосредственно после загрузки решетки солодом, для предотвращения дальнейших биохимических изменений в солоде.

Влажность при сушке должна быть снижена максимум за 12 *ч* с 44—45 до 10—12%, какой бы ни была продолжительность сушки (2 раза по 12 *ч* или 2 раза по 24 *ч*).

Повышение температуры допускается только в том случае, если влажность солода составляет 10—12%.

Во время сушки температура не должна превышать 50° С, точнее допускается при содержании влаги: 45—30% — не более 35—40° С; 30—10% — не более 40—50° С.

При работе на нижней решетке следует:

довести влажность солода до 2—3%;

не допускать прохождения слишком горячего воздуха, который повредит солод на верхней решетке.

Нагрев должен производиться с учетом того, каким должен быть солод, какой используется ячмень, какая конструкция сушилки и т. д.

Отсушка производится в течение 3—5 *ч* при температуре 80—85° С, что вполне нормально для получения светлого солода.

Ворошение. Этот процесс обеспечивает получение одинаковой температуры и влажности зеленого солода. После каждого ворошения необходимо следить за заполнением образовавшихся выемок.

При выработке светлых солодов необходимо придерживаться следующего режима ворошения:

на верхней решетке

до 30° С	каждые 4 *ч*
до 40° С	каждые 2 *ч*
до 50° С	каждый час

на нижней решетке

до 60° С	каждые 2 *ч*
до 70° С	каждый час
выше 70° С и при сильном нагреве	непрерывно

На рис. 5 приведена диаграмма сушки солода сорта Пильзенский с циклом 2 раза по 12 *ч*, на рис. 6 — диаграмма сушки солода того же сорта с циклом 2 раза по 24 *ч*.

Темный солод (типа Мюнхен). Сушку следует проводить медленно для того, чтобы сохранить достаточную влажность во время повышения температуры и таким образом дать возможность солоду приобрести нужные цвет и свойства.

Сушку осуществляют всегда двойным циклом по 24 ч.
Не все сушилки приспособлены для выработки темного солода.

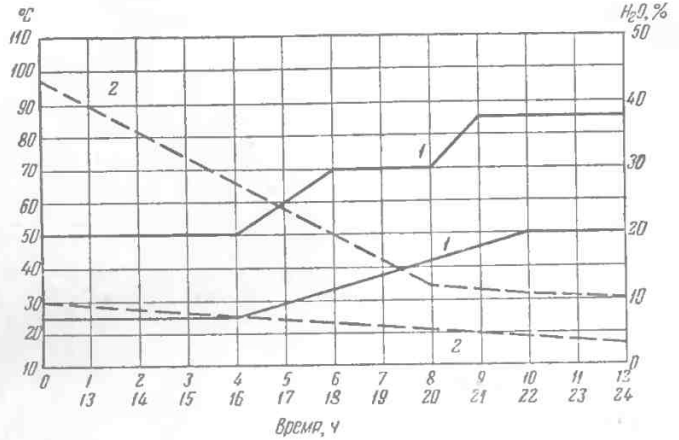


Рис. 5. Диаграмма сушки солода типа Пильзенского:
1 — температура солода, *2* — влажность солода.

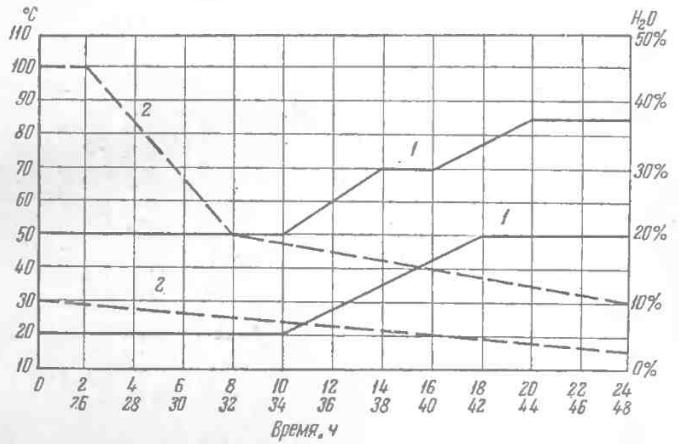


Рис. 6. Диаграмма сушки солода типа Пильзенского:
1 — температура солода, *2* — влажность солода.

При работе на верхней решетке следует ослаблять сушку путем снижения тяги или большей загрузки решетки. Это обеспечит дополнительное растворение, необходимое для образования меланоидинов, нужных для получения цвета и соответствующего свойства солода.

На этой решетке температура должна быть не выше 65—70° С, а точнее при влажности: 20—45% — не выше 40° С; до 20% — в пределах 60—65° С.

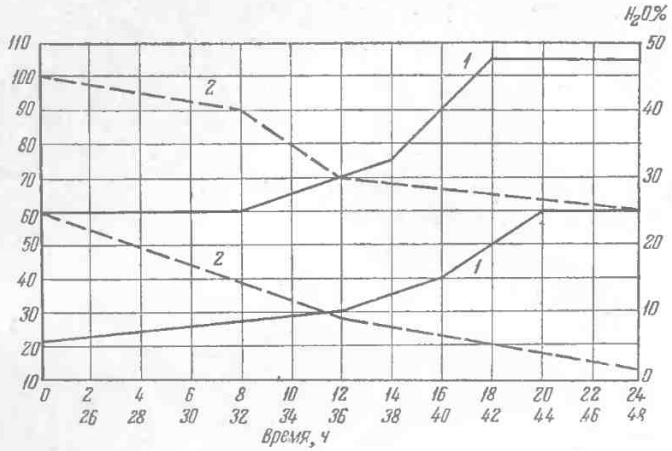


Рис. 7. Диаграмма сушки солода типа Мюнхенского:
1 — температура солода, *2* — влажность солода.

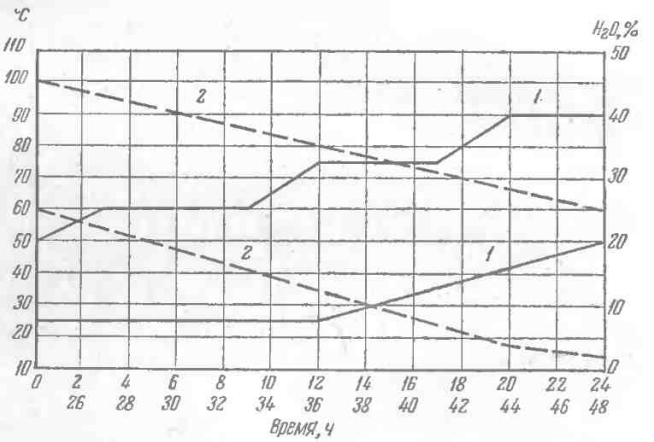


Рис. 8. Диаграмма сушки солода типа Венского:
1 — температура солода; *2* — влажность солода.

Обычно считают, что влажность можно снизить с 45 до 20% за 12 *ч*. Рекомендуется это производить за 10 *ч*.

При работе на нижней решетке необходимо, чтобы солод содержал 20% влаги. Если этот процент будет ниже, то полу-

чится солод с неудовлетворительной окраской; если процент будет выше, то ферменты будут инактивированы.

Можно принять следующий режим температуры и влажности:

при 10—20%	50° С
при 5—10%	100—105° С
при 2—5%	до 105° С

Для получения солода нужного цвета следует достичь температуры 100° С, во всяком случае не выше 105° С, чтобы свести до минимума инактивацию ферментов, снизить экстрактивность, что позволит избежать неполного осахаривания и дефектного брожения.

Продолжительность нагрева зависит от сорта ячменя и состава зеленого солода; она колеблется от 2 до 5 *ч*.

Ворошение. Число их больше, чем при сушке светлого солода (табл. 20).

Таблица 20

Время ворошения

Стадия	Верхняя решетка	Нижняя решетка
Сушка	Каждые 2 *ч*	Каждые 2 *ч*
Повышение температуры	Каждый час	Каждый час
Нагрев	» »	Каждые полчаса

На рис. 7 приведена кривая сушки темного солода типа Мюнхен (цикл 2 раза по 24 *ч*), на рис. 8 — кривая сушки янтарного солода типа Венский (цикл 2 раза по 24 *ч*).

СУШИЛКИ

Сушилки состоят из решеток с сеткой:

металлической с 30—40% свободной площади для прохождения воздуха или

из перфорированного железного листа с 15—20% свободной площади для прохождения воздуха.

Скорость движения ворошителей, *см/мин*	15—20
Потребляемая мощность, *квт*	0,36—1,1

ОЧИСТКА И ПОЛИРОВКА

Характеристика росткоотбойной машины

Периферическая (окружная) скорость барабанов, *м/сек*	8—10
Потребляемая мощность (в *квт*) при	
1000 *кг/ч*	0,73
1500 *кг/ч*	1,27
2000 *кг/ч*	1,82
2500 *кг/ч*	2,19

Характеристика полировочной машины

Периферическая (окружность) скорость щеток, *м/сек*	6—8
Производительность 1 $м^2$ поверхности щетки, *кг*	300—400
Потребляемая мощность на 100 *кг/ч*, *квт*	0,73—1,09
Потери при полировке, %	1—2,5

Отход ростков, %

светлого солода	2
темного солода	3

ВЫРАБОТКА СПЕЦИАЛЬНЫХ СОЛОДОВ

Карамельный солод. Это сладкий солод, не очень темного цвета, который подвергался осахариванию при сильной влажности и температуре 60—70° С, а сушке — при 130—140° С. Его можно приготовить в обжарочном барабане или на обыкновенной сушилке, разместив зеленый солод на решетке и прекратив аэрирование.

Этот солод используют особенно при выработке пива типа Венское или Дортмунд из расчета добавки его в количестве 5—10% к обыкновенному солоду для полноты вкуса и улучшения пеностойкости в пиве.

Если сушить солод без соответствующего нагрева после осахаривания, то получится **бледный карамельный солод**, или «карапильс», который можно без всяких опасений добавлять в пиво типа Пильзенское из расчета 5—8% к обыкновенному солоду.

Красящий солод. Это солод, обжаренный при 200—210° С и даже при 220° С при влажности примерно 10%.

Обжарочный барабан заполняют на $^2/_3$ и доводят в нем температуру до 160—180° С за 30 *мин*. После 10 *мин* выдержки при этой температуре ее повышают до 200—210° С, а затем очень осторожно и медленно доводят до 220° С. Чтобы проверить, что обжаривание окончилось, берут пробу. Для придания красящему солоду блеска его можно обрызгать небольшим количеством сахарного сиропа.

Этот солод используют в количестве 1—2%, добавляя к обыкновенному солоду, для получения более темной окраски пива (пива типа Статут, английское крепкое темное пиво).

СУШКА ЯЧМЕНЯ

Перед складированием ячменя, собранного в сырую погоду, необходимо снизить его влажность, чтобы избежать самосогревания в период хранения.

Это можно осуществить следующим образом на сушилке при обычном способе или лучше разместив на сушилке толстый слой ячменя.

Довести температуру до 35° С за 6 *ч* и поддерживать ее в продолжение 6 *ч*, затем повысить за 3 *ч* до 40° С, после чего ячмень охладить.

На 1 *ц* ячменя расходуется, $м^3/ч$

горячего воздуха	около 6—8
холодного воздуха	3—4

А. Расчеты влажности.
Б. Расчеты по солодосушилке.

А. Расчеты влажности

I. Основное положение.
II. Характеристика сухого воздуха.
III. Основные свойства влажного воздуха.
IV. Состояние влажности воздуха.
V. Расчет массы сухого воздуха и водяных паров.
VI. Расчеты состояния влажности K.
VII. Измерение степени влажности.
VIII. Подсчет массы влаги, абсорбируемой 1 *кг* сухого воздуха.
IX. Общее содержание тепла во влажном воздухе.
X. Подсчет массы отходящей воды из 100 *кг* влажного продукта при снижении его влажности от начальной величины h_0 до величины h.

Расчеты влажности используются при производственной сушке на солодосушилках.

I. **Основное положение.** Масса 1 $м^3$ сухого воздуха равна 1,293 *кг*.

II. **Характеристика сухого воздуха.** При 0° С и давлении 760 *мм рт. ст.* (1,0333 *кгс/см*^{2}) характеристика сухого воздуха следующая:
объемная масса $P_{0-760} = 1{,}293$ *кг*/$м^3$;
объем

$$V_{0-760} = \frac{1}{1{,}293} = 0{,}773 \ м^3/кг.$$

Масса и объем изменяются в зависимости от температуры:

а) При переменной температуре (t° С) и постоянном давлении 760 *мм рт. ст.* объем и объемная масса определяются по формулам

$$V_{t-760} = V_{0-760}(1 + \alpha t) \ м^3/кг,$$

$$P_{t-760} = P_{0-760} \ \frac{1}{(1 + \alpha t)} \ кг/м^3,$$

где α — коэффициент расширения, $\alpha = \frac{1}{273}$.

б) При постоянной температуре (0° С) и переменном давлении (H *мм рт. ст.*) объем и объемная масса определяются следующими формулами:

$$V_{0-H} = V_{0-760} \ \frac{760}{H} \ м^3/кг,$$

$$P_{0-H} = P_{0-760} \ \frac{H}{760} \ кг/м^3.$$

в) При переменной температуре (t° С) и переменном давлении (H *мм рт. ст.*) объем и объемная масса определяются следующими формулами:

$$V_{t-H} = V_{0-760}(1 + \alpha t)\frac{760}{H} \text{ м}^3/\text{кг},$$

$$P_{t-H} = P_{0-760}\frac{1}{1 + \alpha t} \cdot \frac{H}{760} \text{ кг}/\text{м}^3.$$

III. **Основные свойства влажного воздуха.** Согласно закону Дальтона, давление влажного воздуха является суммой парциальных давлений сухого воздуха и водяного пара. Эти парциальные давления независимы одно от другого, и каждое из них принимается таким, каким оно было бы, если бы каждое газообразное тело одно (при одинаковой температуре) заполняло объем, занимаемый влажным воздухом.

Согласно закону Бертолле, объем влажного воздуха равен сумме объемов, которые займут сухой воздух и водяной пар, если они в отдельности будут подвергнуты давлению.

Масса определенного объема влажного воздуха равна сумме масс сухого воздуха и пара.

Общая теплота влажного воздуха является суммой количества тепла сухого воздуха и пара, вычисленных при одинаковой температуре.

IV. **Состояние влажности воздуха** K является отношением массы водяного пара, фактически содержащегося в 1 $м^3$ влажного воздуха, к массе, которую будет содержать этот воздух (при одинаковой температуре), если он будет насыщенным водяными парами.

Это соотношение колеблется между 0 (сухой воздух) и 100 (насыщенный воздух).

Если у влажного воздуха при 20° С степень влажности составляет 80%, это значит, что при 20° С воздух содержит 80% массы воды от максимального количества воды, которое он мог бы содержать при такой температуре.

Максимальное количество влаги, которое может принять ненасыщенный воздух, уменьшается одновременно со снижением температуры, тогда как степень влажности этого воздуха возрастает. Эта степень влажности равна 100% в том случае, если продолжают охлаждение и избыточная влага конденсируется в виде тумана или капелек: точка росы достигнута. И, наоборот, степень влажности снижается в том случае, если температура повышается.

V. **Расчет массы сухого воздуха и водяных паров,** содержащихся в 1 $м^3$ влажного воздуха при температуре и под давлением H *мм рт. ст.*:

а) Полное насыщение. Масса водяных паров, содержащихся в 1 $м^3$ насыщенного воздуха, при определенной температуре t и высоте H *мм рт. ст.* представлена следующей формулой:

$$p_1 = 1{,}293\frac{1}{1 + \alpha t} \cdot \frac{h}{760} \cdot 0{,}623.$$

Масса сухого воздуха, содержащегося в 1 $м^3$ насыщенного влагой воздуха, при температуре t и высоте H представлена следующей формулой:

$$p_2 = 1{,}293\frac{1}{1 + \alpha t} \cdot \frac{H - h}{760}.$$

б) Неполное насыщение. Масса водяных паров, содержащихся в 1 $м^3$ влажного воздуха, при температуре t и высоте H выражена следующей формулой:

$$p_1 = 1{,}293 \frac{1}{1+\alpha t} \cdot \frac{H-h'}{760} \cdot 0{,}623.$$

Масса сухого воздуха, содержащегося в 1 $м^3$ влажного воздуха, при температуре t и высоте H выражена такой формулой:

$$p_2 = 1{,}293 \frac{1}{1+\alpha t} \cdot \frac{H-h'}{760},$$

где p_1 — объемная масса паров при $t°$ С и при давлении h;
p_2 — объемная масса сухого воздуха при $t°$ С и при давлении $H-h$;
h — расширение насыщающих паров при $t°$ С;
h' — парциальное давление водяных паров во влажном ненасыщенном воздухе; h' ниже h;
1,293 — объемная масса сухого воздуха при 0° С и 760 *мм*;
0,623 — плотность водяных паров по отношению к воздуху;
α — коэффициент расширения $\frac{1}{273}$.

VI. **Расчет состояния влажности** K. Согласно приведенному выше определению K выражается формулой

$$K = \frac{1{,}293 \cdot 0{,}623 \frac{1}{1+\alpha t} \cdot \frac{h'}{760}}{1{,}293 \cdot 0{,}623 \frac{1}{1+\alpha t} \cdot \frac{h}{760}} = \frac{h'}{h}.$$

Следовательно, степень влажности является соотношением парциального давления h' паров во влажном воздухе и давления насыщающих паров при температуре этого воздуха. Температура, при которой давление насыщающего пара равно h', называется температурой точки росы.

VII. **Измерение степени влажности.** Степень влажности измеряется:

а) Методом точки росы. Из температуры точки росы вычитают (при помощи таблицы) давление h' насыщающего пара, соответствующего t', затем h, соответствующее t. Тогда K представлено отношением $\frac{h'}{h}$.

б) При помощи волосяного гигрометра.

в) При помощи психрометров, где разница между влажным и сухим термометрами (используется таблица) дает степень влажности.

VIII. **Подсчет массы влаги, абсорбируемой 1** *кг* **сухого воздуха.** Масса водяных паров, абсорбированных 1 *кг* сухого воздуха при температуре $t°$ С и под давлением H *мм рт. ст.*, когда он переходит в состояние влажного воздуха, при степени влажности K и постоянных t и H выражается формулой

$$p = 0{,}623\,\frac{Kh}{H - Kh},$$

где p — масса водяных паров, *кг*;

0,623 — плотность водяных паров по отношению к воздуху;

h — давление паров, насыщающих при $t°$ С.

При насыщении формула будет

$$p' = 0{,}623\,\frac{h}{H - h}.$$

Примечание. Из этой формулы видно, что сила абсорбции является функцией h, следовательно, и температуры, при которой она быстро увеличивается.

При постоянной температуре при определенной массе сухого воздуха абсорбция усиливается, тогда как давление сухого воздуха снижается. При определенном объеме сухого воздуха эта абсорбция не зависит от давления сухого воздуха.

Для процессов сушки в промышленном масштабе используется комбинированное воздействие тепла и аэрации на продукты (сырье), подвергаемые сушке, так как это улучшает воздух, абсорбционная сила которого оказывается увеличенной предварительным нагреванием. Всегда выгоднее сушить при пониженном давлении и при температуре, максимум которой масса может выдержать, так как в результате этого теплопередача увеличивается из-за снижения потерь тепла через воздух.

IX. **Общее содержание тепла во влажном воздухе.** Общее тепло влажного воздуха равно сумме количества тепла сухого воздуха и водяных паров:

а) Сухой воздух. Средняя удельная теплоемкость сухого воздуха составляет около 0,24 *кал/кг*.

б) Водяные пары. Общее тепло испарения 1 *кг* воды, взятой при 0° С, выражается формулой

$$606{,}5 + 0{,}305t.$$

Сюда входит и скрытая теплота испарения, которая при $t°$ С может быть определена следующим образом:

$606{,}6 - 0{,}695t$.

Если взята вода с t^1 °С, то для получения паров с $t°$ С следует затратить тепла

$$606{,}5 + 305\,(t - t').$$

Удельная теплоемкость водяных паров будет около 0,48 *кал/кг*.

Следовательно, можно узнать общее количество тепла, содержащегося в 1 *кг* влажного воздуха, если предварительно подсчитать массу сухого воздуха и водяных паров, которые содержит этот влажный воздух.

X. **Подсчет массы воды, которая должна испариться из 100 *кг* влажного продукта для снижения начального содержания в нем воды с h_0 до конечной величины h_1.** Масса выделяющейся воды определяется по следующей формуле:

$$p = 100\,\frac{h_0 - h_1}{100 - h_1}\ кг.$$

Гигрометрические расчеты при промышленной сушке солода на сушилке

1. Вычисление количества воды, увлекаемой 1 *кг* сухого воздуха, содержащейся во влажном воздухе, который поступает насыщенным при t°С в сушилку и выходит насыщенным при t°С. Барометрическое давление H *мм рт. ст.*

Давление насыщающих водяных паров (согласно таблицам) равно

до t °С . . . . . h *мм* Hg
до t' °С . . . . . h' *мм* Hg

Масса абсорбированной воды 1 *кг* сухого воздуха:

до t °С . . . . . $p = 0{,}623 \dfrac{h}{H - h}$

до t' °С . . . . . $p' = 0{,}623 \dfrac{h'}{H - h'}$

Общая масса P воды, увлекаемой 1 *кг* сухого воздуха:

$$P = p' - p.$$

Полученные данные являются недостигаемым максимумом, которого, однако, следует добиваться.

2. Подсчет объема наружного воздуха, проникающего на сушилку, на 1 $м^3$ сухого воздуха, выходящего из слоя солода.

Работа сушилки происходит в следующих условиях:

Поступающий наружный воздух:
температура — t° С;
степень влажности — K.

Отходящий воздух:
температура — t° С;
степень влажности — K'.

Атмосферное давление — H *мм рт. ст.*

Давление насыщающих паров:

при t °С — h *мм рт. ст.*;

при t' °С — h' *мм рт. ст.*

Свойства сухого воздуха во влажном воздухе:

при входе t и $H_t = H - Kh$;

при выходе t' и $H_{t'} = H - Kh'$.

Следовательно:
при выходе — 1 $м^3$ сухого воздуха при t'° С и Ht' *мм рт. ст.*;
при входе — 1 $м^3$ сухого воздуха при t° С и H_t *мм рт. ст.*

Таким образом, объем наружного воздуха, поступающего на сушилку на 1 $м^3$ сухого воздуха, выходящего из слоя солода, будет

$$V = \frac{1 + \alpha t}{1 + \alpha t'} \cdot \frac{H_{t'}}{H_t} \; м^3,$$

где $\alpha = \dfrac{1}{273}$.

3. При аналогичных условиях определяют объемы V и V' наружного воздуха и воздуха, выделяемого из этой сушилки, для получения сухого солода при влажности $h_1\%$, выделяемой из 100 *кг* зеленого солода при влажности $h_0\%$:

а) масса P_e воды, выделяемой из солода:

$$P_e = 100\frac{h_1 - h_0}{100 - h_1} \text{ кг};$$

б) масса водяных паров p_2 в 1 *кг* сухого воздуха, взятого при уровне влажного воздуха H *мм рт. ст.* со степенью влажности K' и t'° С:

$$p_2 = 0{,}623\frac{K'h'}{H - K'h} \text{ кг};$$

в) масса водяных паров p_1 в 1 *кг* сухого воздуха, взятого при уровне влажного воздуха H *мм рт. ст.* со степенью влажности K и t° С:

$$p_1 = 0{,}623\frac{Kh}{H - Kh} \text{ кг};$$

г) масса p воды, абсорбированной 1 *кг* сухого воздуха между входом и выходом:

$$p = p_2 - p_1 \text{ кг};$$

д) масса сухого воздуха, необходимого для сушки 100 *кг* солода:

$$P = \frac{P_e}{p} \text{ кг};$$

е) во влажном воздухе сухой воздух имеет следующую характеристику:

при входе t и $H_t = H - Kh$,

при выходе t' и $H_{t'} = H - Kh'$;

ж) согласно закону Дальтона, объем V наружного воздуха при входе на сушилку равен объему, занимаемому P *кг* сухого воздуха при t° С и H_t *мм рт. ст.* Этот объем V выражен формулой

$$V = 0{,}773\,(1 + \alpha t)\frac{H}{H - Kh} P \text{ м}^3;$$

з) так же объем V' воздуха, выходящего из сушилки, представлен формулой

$$V' = 0{,}773\,(1 + \alpha t)\frac{H}{H - Kh} P \text{ м}^3.$$

В приведенных формулах показатель 0,773 является удельным объемом сухого воздуха при 0° С и 760 *мм рт. ст.*

Контроль работы сушилки

Пример. Во время сушки установлено, что вытяжная труба сушилки выводит 11 400 $м^3$ воздуха на 100 *кг* высушиваемого солода.

Известно, что:

начальная влажность зеленого солода составляла 42%;

конечная влажность высушенного солода была 3,3%;

холодный воздух, принимаемый сушилкой, имел в среднем:
температуру 10° С,
влажность 90%;
теплый воздух, покидая вытяжную трубу, в среднем имел:
температуру 30° С,
влажность 45%;
барометрическое давление было 760 *мм рт. ст.*

Какими будут при испарении 100 *кг* воды:

а) объем прохладного воздуха, проникающего в сушилку;

б) объем теплого воздуха, удаленного из воздуховода;

в) процент использования максимальной способности абсорбирования влаги воздухом.

Из таблиц известно, что давление насыщающих водяных паров
при 10° С — 9,2 *мм*,
при 30° С — 31,7 *мм*.

а) Масса водяных паров в 1 *кг* воздуха, взятого при уровне влажности воздуха 760 *мм рт. ст.*:

до 30° С при $K = 45\%$

$$0{,}623\,\frac{0{,}45\cdot 31{,}7}{760-0{,}45\cdot 31{,}7}=0{,}01191\ кг;$$

до 10° С при $K = 90\%$

$$0{,}623\,\frac{0{,}90\cdot 9{,}2}{760-0{,}9\cdot 9{,}2}=0{,}00688\ кг.$$

Отсюда следует, что масса воды, абсорбированной 1 *кг* сухого воздуха между входом и выходом, составляет

$$0{,}01191-0{,}00688=0{,}00503\ кг.$$

Масса сухого воздуха, принятая сушилкой для выпаривания 100 *кг* воды, будет, следовательно,

$$\frac{100}{0{,}00503}=19\,880\ кг.$$

б) Объем теплого воздуха, удаляемого через вытяжную трубу, составит

$$V'=0{,}773\left(1+\frac{30}{273}\right)\frac{760}{760-0{,}45\cdot 31{,}7}\cdot 19\,880=17868{,}9\ м^3.$$

в) Количество воды, удаляемой из 100 *кг* солода, будет

$$100\,\frac{42-3{,}3}{100-3{,}3}=40{,}02\ кг.$$

Чтобы удалить 40,02 *кг* воды, потребуется 11 400 $м^3$ воздуха.
Чтобы удалить 100 *кг* воды, потребуется

$$\frac{11\,400\cdot 100}{40{,}02}=28485{,}7\ м^3.$$

Следовательно, процент использования максимальной способности абсорбирования влаги воздухом составит

$$\frac{17\,869 \cdot 100}{28\,486} = 62{,}7\%.$$

Б. Расчеты по солодосушилке

I. Сопротивление слоев солода движению воздуха.
II. Необходимое количество тепла при сушке солода.
III. Необходимое количество горючего для сушки солода.

I. **Сопротивление слоев солода движению воздуха по Губеру.** Расчет сопротивления слоев солода воздуху производится по формулам.

Для солода влажностью выше 10%

$$R = \frac{ve}{10}\ кгс/см^2.$$

Для солода влажностью ниже 10%

$$R = (8{,}32 - 0{,}58h)\ \frac{v}{0{,}1} \cdot \frac{e}{200}.$$

где R — сопротивление, $кгс/см^2$;
v — скорость прохождения воздуха, $м/сек$;
e — толщина слоя, $мм$;
h — влажность слоя, %.

Скорость v прохождения воздуха получают путем деления объема воздуха (в $м^3$) на участок решетки (в $м^2$).

II. **Необходимое количество тепла при сушке солода.** Количество тепла, необходимого для сушки солода, распределяется следующим образом:

а) Тепло для подогревания воздуха, предназначенного для испарения. Зная температуру входящего воздуха и количество сухого воздуха, направляемого в сушилку, легко подсчитать необходимое количество тепла.

б) Подсчет количества тепла для нагревания солода производится по следующей формуле:

$$Q = P\,(t_2 - t_1)\ 0{,}42,$$

где Q — число калорий;
P — масса солода, $кг$ на сухое вещество;
t_1 — начальная температура солода, °С;
t_2 — конечная температура солода, °С;
0,42 — удельная теплоемкость сухого солода.

в) Потери тепла при излучении; они могут быть ориентировочно подсчитаны по табл. 21 (по Шленку).

Общее количество калорий, необходимых для выработки 100 $кг$ солода, составит (по Шленку) (в $кал$):

при отличных условиях	90 000
при средних условиях	135 000
при плохих условиях	185 000

Таблица 21

Потери тепла при излучении

Площадь решеток, $м^2$	Нагрузка сухого солода на 1 $м^2$ за 12 ч, *кг*	Наружная температура, °С		
		−10	0	+10
36	35	21900	17600	13500
	55	13500	11100	8800
64	35	15600	12800	9800
	55	9900	8000	6300
100	35	12400	10100	7800
	55	7900	6400	5000

III. **Необходимое количество горючего для сушки солода.** Приняв средний показатель (по Шленку) 135 000 *кал* на 100 *кг* высушиваемого солода и теплотворную способность угля, равную 7000 *кал*, можно легко подсчитать расход горючего.

Обычно этот расход выражается такой формулой:

$$P = \frac{100Q}{RC} \text{ кг},$$

где P — расход горючего, *кг*/100 *кг* высушиваемого солода;

Q — общее количество калорий, необходимое для сушки солода;

R — к. п. д. топки, %;

C — теплотворная способность горючего.

Расход горючего на одной калориферной сушилке с двумя решетками колеблется от 15 до 22 *кг*/100 *кг* солода.

7. ПОТЕРИ ПРИ СОЛОДОРАЩЕНИИ

Эти потери от массы ячменя, взятого на соложение, распределяются следующим образом:

Фактические потери, в том числе:

потери во время замочки (около 1%);

потери на дыхание в зависимости от способа соложения (5—8%);

потери с ростками и при полировке (3—5%).

Кажущиеся потери, вызванные снижением влажности: ячмень содержит 15—16% воды, а солод, взятый с росткоотбойной машины,— только 2—4%.

Потери при выработке темных солодов бывают всегда значительно больше, чем при производстве светлых солодов, что объясняется более высоким расходом на дыхание и меньшей влажностью готового солода. Таким образом, 100 *кг* ячменя, взятого для замачивания (с влажностью 15—16%), дают 76—78 *кг* светлого солода (с влажностью 3%) или 72—75 *кг* темного солода (с влажностью 1,5—2%).

Фактические и кажущиеся потери при соложении графически показаны на рис. 9.

Выход товарного солода R определяется по формуле

$$R = \frac{100M}{G},$$

где G — масса очищенного ячменя;

M — масса удаленных ростков.

Кажущиеся потери F_a вычисляются по формуле

$$F_a = \frac{G - M}{G} \cdot 100,$$

или

$$F_a = \frac{P_h M}{P_h G} \cdot 100,$$

или

$$F_a = \frac{P_m M}{P_m G} \cdot 100,$$

где $P_h M$ — масса солода, *гл*;

$P_h G$ — масса ячменя, *гл*;

$P_m M$ — масса 1000 зерен ячменя.

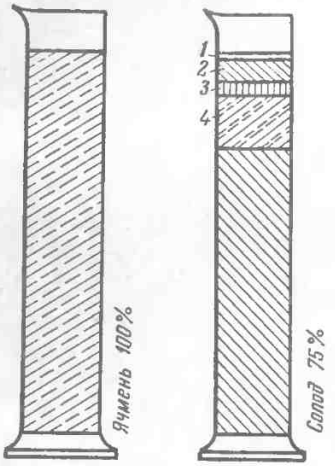


Рис. 9. Потери при солодоращении.

Фактические: *1* — 1% на замочку, *2* — 7% на дыхание, *3* — 3% на образование ростков; *4* — кажущиеся — 14% вода.

Фактические потери F_r определяются по формуле

$$F_r = \frac{100(100 - H) - R(100 - H')}{100 - H}$$

где H — влажность ячменя;

H' — влажность солода.

Потери на ростки P_r определяются по выражению

$$P_r = \frac{100r(100 - h)}{G(100 - H)},$$

где r — масса ростков, *кг*;

h — влажность ростков.

Потери при замочке и дыхании P_t определяются по формуле

$$P_t = F_r - P_r.$$

Потери экстрактивных веществ (P_{eh}) по отношению к массе товарного ячменя определяются по формуле

$$P_{eh} = 100 - \frac{RE'}{E},$$

где E — содержание экстрактивных веществ ячменя к массе товарного ячменя, %;

E' — содержание экстрактивных веществ солода к массе товарного солода, %.

Потери экстрактивных веществ (P_{es}) по сухому веществу ячменя определяются по формуле

$$P_{es} = 100 - \frac{Re'}{e},$$

где e — экстрактивность ячменя (в пересчете на сухое вещество), %;
e' — экстрактивность солода (в пересчете на сухое вещество), %.

8. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Разные условия сушки светлого и темного солода приведены в табл. 22.

Таблица 22

Сравнительные данные по сушке светлого и темного солода

Показатели	Светлый солод	Темный солод
Использованный ячмень с содержанием белковых веществ	Сравнительно малым — 9—11%	Более высоким — 11—12% и выше
Замочка	Умеренная	Усиленная
Способ соложения	Холодный (из-за задержки в образовании сахаров и расщеплении белков)	Горячий, с поздним взятием пробы, что дает сильное размельчение и расщепление белков в зеленом солоде
Общая продолжительность сушки солода	24 ч (нормальная)	48 ч
Сушка на верхней решетке:	12 ч	24 ч
загрузка	Тонким слоем, быстрая	Толстым слоем, медленная
температура	35—50° С (ограниченная)	40—60 и даже 65° С (измерять в пересчете на солод)
вентилятор	Работает полностью, все задвижки открыты	Работает при ограниченной тяге
Содержание влаги	Падает до 10—12%	Падает до 20—25%
Сушка на нижней решетке	12 ч	24 ч
температура	Медленно поднимается	Довольно долго сохраняется 50° С, затем медленно повышается
конечный нагрев	4—5 ч до 80—85° С	3—5 ч до 100—105° С
содержание влаги	Падает до 3%	Падает до 1—2%

Соотношение объема и массы товарного и замоченного ячменя, зеленого и высушенного солода и ростков дано в табл. 23.

Таблица 23

Соотношение ячменя и готового солода

Масса					Объем				
ячмень		солод			ячмень		солод		
товарный	замоченный	зеленый	высушенный	ростки	товарный	замоченный	зеленый	высушенный	ростки
100	150	140	75	5	100	125	200	100	15
66,6	100	93,3	50	3,3	80	100	160	71	12
71,4	107,1	100	53,5	3,5	50	62,5	100	50	7,5
133,3	200	186,6	100	6,6	100	125	200	100	15
2000	3000	2800	1500	100	666	833	1333	666	100

Объем, занимаемый 100 *кг* ячменя во время солодоращения (в *л*):

Ячмень
- очищенный . . . . . 170 (80 — ячмень, 90 — пустое пространство)
- после замочки . . . . . 250 (120— ячмень, 130— пустое пространство)
- во время соложения
  - 1-й день 260
  - 2-й день 270
  - 3-й день 320
  - 4-й день 370
  - 5-й день 380
  - 6-й день 370
  - 7-й день 360
  - 8-й день 350
- перед сушкой 280
- после сушки 180
- после росткоотбойки 160

Раздел II. ПРИГОТОВЛЕНИЕ СУСЛА

1. ДРОБЛЕНИЕ СОЛОДА

Цель дробления. Процесс дробления основан на тонком измельчении мучнистого ядра солода для достижения быстрого осахаривания во время варки сусла без повреждения оболочек, обеспечивающих пористость слоя пивной дробины.

ОСНОВНЫЕ УСЛОВИЯ

Измельчение солода играет в пивоварении очень важную роль, но, к сожалению, ее часто не дооценивают.

Для получения хорошего помола необходимо:

1) обеспечить аккуратную и систематическую подачу солода, соответствующую установленной производительности дробилки;

2) периодически проверять параллельность вальцов дробилки;

3) регулировать расстояние между вальцами, что особенно зависит от сорта используемого солода.

Первая пара вальцов, не повреждая оболочки, должна работать при бо́льших зазорах, чем другие.

Чрезмерно высокая влажность солода или плохо растворенный солод затрудняет получение качественного помола. Не следует забывать, что при плохом помоле уменьшается выход экстракта.

Дисковые или молотковые дробилки и вальцовые станки с рифлеными вальцами, которые чрезмерно измельчают оболочки, следует использовать вместе с фильтрпрессом; для работы с фильтрационным чаном используют обычные вальцовые дробилки.

По возможности следует избегать транспортеров и элеваторов, размещать дробилку нужно точно над бункером для муки (каскадный принцип работы).

Периодически проверять весы (автоматические весы должны производить максимум четыре взвешивания в минуту).

ПОМОЛ

Масса и объем помола. Объемная масса (вес) дробленого солода составляет в среднем 38—50 *кг/гл*.

Объем помола. Из 100 *г* размельченного солода получается объем помола (в *см*³):

очень грубого . .	180
грубого	250 (с содержанием 20—25% муки)
тонкого	210 (с содержанием 50—60% муки)
очень тонкого . .	200 (с содержанием 85—90% муки)

Объем бункера для муки — приблизительно 3 *гл* на 1 *ц* солода.

Конус бункера для муки должен иметь наклон под углом 60°.

Сита
(табл. 24)

Таблица 24

Характеристика комплектов сит

Сита	Количество ячеек на 1 *см*	Количество ячеек на 1 *см²*	Толщина ячеек, *мм*	Живое сечение ячейки в свету, *мм*	Установленные категории (фракции)
I. Двойные сита (сочетание сит Сокам—Дибольд, EBN)					
1) № 16	6	36	0,4	1,2	Оболочка
2) № 40	15	225	0,2	0,45	Крупка
Поддон	—	—	—	—	Мука
II. Сочетание пяти сит					
а) принятые по конвенции в Бонне					
1) № 10 латунь	4	16	0,37	2,33	Оболочка
2) № 16 латунь	6	36	0,28	1,41	Грубая крупка I
3) № 22 латунь	8	64	0,22	1,00	Грубая крупка II
4) № 32 латунь	12	144	Часто отменено		Тонкая крупка I
5) № 38 латунь	14	196	0,16	0,55	Тонкая крупка II
Поддон	—	—	—	—	Мука
б) комплект Бюлера					
(комплект предусматривает пять сит, иногда и шестое из бронзы)					
1) № 130	50	2500	0,06	0,143	—
в) фунштадский рассев, принятый конвенцией в Зальцбурге					
1) № 16 сталь	6,3	38,6	0,31	1,27	Оболочка + грубая крупка $1+^{1}/_{3}$ грубой крупки I
2) № 22 сталь	7,8	62,0	0,26	1,01	Остаток грубой крупки
3) № 32 сталь	14,3	206,6	0,15	0,547	Тонкая крупка I и II
4) № 85 бронза	31,0	961,0	0,07	0,253	Грубая мука
5) № 140 бронза	52,0	2704,0	0,04	0,152	Грубая мука
Поддон	—	—	—	—	Тонкая мука

Примечание. Номера сит обозначают число ячеек на метрический дюйм (2,777 *см*). Например, сито № 22 состоит из 22 ячеек на 1 дюйм или 8 ячеек на 1 *лин. см*.

Характеристика различных помолов дана в табл. 25 и на рис. 10. Соединяют на диаграмме (см. рис. 10) прямой чертой две шкалы «масса образца» и «масса составной части». На наклонной шкале пересечение черты покажет процентное содержание одной из составных частей помола.

Таблица 25

Характеристика различных помолов в %

Фракции	Фильтрационный чан	Фильтр-пресс	Автор
а) На ситах № 16 и 40—Сокам, SSCM, Дибольд, EBN и др.			
Оболочки	25—45	6—15	Пьерр
Крупка	43—35	28—54	
Мука	32—20	66—31	
б) На ситах Бюлера			
Оболочки			
I	5	1,5	Леберле
II	7	7,5	
III	2	1,5	
Тонкая крупка			
I	15	5,5	
II	15	16	
III	46	53	
Мука	10	15	
в) На рассевах			
Оболочки	10—15	8,7	Леберле
Грубая крупка			
I	3—5	1,9	
II	20—30	14,4	
Тонкая крупка			
I	25—30	44	
II	10—15	10,4	
Мука	15—20	20,6	

Солододробилка

Часовая производительность солододробилки снижается в том случае, если влажность и тонкость помола увеличиваются.

В результате подсчета установлено, что на 10 *см* длины солододробилки приходится около 200—250 *кг* солода (табл. 26).

Расход энергии. Это зависит от типа вальца (калиброванные вальцы требуют меньше энергии), влажности солода, подачи солода и особенно от тонкости помола (см. табл. 26).

Регулировка параллельности и зазоров вальцов. Параллельность регулируют во время остановки при помощи калибровочной прокладки.

Прокладка под легким нажимом должна проходить сквозь любую точку между вальцами и вызывать одинаковое противодействие по всей длине вальца.

Если вальцы сильно изношены, то прокладка проходит легко к краям и создает некоторый зазор между ними; тогда следует их исправить.

Регулировка зазоров осуществляется управленнем рычага, расположенным перед диском с делениями (шкалой). Регулировку можно проводнть во время работы самого устройства.

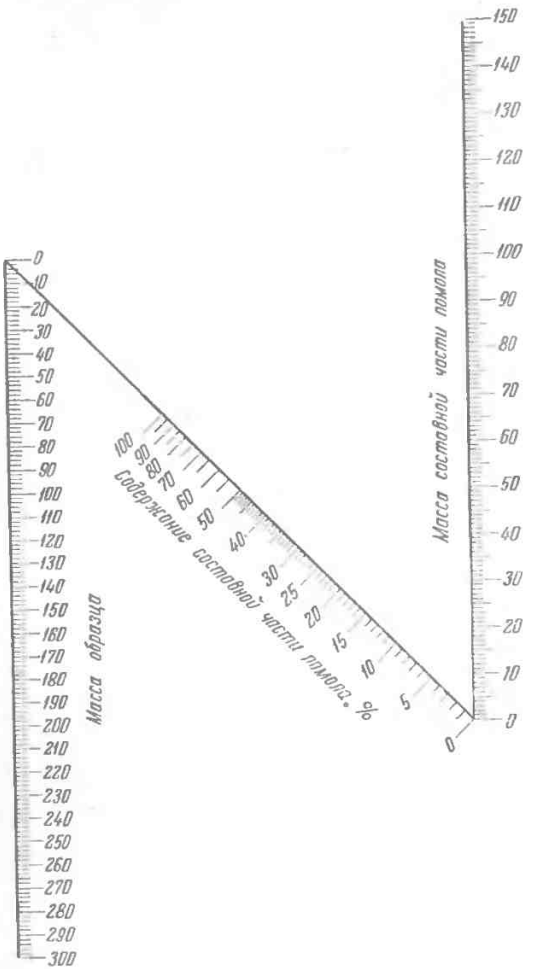


Рис. 10. Определение процентного содержания компонентов помола.

Во избежание взрывов, вызванных пылью, следует:
предусмотреть установку магнита перед местом загрузки солода;
заземлить все металлические части солододробилки;

избегать герметического закрытия бункеров с мукой (было отмечено, что взрывы часто возникают около отверстий). Следует закрыть, например, верхнее отверстие мучного бункера куском очень тонкого волосяного сита для максимального снижения потерь муки.

Было бы целесообразно предусмотреть внутри солододробилки приток углекислого газа (CO_2) для предельного снижения убытков в случае возникновения пожара.

Контроль помола

Тщательно отобрать средний образец размельченного солода. Ни в коем случае нельзя отбирать образец из бункера для муки или мешка.

При проверке в образце не должно быть:

целых зерен,
оболочек с приставшей крупкой,
чрезмерно размельченной оболочки.

Желательно, чтобы в образце содержалось:

сохранившаяся оболочка,
мало крупки грубого помола,
много тонкой крупки,
мало тонкой муки.

Самый лучший помол — такой, который дает максимальную экстрактивность, обеспечивающую нормальную продолжительность фильтрации.

Кроме используемого оборудования для фильтрации (фильтрационный чан, фильтрпресс), на получение затора соответствующего сорта оказывает влияние способ варки и качество солода:

а) для быстрого метода варки требуется более тонкий затор (светлое пиво);

б) рассыпчатый и отлично размельченный солод дает более плотный затор (темное пиво).

2. ПРИГОТОВЛЕНИЕ ЗАТОРА

Цель приготовления затора, начиная с момента затирания, заключается в получении из первичного сырья (вода, солод, хмель) сладкого охмеленного сусла, в дальнейшем способного при воздействии дрожжей к спиртовому брожению.

ЗАТОРНЫЙ КОТЕЛ

Емкость вычисляется из расчета 3—4 *гл* на 100 *кг* закладки.

Вытяжная труба. Сечение трубы должно составлять $^1/_{30}$—$^1/_{50}$ сечения чана (котла).

Нагрев. Рекомендуется обогревательная система с паровой рубашкой.

Поверхность кипящего затора не должна подыматься слишком высоко по боковым стенкам, чтобы содержимое котла не переливалось за борт.

Давление пара не должно превышать 2,5—3 *кгс/см*^{2} (при работе мешалки, вращающейся со скоростью 20—30 *об/мин*), особенно если

Характеристика

Конструкция фирмы	Число проходов	Число валков	Габаритные размеры вальцов, *мм*		Габаритные размеры машины, *мм*			Приблизительная масса, *кг*
			длина	диаметр	длина	ширина	высота	
Сокам	2	4	500	250	1600	1040	1450	1565
	2	4	600	250	1700	1040	1450	1740
	2	4	700	250	1800	1040	1450	1900
	2	4	800	250	1900	1040	1450	2080
	2	4	1000	250	2100	1040	1450	2380
	2	4	1250	250	2350	1040	1450	2760
	3	6	500	250	1620	1900	1600	3200
	3	6	600	250	1720	1900	1600	3500
	3	6	700	250	1820	1900	1600	3800
	3	6	800	250	1920	1900	1600	4100
	3	6	1000	250	2120	1900	1600	4900
	3	6	1250	250	2370	1900	1600	5500
Бюлер	2	3	600	220	1630	790	1275	1120
	2	3	800	250	1930	865	1475	1800
	3	5	600	250	1760	1900	1650	3150
	3	5	800	250	1960	1900	1650	3550
	3	5	1000	250	2370	1900	1650	3950
	3	5	1250	250	2630	1900	1650	4500
Миаг	2	4	400					1550
	2	4	400					2000
	2	4	500					2200
	2	4	600					2300
	2	4	800					2700
	2	4	1000					3000
	3	6	350		1100	1200	1150	1020
	3	6	500		1850	2150	1650	3320
	3	6	600		1950	2150	1650	3720
	3	6	800		2340	2150	1650	4520
	3	6	1000		2640	2150	1650	5020

солододробилок

Габаритные размеры приводного вальца, *мм*				Скорость вращения вальца, *об/мин*		Производительность, *кг/ч*		Потребляемая мощность, *квт*	
диаметр		ширина				грубый помол	тонкий помол	грубый помол	тонкий помол
верхнего	нижнего	верхнего	нижнего	верхнего	нижнего				
	500		120		300	1000	800	1,46	3,23
	500		120		300	1200	1000	1,82	3,96
	500		120		300	1500	1200	2,14	4,69
	500		120		300	1800	1500	2,5	5,42
	500		120		300	2400	1800	3,23	7,2
	500		120		300	3000	2400	4,28	8,66
	500		130		300	1000—1500	1000—1200	1,46—2,14	5,78—7,2
	500		130		300	1500—1800	1200—1500	1,82—2,14	7,2—8,66
	500		130		300	1800—2200	1500—1800	2,14—2,92	8,66—10,12
	500		130		300	2200—2500	1800—2000	2,5—3,64	10,12—11,56
	500		130		300	2500—3200	2000—2500	4,28—5,0	13,02—14,4
	500		130		300	3200—3700	2500—3000	5,0—5,78	15,86—17,32
	700		120		230				
	700		140		200				
600	400	140	140	200	300	1500—1800	1200	2,92	3,64
600	400	140	140	200	300	2000—2500	1200	3,64	4,28
600	400	160	160	200	300	2500—3000	2000	4,28	5,0
600	400	160	160	200	300	3000—3500	2500	5,0	6,51
						700—900	600—700	1,09—1,46	2,92—3,64
						1000—1200	800—1000	1,09—1,46	3,64—4,92
						1250—1500	1000—1250	1,46—1,82	3,23—5,4
						1550—1850	1200—1500	1,82—2,14	5,0—6,51
						2300—2700	1600—2000	2,5—2,9	6,51—8,66
						2750—3250	2000—2500	3,23—3,64	8,03—9,39
400	—	100	—	250	—	750—900	550—650	1,09—1,46	2,92—3,64
630	—	140	—	200	—	1250—1500	1000—1250	1,46—1,82	4,1—5,42
630	—	140	—	200	—	1550—1850	1200—1500	1,82—2,14	5,0—6,51
630	500	140	100	200	300	2300—2700	1600—2000	2,92—3,64	6,51—8,03
630	500	140	120	200	300	2750—3250	2000—2800	4,92—5,0	8,03—10,9

используют несоложеные материалы. Давленне можно увеличить до 5—6 *кгс/см²*, если котел оснащен мешалкой, вращающейся с большой скоростью.

Площадь нагрева должна быть рассчитана на увеличение температуры заторов примерно 2° С в минуту. У котла емкостью 100 *гл*, обогреваемого паром под давлением 3 *кгс/см²*, при условии повышения температуры на 2° С в минуту площадь нагрева составляет около 5—6 *м²*.

ЗАТОРНЫЙ ЧАН

Смесь солода и воды поступает в заторный чан, в котором вся масса перемешивается при заданной температуре и осахаривается. Емкость чана равняется двойному объему варочного котла. Учитывая, что 100 *кг* затора занимают объем 0,45—0,75 *гл*, емкость заторного чана должна составлять от 7 до 8 *гл* на 100 *кг* закладываемого материала.

При использовании несоложеных материалов емкость чана значительно сокращается.

Предзаторник должен обеспечить следующие условия:

быстрое затирание и безупречное перемешивание;

предотвращение усиленного испарення в нисходящем трубопроводе затора;

легкую чистку без демонтажа.

Диаметр предзаторника должен быть вдвое больше высоты.

Мешалка. В мешалке должны быть предусмотрены:

очень энергичное движение;

две скорости: одна — при затирании, другая — при достижении однородной температуры.

У современных мешалок длина лопасти равна радиусу котла.

Потребляемая мощность редко превышает 2,2—2,9 *квт* при загрузке сырья 5000—8000 *кг*. Однако из соображений техники безопасности и для легкого пуска в действие после остановки принято около 5,1—5,9 *квт* для одной из скоростей и для чанов емкостью 200 *гл*.

Окружная скорость 3—4 *м/сек*, что дает 20—35 *об/мин*.

Вытяжная труба. Рекомендуется установить ее во избежание накопления испарений в варочном отделении.

Изоляция. Если чан не оснащен отопительной системой, изоляция должна быть безукоризненной во избежание потерь тепла.

Нагрев. Отопительная система рекомендуется с двойной рубашкой.

Внутренняя площадь нагрева должна быть полностью закрыта во избежание чрезмерной карамелизации, вызываемой местным перегревом.

Можно использовать дополнительный нагрев.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПРОЦЕСС ЗАТИРАНИЯ

Между 10 и 35° С — активность протеолитических ферментов. Усиление явлений проращивания (в частности, размельчения).

Между 40 и 45° С — образование преимущественно фосфатов.

Между 45 и 52° С — температура пептонизации (образования продуктов расщепления белка). Опасная зона активности протеолитических ферментов; рас-

щепление протеинов в альбумины, пептоны, полипептиды и аминокислоты.

50° С — оптимальная температура образования формольного азота.

55° С — оптимальная температура образования некоагулируемого растворимого азота.

Между 53 и 62° С — образование легкосбраживаемой мальтозы.

Между 63 и 65° С — максимальное образование мальтозы.

Между 65 и 70° С — уменьшение образования мальтозы и увеличение образования декстринов. Оптимальная температура разжижающего фермента.

70° С — распад протеиназ.

Между 70 и 75° С — повышение скорости осахаривания. Образование слабосбраживаемых сахаров и декстринов.

76 °С — предел активности осахаривающего фермента.

Между 80 и 85° С — образование декстринов. Прочно установившаяся разжижающая активность.

Между 85—100° С — разваривание крахмала под воздействием тепла.

ПРИЕМЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ КОНЕЧНОЙ СТЕПЕНИ СБРАЖИВАНИЯ СУСЛА И ДЛЯ РАБОТЫ С ПЛОХО РАЗРЫХЛЕННЫМ СОЛОДОМ

Необходимо применять следующие приемы:

затирание при повышенной температуре (50—55° С);

применение быстрых методов варки (при быстром повышении температуры до 70—75° С интенсифицируется образование декстринов в ущерб мальтозе и таким образом достигается более высокая производительность и одновременно более слабая степень сбраживания);

использование щелочной воды (известковой, с содержанием углекислого натрия), которая заметно увеличивает pH и тормозит действие амилаз;

использование несоложеных материалов с добавлением части из них в последний затор;

выделение очень густого затора и быстрое помещение его в заторный чан;

применение солода со слабой ферментативной способностью.

Использование для варки пива отлично разрыхленных солодов приводит к очень быстрому осахариванию. Процент мальтозы слишком высок, выходы отличные, но зато степень сбраживания слишком высокая.

ПРИЕМЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ КОНЕЧНОЙ СТЕПЕНИ СБРАЖИВАНИЯ И ДЛЯ РАБОТЫ СО СЛИШКОМ РАЗРЫХЛЕННЫМ СОЛОДОМ

Для усиления образования мальтозы в ущерб декстринам приняты следующие приемы:

затирание при низкой температуре;

применение способов медленной варки с паузами (выдержкой) при 55° С;

использование воды с содержанием гипса;

при помощи концентрированной серной или соляной кислоты обработка воды с содержанием извести или углекислого натрия;

применение высоко ферментативных и хорошо разрыхленных солодов;

если используют несоложеные материалы и особенно маниоку, имеющую ненормальную щелочность, образование мальтозы будет сведено до минимума. Необходимо умягчить эту щелочность добавлением серной кислоты из расчета 25—100 *г* на 1 *ц* маниоки;

снижение количества несоложеного материала и добавление его преимущественно в первый затор.

Использование плохо разрыхленных солодов дает грубый затор, содержащий крупу относительно крупного помола, которая с трудом размягчается во время варки, а следовательно, и с трудом осахаривает затор.

Если температуру довести до 70—75° С, осахаривание происходит гораздо легче, производительность получается средняя, но в связи с преобладающим образованием декстринов степень сбраживания оказывается слишком слабой.

Для устранения этого следует руководствоваться указанными выше приемами и, кроме того:

использовать трехвальцовую мельницу, размельчающую зерна, не затрагивая при этом их оболочек;

производить предварительное разваривание крахмала или белковую выдержку;

удалить густой затор, сделать паузу при 80° С для разжижения крахмала и долго кипятить.

РАЗЛИЧНЫЕ МЕТОДЫ ЗАТИРАНИЯ

Затирание солода без несоложеных материалов

Инфузионный метод. Если хотят добиться высокой степени сбраживания, следует разваривать крахмал при низкой температуре (40—50° С) с солодом, имеющим слабую ферментативную способность.

Для достижения слабой степени сбраживания разваривают крахмал при высокой температуре (до 70° С) с солодом, обладающим большой ферментативной активностью.

Во всех случаях необходимо делать густое затирание (1—2 *гл*/100 *кг* затора).

Добавляют горячую воду температурой 80—100° С.

Типичный английский метод. При этом способе применяют следующее:

затирание при 60—67° С;

делают паузу при отварке на 1,5—2 *ч*;

один раз добавляют горячую воду (95° С), что повышает температуру смеси до температуры, необходимой для осахаривания (72—75° С).

Метод рекомендуется для солодов с большой ферментативной активностью и отлично разрыхленных солодов при соложении в течение 14 дней.

Обычный французский метод. Производят:

затирание при 45—50° С;

добавление горячей воды 95° С для достижения температуры смеси 65—68° С;

медленное нагревание паром до 75° С.

Декокционный метод с тремя отварками. Баварский метод (темное пиво). Холодное затирание густым слоем; подогрев до 35—38°С посредством добавления горячей воды или непосредственное затирание при 35—45° С.

При первой отварке (1/3 смеси):

пауза 10 *мин* при 50° С;

медленное повышение температуры до 70—75° С;

пауза при этой температуре на 30—90 *мин*;

после осахаривания доведение до кипения за 15—25 *мин* и поддерживание его 15—30 *мин*;

возврат в заторный чан, что дает конечную температуру 50—55° С.

При второй отварке (1/3 смеси):

извлечение густого слоя затора от возвращенного в чан первого затора;

доведение до кипения за 30—35 *мин* без промежуточных остановок или с очень короткими остановками;

поддерживание кипения 15—25 *мин*;

возврат в заторный чан, что обусловливает температуру смеси 62—65° С.

При третьей отварке:

изъятие густого слоя затора;

быстрое доведение до кипения и поддерживание его 10—25 *мин*.

Объем этого затора должен быть так рассчитан, чтобы довести температуру в заторном чане до 72—75°С.

Этот метод длительный и используется обычно для варки темного пива или при использовании солода со слабой диастатической способностью. Способ этот дорогостоящий.

Метод Пильзенский (светлое пиво). Производят холодное затирание, затем температуру в варочном котле доводят до 34—35° С за счет использования горячей воды.

При первой отварке:

смешивание затора при 35° С с горячей водой (которая имеется в варочном котле) для доведения его температуры до 52—53° С;

доведение температуры за 13 *мин* до 62—63° С;

доведение температуры за 20 *мин* до 75° С; осахаривание в течение 8 *мин*;

доведение температуры за 12 *мин* до 100° С, кипячение в течение 30 *мин*;

возврат первой отварки, что дает температуру в заторном чане 43—44° С.

При второй отварке (оставляют в варочном котле часть первой отварки для доведения ее потом до температуры 62—63° С):

доведение температуры до 75° С за 20 *мин*, затем осахаривание;

быстрое доведение до кипения, поддерживать его 15 *мин*;

возврат второго затора, что дает температуру 62—63° С.

При третьей отварке (оставляют в варочном котле часть второй отварки для доведения потом до температуры 88° С):

доведение до кипения за 12 *мин*, поддерживать его 10 *мин*;

возврат второго затора, что дает температуру 72—73°С.

Подсчитано, что для затирания 100 *кг* солода нужно 5 *гл* воды.

Декокционный метод с двумя отварками. Производят затирание при температуре 40—50° С (если желательно создать благоприятные условия для образования хорошей пены, затирать следует при 35° С).

При первой отварке:

густой затор;

доведение до температуры 75° С, пауза на 10—15 *мин*, затем доведение до кипения, которое поддерживать 15—20 *мин*;

возврат в заторный чан, что доводит температуру затора до 62—65° С.

При второй отварке:

густой затор;

быстрое доведение до кипения без промежуточных пауз;

возврат этой отварки, что обеспечивает достижение конечной температуры в заторном чане 73—75° С;

нормальная продолжительность варки 4 *ч*.

Декокционный метод с одной отваркой предусматривает затирание при температуре около 60° С.

Единственная отварка аналогична первой отварке предыдущего метода; она медленно направляется в заторный чан для доведения конечной температуры до 72—75° С.

Этот метод экономичен, сокращает срок варки; к сожалению, в результате затирания при высоких температурах пиво получается без нужной мягкости и непенистым, осахаривание часто бывает затруднено. Осветляется оно плохо, и конечная степень сбраживания ненормальная.

Смешанный метод. Используется он вместе с предыдущим методом — декокционным с одной отваркой, что позволяет проводить затирание при низкой температуре.

Затирание при температуре 35—45° С.

Доведение температуры с помощью пара до 60—65° С, отделение части затора на отварку, возврат которой обеспечивает смеси повышение температуры до температуры осахаривания.

Очень удобный и легкий метод; он дает хорошие результаты.

Затирание солода с использованием несоложеного сырья

Инфузионный метод. Если нет запарника для несоложеного сырья, то его надо поместить в заторный чан при температуре 60—65° С; можно использовать несоложеное сырье в виде обыкновенной муки, крахмальной муки или лучше взять оболочки (пелликулы);

отварка под давлением (если возможно);

затирание из расчета 2—3 *л* воды на 1 *кг* при 45—50° С;

добавление солодовой муки из расчета 10% к массе несоложеного сырья;

доведение температуры до 80—85° С из расчета 1° в минуту;

пауза при этой температуре на 30—60 *мин*;

быстрое доведение температуры до 120—125° С;

пауза на 15—30 *мин*;

возврат смеси, что дает конечную температуру 65—70° С.

Декокционный способ с несоложеным сырьем. Добавить несоложеное сырье, как правило, в первую варку; если конечная степень

сбраживания слишком сильная, то следует добавить во вторую. Производят:

добавление этого сырья при 60—65° С;

доведение температуры до 75° С из расчета 1° в минуту;

пауза при этой температуре на 10—25 *мин*;

быстрое доведение до кипения, которое следует поддерживать в течение 30—60 *мин*.

Специальные способы варки пива

Предварительное затирание. В буквальном смысле слова это нельзя назвать методом; затирание производится определенное время перед варкой и обычно холодным способом (температура зависит от продолжительности перерыва между затиранием и варкой).

Этот способ обеспечивает расщепление азотистых веществ молочнокислыми ферментами. Следует отметить, что это вызывает опасение, так как может способствовать окислению варок и затруднить осахаривание.

Белковая выдержка (в пределах температур и времени). Собственно говоря это тоже не метод — это прием, при котором протеолитические ферменты поглощают некоторые белковые вещества.

Оптимальная температура белковой выдержки находится между 50—52° С; пауза может длиться 1—2 *ч*.

Этот метод выгоден только в отношении распада азотистых веществ, но дает при этом мутное (темное) и плохо осветляемое сусло. Кроме того, он представляет опасность получения пустого пива и без пены; необходимые альбумозы и пептоны легко превращаются в усваиваемый азот из-за слишком длительной паузы при температуре 52° С.

Метод сверхускоренного затирания. Он заключается в том, что некоторый объем смеси направляют в кипящий затор, где температура достигает 90—95° С, т. е. действуют противоположно тому, что делают при затирании. Перемешивание остывшего затора с кипящим затором преследует цель исключить температуры, при которых образуется мальтоза, во избежание образования декстринов и получить сусло со слабой конечной степенью сбраживания для выработки легкого пива.

Этот метод — весьма тонкий, мало распространен, так как для эффективного перемешивания требуется специальное оборудование. Кроме того, если не знать в совершенстве качества используемого солода и добросовестно не проследить за продолжительностью перемешивания, то получится неполное осахаривание.

Способ Кюбесса. При этом способе требуется удаление из помола различных веществ: оболочки, крупки, муки, которые затем затирают отдельно.

Крупку затирают в варочном котле и долго кипятят. Это может быть первой отваркой: таким образом, ее применение можно сильно ограничить, что увеличит производительность, особенно при использовании отлично размельченного солода.

Оболочки добавляют в заторный чан в последнюю очередь для предотвращения полного экстрагирования, так как это может вызвать грубый вкус у пива. Богатые ферментами оболочки осахаривают крахмал крупки.

Муку, как правило, вводят в начале варки.

Этот способ дает более высокую производительность варочного процесса (длительная варка оболочек) и более тонкое пиво (оболочки не кипятят).

И, наконец, оболочки улучшают фильтрацию.

Способ Шмитца (дополнительное осахаривание). Делают довольно жидкий затор при температуре 35—38° С; после 30—45-минутной паузы декантируют ферментный раствор (5—6% от объема варки) для дальнейшего его использования в варочном котле.

Варку проводят любым из существующих способов, предпочтительно ускоренным; после осахаривания все содержимое котла кипятят в течение 15—30 *мин*.

Всю смесь фильтруют в кипящем виде, промывают также кипящей водой.

Отвар переносят в варочный котел при температуре 65° С, и ферментативный настой, отобранный в начале варки, осахаривает крахмал, растворившийся во время промывки и варки.

Варку и охмеление производят обычным способом.

Способ Шмитца обеспечивает высокую производительность, но вредит качеству пива из-за чрезмерного истощения оболочек.

Вместе с тем необходимо подчеркнуть, что кипящая фильтрация проходит слишком быстро из-за снижения вязкости сусла.

Сверхускоренная варка. При этом способе требуется:

очень густое затирание при 60—62° С;

быстрое перекачивание затора для кипячения, которое поддерживают 3—5 *мин*;

возврат этого затора, что дает температуру в заторном чане до 68—70° С;

пауза после осахаривания на 30—60 *мин* при этой же температуре;

выделение второго затора в небольшом объеме и быстрое доведение до кипения;

кипячение 5—10 *мин*;

возврат в заторный чан, что доводит температуру смеси до 72—75° С.

Продолжительность затирания 1—2 *ч*.

Этот метод проходит очень быстро и весьма экономичен, но пиво получается непенистым, осахаривание бывает часто затрудненным. Способ рекомендуется использовать для очень хорошо разрыхленных солодов.

Метод затирания для выработки пива специальных сортов. Этот метод затирания для выработки пива сорта Лямбик, Лувенское белое основан на следующем:

после варки пшеницы в варочном котле ее следует охладить водой и осахаривать крахмал ферментным раствором.

смесь солода осахаривается настоем; после фильтрации пшеничное сусло фильтруется сквозь лепешки из пивной (солодовой) дробины.

Метод, называемый методом мутного сусла. Рекомендуются следующие приемы:

затирание ячменного и пшеничного солода при температуре 48—55° С;

после паузы перевод жидкости в варочный котел — это и представляет собой мутное сусло;

затем добавление 2 или 3 раза горячей воды для поднятия температуры смеси; после каждого добавления отделение жидкости.

Так получаются два или три новых мутных сусла и достигается температура осахаривания.

Все мутные сусла, осахаренные отдельно, перекачивают в общую емкость для получения смеси.

Этот метод обычно используется для заторов пива Лямбик.

Выбор метода затирания

Выбор способа затирания зависит:

от типа пива, которое собираются выработать (свойства, конечная степень сбраживания и др.);

от предусматриваемого качества пива;

от качества и типа используемого солода;

от качества и количества используемого несоложеного материала;

от оснащенности оборудованием пивоваренного завода: материальной части, количества варочных котлов для постоянного использования;

намечаемой производительности.

Вода в данном случае не имеет решающего значения, так как она была предварительно обработана.

Сорт пива: светлое, темное или янтарное. Следует точно руководствоваться принятыми методами и не подходить к этому вопросу вслепую, без предварительного изучения методов.

Качество. Ускоренные методы дают пиво с недостаточным вкусом и малопенистое. Медленные методы снижают тонкость вкуса из-за оболочек (избегать слишком обстоятельной промывки, обрабатывать отдельно оболочку).

Солод. Хорошо разрыхленный солод с ферментативной способностью благоприятствует быстрому затиранию, и, наоборот, плохо разрыхленный солод требует определенного мастерства и мер предосторожности во время повышения температуры.

Несоложеное сырье. Необходимо внимательно отнестись к его качеству, виду, щелочности, жирным веществам.

Оснащение оборудованием пивоваренного завода. Вид используемого несоложеного материала зависит от оборудования, которым располагает завод.

Производительность. Если пренебречь качеством в пользу производительности, то следует применять длительные методы затирания и использовать такие приемы: предварительное затирание, кипячение под давлением, белковую паузу и т. д.

Для достижения постоянства в качестве пива следует обязательно располагать определенным запасом сырья.

РАСЧЕТЫ В ВАРОЧНОМ ОТДЕЛЕНИИ

Расчет необходимого количества засыпи для получения сусла определенной плотности производится по формуле

$$R = \frac{0{,}96VD}{M + G},$$

где V — объем затора, *гл*,

D — плотность сусла, °Рєжи;

M — масса солода, *ц*;
G — масса несоложеного сырья, *ц*;
откуда

$$M + G = \frac{0{,}96VD}{R}.$$

Так как V и D известны, определяем R по формуле

$$R = \frac{(R_m m) + (R_g g)}{m + g},$$

где R_m — выход солода, %;
R_g — выход несоложеного сырья, %;
R — общие выходы, %;
m — содержание солода, %;
g — содержание несоложеного сырья, %;
m — масса используемого солода — общая закладка;
g — масса используемого несоложеного сырья — общая закладка.

Расчет массы используемого солода и несоложеных материалов для получения общих выходов P (табл. 27)

При g — содержание несоложеного сырья, %;
G — масса несоложеного сырья, *кг*;
P — общая засыпь, *кг*;
M — масса солода, *кг*.
Получаем

$$M = \frac{P}{1 + \frac{g}{100}};$$

$$G = P - M.$$

При общей засыпи P и 15% несоложеного сырья получаем $M = \frac{P}{1{,}15}$; если несоложеного сырья больше, то

при 20% . . . $M = \frac{P}{1{,}20}$; $G = P - \frac{P}{1{,}20}$

при 25% . . . $M = \frac{P}{1{,}25}$; $G = P - \frac{P}{1{,}25}$

при 30% . . . $M = \frac{P}{1{,}30}$; $G = P - \frac{P}{1{,}30}$

при 35% . . . $M = \frac{P}{1{,}35}$; $G = P - \frac{P}{1{,}35}$

при 40% . . . $M = \frac{P}{1{,}40}$; $G = P - \frac{P}{1{,}40}$

Таблица 2

Колнчество сырья (в *кг*), используемого для выработки 1 *гл* сусла различной плотности

(экстрактивность солода принята за 74% в пересчете на воздушно-сухое вещество)

Плотность сусла, °Блг	Необходимое количество солода на 1 гл сусла, кг	Экстрактивность несоложеных материалов 75%							
		Количество несоложеных материалов							
		10%		20%		30%		40%	
		солод	несоложеные материалы	солод	несоложеные материалы	солод	несоложеные материалы	солод	несоложеные материалы
10,00	13,53	12,16	1,35	10,80	2,70	9,44	4,04	8,11	5,36
10,50	14,26	12,84	1,43	11,38	2,84	9,94	4,26	8,54	5,64
11,00	14,98	13,48	1,49	11,95	2,99	10,44	4,48	8,93	5,96
11,25	15,37	13,82	1,54	12,26	3,07	10,72	4,59	9,17	6,12
11,50	15,70	14,11	1,57	12,53	3,13	10,94	4,69	9,37	6,24
11,75	16,09	14,46	1,61	12,84	3,21	11,22	4,81	9,61	6,40
12,00	16,45	14,79	1,64	13,13	3,28	11,48	4,91	9,82	6,54
12,25	16,74	15,05	1,67	13,36	3,34	11,66	5,01	9,99	6,66
12,50	17,21	15,44	1,72	13,70	3,43	11,97	5,13	10,25	6,83
12,75	17,57	15,76	1,75	14,02	3,50	12,25	5,25	10,48	6,99
13,00	17,89	16,08	1,79	14,28	3,57	12,47	5,35	10,78	7,12
13,25	18,29	16,44	1,83	14,60	3,64	12,65	5,46	10,95	7,24
13,50	18,65	16,77	1,86	14,88	3,72	12,99	5,55	11,15	7,40
13,75	19,01	17,10	1,90	15,16	3,80	13,26	5,67	11,37	7,56
14,00	19,37	17,42	1,93	15,46	3,86	13,50	5,79	11,54	7,72
14,25	19,76	17,77	1,97	15,77	3,94	13,77	5,91	11,78	7,88
14,50	20,09	18,06	2,01	16,04	4,00	14,01	6,00	12,00	7,98
14,75	20,48	18,41	2,05	16,35	4,08	14,28	6,12	12,21	8,16
15,00	20,88	18,77	2,09	16,67	4,16	14,56	6,24	12,49	8,28
15,50	21,59	19,39	2,15	17,23	4,32	15,07	6,45	12,89	8,60
16,00	22,36	20,10	2,23	17,84	4,46	15,58	6,69	13,36	8,88
16,50	23,11	20,78	2,31	18,44	4,62	16,12	6,90	13,79	9,20
17,00	23,91	21,40	2,39	19,08	4,76	16,67	7,14	14,26	9,52

Плотность сусла, °Блг	Необходимое количество солода на 1 *л* сусла, *кг*	Экстрактивность несоложеиых материалов 80%							
		Количество несоложеных материалов							
		10%		20%		30%		40%	
		солод	несоложеные материалы	солод	несоложеные материалы	солод	несоложеные материалы	солод	несоложеные материалы
10,00	13,53	12,09	1,34	10,65	2,66	9,25	3,96	7,86	5,24
10,50	14,26	12,73	1,41	11,22	2,80	9,74	4,17	8,28	5,52
11,00	14,98	13,37	1,49	11,78	2,94	10,23	4,38	8,73	5,80
11,25	15,37	13,73	1,52	12,10	3,02	10,50	4,50	8,92	5,96
11,50	15,70	14,01	1,56	12,36	3,08	10,72	4,59	9,11	6,08
11,75	16,09	14,36	1,60	12,67	3,16	10,99	4,71	9,34	6,24
12,00	16,45	14,69	1,63	12,94	3,24	11,25	4,80	9,56	6,36
12,25	16,74	14,94	1,66	13,17	3,30	11,44	4,89	9,72	6,48
12,50	17,21	15,33	1,70	13,51	3,38	11,72	5,04	9,98	6,64
12,75	17,57	15,69	1,74	13,82	3,46	12,01	5,13	10,20	6,80
13,00	17,89	15,98	1,77	14,08	3,52	12,21	5,25	10,40	6,92
13,25	18,29	16,33	1,81	14,39	3,60	12,50	5,34	10,62	7,08
13,50	18,65	16,65	1,85	14,68	3,66	12,69	5,43	10,85	7,20
13,75	19,01	16,97	1,88	14,96	3,74	13,00	5,55	11,04	7,36
14,00	19,37	17,29	1,92	15,25	3,80	13,23	5,67	11,23	7,48
14,25	19,76	17,74	1,96	15,59	3,88	13,50	5,79	11,48	7,64
14,50	20,09	17,93	1,99	15,80	3,96	13,72	5,88	11,68	7,76
14,75	20,48	18,29	2,03	16,13	4,02	13,99	6,00	11,91	7,92
15,00	20,88	18,64	2,07	16,44	4,10	14,28	6,09	12,13	8,08
15,50	21,59	19,28	2,14	17,01	4,24	14,78	6,30	12,55	8,36
16,00	22,36	19,95	2,22	17,88	4,46	15,27	6,54	13,00	8,64
16,50	23,11	20,63	2,29	18,20	4,54	15,80	6,75	13,41	8,96
17,00	23,91	21,34	2,37	18,82	4,70	16,34	6,99	13,86	9,24

Плотность сусла, °Балг	Необходимое количество солода на 1 гл сусла, кг	Экстрактивность несоложеных материалов 90%							
		Количество несоложеных материалов							
		10%		20%		30%		40%	
		солод	несоложеные материалы	солод	несоложеные материалы	солод	несоложеные материалы	солод	несоложеные материалы
10,00	13,53	11,98	1,33	10,48	2,62	9,02	3,87	7,61	5,08
10,50	14,26	12,62	1,40	11,04	2,76	9,50	4,08	8,01	5,36
11,00	14,98	13,25	1,47	11,63	2,90	9,98	4,29	8,44	5,60
11,25	15,37	13,61	1,51	11,90	2,98	10,23	4,38	8,66	5,76
11,50	15,70	13,90	1,54	12,15	3,04	10,48	4,47	8,84	5,88
11,75	16,09	14,25	1,58	12,46	3,12	10,74	4,59	9,05	6,04
12,00	16,45	14,56	1,62	12,74	3,18	11,06	4,71	9,27	6,16
12,25	16,74	14,82	1,65	12,96	3,24	11,19	4,77	9,42	6,28
12,50	17,21	15,20	1,69	13,30	3,32	11,44	4,92	9,66	6,44
12,75	17,57	15,55	1,73	13,60	3,40	11,69	5,01	9,88	6,60
13,00	17,89	15,84	1,76	13,86	3,46	11,94	5,10	10,06	6,72
13,25	18,29	16,19	1,80	14,26	3,54	12,20	5,22	10,31	6,84
13,50	18,65	16,51	1,83	14,45	3,60	12,43	5,34	10,49	7,00
13,75	19,01	16,93	1,87	14,72	3,68	12,68	5,43	10,71	7,12
14,00	19,37	17,15	1,90	14,97	3,74	12,93	5,52	11,10	7,40
14,25	19,76	17,50	1,94	15,30	3,82	13,19	5,64	11,14	7,40
14,50	20,09	17,78	1,98	15,58	3,88	13,41	5,73	11,31	7,56
14,75	20,48	18,14	2,01	15,87	3,96	13,67	5,85	11,53	7,68
15,00	20,88	18,49	2,05	16,17	4,04	13,92	5,97	11,74	7,84
15,50	21,59	19,13	2,12	16,73	4,18	14,43	6,18	12,14	8,12
16,00	22,36	20,11	2,23	17,32	4,32	14,91	6,39	12,57	8,40
16,50	23,11	20,47	2,27	17,89	4,48	15,42	6,60	13,00	8,68
17,00	23,91	21,17	2,35	18,48	4,62	15,93	6,84	13,46	8,96

Расчет объема сусла определенной плотности, полученного при определенной засыпи, производят по формуле

$$R = \frac{0{,}96VD}{M + G},$$

где D — плотность сусла, °Режи;
V — объем сусла;
M — масса солода, *кг*;
G — масса несоложеного сырья, *кг*.

Отсюда

$$V = \frac{R(M + G)}{0{,}96D}.$$

Для вычисления общей экстрактивности R служит формула

$$R = \frac{(R_m M) + (R_g G)}{M + G},$$

где R_m — экстрактивность солода, %;
R_g — экстрактивность несоложеного сырья, %.

Таким образом, объем сусла будет равен

$$V = \frac{\frac{R_m M + R_g G}{M + G}(M + G)}{0{,}96D}.$$

Температура воды для затирания (в °С) выражена формулой

$$\frac{0{,}52(T - t)P + VT}{V},$$

где T — нужная конечная температура, °С;
t — температура помола, °С;
P — закладка, *кг*;
V — объем воды, *л*;
0,52 — теплоемкость помола.

Для температур выше 50° С приведенная формула является неточной в связи с потерями тепла, вызванными излучением и конвекцией. Практически можно руководствоваться следующими цифрами:

Для достижения T

65° С	затирать	водой	75° С
64° С	»	»	70° С
59° С	»	»	65° С
55° С	»	»	60° С
52° С	»	»	55° С

Конечная температура смеси (затора) представлена формулой

$$T = \frac{(V_1 t_1) + (V_2 t_2)}{V_1 + V_2},$$

где T — конечная температура затора, °С;
V_1 — объем составной первой части, *л*;
V_2 — объем составной второй части, *л*;
t_1 — температура составной первой части, °С;
t_2 — температура составной второй части, °С.

Таблица 28

Объем воды, необходимой для затирания 1 *ц* солода (в *л*) (при известной экстрактивности солода и в зависимости от желаемой плотности 1-го сусла)

Экстрактивность солода, %	При плотности 1-го сусла, °Блг													
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
72,0	528	482	442	408	378	351	328	307	288	271	255	241	228	216
72,5	531	485	445	411	381	354	330	309	290	273	257	243	229	217
73,0	535	488	448	414	383	356	333	311	292	275	259	244	231	219
73,5	539	492	451	416	386	359	335	313	294	277	261	246	233	220
74,0	543	495	454	419	388	361	337	315	296	278	262	247	234	222
74,5	546	498	457	422	391	364	339	317	298	280	264	249	236	223
75,0	550	502	461	425	394	366	342	320	300	282	266	251	237	225
75,5	554	505	464	428	396	369	344	322	302	284	268	253	239	226
76,0	557	508	467	431	399	371	346	324	304	286	269	254	241	228
76,5	561	512	470	433	402	373	348	326	306	288	271	256	242	229
77,0	564	515	473	436	404	376	351	328	308	290	273	258	244	231
77,5	568	518	476	439	407	378	353	330	310	291	275	259	245	232
78,0	572	522	479	442	409	381	355	333	312	293	277	261	247	234
78,5	575	525	482	445	412	383	357	335	314	295	278	263	249	235
79,0	579	528	485	448	415	386	360	337	316	297	280	264	250	237
79,5	583	532	488	450	417	388	362	339	318	299	282	266	252	238
80,0	586	535	491	453	420	391	364	341	320	301	284	268	253	240
80,5	590	538	494	456	423	393	367	343	322	303	285	269	255	241
81,0	594	542	497	459	425	395	369	345	324	305	287	271	257	243

Объем воды для затирания (табл. 28) представлен формулой

$$V = \frac{R(100 - b) - bH}{b},$$

где V — объем воды для затирания 1 *ц* закладки, *л*;
R — экстрактивность (по лабораторным данным), %;
b — необходимая плотность 1-го сусла, °Блг;
H — влажность солода, %.

Приведенную выше формулу можно упростить так:

$$V = \frac{R(100 - b)}{b},$$

где (без учета влажности H) разница компенсируется выпариванием.

Объем воды для затирания можно также вычислить по формуле Пьерра (Pierre)

$$V = \left[\frac{0{,}7(100 - b)}{b} + 0{,}7\right] P,$$

здесь 0,7 *гл* — объем, занимаемый 1 *ц* затора.

Учитывая возможности мешалки, которая исключает приготовление очень густых заторов, обычно принимают:

для темных сортов пива густой затор 1—2 *л* на 1 *кг* солода;

для светлых сортов пива более жидкий затор 4—5 *л* на 1 *кг* солода.

Плотность затора:

Жидкий затор отделяют не останавливая работы мешалки.

Густой затор отделяют после того, как смесь находилась в состоянии покоя

Повышение температуры и продолжительность кипения заторов:

Быстрое	2° С в минуту
Медленное	1° С за 1—2 *мин*
Обычно принятое — нормальное	1° С в минуту
Кратковременное кипение	менее 10 *мин*
Продолжительное кипение	более 30 *мин*

Определение продолжительности кипения. Если при титровании йодом затора 82—85° С получается легкая синяя окраска, то кипячение должно длиться не менее 20 *мин*, если — розовато-желтая окраска, то кипятить следует 15—20 *мин*.

ПОКАЗАТЕЛИ ХОРОШЕЙ РАБОТЫ ВАРОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ

1. Вся перемешанная масса должна иметь запах свежего солода и горячего сахара.
2. Перед фильтрацией в заторном чане поверхность массы должна быть покрыта пеной. Верхний слой массы имеет черноватый оттенок, если коагуляция азотистых веществ происходит правильно.
3. В фильтрационном чане не должно быть ни одной трещины или щели.
4. Фильтрация должна проходить быстро.

5. Первая варка должна быть с блеском, пенистой и иметь в чане черноватый оттенок.

6. Весь внешний вид варки в чане должен быть черноватым.

7. Фактическая производительность должна быть по возможности близкой к производительности, полученной в лабораторных условиях.

КОНТРОЛЬ ОСАХАРИВАНИЯ

Различное окрашивание во время отваривания. Холодный раствор, содержащий много крахмала, окрашивается йодом в темно-голубой цвет. Эта окраска переходит в синевато-лиловый, затем синевато-сиреневый и, наконец, в совсем бледно-голубой, переходящий в почти розовый по мере того, как происходит осахаривание.

Если осахаривание закончилось, окрашивания больше не происходит.

Метод контроля осахаривания при помощи йодного раствора. Растереть в ступке в небольшом количестве воды смесь, состоящую из 1,7 *г* йода и 2,5—3 *г* йодистого калия. Когда смесь растворится, довести ее количество до 1 *л*, добавляя воду. Хранить в стеклянной желто-красной колбе в темном месте.

Метод контроля с использованием мела. Положить на кусочек мела каплю светлой массы, которую накрыть каплей йода. Окраска проявляется на белой основе мела.

Метод контроля с использованием тарелки или пластинки. Поместить на белую тарелку две капли отфильтрованной массы и оставить для охлаждения. Сбоку поместить каплю йода. Наклонить тарелку или пластинку, чтобы все перемешалось и следить за окраской.

Метод контроля с использованием спирта. Поместить в пробирку одну часть спирта и девять частей сусла. Встряхивать, оставить в покое, а затем декантировать.

Поместить отстой в воду, постепенно добавлять йод и следить за окрашиванием.

ЗАТРУДНЕННОЕ ОСАХАРИВАНИЕ

Причины и средства их устранения

Причины	Средства устранения
Очень щелочная вода (вредное действие углекислого натрия и углекислого калия)	Обработка воды. Соблюдение точной дозировки кислоты и составление хорошей смеси
Очень влажный солод	Подсушка. Приготовление смеси солода
Плохое растворение солода	Предварительное затирание. Медленные способы затирания.
Недостаточная ферментативная способность солода (использование солодов, полученных из жарких стран, сушка солода при слишком высокой температуре)	Белковая пауза. Применение усовершенствованной мельницы Изменение состава закладки и увеличение процента солода с большой ферментативной способностью

Грубый помол	Улучшение состава помола
Повышенный процент несоложеного сырья: количество ферментов солода не в состоянии осахарить слишком большую дозу несоложеного сырья	Уменьшение количества несоложеного сырья. Медленное добавление ферментной вытяжки
Применение несоложеного сырья в виде грубой крупки (крупных зерен)	Использование дробилки для этого сырья. Продление кипячения заторов
Применение несоложеного сырья в виде очень тонкой муки	Снижение процента этого сырья
Использование необезжиренной кукурузы	Снижение процента кукурузы в закладке
Использование несоложеного сырья с ярко выраженной щелочностью (рис и особенно маниока)	Снижение процента этого сырья. Обработка маниоки сернистой кислотой из расчета 30—70 *г* на 1 *ц*
Затирание при слишком высокой температуре	Сделать паузу при отварках при 50—52° С
Слишком быстрый возврат затора несоложеного сырья (особенно в случае одноотварочного метода)	Продление паузы для осахаривания. В случае необходимости добавление ферментной вытяжки
Слишком большой процент несоложеного сырья в последней отварке	Снижение процентного содержания этого сырья
Быстрый метод приготовления затора	Продление паузы и продолжение этого метода
Развитие молочнокислых и маслянокислых бактерий в случае применения замедленного способа приготовления заторов (предварительное затирание, белковая пауза)	Поддержание всего затора при 50° С; паузы; в случае необходимости добавление ферментной вытяжки
Присутствие в заторе железа (железный заторный чан, заржавленный бак для воды)	Во время затирания убедиться, что осахаривание полное. Обмазка или покрытие емкости
Плохое удаление из трубопроводов щелочных антисептиков (едкого натра, соды)	Тщательная промывка и прополаскивание трубопроводов и емкостей
Неправильные показания термометров	Выверить термометры

3. ФИЛЬТРАЦИЯ И ПРОМЫВКА

Цель фильтрации — отделение жидкого отвара от пленок (оболочек), которые затем экстрагируют горячей водой.

Экстрагированные пленки являются пивной дробиной.

ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ ЧАНЫ

Конструкция. Фильтрационный чан — это цилиндрический сосуд, сделанный из листового железа, стали, меди или чугуна, покрытый сферической крышкой. Он снабжен вытяжной трубой (или не

имеет трубы) с перфорированным ложным дном, задерживающим пивную дробину и позволяющим свободно стекать отфильтрованной жидкости.

Емкость. Объем фильтрационного чана должен быть почти в 1,5 раза больше, чем объем сусловарочного чана, т. е. быть равным $^3/_4$ емкости заторного чана. Это составляет 6—7,5 *гл* на 1 *ц* засыпи.

Габаритные размеры чана и засыпь. Рекомендуется делать фильтрационный чан диаметром не более 5 *м*; это легко подсчитать, если учесть, что высота слоя дробины не должна превышать 40 *см*, т. е. предусматривается 8 *ц* засыпи на 1 $м^2$ площади дна. При засыпи 6—7 *ц* на 1 $м^2$ высота слоев составит соответственно 30 и 35 *см*. Эти данные предусматривают площадь дна 0,5—0,6 $м^2$ на 1 *ц* засыпи. При высоте слоя дробины 40 *см* высота чана составляет около 1 *м*.

Подача сусла за 1 *ч* на 1 $м^2$ площади дна зависит от высоты слоя дробины. Для чана с площадью дна около 25 $м^2$ при засыпи из чистого солода следует руководствоваться следующими данными:

Засыпь, *кг/м²*	Высота слоя дробины, *см*	Средняя подача, *л/(м²·ч)*	Засыпь, *кг/м²*	Высота слоя дробины, *см*	Средняя подача, *л/(м²·ч)*
200	35,5	380	320	49,0	450
220	38,0	390	340	50,5	460
240	40,5	400	360	52,0	470
260	43,0	415	380	53,0	480
280	45,0	425	400	54,0	490
300	47,0	430	420	55,0	500

Количество (объем) полученной дробины в фильтрационном чане из 100 *кг* затора соответствует 1,8—2 *гл*.

Ложное дно. Его делают часто из латуни или бронзы, оно состоит из двух пластин площадью 0,75 $м^2$.

Толщина дна, *мм*	3—5
Размеры отверстий, *мм*	
вверху	0,8
внизу	2,5—3
Размеры прорезей, *мм*	
длина	20—30
ширина	
вверху	0,7
внизу	3—4
Число отверстий на 1 $м^2$	60000—80000
Количество прорезей на 1 $м^2$	2500
Размеры свободной фильтрующей поверхности, %	
с отверстиями	2—5
с прорезями	6—8
Пространство между ложным (двойным) дном и дном, *мм*	8—12 (обычно $^1/_4$ диаметра сливного трубопровода)

Трубы для перекачки и краны:

Число труб	одна на 1—1,5 $м^2$ площади дна
Диаметр труб, *мм*	25—40 (т. е. сечение трубы — 5 — 15 $см^2$)
Отношение свободной площади двойного дна к сечению труб	20—40
Скорость протекания сусла в трубе, *м/сек*	около 0,25
Число кранов на трубе	1
Производительность кранов, *л/сек*	0,2 максимум; 0,1 в среднем (или около 400 *л/ч* на 1 $м^2$ дна)

Разрыхлитель и аппарат для удаления дробины:

Расстояние между ножами, *см*	12—16
Ширина борозд, *см*	6—8
Скорость разрыхления	
м/сек	0,04
об/мин	0,25—0,35
Скорость удаления дробины	
м/сек	0,48
об/мин	5—6
Потребляемая мощность на 1 *ц*, *квт*	
при разрыхлении	0,9—0,4
при удалении дробины	0,22
Скорость вращения сегнерова колеса, *об/мин*	5—10

ФИЛЬТРЫ ДЛЯ СУСЛА

Конструкция. Фильтрпресс состоит из серии полых рам, чередующихся с рифлеными пластинами или решетками. Рамы принимают дробину, а сусло проходит сквозь салфетки и по сборным каналам вытекает из фильтра.

Полые рамы и пластины прямоугольной или круглой формы сделаны из чугуна. Если полые рамы чередуются не с рифлеными пластинами, а с решетками, то они выполняются из бронзы или оцинкованного железа.

Емкость. Общий объем вычисляется из расчета 110—130 *л* на 1 *ц* закладки.

Емкость рамы обычно принимается от 70 до 150 *л*. Желательно, чтобы свободная высота рамы не превышала 1,20 *м* для облегчения демонтажа, чистки и сборки фильтров, и не было необходимости прибегать к скамеечкам или мосткам (табл. 29).

Брикеты (лепешки) из дробины:

Средние размеры, *см*

толщина	6—7
высота	80—120

Таблица 29

Габаритные размеры фильтров[1]

Модель 1500×1200						Модель 165×1400					
одинарная			двойная			одинарная			двойная		
число камер	емкость, *л*	длина, *мм*	число камер	емкость, *л*	длина, *мм*	число камер	емкость, *л*	длина, *мм*	число камер	емкость, *л*	длина, *мм*
10	1300	3290	50	6500	9250	10	1640	3940	50	8200	10600
15	1950	3915	55	7150	10000	15	2460	4565	55	9020	11350
20	2600	4540	60	7300	10500	20	3280	5190	60	9840	11850
25	3250	5165	65	8450	11250	25	4100	5815	65	10660	12600
30	3900	5790	70	9100	11750	30	4920	6440	70	11480	13100
35	4550	6415	75	9750	12500	35	5740	7065	75	12300	13850
40	5200	7040	80	10400	13000	40	6560	7840	80	13120	14650
45	5850	7665	85	11050	13750	45	7380	8465	85	13940	15400
50	6500	8290	90	11700	14250	50	8200	9090	90	14760	15900
—	—	—	95	12350	15000	—	—	—	95	15580	16650
—	—	—	100	13000	15500	—	—	—	100	16400	17150

[1] Емкость камеры 130 *л* = 100 *кг* солода.

Количество (объем) дробины, полученной на фильтрпрессе из 100 *кг* затора, соответствует 1,2—1,4 *гл*.

Если используется шестирядный (ранний) ячмень, эти данные следует уменьшить на 10—20%.

Несоложеное сырье занимает вдвое меньше места, чем солод.

Скорость заполнения. Среднюю скорость следует считать от 1,60 до 1,80 *м/сек*.

Давление при фильтрации составляет (в *кг/см*^{2}):

в начале фильтрации	0,2—0,4
к концу фильтрации	1,5—1,8

Такое давление по существу бывает в отдельных случаях.

ФИЛЬТРАЦИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФИЛЬТРАЦИОННОГО ЧАНА

Заполнение чана. При заполнении следует:

вводить горячую воду в пространство между дном и ложным дном для отгонки воздуха, который в дальнейшем замедляет процесс фильтрации;

откачивать насосом содержимое чана при постоянной работе мешалки заторного чана для достижения правильного и хорошего распределения дробины;

поддерживать скорость перекачки 6—10 *м/сек*; слишком большая скорость нарушает структуру (состав) фильтрующего слоя.

Закончив перекачку, оставить чан на 30—40 *мин* для осаждения дробины. После этого нижняя часть фильтрующего слоя образует осадок из крупных частиц, в то время как верхний слой состоит из более тонких и более легких частиц. Толщина двух слоев составляет около 1 *см*.

Откачка. Для освобождения от мутного сусла следует быстро один за другим полностью открыть краны; эту операцию повторить 2 или 3 раза.

Мутное сусло перекачать в чан.

Краны открывать постепенно и из каждого получать равномерную подачу сусла. Если течет мутное сусло, его следует откачать в заторный чан.

Как только отвар станет прозрачным, перекачать его в медный сусловарочный котел.

Если используется непрерывная промывка, то закрыть краны следует до появления слоя дробины. В случае периодической промывки краны следует закрыть тогда, когда уровень жидкости достигнет ложного дна.

Из 100 *кг* солода получается около 2 *гл* сусла плотностью 18—20° Блг.

Мойка. а) При периодической мойке:

ввести в действие разрыхлитель;

орошать дробину конечными промывными водами до тех пор, пока уровень жидкости станет выше уровня дробины (в некоторых случаях вода подается снизу);

остановить работу разрыхлителя;

оставить в покое на 15—20 *мин*;

перекачивать, как при первой отварке;

затем повторить эти операции еще раз и даже несколько раз.

б) При непрерывной мойке:

ввести в действие разрыхлитель;

орошать дробину последними промывными водами; **слой дробины должен быть постоянно закрытым**;

постепенно опускать разрыхлитель по мере прохождения процесса промывки.

Прекращение мойки. Мойку надо прекратить тогда, когда плотность жидкости снизится на 0,5° Блг для обыкновенного пива с плотностью 12° Блг.

Удаление пивной дробины. Для этого сначала следует:

дать жидкости стечь из кранов;

открыть запорную арматуру аппарата;

направить угол наклона ножей;

отрегулировать аппарат разрыхлитель-удалитель дробины на определенную скорость;

по мере удаления дробины постепенно углублять ход ножей.

Продолжительность фильтрации, *ч*

общее время фильтрации	3—4
продолжительность мойки	2—3

Вода для мойки

температура	около 78° С
количество	4—5 *гл* на 1 *ц* закладки

ФИЛЬТРАЦИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФИЛЬТРПРЕССА

Подготовка и подогрев. Тщательно следить за сборкой, не допуская складок на полотне.

Фильтр можно разогревать двумя способами:

пропуская воду;

заполнив фильтр наполовину.

Для обеспечения герметичности следует использовать уплотнители. Тем не менее правильно сконструированный фильтр со съемными решетками не требует предварительного подогрева.

Наполнение. В случае необходимости открыть впускные краны сусла, сливную трубу, боковые каналы и все нижние краны.

Откачивать содержимое чана при постоянной работе мешалки в заторном чане.

Перекачать 1-е сусло после осветления в варочный котел.

Во время перекачки постепенно уменьшить отверстие сливной трубы таким образом, чтобы оно оказалось закрытым, когда чан будет пустым.

Прополоскать заторный чан горячей водой и эту воду перекачать вслед за затором для промывки всех трубопроводов.

Как только чан освободится, остановить насос, закрыть впускные краны сусла в фильтре, краны сливной трубы и боковых каналов.

Продолжительность наполнения около 30 *мин*.

Стекание 1-го сусла. Плотность 1-го сусла для обычного пива 20—22° Блг.

Если фильтр наполнен, как сказано выше, т. е. нижние краны открыты, то следует ждать до полного стекания 1-го сусла.

Однако фильтр иногда заполнен, а нижние краны закрыты, тогда 1-е сусло сцеживают откачкой. Нельзя выжимать дробилку паром для получения большего экстракта: фактически этим снижается пористость слоя, что вызывает длительную и затруднительную фильтрацию.

Промывка. На современных фильтрах промывка может производиться сверху или снизу. При любом методе вода должна пройти, например, в парные тарелки (или решетки) и выйти через непарную тарелку, пройдя полотно, слой дробины, затем второе полотно. В этом случае все непарные краны открыты, а парные закрыты.

Метод промывки снизу считается лучшим: вода, проникая в слой снизу, приводит дробину в состояние суспензии. Площадь соприкосновения воды с дробиной увеличивается; экстракция более полная. Объем воды для промывки 1—1,5 *гл/гл* первой отварки.

Демонтаж фильтра. Для разборки фильтра после окончания промывки:

отодвинуть рамы одну от другой для того, чтобы дать возможность дробине переместиться в бункер;

хорошенько встряхнуть полотно перед тем как вымыть его;

тщательно вычистить фильтр.

ОБРАБОТКА ФИЛЬТРОВАЛЬНОГО ПОЛОТНА

При чистке следует:

хорошенько отряхнуть полотно;

избегать перегрузки моечной машины (мойки);

стирать полотно холодной водой в течение 10 *мин*, затем теп-

лой водой (максимум 35° С) и сменять воду до тех пор, пока она не станет стекать чистой, а затем прополоскать его в холодной воде.

Если полотна должны быть использованы тут же, их следует погрузить в воду; в противном случае их следует высушивать как можно быстрее.

Характеристика устройств для мойки полотен

Внутренняя цилиндрическая часть барабана, *мм*				
диаметр	600	800	900	900
длина	880	1180	1640	1950
Габаритные размеры, *мм*				
длина	1600	2000	2400	2800
ширина	800	1000	1100	1100
Потребляемая мощность, *кэт*	0,365	0,51	0,66	0,73
Потребление пара в час, *кг*	18	22	25	28
Вместимость сухих полотен, *кг*	25	50	75	100
Скорость вращения барабана, *об/мин*	16—20			
Продолжительность мойки, *мин*	25—35			

Тарелочный отстой. После известного количества варок образуется отстой, который замедляет фильтрацию и часто вызывает снижение производительности. Отстой состоит из осадка белковых веществ (50%) и минеральных солей (16—20%) и трудно устраняется. Добиться устранения отстоя можно двумя способами.

При влажном способе:

приготовить натриевую баню (2 *л* содовой воды при 40° Bé на 100 *л* воды);

опустить полотна на 3 *ч* при температуре 90—95° С;

охладить их, вновь прополоскать, слить содовую воду, заменив холодной водой;

затем опустить полотна в горячую воду, промыть их в машине, погрузить их в 0,5%-ный раствор уксусной кислоты, перемешивая, и сильно прополаскать.

При сухом способе:

можно использовать сухое выщелачивание, поместив сухие полотна в сухую мойку;

хорошенько вычистить щетками и отряхнуть.

ПИВНАЯ ДРОБИНА

Проверка дробины. Следует проверить заполненность рам фильтрпресса и однородность слоя дробины в фильтрационном чане. Одновременно надо убедиться в том, что в дробине нет цельных зерен.

Проконтролировать осахаривание крупки, измельчив ее, и сделать пробу с йодом.

Контроль за извлечением экстракта дробины.

При помощи фильтрпресса:

отобрать пробы из всех 4—5 рам в нескольких местах.

При помощи фильтрационного чана:

отобрать образцы со всей поверхности, расположенной против перегородок (стенок), мешалки и разрыхлителя на половине высоты и поблизости от двойного дна.

Определение экстракта. Растворимый экстракт, выделенный прессованием:

отжать насыщенную жидкость, отфильтровать и определить плотность, которая не должна превышать 1% и должна быть как можно ближе к плотности при последней промывке.

Экстракт, выделенный промыванием (сделать точно так же, как в предыдущем случае). Это определение делают с промытой дробиной. В экстракте обычно 0,8—1,5% сухого вещества.

Формула точного определения потерь растворимого экстракта E, извлеченного при промывке:

$$E = \frac{eh\,(100 - R)}{100\,(100 - h)},$$

где e — экстракт промывных вод, %;

h — влажность дробины;

R — выход экстракта сухого солода в котле;

E — экстракт сухого солода в результате плохого извлечения, %.

Экстракт, извлеченный осахариванием. Экстракт, полученный под воздействием ферментной вытяжки, содержит обычно 1,5—2,5% сухого вещества.

Условия, влияющие на извлечение экстракта при усиленной промывке:

плохая фильтрация и промывка;

не соответствующий закладке фильтрационный материал;

слишком тонкий помол;

слишком холодная вода для мойки.

Условия, влияющие на извлечение экстракта при усиленном осахаривании:

плохо размельченный солод с малой ферментативной активностью;

грубый помол;

плохая работа варочного отделения (слишком короткий способ затирания, слишком быстрое кипение варок).

Из 100 *кг* солода получается 110—120 *кг* сырой дробины 80%-ной влажности и 30 *кг* сухой дробины.

1 $м^3$ сухой дробины весит 160 *кг*.

Питательная ценность дробины. Свежую дробину следует потреблять немедленно.

По питательной ценности 5 *кг* дробины соответствуют 1 *кг* ячменя. У молочных коров этот корм увеличивает удой молока, но в молоке снижается содержание жирных веществ. Рекомендуется также для овец, кроликов, отчасти для свиней и лошадей. Используется также для корма карпов.

Сушка дробины. Сушат дробину в сушильных барабанах с паровым обогревом, делающих 3—4 *об/мин*. Перед помещением дробины в барабан ее следует прессовать.

Расход на 1 *кг* сухой дробины

пара, *кг*	2—2,5
воздуха, *л*	110—130
угля, *кг*	0,3—0,5

Потребляемая мощность, *квт*	1,5—1,8 в зависимости от конструкции
Конечная влажность сухой дробины, %	6—12
Максимальная температура сушки, °С	50—55

ЗАТРУДНЕННАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ

Причины и средства для устранения затрудненной фильтрации

Причины	Средства устранения
Использование солода, выработанного из ячменя, убранного до его полного созревания или в сырую погоду	Составление смеси из разных солодов
Использование недостаточно или слишком размельченного солода	Изменение метода соложения
Слишком сухой солод, дающий чрезмерно распыляющиеся оболочки	Увлажнение солода. Регулирование работы дробилки (ослабить вальцы). Использование раннего (шестирядного) ячменя
Слишком много несоложеного материала	Изменение метода затирания и обработки несоложеного материала. Снижение процента несоложеного материала
Использование манной крупы или слишком тонкой муки	Подбор состава затора, обеспечивающего лучшие выходы и нормальную фильтрацию
Слишком высокая щелочность смеси, вызванная водой или использованием некоторых видов несоложеного материала (маниоки)	Отрегулирование щелочности
Затрудненное осахаривание	См. выше «Затрудненное осахаривание»
Плохая коагуляция азотистых веществ	Проверка pH и исправление в случае необходимости
Присутствие железа в отварке (голубовато-серый цвет дробины)	Удаление железа из воды
Слишком большая плотность у первой варки (повышенная вязкость)	Снижение плотности. Недопущение плотности выше 20—22° Блг первой варки с фильтр-прессом и 18° Блг с фильтрационным чаном
Плохой фильтрующий материал	Плохое состояние ложного дна в фильтрационном чане. Использовать высококачественный материал
Площадь ложного дна недо-	Уменьшение закладки

статочна (слишком большая закладка)	
Слишком быстропроницаемая дробина	Перед началом фильтрации оставить массу в покое на 30—40 *мин* в фильтрационном чане
Присутствие пузырьков воздуха в дробине или под ложным дном, вызванное плохим наполнением фильтрационного чана	Подача воды для мойки через дно. Постучать по ложному дну, чтобы заставить подняться пузырьки воздуха
Слишком высокое давление во время фильтрации (на фильтрпрессе)	Ограничение скорости стекания первой варки с использованием для этого минимального давления
Использование слишком плотного полотна	Смена полотна или их соответствующая обработка

МУТНОЕ СУСЛО И ПРОМЫВКА ОСАДКА

Причины мути и средства ее устранения

Причины	Средства устранения
Плохо разрыхленный, поврежденный, слишком влажный или слишком слабовысушенный солод	Повторная сушка. Составление смеси солодов
Ненормальная щелочность вод	Исправление щелочности путем добавления молочной или фосфорной кислоты
Вода, содержащая большое количество известняка, хлорида или сульфата натрия	Поддержание температуры смеси 30—35° С
Медленная фильтрация	См. раздел «Затрудненная фильтрация»
Присутствие цинка в заторном или фильтрационном чанах, изготовленных из оцинкованного железа	Сделать пробные варки. Продление кипения
Слишком сильная кислотность сусла	Улучшение способа затирания. Предупреждение образования молочной кислоты
Перерастворение крахмала	Промывка в менее горячей воде. Использование более разрыхленных солодов
Разрушение слоя дробины, особенно нижнего, в фильтрационном чане	Менее углубленное и осторожное разрыхление
Растворение железа или меди в медном или железном заторном или фильтрационном чане	Покрытие лаком. Пробные варки. Продление кипячения

4. ВАРКА И ОХМЕЛЕНИЕ СУСЛА

Цель. Первая варка — это длительное кипячение сусла с шишками хмеля, причем происходят следующие изменения:

стерилизация сусла;
сгущение сусла;
растворение компонентов хмеля;
начало флокуляции — свертывание сусла;
распад ферментов;
карамелизация.

Продолжительность варки:

Светлое пиво . . . . . 1,5—2 *ч*
Темное пиво
Выдержанное пиво } . . . . . 2—2,5 *ч*

Во всех случаях нельзя допускать слишком продолжительные варки, которые придают пиву нежелательную неприятную горечь.

ВАРОЧНЫЙ КОТЕЛ

Характеристика и их расчеты

Емкость. Емкость варочного котла должна быть больше на 15—20%, чем заторного чана для свободного кипения.

Объем емкости принимают из расчета 8 *гл* на одну закладку.

Размеры котла. Отношение высоты котла к его диаметру должно быть 1 : 2 (табл. 30).

Таблица 30

Характеристика варочного котла

Емкость, *гл*	Внутренний диаметр цилиндрической части, *м*	Диаметр дна, *м*	Высота дна, *м*	Высота цилиндрической части, *м*	Высота сферической крышки, *м*	Общая высота, *м*	Наружная высота двойного днища, *м*	Диаметр дымоходов, *м*	Поверхность нагрева, *м²*	Общая масса, *кг*
59	2,59	2,13	0,69	1,22	1,12	3,12	0,10	0,61	4,60	1635
88	2,90	2,36	0,76	1,53	1,12	3,51	0,10	0,61	5,63	1985
118	3,20	2,59	0,84	1,68	1,35	3,96	0,10	0,76	6,38	2590
147	3,35	2,70	0,86	1,98	1,37	4,31	0,10	0,76	7,25	2920
177	3,51	2,82	0,89	2,13	1,37	4,52	0,12	0,76	7,80	3380
206	3,65	2,93	0,93	2,29	1,42	4,76	0,12	0,76	8,36	4160
236	3,81	3,05	0,95	2,45	1,47	4,98	0,12	0,76	9,11	4480
295	4,12	3,20	0,97	2,67	1,50	5,25	0,12	0,76	9,76	4900
354	4,42	3,35	0,99	2,90	1,64	5,64	0,12	0,92	10,50	6000

Испарение жидкости в час. Часовое испарение зависит одновременно от площади нагрева S и свободной поверхности сусла s (следовательно, от диаметра чана):

$$sE = eSh,$$

где S и s — площадь нагрева и свободная поверхность сусла, $м^2$;
E — испарение, *ч*;
e — часовое испарение по отношению к содержимому котла, %;
h — высота сусла.

В котле может нормально происходить испарение в 1 *ч* на 1 $м^2$ поверхности сусла (в *л*):

без мешалки	40—50
с мешалкой	60—70

Максимальный предел испарения должен составлять около 10%.

Высоту сусла и испарение в час в котле легко высчитать при помощи приведенных выше данных.

Мешалка. Лучше всего использовать мешалку в варочном котле. Основная выгода, получаемая в результате перемешивания,— увеличение коэффициента теплопередачи.

Скорость работы мешалки 3—4 *м/сек*, т. е. 25—35 *об/мин*.

Потребляемая мощность электроэнергии у хорошо работающей мешалки редко превышает 3,7 *квт*.

Для пуска в действие мешалки после остановки ее (в результате аварий) следует предусмотреть для котлов емкостью более 250 *гл* потребляемую мощность 5,9 *квт*.

Определение количества потребляемого для обогрева пара в 1 *ч*. Объем испаряющейся жидкости в час (в *гл*) составляет

$$V\ \frac{E}{100},$$

где V — объем сусла, *гл*;
E — испарение за час, %.

При этом теоретически затрачивается тепло, количество которого исчисляется в *кал/ч* по формуле

$$100\left(\frac{VE}{100}\right)L = VEL,$$

где L — скрытая теплота испарения жидкости, *кал/кг*.

Фактическое количество тепла с учетом тепловых потерь в *кал/ч*

$$\frac{VEL}{\frac{100-c}{100}} = \frac{100VEL}{100-c},$$

где c — потери тепла, %.

Количество тепла, получаемого из 1 *кг* пара,

$$C - C',$$

где C — теплоемкость пара при P *кгс/см²*, *кал*;
C' — потери тепла при очистке (продувке), *кал*.

Часовой расход пара в *кг*

$$\frac{\frac{100VEL}{100-c}}{C-C'} = \frac{100VEL}{(100-c)(C-C')}$$

Соответствующий объем пара в час в $м^3$

$$\frac{\frac{100VEL}{(100-c)(C-C')}}{U} = \frac{100VEL}{U(100-c)(C-C')},$$

или объем в $м^3/сек$

$$\frac{100VEL}{3600U(100-c)(C-C')},$$

где U — объемная масса пара при P $кгс/см^2$, $кг/м^2$.

Коэффициент передачи тепла обогревающим стенкам. Коэффициент передачи вычисляется обычной формулой

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{a_1} + \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{a_2},$$

где k — общий (полный) коэффициент передачи, $кал/(м^2 \cdot ч \cdot град)$;

a_1 — коэффициент передачи тепла обогревающим стенкам, $кал/(м^2 \cdot ч \cdot град)$. Этот коэффициент обычно близок к 10 000, но вместе с тем он колеблется в довольно больших пределах,

a_2 — коэффициент передачи тепла стенкам жидкости, $кал/(м^2 \cdot ч \times \times град)$. Этот коэффициент представлен приблизительной формулой $a_2 = 1 \cdot 9.65 \sqrt{p}$;

здесь p — давление пара, $кгс/см^2$;

d — толщина стенок обогрева, *м*;

λ — коэффициент теплопроводности стенками; этот коэффициент (для железа=50) колеблется от 260 до 320 для меди в зависимости от чистоты (отсутствие примесей).

Общий коэффициент теплопередачи k зависит от отопительных устройств; можно руководствоваться следующими цифрами:

Неподвижные змеевики или ложное дно из меди	
без мешалки	1500—1800
с мешалкой	2500—2800
Медные вращающиеся змеевики	2800—3100

Поверхность нагрева S в $м^2$ представлена следующей формулой.

$$S = \frac{VEL}{kD},$$

где V — объем чана, *гл*;

E — испарение в час, %;

L — скрытая теплота испарения жидкости, *кал/кг*;

k — коэффициент теплопередачи стенками, $кал/(м^2 \cdot ч \cdot град)$;

D — разница температуры между паром и жидкостью, °С.

Таким образом, вычисленная поверхность нагрева S не учитывает потерь, вызванных излучением, которые обычно определяют примерно 10%; эти потери явно увеличивают поверхность.

Примечание. В случае открытого огневого обогрева поверхность нагрева можно вычислить используя следующую формулу:

$$S = \frac{100L}{k},$$

где коэффициент передачи тепла k равен 6000 *кал/(м² · ч · град)* в том случае, если сусло не кипит, в обратном случае этот коэффициент близок к 8000 *кал/(м² · ч · град)*.

ЗАДАЧА ХМЕЛЯ В СУСЛО

Количество задаваемого хмеля зависит:

от места произрастания хмеля (например, хмель из Эльзаса отличается сильной горечью);

от года сбора урожая и хранения; при использовании очень старого или плохо хранившегося хмеля нужно большее количество хмеля;

от сорта пива; рекомендуется вносить хмель в *г/гл* холодного сусла:

для светлого пива	190—300
для Пильзенского пива	до 450
для темного пива	130—180

повышенные количества задаваемого хмеля требуются и для пива длительного хранения;

от воды:

щелочная вода экстрагирует больше хмеля — следует уменьшить задачу хмеля в сусло;

пресная вода выдерживает очень обильное охмеление — надо усилить дозы.

Способы охмеления:

Одноразовая задача. Внесение всего количества хмеля в начале варки (довольно редкий способ).

Трехразовая задача. Внесение:

небольшого количества при наступлении первого кипения в котле;

второй части — самой значительной — после возвращения с промывки;

третьей части — за полчаса до окончания варки.

Следует использовать хмель с наиболее тонким вкусом горечи.

Способ Руфора (Roufort). Метод охмеления Руфора обеспечивает растворение в сусле почти всего количества смол групп α и β, содержащихся в лупулине. Экономия расхода хмеля при этом способе достигает в некоторых случаях 50%.

Способ Гесберга (Hessberg). Все количество тонко размельченного хмеля задают в начале варки. Этот способ устраняет необходимость использования корзин для хмеля. Образовавшуюся при этом значительную муть добавляют в следующий варочный чан. Экономия хмеля при этом способе 12—15%.

Задача хмеля с разделением растения на части. Различные части хмеля вводят в котел отдельно:

сначала лепестки;

за 30 *мин* до окончания лупулин;

за 10 *мин*, или непосредственно перед отваркой, черешки листьев и стебли.

Обработка лупулина холодным способом. Замачивание лупулина в холодной воде часто смягчает горечь.

Замачивать хмель 24 *ч* в холодной воде. Непосредственно перед использованием декантировать настоенную жидкость.

Добавить шишки в начале варки, а настоенную жидкость — предпочтительно перед откачкой в чан. Этот способ обеспечивает выработку пива высокого качества и дает экономию хмеля 10—12%.

Горячая обработка перед задачей в котел. Такая обработка не рекомендуется: аромат хмеля уходит в окружающий воздух во время перекачки его в котел.

Отдельное экстрагирование шишек. В этом случае обычно используется следующий прием. Шишки помещают в металлическую корзину (с мешалкой или без нее), в которой они подвергаются мойке перед задачей в котел первой варки.

Получаемая горечь очень хорошая (тонкая), экстрагирование отличное.

Жидкие экстракты. Их следует обязательно добавлять перед перекачкой.

Отделение и экстрагирование хмеля. В 1 *кг* хмеля задерживается приблизительно следующее количество сусла (в *л*):

при простом стекании	
в толстом слое	6,6
в тонком слое	5,6
при прессовании	2—3
при легком орошении	1—2
при орошении и прессовании	0,5—1

Прессование не рекомендуется: оно наносит вред качеству пива.

Лучший способ — использование корзины монжю, в которой хмель энергично перемешивается с водой один или несколько раз.

ОСВЕТЛЕНИЕ СУСЛА

Контроль за осветлением. Хорошее осветление («брух») является показателем стойкости пива и характеризуется образованием больших хлопьев в блестящей жидкости.

Для проверки следует:

приостановить кипение;

осторожно налить в стакан сусло;

проверить величину хлопьев, блеск жидкости и время, в течение которого она остается прозрачной.

Улучшение осветления посредством варки под давлением. Даже кратковременная (15 *мин*) варка под давлением (0,2 *кгс/см²*) часто улучшает осветление.

ПЛОХОЕ ОСВЕТЛЕНИЕ

Приводим его причины и средства устранения.

Причины	Средства устранения
Вода слишком щелочная железистая	Исправить воду

Солод	
слишком старый (лежалый)	Сделать смесь из солодов
только что высушенный	Выдержать солод и сделать смесь
слишком влажный	Подсушить солод
недостаточно высушенный	
с незначительным содержанием альбуминов	Сделать смесь из солодов
плохо размельченный	
поврежденный	
Присутствие крахмала	Убедиться, что помутнение не вызвано крахмалом
Присутствие металла, железа или меди, особенно после длительного перерыва производства пива	Продлить кипение
Оборудование	
плохое устройство котла	Установить пароперегреватель
недостаточная поверхность нагрева	
слабое перемешивание	Усилить давление пара
слишком слабое давление пара	
плохая продувка	

КОНДЕНСАТОР ПАРА

В аппаратах, называемых конденсаторами, которые являются простыми теплообменниками, тепло, содержащееся в паре, выходя из котла, может быть возвращено. Тепло образующегося пара нагревает определенное количество воды.

Количество возвратной (рекуперированной) воды. В трубчатом конденсаторе количество воды A_1 (в *л*), подогреваемой от t_1 до t_2 °С килограммом пара, выходящего из медного котла, представлено следующей формулой:

$$A_1 = \frac{L + (100 - t_2)}{t_2 - t_1},$$

где L — скрытая теплота испарения, *кал/кг* (537 *кал/кг*).

Однако вследствие неизбежных потерь пара количество воды A_2, фактически нагретой, составляет лишь около 80% количества, полученного по приведенной выше формуле. Следовательно, A_2 выражено так:

$$A_2 = \frac{A_1 \cdot 80}{100}.$$

Пусть e испарение во время варки (в %), тогда количество воды A (в *л*), нагретой от t_1 до t_2° С, в котле с V *гл* будет

$$A = \frac{100\,(eVA_2)}{100} = eVA_2.$$

1 *гл* жидкости, испаряющейся из котла, нагревает в испарителе в среднем 6 *гл* воды от 10 до 70° С.

Пример возможной экономии. Допустим, что

1 *гл* испаряющейся жидкости нагревает 6 *гл* воды с 10 до 70° С;

объем варки 200 *гл*;

количество варок в год 200;

общее испарение от одной варки 5%.

Плотность до концентрации, °Режи	Объем (в *л*) при плотности													
	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5
2,8	87,8	85,2	82,8	80,5	78,3	76,2	74,3	72,5	70,6	69,2	67,3	65,8	64,3	62,9
2,9	90,8	88,1	85,6	83,3	81,0	78,9	76,8	75,0	73,1	71,5	69,6	68,1	66,5	65,1
3,0	93,9	91,1	88,5	86,0	83,7	81,5	79,4	77,5	75,5	73,9	72,0	70,4	68,8	67,3
3,1	96,9	94,1	91,3	88,8	86,4	84,2	82,0	80,0	78,0	76,2	74,3	72,7	71,0	69,5
3,2	100	97,0	94,1	91,6	89,1	86,8	84,6	82,5	80,4	78,7	76,6	74,9	73,3	71,6
3,3	—	100	97,0	94,4	91,8	89,4	87,1	85,0	82,9	81,0	78,9	77,2	76,5	73,8
3,4	—	—	100	97,1	94,6	92,0	89,7	87,5	85,3	83,4	81,3	79,5	77,7	76,0
3,5	—	—	—	100	97,3	94,6	92,2	90,0	87,8	85,7	83,6	82,8	79,9	78,2
3,6	—	—	—	—	100	97,2	94,8	92,5	90,2	88,1	86,0	84,0	82,2	80,3
3,7	—	—	—	—	—	100	97,4	95,0	92,7	90,3	88,3	86,3	84,4	82,5
3,8	—	—	—	—	—	—	100	97,5	95,1	92,9	90,6	88,6	86,6	84,7
3,9	—	—	—	—	—	—	—	100	97,6	95,2	92,9	90,9	88,8	86,9
4,0	—	—	—	—	—	—	—	—	100	97,6	95,3	93,1	91,1	89,1
4,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	97,6	95,4	93,3	91,3
4,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	97,7	95,6	93,4
4,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	97,8	95,6
4,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	97,8
4,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100
4,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Таблица 31

котле в зависимости от его плотности

сусла после концентрации

4,6	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9
61,6	60,3	59,0	58,0	56,7	55,8	54,6	53,8	52,6	51,6	50,7	49,9	49,0	48,3
63,7	62,3	61,1	60,0	58,7	57,7	56,5	55,6	54,4	53,4	62,4	51,6	51,4	50,0
65,9	64,4	63,1	62,0	60,6	59,6	58,4	57,5	56,2	55,2	54,2	53,3	52,4	51,6
68,0	66,5	65,1	64,0	62,6	61,5	60,3	59,3	58,0	57,0	55,9	55,0	54,1	53,3
70,1	68,6	67,2	66,0	64,6	63,5	62,1	61,2	59,9	58,8	57,7	56,8	55,8	54,9
72,2	70,7	69,2	68,0	66,6	65,4	64,0	63,0	61,7	60,6	59,4	58,5	57,5	56,6
74,4	72,8	71,3	70,0	68,5	67,3	65,9	64,9	63,5	62,3	61,2	60,2	59,2	58,3
76,5	74,9	73,3	72,0	70,5	69,2	66,8	66,7	65,3	64,1	62,9	61,9	60,9	60,0
78,7	77,0	75,4	74,0	72,4	71,2	69,7	68,6	67,2	65,9	64,8	63,7	62,6	61,6
80,8	79,0	77,4	76,0	74,4	73,1	70,6	70,4	69,0	67,7	66,5	65,4	64,3	63,3
82,9	81,1	79,5	78,0	76,4	75,0	73,5	72,3	70,8	69,5	68,3	67,1	66,0	64,9
85,0	83,2	81,5	80,0	78,4	77,9	74,4	74,1	72,6	71,3	70,0	68,8	67,7	66,6
87,2	85,3	83,6	82,0	80,3	78,8	77,3	76,0	74,5	73,0	71,8	70,6	69,4	68,3
89,3	87,4	85,6	84,0	82,3	80,7	79,2	77,8	76,3	74,8	73,5	71,3	71,1	70,0
91,5	89,5	87,7	86,0	84,2	82,7	81,1	79,7	78,1	76,6	75,3	74,0	72,8	71,6
93,6	91,6	89,7	88,0	86,2	84,6	83,0	81,5	79,9	78,4	77,0	75,7	74,5	73,3
95,7	93,7	91,8	90,0	88,2	86,5	84,8	83,3	81,7	80,2	78,8	77,5	76,2	74,9
97,8	95,8	93,8	92,0	90,2	88,4	86,7	85,1	83,5	82,0	80,5	79,2	77,9	76,6
100	97,9	95,9	94,0	92,1	90,4	88,6	87,0	85,4	83,8	82,4	80,9	79,6	78,3
—	100	97,9	96,0	94,1	92,3	90,5	88,8	87,2	85,6	84,1	82,6	81,3	80,0
—	—	100	98,0	96,0	94,2	92,4	90,7	89,0	87,4	85,9	84,0	83,0	81,6
—	—	—	100	98,0	96,1	94,3	92,5	90,8	89,2	87,6	86,1	84,7	83,3
—	—	—	—	100	98,1	96,2	94,4	92,7	90,9	89,4	87,8	86,4	84,9
—	—	—	—	—	100	98,1	96,2	94,5	92,7	91,1	89,5	88,1	86,6
—	—	—	—	—	—	100	98,1	96,3	94,5	92,9	91,3	89,8	88,2
—	—	—	—	—	—	—	100	98,1	96,3	94,6	93,0	91,5	89,9
—	—	—	—	—	—	—	—	100	98,1	96,5	94,7	93,2	91,6
—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	98,2	96,4	94,9	93,3
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	98,2	96,6	94,9

Получаем:

$$A_1 = \frac{537 + (100 - 70)}{70 - 10} = 9{,}45\ л,$$

$$A_2 = \frac{9{,}45 \cdot 80}{100} = 7{,}56\ л,$$

$$A = \frac{100\,(5 \cdot 200 \cdot 7{,}56)}{100} = 7560\ л.$$

Количество тепла, полученного от сусла после варки в процессе охлаждения (в *кал*):

$$7560\,(70 - 10) = 453\,600.$$

Ежегодная экономия тепла составит $453\,600 \cdot 200 = 90\,720\,000$ *кал*. Если взять уголь, дающий 4500 *кал/кг*, то экономия составит

$$\frac{90\,720\,000}{4500 \cdot 1000} = 20\ т.$$

Использование испарителя снижает воздушную тягу и заставляет применять вентилятор, что следует учесть при экономических расчетах.

Испарители, установленные на крышках котлов, позволяют даже превысить данные, приведенные в расчетах.

ЗАВИСИМОСТЬ ОБЪЕМА СУСЛА В ВАРОЧНОМ КОТЛЕ ОТ ЕГО ПЛОТНОСТИ

На основании плотности 100 *л* сусла до сгущения можно вычислить объем получаемого сусла с заданной плотностью (табл. 31).

5. ОХЛАЖДЕНИЕ СУСЛА

Цель охлаждения. Для внесения дрожжей необходимо снизить температуру сусла.

Охлаждение осуществляется в два этапа:

сначала в чане, где температура не должна опускаться ниже 50—60° С;

затем до 5—6° С при помощи оросительного аппарата или пластинчатого холодильника.

СОСУДЫ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ

Существуют открытые и закрытые сосуды, сделанные из черной листовой стали, оцинкованного железа, меди, чугуна, нержавеющей стали или алюминия.

1. **Открытые сосуды** применяют разной высоты:

глубокие	от 80 *см* до 1 *м*
полуплоские	50—80 *см*
плоские	25—35 *см*
совершенно плоские	12—20 *см*

Испарение в них составляет 5—10%.

2. **Закрытые сосуды**. Это простые емкости, иногда оснащенные устройством для аэрирования. При их применении снижается опасность возможного загрязнения окружающим воздухом.

Испарение здесь незначительное.

При конструировании таких емкостей необходимо предусмотреть:

полную герметичность;

равномерное распределение поступающего сусла во избежание деформации;

слабый наклон по направлению к сливной кювете;

совершенно плоское дно.

ХАРАКТЕРИСТИКА И РАСЧЕТЫ ХОЛОДИЛЬНИКОВ

А. Открытые оросительные холодильники типа Боделё (Baudelot)

Типы холодильников. На пивоваренных заводах применяют прямые или волнообразные холодильники, изготовленные из меди, луженой меди или нержавеющей стали.

Поверхность охлаждения сплошная или прерывистая.

Форма сечения труб — круглая или эллиптическая.

Требования, предъявляемые к качеству оросительного холодильника Боделё:

полная герметичность;

легко осуществляемая чистка внутренних и наружных поверхностей;

высокий коэффициент теплопередачи.

Габаритные размеры: длина 4—6 *м*, высота 2,5—3 *м*.

Основные температурные режимы. Температура сусла после охлаждения:

водой около 20° С;

ледяной водой, рассолом и т. д. 5—6° С.

Поступление и расход. Поступление сусла 12—18 *гл/ч*.

Потребление воды 1 *гл* сусла 1—2 *гл*.

Потребление раствора 1 *гл* сусла около 2 *гл*.

Испарение и коэффициент скорости прохождения воды. Испарение 8—10%.

Коэффициент холодопередачи:

на поверхности, охлажденной обыкновенной водой при скорости прохождения воды 0,8—1,5 *м/сек*,— 700—1000 *кал/(м² · ч · град)*;

на поверхности, охлажденной ледяной водой,—600—800 *кал/(м³ × × ч · град)*.

Расчеты оросительного холодильника Боделё для воды двух температур. Обозначение величин:

V — количество варки, *л*;

V' — объем используемой воды, *л*;

V'' — объем используемой ледяной воды, *л*;

T_1 — температура входящего сусла, °С;

T_2 — температура выходящего сусла после охлаждения водой, °С;

T_3 — температура выходящего сусла после его охлаждения ледяной водой (температура розлива в бочки), °С;

t_1 — температура обыкновенной воды на входе, °С;
t_2 — температура обыкновенной воды на выходе, °С;
t'_1 — температура ледяной воды на входе, °С;
t'_2 — температура ледяной воды на выходе, °С;
n — продолжительность охлаждения, *ч*;
e — количество тепла, поглощаемого испарением, %;
b — внутренний диаметр труб, *мм*;
m — толщина стенок труб, *мм*.

1) Приводим расчеты поверхности, охлаждаемой водой.

Длина трубы l, *м*:

$$l = \frac{V}{nd},$$

d — расход сусла в *л/пог. м* (т. е. 1300 *л/м*).

Тепло, поглощаемое водой, C_1, *кал*:

$$C_1 = V(T_1 - T_2)(100 - e).$$

Нагрев воды E_1, °С:

$$E_1 = \frac{V(T_1 - T_2)(100 - e)}{V'} = \frac{C_1}{V'}.$$

Температура обыкновенной воды на выходе t_2, °С:

$$t_2 = \frac{V(T_1 - T_2)(100 - e)}{V'} + t_1 = E_1 + t_1.$$

Средняя разница температуры между суслом и водой D_1, °С:

$$D_1 = \frac{(T_1 + T_2) - (t_1 + t_2)}{2}.$$

Поверхность, охлаждаемая водой, S_1, $м^2$:

$$S_1 = \frac{C_1}{nD_1 \cdot 1000},$$

где 1000 — средний коэффициент теплопередачи в °С/(*кал* · $м^2$ · *ч*).

Средняя полезная поверхность трубы s, $м^2$:

$$s = \frac{l}{2}\left(\pi \frac{b + m}{1000} l\right),$$

где l — длина трубы, *м*.

Количество водяных труб

$$\frac{S_1}{s}.$$

2) Приводим расчеты поверхности, охлаждаемой ледяной водой.

Тепло, поглощаемое ледяной водой, C_2, *кал*:

$$C_2 = V(T_2 - T_3).$$

Нагрев ледяной воды E_2, °С:

$$E_2 = \frac{C_2}{V''} = \frac{V(T_2 - T_3)}{V''}.$$

Температура ледяной воды на выходе t_2', °С:

$$t_2' = t_1' + E_2 = t_1' + \frac{V(T_2 - T_3)}{V''}.$$

Средняя разница температуры между суслом и ледяной водой D_2, °С:

$$D_2 = \frac{(T_2 + T_3) - (t_1' + t_2')}{2}.$$

Поверхность, охлаждаемая ледяной водой, S_2, $м^2$:

$$S_2 = \frac{C_2}{nD_2 \cdot 1000},$$

где 1000 — средний коэффициент передачи.

Средняя полезная поверхность трубы s, $м^2$:

Трубы для ледяной воды аналогичны водяным трубам, поверхность труб всегда составляет

$$s = \frac{l}{2}\left(\pi \frac{b + m}{1000} l\right),$$

где l — длина трубы, *м*.

Необходимое количество труб:

$$\frac{S_2}{s}.$$

Б. Закрытые холодильники с концентрическими трубами

Характеристика. Это простые теплообменники (стальные или медные), аналогичные противоточным конденсаторам с устройством для нагнетания профильтрованного воздуха или без такого устройства.

Расход воды на 1 *гл* сусла, *гл*	около 2
Расход рассола на 1 *гл* сусла, *гл*	1—1,5
Производительность, *гл/ч*	80—100
Коэффициент теплопередачи при скорости протекания воды или рассола 1—1,5 *м/сек*, *кал/(м²·ч·град)*	800—1000

Расчеты закрытых холодильников с концентрическими трубами. Обозначение величин:

M — количество сусла, *л/ч*;
T_1 — начальная температура сусла, °С;
T_2 — температура сусла после охлаждения водой, °С;
T_3 — конечная температура сусла, °С;
t_1 — начальная температура воды, °С;
t_2 — конечная температура воды, °С;

t_1 — начальная температура рассола, °С;

t_2 — конечная температура рассола, °С.

Тепло, поглощаемое водой, C_1, *кал*:

$$C_1 = V(T_1 - T_2).$$

Подача (дебит) воды, *л/ч*:

$$\frac{V(T_1 - T_2)}{t_2 - t_1}.$$

Тепло, поглощаемое суслом, C_2:

$$C_2 = V(T_2 - T_3).$$

Площадь, охлаждаемая водой, S_1, $м^2$:

Площадь, охлаждаемая водой, определяется по формуле

$$S_1 = \frac{V(T_1 - T_2)}{k_1 D_1},$$

где D_1 — средняя разница температур;

k_1 — коэффициент, зависящий от скорости прохождения воды или рассола.

Площадь, охлаждаемая рассолом, S_2, $м^2$:

$$S_2 = \frac{V(T_2 - T_3)}{k_2 D_2}.$$

Длина труб, *м*:

Если S (в $м^2$) является поверхностью центральной трубы (в *пог. м*), то длина трубы в метрах будет

$$l_1 = \frac{S_1}{S} \text{ для воды, } l_2 = \frac{S_2}{S} \text{ для рассола,}$$

или общая длина трубы составит

$$l = l_1 + l_2 \text{ м}.$$

В. Закрытые пластинчатые холодильники

В аппаратах теплообмен осуществляется через пластины медные или из нержавеющей стали, соединенные плотно одна с другой и образующие таким образом непрерывный канал.

Эти холодильники можно гораздо легче, чем предыдущие, приспособить к любым условиям работы на каждом заводе.

Ниже приводится характеристика трех пластинчатых холодильников, из которых можно подобрать подходящий, учитывая, что на этих холодильниках часовая подача сусла составляет 160 *гл*, а рассола — 480 *гл*.

Пример. Предстоит охладить варку в количестве 600 *гл* с 80 до 5° С водой температурой 12° С и рассолом температурой 5° С.

Охлаждение водой:

Температура сусла при выходе, °С	17	22	18
Подача воды, *л/ч*	32000	20000	28000
Температура воды на выходе, °С	43	58	47

Количество пластин, шт.	85	81	85
Поверхность теплообмена, $м^2$ . . .	26,3	25,1	26,3
Потери напора при загрузке, $кгс/см^2$			
при циркуляции сусла	1,20	1,32	1,20
при циркуляции воды	0,60	1,15	1,00

Охлаждение рассолом:

Подача рассола, $л/ч$	48000	48000	48000
Температура рассола на выходе, °С	—1	+1	0
Количество пластин, шт.	31	41	35
Поверхность теплообмена, $м^2$ . . .	9,6	12,7	10,8
Потери напора при загрузке, $кгс/см^2$			
при циркуляции сусла	0,35	0,63	0,30
при циркуляции рассола	0,38	0,26	0,35

Количество тепла, расходуемого на варку, *кал*:

на 1 *л* сусла	17—5=12
на одну варку	60 000·12=720 000

Количество горячей воды, возвращаемой от одной варки. Поскольку для 160 *гл* сусла расходы воды составляют 320 *гл*, то при охлаждении сусла одной варки создается возможность нагреть 1200 *гл* воды до температуры 43° С:

$$\frac{320\,600}{160} = 1200 \text{ } гл.$$

Общее количество возвращенных калорий составит

$$(43 - 12)\,120\,000 = 3\,720\,000 \text{ } кал.$$

Расход электроэнергии для одной варки. Если для охлаждения 16 $м^3$ сусла требуется 32 $м^3$ воды, то для охладителя потребуется

$$\frac{32 \cdot 60}{16} = 120 \text{ } м^3 \text{ воды на варку.}$$

Принимая расход электроэнергии 0,2 $квт \cdot ч$ на 1 $м^3$ подаваемой воды, получим

$$120 \cdot 0,2 = 24 \text{ } квт \cdot ч.$$

Кроме того, при циркуляции воды на высоту 6 *м* с насосом, работающим на 60% производительности, на одну варку потребуется

$$\frac{32\,000 \cdot 6 \cdot 0,736 \cdot 60\,000}{0,6 \cdot 7,5 \cdot 3\,600 \cdot 16\,000} = 3,3 \text{ } квт \cdot ч.$$

Если к. п. д. мотора составляет 0,85%, то потребление энергии будет

$$\frac{3,3}{0,85} = 3,8 \text{ } квт \cdot ч.$$

При использовании рассола расчет тот же, но при этом следует учитывать плотность рассола. Потребление составит 3,2 *квт · ч*.

Следовательно, для работы испарителя потребуется общее потребление электроэнергии на варку

$$24 + 3{,}8 + 3{,}2 = 31 \text{ квт} \cdot \text{ч}.$$

Общие потери напора при циркуляции сусла составляют

$$1{,}20 + 0{,}35 = 1{,}55 \text{ кгс/см}^2 + 15{,}5 \text{ м}.$$

Если потери напора известны, так же как и разница между уровнем дна чана и верхним краем бродильного чана, то легко подобрать насос для перекачки сусла.

Охлаждение глицериновыми и спиртовыми растворами. Точка замерзания и плотность этих растворов приведены в табл. 32.

Таблица 32

Характеристика глицериновых и спиртовых растворов

Содержание, %	Плотность	Точка замерзания, °С	Содержание, %	Плотность	Точка замерзания, °С
Глицериновые растворы			Спиртовые растворы		
10	1,024	—1	2,58	—	—1
15	1,036	—1,7	5,22	—	—2
20	1,048	—2,5	7,36	—	—3
25	1,060	—4,3	9,58	—	—4
30	1,073	—6,0	11,50	—	—5
35	1,086	—11,0	13,27	—	—6
40	1,099	—17,5	16,53	—	—8
45	1,112	—24,5	19,09	—	—10
50	1,125	—31,3	21,7	—	—12
			23,8	—	—14
			26,0	—	—16
			28,0	—	—18

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДЫ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ

Если в качестве хладагента используется вода, то в зависимости от ее количества поступают следующим образом.

Когда воды много, то следует:

обеспечить максимальное поступление сусла, избегая малейшего расплескивания;

регулировать подачу воды с тем, чтобы отклонение $T_2 - t_2$ было как можно меньшим;

регулировать подачу охлажденной воды или рассола до момента достижения температуры, необходимой для задачи дрожжей.

Когда расход воды ограничен, необходимо:

максимально открыть вентиль для впуска воды;

регулировать подачу сусла с тем, чтобы уменьшить до возможного предела отклонения $T_2 - t_2$;

регулировать подачу воды до момента достижения температуры, необходимой для задачи дрожжей.

Экономичность работы оросительного холодильника. Боделё зависит от отклонения $T_2 - t_2$. Лучше всего добиться как можно меньшего отклонения, но это тоже не бесспорно. Желательно определить отклонение $T_2 - t_2$, которое соответствовало бы лучшим условиям для работы агрегата; это нужно сделать из экономических соображений.

Обычно считают, что при более длительном пребывании сусла в сосуде для охлаждения снижается температура жидкости и, следовательно, уменьшается потребление искусственного холода. Теория и проведенные опыты доказали, что если оросительный холодильник (Боделё) установлен в отлично вентилируемом помещении, этого не случается.

Если температура сусла, поступающего на охлаждение, слишком высокая, то коэффициент испарения увеличивается, особенно на первых трубах. После прохождения по нескольким трубам температура сусла быстро начинает сравниваться с температурой сусла, направляемого более холодным в оросительный холодильник Боделё.

Из проведенных опытов следует, например, что после прохождения по 10 водяным трубам температура будет соответственно 29 и 28° С у сусел с начальными температурами 83 и 65° С, т. е. разница составляет 18° С. При прохождении 16-й трубы температура у обоих сусел одинаковая, т. е. 21° С.

Из этого видно, что никакого дополнительного расхода холода не нужно.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОТКРЫТЫХ ХОЛОДИЛЬНИКОВ

Для применения открытых холодильников требуются определенные условия в помещениях, в которых они установлены. В них следует избегать конденсации паров и предусмотреть соответствующую вентиляцию.

Первое условие не может быть полностью соблюдено, так как устройство конусообразного потолка и затруднительно, и дорого стоит. Следовательно, нужно тщательно наблюдать за проветриванием, которое должно:

быстро удалять испарения;

не допускать конденсации паров;

не допускать возникновения инфекций.

Итак, следует интенсивно проветривать помещение отфильтрованным воздухом, регулируя его подачу из вентилятора и фильтра. Всегда нужно предусматривать приточную вентиляцию во избежание притока воздуха через двери.

Стены помещений должны быть облицованы плитками или выкрашены эмалевой краской, что облегчит их мытье и чистку.

Полы целесообразно покрывать асфальтом.

Помещения должны быть герметичными. Желательно предусмотреть снаружи пульты управления открытого оросительного холодильника; за охлаждением можно наблюдать через смотровые окна.

Понятно, что устройство закрытых холодильников не требует приведенных мер предосторожности.

ПРИМЕНЕНИЕ ЦЕНТРИФУГ

Центрифуги, используемые для осветления сусла, позволяют:
снизить время осаждения;
экономить рабочую силу;
снизить до минимума отходы;
уменьшить возможность проникновения микроорганизмов;
снизить затраты на оборудование;
исключить расходы, вызываемые фильтрацией мути.

Вместе с тем необходимо подчеркнуть, что расход электроэнергии здесь более высокий.

Чаще всего используемые модели центрифуг имеют следующую характеристику:

Емкость чаши центрифуги, *л*	65
Часовая производительность, *гл*	60—100
Потребляемая мощность, *квт*	4,4
Масса центрифуги, *кг*	950

Взвешенные частицы осаждаются в виде сухой лепешки в роторе, который следует чистить после прохождения 300—500 *гл* сусла.

Потери сусла в осадках не превышают 40% от общей массы отфильтрованных взвешенных частиц.

Варку в количестве 300 *гл* можно осветлить полностью за 4 *ч*.

МУТЬ (БЕЛКОВЫЙ ОТСТОЙ)

При получении сусла каждые 100 *кг* солода дают муть (в *кг*):

при быстром стекании	4—6
при медленном стекании	2—2,5
при прессовании	1—1,5

В мути содержится около 7% сусла плотностью 12—13° Блг.

Количество мути зависит от:
степени размельчения солода;
состава помола;
количества затора;
продолжительности варки.

Особенно большое количество мути бывает при приготовлении темного пива.

Удаление мути производится:

1. При помощи мешочного фильтра. Осторожно добавить небольшое количество дрожжей непосредственно в фильтрат, чтобы ограничить возможное возникновение инфекций.

Если желательно избежать инфекций, нельзя медленно проводить технологические процессы.

2. При помощи фильтрпресса (табл. 33).

Производительность камер	2,5 *л* на 100 *кг* солода
Продолжительность фильтрации	максимум 20 *мин*
Давление при фильтрации	около 1—2 *кгс/см²*

Таблица 33

Характеристика фильтрпрессов

Загрузка солода, *кг*	Габаритные размеры пластин, *см*	Количество камер
500	40×40	6
1000	55×55	6
1300	55×55	8
1600	55×55	10
2000	55×55	12
2500	55×55	16
3000	76×76	10
4000	76×76	12
5300	76×76	16
6700	76×76	20
8000	76×76	25
10000	76×76	30

Метод работы следующий: сбор мути в монжю, фильтрация, стерилизация профильтрованного сусла (20 *мин* при 85—90° С), затем передача сусла на холодильник.

3. При помощи центрифуги. В этом случае значительно сокращается продолжительность фильтрации и снижаются до минимума потери сусла.

6. ПРОДУКТОВЫЙ РАСЧЕТ ВАРОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ

Продуктовый расчет варочного отделения определяется количеством экстракта, полученного из 100 *кг* сырья, составляющих засыпь.

Массу засыпи (в *ц*) при расчетах следует определить точно. Масса солода в расчетах условно обозначается M, а масса несоложеных материалов — G.

Объем сусла в *гл* обозначается V. Его определяют за 5 *мин* до конца бурного кипения. Обычно считается, что сжатие сусла в результате охлаждения со 100 до 15° С составляет $\frac{4}{100}$ (эта величина изменяется в зависимости от высоты чана). Следовательно, объем, взятый при 15° С, будет равен 0,96 V в *гл* или 96 V в *л* (табл. 34).

Если учесть все факторы, то объем V жидкости в котле должен быть представлен следующим отношением:

$$V = (0{,}958 \cdot 1{,}004V) - \frac{7h}{1000} - \frac{2P}{100},$$

где $0{,}958 \cdot 1{,}004$ — представляет выражение, зависящее от расширения;

h — масса хмеля (1 *кг* хмеля занимает в сусле 0,7—0,8 *л*), *кг*;

P — количество азотистых веществ (полагают, что оно составляет 2 *л* на 100 *кг* солода).

Таблица перерасчета объемов сусла, измеренных в варочном котле

Объем при температуре кипения, *л*	Снижение объема		Объем при температуре кипения, *л*	Снижение объема		Объем при температуре кипения, *л*	Снижение объема	
	на 4%	на 6%		на 4%	на 6%		на 4%	на 6%
1	0,96	0,94	43	41,28	40,42	85	81,60	79,90
2	1,92	1,88	44	42,24	41,36	86	82,56	80,84
3	2,88	2,82	45	43,20	42,30	87	83,52	81,78
4	3,84	3,76	46	44,16	43,24	88	84,48	82,72
5	4,80	4,70	47	45,12	44,18	89	85,44	83,66
6	5,76	5,64	48	46,08	45,12	90	86,40	84,60
7	6,72	6,58	49	47,04	46,06	91	87,36	85,54
8	7,68	7,52	50	48,00	47,00	92	88,32	86,48
9	8,64	8,46	51	48,96	47,94	93	89,28	87,42
10	9,60	9,40	52	49,92	48,88	94	90,24	88,36
11	10,56	10,34	53	50,88	49,82	95	91,20	89,30
12	11,52	11,28	54	51,84	50,76	96	92,16	90,24
13	12,48	12,22	55	52,80	51,70	97	93,12	91,18
14	13,44	13,16	56	53,76	52,64	98	94,08	92,12
15	14,40	14,10	57	54,72	53,58	99	95,04	93,06
16	15,36	15,04	58	55,68	54,52	100	96,00	94,00
17	16,32	15,98	59	56,64	55,46	101	96,96	94,94
18	17,28	16,92	60	57,60	56,40	102	97,92	95,88
19	18,24	17,86	61	58,56	57,34	103	98,88	96,82
20	19,20	18,80	62	59,52	58,28	104	99,84	97,76
21	20,16	19,74	63	60,48	59,22	105	100,80	98,70
22	21,12	20,68	64	61,44	60,16	106	101,76	99,64
23	22,08	21,62	65	62,40	61,10	107	102,72	100,58
24	23,04	22,56	66	63,36	62,04	108	103,68	101,52
25	24,00	23,50	67	64,32	62,98	109	104,64	102,46
26	24,96	24,44	68	65,28	63,92	110	105,60	103,40
27	25,92	25,38	69	66,24	64,86	111	106,56	104,34
28	26,88	26,32	70	67,20	65,80	112	107,52	105,28
29	27,84	27,26	71	68,16	66,74	113	108,48	106,22
30	28,80	28,20	72	69,12	67,68	114	109,44	107,16
31	29,76	29,14	73	70,08	68,62	115	110,40	108,10
32	30,72	30,08	74	71,04	69,56	116	111,36	109,04
33	31,68	31,02	75	72,00	70,50	117	112,32	109,98
34	32,64	31,96	76	72,96	71,44	118	113,28	110,92
35	33,60	32,90	77	73,92	72,38	119	114,24	111,86
36	34,56	33,84	78	74,88	73,32	120	115,20	112,80
37	35,52	34,78	79	75,84	74,26	121	116,16	113,74
38	36,48	35,72	80	76,80	75,20	122	117,12	114,68
39	37,44	36,66	81	77,76	76,14	123	118,08	115,62
40	38,40	37,60	82	78,72	77,08	124	119,04	116,56
41	39,36	38,54	83	79,68	78,02	125	120,00	117,50
42	40,32	39,48	84	80,64	78,96	126	120,96	118,44

Таблица 34

при температуре кипения, на объемы, занимаемые суслом при 15° С

Объем при температуре кипения, *л*	Снижение объема		Объем при температуре кипения, *л*	Снижение объема		Объем при температуре кипения, *л*	Снижение объема	
	на 4%	на 6%		на 4%	на 6%		на 4%	на 6%
127	121,92	119,38	169	162,24	158,86	211	202,56	198,34
128	122,88	120,32	170	163,20	159,80	212	203,52	199,28
129	123,84	121,26	171	164,16	160,74	213	204,48	200,22
130	124,80	122,20	172	165,12	161,68	214	205,44	201,16
131	125,76	123,14	173	166,08	162,62	215	206,40	202,10
132	126,72	124,08	174	167,04	163,56	216	207,36	203,04
133	127,68	125,02	175	168,00	164,50	217	208,32	203,98
134	128,64	125,96	176	168,96	165,44	218	209,28	204,92
135	129,60	126,90	177	169,92	166,38	219	210,24	205,86
136	130,56	127,84	178	170,88	167,32	220	211,20	206,80
137	131,52	128,78	179	171,84	168,26	221	212,16	207,84
138	132,48	129,72	180	172,80	169,20	222	213,12	208,68
139	133,44	130,66	181	173,76	170,14	223	214,08	209,62
140	134,40	131,60	182	174,72	171,08	224	215,04	210,56
141	135,36	132,54	183	175,68	172,02	225	216,00	211,50
142	136,32	133,48	184	176,64	172,96	226	216,95	212,44
143	137,28	134,42	185	177,60	173,90	227	217,92	213,38
144	138,24	135,36	186	178,56	174,84	228	218,88	214,32
145	139,20	136,30	187	179,52	175,78	229	219,84	215,26
146	140,16	137,24	188	180,48	176,72	230	220,80	216,20
147	141,12	138,18	189	181,44	177,66	231	221,76	217,14
148	142,08	139,12	190	182,40	178,60	232	222,72	218,08
149	143,04	140,06	191	183,36	179,54	233	223,68	219,02
150	144,00	141,00	192	184,32	180,48	234	224,64	219,96
151	144,96	141,94	193	185,28	181,42	235	225,60	220,90
152	145,92	142,88	194	186,24	182,36	236	226,56	221,84
153	146,88	143,82	195	187,20	183,30	237	227,52	222,78
154	147,84	144,76	196	188,16	184,24	238	228,48	223,72
155	148,80	145,70	197	189,12	185,18	239	229,44	224,66
156	149,76	146,64	198	190,08	186,12	240	230,40	225,60
157	150,72	147,58	199	191,04	187,06	241	231,36	226,54
158	151,68	148,52	200	192,00	188,00	242	232,32	227,48
159	152,64	149,46	201	192,96	188,94	243	233,28	228,42
160	153,60	150,40	202	193,92	189,88	244	234,24	229,36
161	154,56	151,34	203	194,88	190,82	245	235,20	230,30
162	155,52	152,28	204	195,84	191,76	246	236,16	231,24
163	156,48	153,22	205	196,80	192,70	247	237,12	232,18
164	157,44	154,16	206	197,76	193,64	248	238,08	233,12
165	158,40	155,10	207	198,72	194,58	249	239,04	234,06
166	159,36	156,04	208	199,68	195,52	250	240,00	235,00
167	160,32	156,98	209	200,64	196,46	251	240,96	235,94
168	161,28	157,92	210	201,60	197,40	252	241,92	236,88

Объем при температуре кипения, *гл*	Снижение объема		Объем при температуре кипения, *гл*	Снижение объема		Объем при температуре кипения, *гл*	Снижение объема	
	на 4%	на 6%		на 4%	на 6%		на 4%	на 6%
253	242,88	237,82	277	265,92	260,38	301	288,96	282,94
254	243,84	238,76	278	266,88	261,32	302	289,92	283,88
255	244,80	239,70	279	267,84	262,26	303	290,88	284,82
256	245,76	240,64	280	268,80	263,20	304	291,84	285,76
257	246,72	241,58	281	269,76	264,14	305	292,80	286,70
258	247,68	242,52	282	270,72	265,08	306	293,76	287,64
259	248,64	243,46	283	271,68	266,02	307	294,72	288,58
260	249,60	244,40	284	272,64	266,96	308	295,68	289,52
261	250,56	245,34	285	273,60	267,90	309	296,64	290,46
262	251,52	246,28	286	274,56	268,84	310	297,60	291,40
263	252,48	247,22	287	275,52	269,78	311	298,56	292,34
264	253,44	248,16	288	276,48	270,72	312	299,52	293,28
265	254,40	249,10	289	277,44	271,66	313	300,48	294,22
266	255,36	250,04	290	278,40	272,60	314	301,44	295,16
267	256,32	250,98	291	279,36	273,54	315	302,40	296,10
268	257,28	251,92	292	280,32	274,48	316	303,36	297,04
269	258,24	252,86	293	281,28	275,42	317	304,32	298,08
270	259,20	253,80	294	282,24	276,36	318	305,28	298,92
271	260,16	254,74	295	283,20	277,30	319	306,24	299,86
272	261,12	255,68	296	284,16	278,24	320	307,20	300,80
273	262,08	256,62	297	285,12	279,18	321	308,16	301,74
274	263,04	257,56	298	286,08	280,12	322	309,12	302,68
275	264,00	258,50	299	287,04	281,06	323	310,08	303,62
276	264,96	259,44	300	288,00	282,00	324	311,04	304,56

Сжатие сусла при различных температурах составляет (в %):

100—80° С	1,4
80—60° С	1,2
60—40° С	0,9
40—20° С	0,5

100 *гл* сусла, охлажденного со 100 до 20° С, будет занимать объем 96 *гл*.

При температуре задачи дрожжей сжатие составляет 4,25%, а во время выдержки — 4,4%.

Плотность сусла выражается в градусах Режи (Régie) и условно обозначается *D* или в градусах Баллинга и условно обозначается *b*.

D определяют при 15° С, *b* — при 17,5° С. Отбор пробы сусла следует производить непосредственно после определения объема всего сусла, так как в котле продолжается экстракция.

Пробу сусла, не содержащего хмеля, надо быстро охладить в измерительном цилиндре. Осторожно ввести в него плотномер, предварительно удалив с него влагу (остерегаться жирных следов, которые серьезно искажают показатели)

Объем при температуре кипения, *г.л*	Снижение объема		Объем при температуре кипения, *г.л*	Снижение объема		Объем при температуре кипения, *г.л*	Снижение объема	
	на 4%	на 6%		на 4%	на 6%		на 4%	на 6%
325	312,00	305,50	349	335,04	328,06	373	358,08	350,62
326	312,96	306,44	350	336,00	329,00	374	359,04	351,56
327	313,92	307,38	351	336,96	329,94	375	360,00	352,50
328	314,88	308,32	352	337,92	330,88	376	360,96	353,44
329	315,84	309,26	353	338,88	331,82	377	361,92	354,38
330	316,80	310,20	354	339,84	332,76	378	362,88	355,32
331	317,76	311,14	355	340,80	333,70	379	363,84	356,26
332	318,72	312,08	356	341,76	334,64	380	364,80	357,20
333	319,68	313,02	357	342,72	335,58	381	365,76	358,14
334	320,64	313,96	358	343,68	336,52	382	366,72	359,08
335	321,60	314,90	359	344,64	337,46	383	367,68	360,02
336	322,56	315,84	360	345,60	338,40	384	368,64	360,96
337	323,52	316,78	361	346,56	339,34	385	369,60	361,90
338	324,48	317,72	362	347,52	340,28	386	370,56	362,84
339	325,44	318,66	363	348,48	341,22	387	371,52	363,78
340	326,40	319,60	364	349,44	342,16	388	372,48	364,72
341	327,36	320,54	365	350,40	343,10	389	373,44	365,66
342	328,32	321,48	366	351,36	344,04	390	374,40	366,60
343	329,28	322,42	367	352,32	344,98	391	375,36	367,54
344	330,24	323,36	368	353,28	345,92	392	376,32	368,48
345	331,20	324,30	369	354,24	346,86	393	377,28	369,42
346	332,16	325,24	370	355,20	347,80	394	378,24	370,36
347	333,12	326,18	371	356,16	348,74	395	379,20	371,30
348	334,08	327,12	372	357,12	349,68	396	380,16	372,24

Следует избегать соприкосновения плотномера со стенками цилиндра.

По показаниям температуры и плотности по шкале плотномера определяют плотность сусла с учетом следующих температурных поправок и табл. 35.

Температура, °С	Поправка к показаниям плотномера, °Режи[1]	Температура, °С	Поправка к показаниям плотномера, °Режи[1]
10	—0,05	19	+0,07
11	—0,04	20	+0,09
12	—0,03	21	+0,11
13	—0,02	22	+0,13
14	—0,01	23	+0,15
16	+0,01	24	+0,17
17	+0,03	25	+0,19
18	+0,05		

[1] + («плюс») — прибавить; — («минус») — вычесть.

Таблица 35

Величины поправок (в *град*) к плотности сусла в зависимости от температуры при определении

Температура, °С	Поправки к показаниям плотиомера при плотности сусла, °Блг						
	0	5	10	15	20	25	30
Поправки для вычитания							
12	0,17	0,21	0,22	0,24	0,26	0,28	0,31
13	0,14	0,18	0,19	0,21	0,22	0,24	0,26
14	0,12	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,21
15	0,09	0,11	0,12	0,14	0,14	0,15	0,16
16	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,10	0,11
17	0,02	0,02	0,03	0,09	0,03	0,03	0,04
Поправки для добавления							
18	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
19	0,06	0,08	0,08	0,09	0,10	0,10	0,10
20	0,11	0,14	0,15	0,17	0,18	0,18	0,18
21	0,16	0,20	0,22	0,24	0,25	0,25	0,25
22	0,21	0,26	0,29	0,31	0,32	0,32	0,32
23	0,27	0,32	0,35	0,37	0,39	0,39	0,39

Определение выходов R:

а) заторов, приготовленных из солода:

в *DH* на 1 *ц* (*D* в градусах)

$$R = \frac{0{,}96VD}{M};$$

в %

$$R = \frac{0{,}96Vbd}{M}.$$

где d — действительная плотность, $d\ \frac{15}{4}\ ^\circ\text{C}$.

Выход экстракта из 100 *кг* сусла представлен в табл. 36;

б) солодов и заторов, приготовленных из несоложеных материалов:

в *DH* на 1 *ц*

$$R = \frac{0{,}96VD}{M + G};$$

в %

$$R = \frac{0{,}96Vbd}{M + G}.$$

Определение экстрактивности составных частей затора. Общая экстрактивность R_e представлена формулой

$$R_e = \frac{R_m M + R_g G}{M + G},$$

где R_m — экстрактивность солода;
R_g — экстрактивность несоложеных материалов.

Если известны общая экстрактивность при затирании и экстрактивность солода по лабораторным данным, то экстрактивность несоложеных материалов составит

$$R_g = \frac{R_e (M + G) - R_m M}{G}.$$

Если известны общая экстрактивность затора и экстрактивность несоложеных материалов по лабораторным данным, то экстрактивность солода составит

$$R_m = \frac{R_e (M + G) - R_g G}{M}.$$

При заторе, содержащем сахар, экстрактивность которого близка к 100%, пользуются следующей формулой для определения выходов экстракта (в %):

$$R_m = \frac{0{,}96Vbd - G}{M}.$$

Если используется карамельный солод с 71%-ной экстрактивностью, то выход экстракта солода будет

$$R_m = \frac{R (M + G) - (1 \text{ кг сахара} + 0{,}71 \text{ кг карамельного солода})}{M \text{ кг}}.$$

Оценка выходов. Хорошие выходы должны быть максимально близкими к лабораторным (допускается разрыв меньше 1%).

При некоторых методах затирания (варки) выходы могут быть в производственных условиях выше лабораторных, достигнутых при помощи инфузионного метода.

Если выходы очень низкие, то следует сделать тщательный анализ дробины. Повышенное содержание экстракта, полученного при промывании, является показателем плохой фильтрации.

Количество полученного сусла, л	Вы при плотности												
	10,8	11	11,2	11,4	11,6	11,8	12	12,2	12,4	12,6	12,8	13	
670	75,5	77,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
665	74,9	76,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
660	74,4	75,8	77,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
655	73,9	75,3	76,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
650	73,3	74,7	76,1	77,5	—	—	—	—	—	—	—	—	
645	72,7	74,1	75,5	76,9	—	—	—	—	—	—	—	—	
640	72,1	73,5	74,9	76,3	77,7	—	—	—	—	—	—	—	
635	71,7	73,0	74,4	75,7	77,1	—	—	—	—	—	—	—	
630	71,0	72,4	73,8	75,1	76,5	77,9	—	—	—	—	—	—	
625	70,6	71,8	73,2	74,6	75,9	77,3	—	—	—	—	—	—	
620	69,9	71,2	72,6	74,0	75,3	76,7	78,0	—	—	—	—	—	
615	69,4	70,6	72,0	73,3	74,7	76,0	77,3	—	—	—	—	—	
610	68,8	70,0	71,4	72,7	74,1	75,4	76,7	78,0	—	—	—	—	
605	68,2	69,5	70,8	72,1	73,5	74,8	76,1	77,3	—	—	—	—	
600	67,6	68,9	70,2	71,5	72,9	74,2	75,5	76,7	78,1	—	—	—	
595	67,1	68,4	69,7	71,0	72,2	73,6	74,8	76,1	77,5	—	—	—	
590	66,5	67,8	69,1	70,4	71,6	73,0	74,2	75,4	76,9	78,1	—	—	
585	66,0	67,2	68,5	69,7	71,0	72,3	73,6	74,7	76,2	77,4	—	—	
580	65,4	66,6	67,9	69,1	70,4	71,7	73,0	74,1	75,5	76,8	78,1	—	
575	64,8	66,1	67,3	68,6	69,8	71,1	72,3	73,5	74,8	76,1	77,4	—	
570	64,2	65,5	66,7	68,0	69,2	70,5	71,7	72,9	74,2	75,5	76,8	78,0	
565	63,7	64,9	66,2	67,4	68,6	69,8	71,1	72,2	73,6	74,8	76,1	77,3	
560	63,1	64,3	65,6	66,8	68,0	69,2	70,5	71,6	73,0	74,2	75,4	76,6	
555	62,6	63,8	65,0	66,2	67,4	68,6	69,8	70,9	72,3	73,5	74,7	75,9	
550	62,0	63,2	64,4	65,5	66,8	68,0	69,2	70,3	71,6	72,9	74,1	75,3	
545	61,4	62,6	63,8	65,0	66,2	67,4	68,6	69,6	70,9	72,2	73,4	74,6	
540	60,8	62,0	63,2	64,4	65,6	66,8	68,0	69,0	70,3	71,5	72,7	73,9	
535	60,3	61,5	62,6	63,8	65,0	66,1	67,3	68,4	69,6	70,8	72,0	73,2	
530	59,7	60,9	62,0	63,2	64,4	65,5	66,7	67,8	69,0	70,2	71,4	72,5	
525	59,2	60,3	61,5	62,6	63,7	64,9	66,0	67,1	68,3	69,5	70,7	71,8	
520	58,6	59,7	60,9	62,1	63,3	64,4	65,4	66,7	67,9	68,9	70,0	71,2	
515	58,1	59,2	60,3	61,4	62,5	63,6	64,8	65,8	67,0	68,2	69,4	70,5	
510	57,5	58,6	59,7	60,8	61,9	63,0	64,2	65,2	66,4	67,6	68,7	69,8	
505	56,9	58,0	59,1	60,2	61,3	62,4	63,5	64,5	65,7	66,9	68,0	69,1	
500	56,3	57,4	58,5	59,6	60,7	61,8	62,9	63,9	65,1	66,2	67,3	68,4	
495	55,8	56,9	57,9	59,0	60,1	61,2	62,3	63,2	64,4	65,5	66,6	67,6	
490	55,2	56,3	57,3	58,4	59,5	60,6	61,7	62,6	63,8	64,9	66,0	66,7	
485	54,7	55,7	56,8	57,8	58,9	59,9	61,0	62,0	63,1	64,2	65,3	66,4	
480	54,1	55,1	56,2	57,2	58,3	59,3	60,4	61,4	62,5	63,6	64,6	65,7	
475	53,6	54,6	55,6	56,6	57,7	58,7	59,7	60,7	61,8	62,9	63,9	65,0	
470	53,0	54,0	55,0	56,0	57,1	58,1	59,1	60,1	61,2	62,2	63,3	64,3	
465	52,4	53,4	54,4	55,4	56,5	57,5	58,5	59,6	60,5	61,5	62,6	63,6	
460	51,8	52,8	53,8	54,8	55,9	56,9	57,9	58,8	59,9	60,9	62,0	62,9	
455	51,3	52,3	53,3	54,3	55,2	56,2	57,2	58,1	59,2	60,2	61,3	62,2	
450	50,7	51,7	52,7	53,7	54,6	55,6	56,6	57,5	58,6	59,6	60,6	61,6	
445	50,2	51,1	52,1	53,1	54,0	55,0	56,0	56,8	57,9	58,9	59,9	60,9	
440	49,5	50,5	51,5	52,5	53,4	54,4	55,4	56,2	57,3	58,3	59,3	60,2	
435	49,1	50,0	50,9	51,9	52,8	53,8	54,7	55,6	56,6	57,6	58,6	59,6	
430	48,5	49,4	50,3	51,3	52,2	53,2	54,1	55,0	56,0	57,0	57,9	58,8	
425	—	—	49,8	50,7	51,6	52,5	53,4	54,3	55,3	56,3	57,2	58,1	
420	—	—	49,2	50,1	51,0	51,9	52,8	53,7	54,7	55,6	56,6	57,5	
415	—	—	—	49,5	50,4	51,3	52,2	53,0	54,0	54,9	55,9	56,8	
410	—	—	—	48,9	49,8	50,7	51,6	52,4	53,4	54,3	55,2	56,1	
405	—	—	—	48,3	49,2	50,1	51,0	51,7	52,7	53,6	54,5	55,4	
400	—	—	—	47,7	48,6	49,5	50,3	51,1	52,1	53,0	53,9	54,7	
395	—	—	—	—	—	—	—	50,5	51,4	52,3	53,2	54,0	
390	—	—	—	—	—	—	—	49,9	50,8	51,7	52,5	53,4	
385	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
380	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

Таблица 36

(на 100 *кг* солода)

ход, % / сусла, °Блг	13,2	13,4	13,6	13,8	14	14,2	14,4	14,6	14,8	15	15,2	15,4	15,6
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

ПЛОХИЕ ВЫХОДЫ

Приводим некоторые причины плохих выходов и средства их устранения:

Причины	Средства устранения
Слишком щелочная вода	Исправить воду
Плохо разрыхляемые солода	Учитывать это при затирании
Слишком влажный солод	
Слишком тонкий помол (высокий процент тонкой муки и чрезмерно растертые оболочки)	Отрегулировать дробилку
Слишком высокий процент несоложеных материалов	Уменьшить количество несоложеных материалов
Несоложеные материалы с ярко выраженной щелочностью (особенно, если используют маниоку)	Довести до необходимого предела
Обработка несоложеных материалов не по принятой технологии	Изменить метод затирания. Отваривать несоложеные материалы под давлением. Изменить вид у этих материалов (мука, крупка)
Плохая конструкция фильтрационного чана	Усовершенствовать фильтрационный чан (форма отверстий, конфигурация отвода и т. п.)
Метод затирания не подходящий для данного солода	Изменить метод затирания
Плохая фильтрация	Проследить за работой фильтрационного чана

Таблица 37

Экономический эффект, получаемый от повышения выходов

Плотность, °Блг	Количество (в *гл*) охлажденного сусла, получаемого из 100 *кг* солода при выходе, %							
	68	69	70	71	72	73	74	75
10	6,55	6,64	6,74	6,84	6,94	7,03	7,13	7,22
10,5	6,23	6,32	6,41	6,50	6,59	6,69	6,78	6,87
11	5,93	6,02	6,10	6,19	6,28	6,36	6,45	6,54
11,5	5,66	5,75	5,83	5,91	6,00	6,08	6,17	6,26
12	5,41	5,49	5,57	5,65	5,73	5,81	5,89	5,97
12,5	5,19	5,26	5,34	5,42	5,49	5,57	5,64	5,72
13	4,98	5,05	5,12	5,20	5,27	5,34	5,42	5,49
13,5	4,79	4,86	4,93	5,00	5,07	5,14	5,21	5,28

Предположим, что пивоваренный завод ежегодно расходует 8000 *ц* солода для выработки пива плотностью 12°Блг, при этом выходы экстракта составляют 70%.

При таких условиях завод получит (табл. 37) $5{,}57 \cdot 8000 = 44\,560$ *гл* сусла, а при выходе экстракта 71% — $5{,}65 \cdot 8000 = 45\,200$ *гл* сусла. Разница составит 640 *гл* сусла.

КУПАЖИ

Определение сладкого сусла в °Режи. Если сусло (или пиво) имеет плотность D_1 °Режи, то необходимый объем V_2 сусла плотностью D_2, который следует к нему добавлять для получения сусла плотностью D °Режи, рассчитывают по формуле

$$D(V_1 + V_2) = D_1V_1 + D_2V_2,$$

откуда $V_2 = V_1 \dfrac{D_1 - D}{D - D_2}$, точно так же можно вычислить V_1 и D.

При определении необходимого объема воды (при этом $D_2 = 0$) формула приобретает следующий вид:

$$D(V_1 + V_2) = D_1V_1,$$

где V_2 — объем воды, равный $\dfrac{V_1(D_1 - D)}{D}$.

Определение плотности сладкого сусла в °Блг. Если сусло (или пиво) плотностью d_1 и экстрактивностью b_1 в °Блг занимает объем V_1, то необходимый объем V_2 сусла плотностью d_2 и экстрактивностью b_2, который следует добавить, чтобы получить сусло плотностью d и экстрактивностью b, рассчитывают по формуле

$$bd(V_1 + V_2) = b_1d_1V_1 + b_2d_2V_2,$$

откуда

$$V_2 = V_1 \frac{b_1d_1 - bd}{bd - b_2d_2};$$

V_1 и b высчитывают аналогичным способом.

Если рассчитывают необходимый объем воды (при этом $b_2 = 0$), то эта формула будет выражена так:

$$bd(V_1 + V_2) = b_1d_1V_1,$$

где V_2 — объем воды, равный $V_1 \left(\dfrac{b_1d_1 - bd}{bd}\right)$.

Если принять плотности d и d_1, равными 1, тогда

$$V_2 = V_1 \left(\frac{b_1 - b}{b}\right) = V_1 \left(\frac{b_1}{b} - 1\right).$$

Принимая, что $V_1 = 1$ *гл*, количество добавленных гектолитров воды будет выражено следующим уравнением:

$$\frac{12}{5} - 1 = 1{,}4 \text{ } гл \text{ воды на } 1 \text{ } гл \text{ сусла}.$$

Эти расчеты, сделанные в градусах Баллинга, не дают полного совпадения с результатами, полученными по расчетам в градусах Режи, так как соотношение между этими двумя единицами измерения не является линейным.

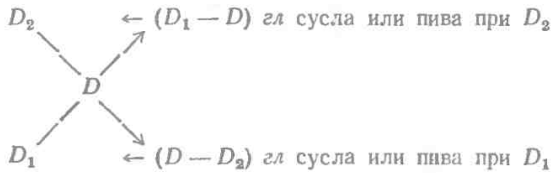
При расчете необходимого количества воды, добавляемой в сусло или пиво для доведения до определенной плотности, руководствуются табл. 38.

Таблица 38

Таблица купажей

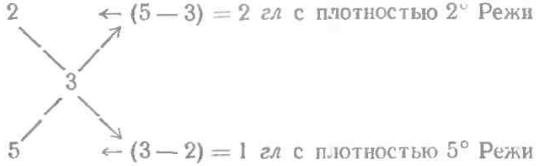
Плотность сусла для купажирования, °Режи	Количество (в *гл*) воды, добавляемой в сусло или пиво для получения конечной плотности, °Режи			
	2	1	0.9	0.5
4,0	0,959	2,751	3,13	5,96
3,8	0,863	2,567	2,93	5,62
3,6	0,768	2,386	2,73	5,28
3,4	0,672	2,202	2,52	4,94
3,2	0,575	2,017	2,32	4,59
3,0	0,479	1,833	2,12	4,25
2,8	0,383	1,648	1,91	3,91
2,6	0,287	1,464	1,71	3,57
2,4	0,192	1,283	1,51	3,23
2,2	0,096	1,099	1,31	2,89
2,0	0,000	0,915	1,11	2,55
1,8	—	0,730	0,90	2,21
1,6	—	0,549	0,70	1,87
1,4	—	0,365	0,50	1,53
1,2	—	0,181	0,30	1,19
1,0	—	0,000	0,10	0,85

Правило креста. Правило креста — это графическое изображение формул расчета купажей, приведенных выше:



Если разбавление производят водой, то $D = 0$.

Пример. Какие объемы пива плотностью 2 и 5° Режи следует смешать, чтобы получить пиво с 3° Режи:



Правило креста не дает точных результатов в тех случаях, если плотность пива выражена по Баллингу (градус по Баллингу выражает весовое соотношение, а правило креста показывает результаты в объеме).

Раздел III. БРОЖЕНИЕ. ОБРАБОТКА ГОТОВОГО ПИВА

1. БРОЖЕНИЕ

Цель брожения — превращение сбраживаемых веществ сусла дрожжами в спирт и углекислый газ.

СТЕПЕНЬ СБРАЖИВАНИЯ

Степень сбраживания — это процентное отношение количества сброженного экстракта во время брожения к количеству экстракта, содержавшегося в сусле до брожения.

Степень сбраживания A независимо от температуры может быть представлена следующим уравнением:

$$A = \frac{E - e}{E} 100,$$

где E — экстрактивность начального сусла, %;

e — экстрактивность того же сусла в какой-либо момент брожения.

Принимая во внимание, что количество экстракта, содержащееся в сусле, прямо пропорционально плотности, указанное выше уравнение может быть выражено также следующим образом:

$$A = \frac{D - d}{D} 100,$$

где D — плотность сусла перед брожением;

d — плотность сусла в какой-либо момент брожения.

Различают три вида степени сбраживания.

Главная (основная) степень сбраживания достигается тогда, когда температура бродящего сусла характеризует окончание главного брожения.

Дображивание, или вторичная степень сбраживания, достигается тогда, когда температура характеризует конец дображивания.

Предельная степень сбраживания соответствует брожению, достигшему своего максимума.

Степень сбраживания определяется в лаборатории, для чего берут образцы сусла из каждого чана; она зависит от состава сусла и от использованной расы дрожжей.

Измерение плотности сусла d проводят в образце дегазированного пива, т. е. пива без CO_2. Существуют два способа определения d, а следовательно, и степени сбраживания A:

а) удаляют спирт, который заменяют дистиллированной водой, после чего определяют действительную (истинную) степень сбраживания;

б) можно не выпаривать спирт и, следовательно, определять кажущуюся степень сбраживания (обычно это называют просто «степень сбраживания»). Такое определение степени сбраживания значительно проще и быстрее, чем предыдущее; оно вполне

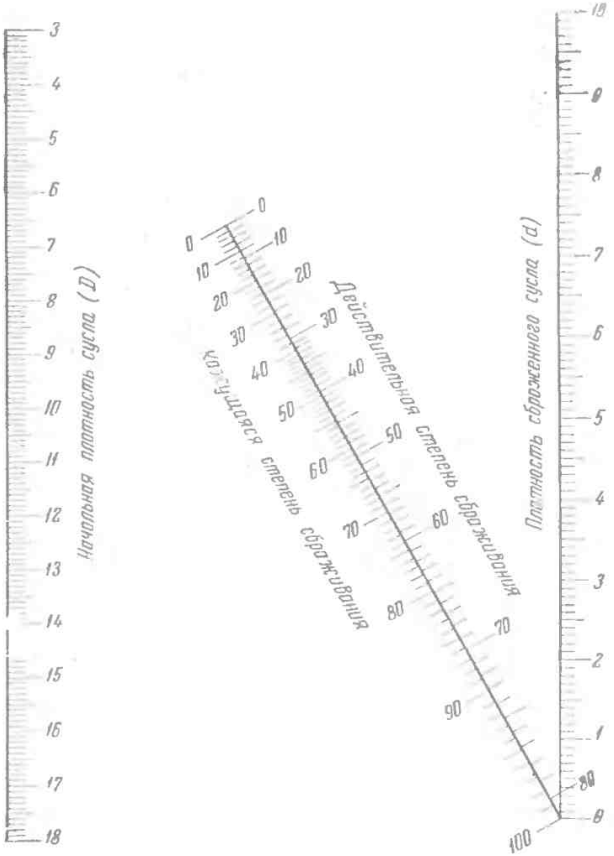


Рис. 11. Определение степени сбраживания.

приемлемо, так как в этом случае сравнивают только различные степени сбраживания.

Установление предельной степени сбраживания. Смешать в колбе 200 *см*³ сусла или пива с 16—18 *г* свежих прессованных дрожжей, после чего смесь поместить:

либо в водяную баню при 25° С, куда подавать стерильный воздух из расчета один пузырек в секунду для аэрирования жидкости и непрерывного перемешивания ее;

либо на смеситель-трясун, где брожение протекает при температуре 25° С. Желательно, чтобы при этом уровень жидкости в сосуде был невысоким, что обеспечит хорошее перемешивание ее.

Сусло через 7—9 *ч*, а пиво через 4—6 *ч* следует хорошо перемешать в колбе, затем отфильтровать, взвесить и установить предельную степень сбраживания.

Графическое определение степени сбраживания приведено на рис. 11. Соединяют при помощи прямой две шкалы, соответствующие: одна — начальной плотности сусла *D*, другая — плотности уже сброженного сусла *d*

Точки пересечения прямой, проходящей через три шкалы, показывают на шкале, находящейся слева от наклонной шкалы, кажущуюся степень сбраживания, а на правой шкале — действительную степень сбраживания. Действительная степень сбраживания приблизительно определяется следующим выражением:

$$\frac{\text{кажущаяся степень сбраживания}}{1232}$$

Кажущаяся степень сбраживания определяется по формуле

$$\frac{(D-d)\,100}{D}.$$

А. ДРОЖЖИ

В пивоваренном производстве используются дрожжи Saccharomyces cerevisiae. Они относятся к классу сумчатых грибов; диаметр их клеток колеблется от 5 до 10 *мкм*. Эти дрожжи расщепляют сахара во время брожения.

Спиртовое брожение происходит под воздействием ферментного комплекса: зимазы (алкоголаза).

Расщепление сахаров происходит согласно следующей реакции:

$$\underset{\text{Сахар (мальтоза)}}{C_6H_{12}O_6} \rightarrow \underset{\text{Этиловый спирт}}{2C_2H_5OH} + \underset{\text{Углекислый газ}}{2CO_2} + \underset{\text{Тепло}}{27\ кал.}$$

Однако это уравнение является лишь приблизительным: спирт и углекислый газ — последние продукты окислительно-восстановительных реакций, осуществляющихся под действием различных компонентов зимазы.

Промежуточные продукты (гексоза, дифосфат, триоза, монофосфат, фосфорная кислота, пировиноградная кислота, ацетальдегид и т. п.) почти полностью исчезают непосредственно вслед за своим образованием. В конце процесса находят лишь следы глицерина и ацетальдегида. Во время реакции брожения выделяется 27 *кал* из одной молекулы сахара, из которых 24 *кал* расходуются на нагревание сбраживаемого сусла и оставшиеся 3 *кал* потребляются дрожжами.

При сбраживании 1 *кг* сахара образуется: 500—520 *г* спирта, 480—500 *г* углекислого газа, 10—30 *г* глицерина, 4—7 *г* ацетальдегида.

При брожении 1 *гл* сусла образуется около 2,5—3 *кг* CO_2 (из которых 1,2—1,5 *кг* восстановимы) и 3 *кг* спирта.

Дрожжи, используемые в пивоварении, относятся к двум различным типам, характеристика которых приводится в табл. 39.

Таблица 39

Различные виды дрожжей в связи с характером брожения

Дрожжи	Оптимальная температура развития дрожжей, °С	Температура, выше которой дрожжи придают пиву плохой вкус, °С	Характер осадка и скорость осаждения	
Низового брожения				
хлопьевидные (слабое сбраживание)	6—10	10—11	Быстрое в виде крупных хлопьев	Скапливаются на дне чана
пылевидные (сильное сбраживание)	6—10	10—11	Медленное в виде пыли	
Верхневого брожения	12—18	21—22	Поднимаются и скапливаются в верхней части чана	

Максимальная скорость сбраживания достигается при 25 и при 35° С в соответствии с типом дрожжей — низового и верхневого брожения.

Приготовление дрожжей. Перед засевом надо хорошо развести дрожжи в охлажденном сусле.

Следует отметить, что обработка дрожжей кислородом в настоящее время еще не изучена.

Количество задаваемых дрожжей. Обычно дрожжи задают в следующих количествах:

для низового брожения на 1 *гл* сусла
200—300 *г* прессованных дрожжей;
0,3—0,5 *л* жидких дрожжей.

Для темных сортов пива количество задаваемых дрожжей несколько увеличивается;

для верхневого брожения на 1 *гл* сусла
150—250 *г* прессованных дрожжей;
0,4—0,5 *л* жидких дрожжей.

Количество задаваемых дрожжей находится в обратной зависимости от температуры и продолжительности брожения и в прямой — от плотности сусла.

Температура задачи дрожжей. При внесении дрожжей применяется температура (в °С):

при низовом брожении . . . . . 4—5
при верхневом брожении . . . . . 15—18

СПОСОБЫ ЗАДАЧИ ДРОЖЖЕЙ

Засев дрожжами следует производить как можно скорее во избежание инфицирования.

Дрожжи вносят различными способами.

При низовом брожении следует:

развести дрожжи в ведрах, затем задать их в сусло, находящееся в бродильных чанах;

использовать маточные дрожжи;

задать дрожжи в чан предварительного брожения, выдержать их несколько часов перед перекачкой в сусло для брожения, находящееся в бродильном чане (техника представляет интерес, когда работают с очень плотным суслом);

задать дрожжи в часть сбраживаемого сусла при 15—16° С, оставить бродить в течение 3 *ч*, затем добавить в бродильный чан оставшуюся часть сусла. Этот метод обеспечивает быстрое и сильное брожение.

При верхневом брожении следует:

задавать дрожжи непосредственно в чаны предварительного брожения;

поступать точно так же, как и при низовом брожении в закрытых или открытых чанах (если сбраживание в чанах предварительного брожения не проводится, то следует применить метод «смешанного брожения»).

РАЗМНОЖЕНИЕ ДРОЖЖЕЙ

На основании данных о жизнедеятельности и развитии клеток к концу брожения определяют массу всех собранных верхневых дрожжей и массу засевных дрожжей. Соотношение этих двух величин находится в зависимости от плотности начального сусла:

Плотность начального сусла, °Блг	$k = \frac{\text{масса собранных дрожжей}}{\text{масса засевных дрожжей}}$
10	3,5
5	2,0
2,7	1,5

Это соотношение k связано также (у определенного сусла) с массой засевных дрожжей. Для идентичных чанов одинаковой емкости, содержащих сусло 10° Блг, Рейхард дает значения k (низовое брожение), приведенные в табл. 40.

Таблица 40

Значения k при низовом брожении по Рейхарду

Масса дрожжей, *кг*		k
засевных	собранных	
8,2	35	4,2
12,5	40	3,2
19,0	50	2,6

Разведение чистых культур дрожжей. Для разведения чистых жидких дрожжей необходимо руководствоваться следующим способом:

флягу, содержащую маточные дрожжи (1 или 2 *л*), поместить в подвал на время, пока они не приобретут температуры подвала;

сделать засев содержимого фляги в 5 или 10 *л* сусла, взятого в начале спуска, все перелить в ведро из нержавеющей стали или алюминия либо в стеклянную бутыль;

после засева ведро покрыть стерильной холстиной или закупорить бутыль ватным тампоном;

когда брожение достигнет наивысшей активности, перевести разводку в чан емкостью 2 *гл*, заполненный суслом в количестве 90 *л*;

затем в период максимальной активности брожения содержимое перевести в чан емкостью 8 *гл*, содержащий 4 *гл* сусла, после чего из этого чана содержимое перекачать в чан емкостью 30 *гл*, заполненный 15 *гл* сусла;

к дрожжевой разводке каждого чана на следующий день после засева добавляют свежее сусло;

в последний чан емкостью 30 *гл* добавить сусло через два или три дня после засева и оставить бродить в течение 8—10 дней;

собрать дрожжевой осадок, который служит для непосредственного засева в бродильный чан.

Разведение чистых культур дрожжей можно также осуществлять в специальных аппаратах.

ПРОМЫВКА ДРОЖЖЕЙ

Цель промывки: удалить азотистые и слизистые вещества, которые обволакивают клетки дрожжей и могут в дальнейшем парализовать спиртовое брожение;

удалить посторонние инфицирующие организмы в случае их появления.

Применяемые технические приемы: промыть дрожжи проточной водой на тонком металлическом сите, помещенном над дрожжевой ванной;

после заполнения ванны дрожжи промывают проточной водой, затем дают им осесть, воду декантируют, вновь наполняют ванну водой и дрожжи вновь взмучивают. Эту операцию повторяют несколько раз.

Используемые для промывки растворы:

Чистая вода — применяют лишь биологически чистую воду.

Вода с добавлением фосфорной кислоты — 200—300 *г* фосфорной кислоты 45° Bé.

Таким образом уничтожают бактерии и слабые дрожжи. Кроме того, фосфорная кислота активизирует брожение.

Вода с добавлением азотной кислоты — около 0,1%. Этим раствором удаляют бóльшую часть бактерий; брожение протекает энергично и завитки получаются очень хорошие. Дрожжи оставляют в растворе на 5—6 *ч*.

Вода с добавлением винной кислоты — около 0,5—1%; рекомендуется для удаления диких дрожжей. Дрожжи осаждаются плохо.

Вода с добавлением серной кислоты — около 0,1—0,15%; уничтожает бóльшую часть бактерий.

Вода с добавлением фтористого аммония — 10—20 *г/гл*; этот дезинфектор не действует на сарцины и бактерии, расщепляющие сахара.

Вода с добавлением едкого кали — 0,1%; способ, предложенный Муфангом, позволяет хранить дрожжи более продолжительный срок.

Вода с добавлением углекислого натрия — 0,001%; способ требует большой осторожности, так как он ослабляет деятельность дрожжей и тормозит процесс брожения.

Тиротрицин. Американские исследователи Грей и Казин при помощи этого антибиотика удалили сарцину из дрожжей. Способ требует большой осторожности ввиду того, что тиротрицин как антибиотик обладает большой специфичностью.

ХРАНЕНИЕ ДРОЖЖЕЙ

Дрожжи можно хранить:

1) под слоем воды, охлажденной до 1—2° С, которую меняют каждые три дня. Использовать можно только биологически чистую воду; следует избегать хранения дрожжей более 8 дней;

2) на льду — прессованные дрожжи в холщовом, предварительно простерилизованном мешке. Продолжительность хранения не более 8 дней;

3) покрытые слоем (3—4 *см*) ваты — прессованные дрожжи в металлических сварных коробках при температуре —5° С, которые погружают в охлаждающий раствор или ставят на сухой лед.

Коробки перед их использованием следует поместить на несколько дней в лагерный подвал во избежание слишком резких скачков температуры. Максимальная продолжительность хранения — 21—28 дней;

4) под 5—10 см слоем сусла или свежего пива при температуре 1—2° С; максимальный срок хранения 28—35 дней;

5) в окоренке — после наполнения окоренка промытыми дрожжами закрыть их фильтровальным полотном и поместить в бак с водой, охлажденной до 0° С.

СУШКА ДРОЖЖЕЙ

Сушку дрожжей осуществляют несколькими способами, каждый из которых дает различный продукт.

Обыкновенные сухие дрожжи приготовляют путем сушки жидких дрожжей при 80—90° С в барабанных сушилках. Влажность дрожжей доводят до 10—12%.

Обезгорченные сухие дрожжи. Дрожжи обрабатывают карбонатом натрия или аммиаком для удаления смол, затем их высушивают так же, как при выработке обыкновенных сухих дрожжей.

Ферментсодержащие активные сухие дрожжи получают сушкой под вакуумом, максимальная температура сушки 60° С.

Облученные сухие дрожжи — ферментсодержащие активные сухие дрожжи облучают ультрафиолетовыми лучами, которые превращают эргостерин в кальциферин или витамин *D*, применяемый как средство против рахита.

Активные сухие дрожжи получают путем высушивания под нормальным атмосферным давлением с дальнейшим распылением и прессованием при низкой температуре в течение шести дней.

Дрожжи в сухом виде (жидкие или тестообразные сохраняются плохо) используются для питания людей, в качестве корма для животных и в терапевтических целях. Широкое применение дрожжей объясняется большим содержанием в них азотистых веществ, витаминов, аминокислот и минеральных солей.

ОБЕЗГОРЕЧИВАНИЕ ДРОЖЖЕЙ

Развести прессованные дрожжи (влажностью 70%) в соотношении 1 : 10 в воде, содержащей 5 *г* карбоната натрия на 1 *л*. Перемешать и дать отстояться. При этом выпадает осадок темного цвета, который плохо отстаивается.

Воду декантировать, затем добавить чистой воды в количестве, равном декантированному объему, перемешать и дать отстояться. Осадок получается более чистый, чем вначале.

Декантировать второй раз.

Добавить вторично воду и перемешать: образование хлопьев и осаждение протекают очень хорошо; в последний раз воду декантировать возможно полнее.

В течение 45—60 *мин* довести температуру до 45° С, чтобы вызвать автолиз, а затем дрожжи направить на сушилку.

Б. НИЗОВОЕ (ГЛАВНОЕ) БРОЖЕНИЕ

Процесс брожения. Вводить дрожжи в сусло можно после того, как уровень его в чане достигнет 20—30 *см*. Не следует заполнять бродильный чан до верха (только до 20—30 *см* от его краев).

Брожение начинается через 10—15 *ч*, о чем свидетельствует появление тонкой белой пены.

Спустя 24 *ч* пена поднимается и «кудрявится» (появление завитков). Иногда на этой стадии меняют бродильный чан для удаления из него мути.

На третий день температура повышается; при помощи охладительных змеевиков ее доводят до «потолка» —9° С. Завитки выделяются все отчетливее и поднимаются; интенсивное пенообразование продолжается около трех дней. В последние дни пена спадает и образуется коричневая дека, очень горькая, что объясняется окислением смол и танинов. В это время следует обратить особое внимание на степень сбраживания и на характер осадка.

Когда дрожжи коагулируют (образуют хлопья) и достигнута нужная степень сбраживания, т. е. через 8—13 дней, тогда снимают деку и зеленое пиво направляют в лагерный подвал.

Средний слой дрожжевого осадка следует собрать после того, как удален верхний слой, в котором содержится много мертвых клеток и различных загрязнений; нижний слой, состоящий из тонкой мути, удаляется через сточный трубопровод во время мойки чана.

Температура брожения. Хотя главное брожение происходит при температуре 5—12° С, все же нельзя допускать температуры выше 10° С, особенно при выработке легкого пива.

Максимальные температуры брожения зависят от сорта вырабатываемого пива; они составляют (в °С) для пива:

Мюнхенского	10—10,5
Венского	9—9,5
Пильзенского	8—9

Колебания температуры ни в коем случае не должны быть резкими.

Регулирование степени сбраживания. Степень сбраживания зависит в основном от соотношения мальтозы и декстринов, т. е. от метода затирания. Чем больше содержание мальтозы, тем сильнее степень сбраживания, однако на этот процесс могут повлиять и второстепенные факторы.

Установив методы затирания, следует регулировать условия, играющие немаловажную роль при брожении.

Хлопьевидные дрожжи дают слабую степень сбраживания; пылевидные дрожжи — высокую степень.

Степень сбраживания снижается с числом генераций.

Степень сбраживания усиливается при небольшом повышении температуры (изменяется и скорость брожения), а также при добавлении:

2—4 *г/гл* солодовой муки (в зависимости от ее состава);

менее 5 *г/гл* фосфорной кислоты, большее количество ее действует в обратном направлении.

Перемешивание, осуществляемое любым способом, благоприятствует брожению, так как оно приводит клетки во взвешенное состояние.

Костяной уголь (жженая кость), стружка, щепки, стерилизованная дробина незначительно повышают степень сбраживания. Желатин и агар-агар снижают ее.

Материал, из которого выполнены внутренние стенки бродильных чанов, и соотношение объем чана : поверхность сусла иногда имеют большое значение для брожения.

Обычно степень сбраживания зеленого пива при перекачке на выдержку должна быть тем меньше конечной степени сбраживания, чем больше срок выдержки пива в подвале, т. е. содержание сбраживаемых экстрактивных веществ в зеленом пиве при перекачке должно быть большим. В отдельных случаях перекачка пива осуществляется при его степени сбраживания, отстоящей от конечной на 5—10%.

КОНТРОЛЬ БРОЖЕНИЯ

Контроль за брожением, позволяющий определить момент перекачки, заключается в основном в определении степени сбраживания и определении степени осветления сусла.

Степень сбраживания. Плотность сусла в подвале определяют сахарометром; для большей точности следует обратиться к лабораторному контролю. Плотность до и после брожения позволяет рассчитать степень сбраживания; она должна быть на 5—10% ниже конечной степени сбраживания.

Осветление. Флокуляцию дрожжей, т. е. осветление сусла, устанавливают пробой, взятой стаканчиком из чана, для чего осторожно отодвигают деку.

Если дрожжи флокулируют сразу, то сусло перекачивают в лагерный подвал, так как практически брожение закончено. Следует

отметить, что главная степень сбраживания достигается не всегда: может еще оставаться в сусле экстракт, способный слишком сильно сбраживаться, в результате чего он не абсорбируется во время выдержки.

В этом случае следует обратиться к одному из способов регулирования степени сбраживания.

Конечную степень сбраживания (момент перекачки) можно определить также по следующим показателям:

количество экстракта, израсходованного за день, составляет 0,1—0,2° Блг;

дека опускается, сусло приобретает более или менее темную окраску;

вкус и аромат пива становятся характерными, что легко устанавливается пивоваром.

Температура перекачки зависит от температуры лагерного подвала и продолжительности дображивания. Обычно пиво перекачивают при температуре, близкой к 3—5° С.

Если температура брожения выше максимальной температуры 10° С. то возможны следующие отклонения от нормы:

дрожжевой привкус, вызванный процессом автолиза;

фруктовый привкус, вызванный эфирами, образовавшимися из высших спиртов, возникших в результате жизнедеятельности дрожжей;

слишком высокая степень сбраживания, что приводит к недостаточному дображиванию;

присутствие в пиве азотистых веществ типа казеина, вследствие чего напиток становится нестойким и подверженным инфицированию;

значительные потери углекислоты.

УТИЛИЗАЦИЯ УГЛЕКИСЛОТЫ

Сбор углекислоты, выделяющейся во время спиртового брожения, представляет значительный интерес для некоторых заводов. Проведенные на заводах опыты подтвердили, что пиво, сброженное в закрытых чанах, по своему качеству было аналогично пиву, сброженному в открытых емкостях.

Углекислоту, полученную в результате брожения, можно использовать для насыщения пива, при розливе и для выработки жидкой углекислоты. Количество растворимой углекислоты зависит от давления (рис. 12).

Теоретически сбраживание 1 *кг* экстракта дает около 500 *г* CO_2.

Так, 1 *гл* сусла с начальной плотностью 12° Блг, сброженный на 70%, по теоретическим подсчетам выделяет

$$\frac{12 \cdot 0{,}5 \cdot 70}{100} = 4{,}2 \text{ кг } CO_2.$$

Однако фактически полученные данные значительно ниже, так как большое количество CO_2 теряется в воздухе из-за неполной герметичности крышек бродильных чанов и т. п. Эти потери достигают 2 *кг* и снижают приведенные выше теоретические расчеты.

Для определения количества углекислоты, которая может быть фактически собрана (рекуперирована), надо пользоваться следующей эмпирической формулой:

$$p = 0{,}16b,$$

где b — плотность сусла, °Блг.

Улавливаемую углекислоту обычно обрабатывают следующим образом.

Углекислоту, используемую для насыщения или розлива пива в газообразном состоянии, подвергают сжатию под давлением 10 *кгс/см*², затем ее очищают хлористым кальцием и активированным углем.

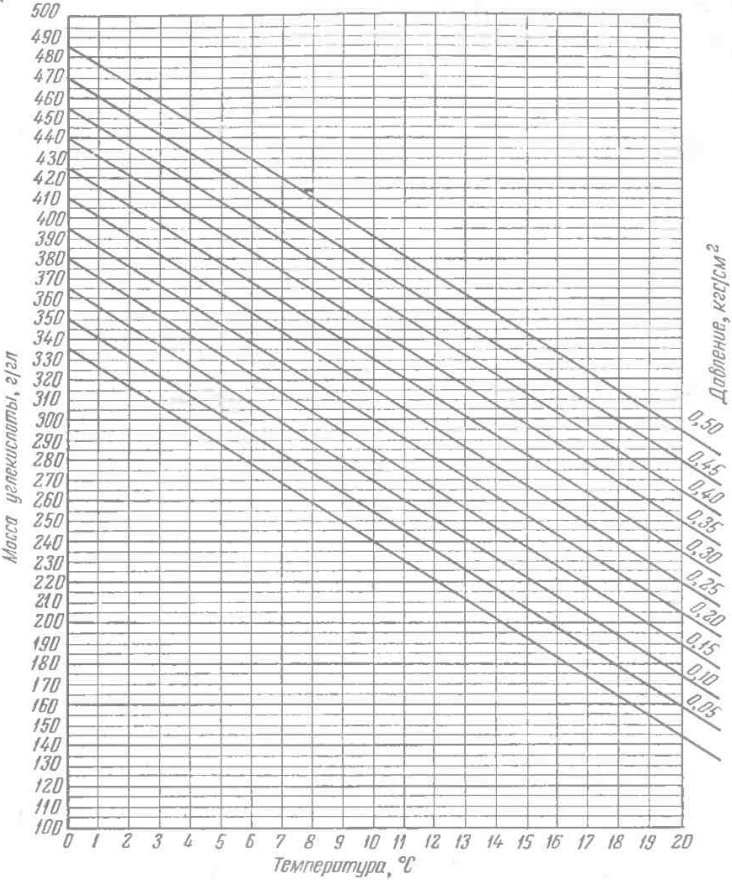


Рис. 12. Растворимость углекислоты в 1 *гл* пива в зависимости от температуры и давления.

При выработке жидкой углекислоты она освобождается от воздуха, которого может содержать не более 2%. Кроме того, углекислоту подвергают более совершенной очистке при помощи активированного угля и в колонке с сернистой кислотой.

Очищенную углекислоту подвергают сжатию обычно в три этапа: I — 4 *кгс/см*²; II — 16—20 *кгс/см*²; III — 60 *кгс/см*².

Каждый этап сопровождается охлаждением CO_2; последнему этапу, обеспечивающему окончательное ожижение, предшествует ее обезжиривание. Жидкую углекислоту разливают в баллоны.

Установлено, что практически 1 *гл* сусла дает около 1,3 *кг* углекислоты.

ЗАТРУДНЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ГЛАВНОГО БРОЖЕНИЯ

Внешний вид деки и жизнедеятельность дрожжей служат показателями, по которым можно судить о течении главного брожения.

Причины	Следствие	Устранение причин
	I. Внешний вид деки	
	А. Бурное брожение	
Плохо убранный ячмень, обильная замочка, слишком высокая температура при прорастании Недостаточно высушенный солод Метод затирания, дающий сусло с низким содержанием коллоидов, трудно сохраняющее CO_2 Разный температурный режим в бродильных чанах, вызванный нерациональным размещением их Шероховатые и неровные внутренние стенки бродильных чанов, находящиеся в соприкосновении с суслом	Пузырьки CO_2 появляются на поверхности, часто только в одном месте чана, а завитки образуются с трудом При таком положении обычно снимают плохие дрожжи; пиво трудно осветляется; степень сбраживания слабая	Заменить сырье более доброкачественным. Улучшить метод затирания. Проверить состав воды Снизить температуру при задаче дрожжей. Сменить дрожжи или промыть их в фосфорной кислоте, разбавленной водой. Разбавить это пиво нормально сброженным пивом
	Б. Кипящее брожение	
Появление мути во время брожения Резкое падение давления	Выделение крупных пузырьков CO_2 в пене; явление это особенно часто наблюдается к концу главного брожения	Улучшить метод затирания Снизить температуру при задаче дрожжей

В. Замедленное брожение

Присутствие в дрожжах веществ, токсичных для дрожжей	Слабая дека Низкая температура Слабая степень сбраживания Быстрое осветление	Добавить в чан дрожжи или сахар Добавить 1—2 *г* фосфорной кислоты на 1 *кг* дрожжей Сменить дрожжи Повысить температуру брожения Использовать пылевидные дрожжи с высокой степенью сбраживания Улучшить метод затирания Изолировать бродильные чаны теплоизоляционным материалом
Дрожжи при осветлении сусла слишком сильно коагулированы Вырождающиеся дрожжи Ячмень убран до созревания или очень влажный Ослабление дрожжей, вызванное присутствием меди (при контакте с оборудованием, выполненным из меди, или вызванное растворением меди блуждающими токами)		

II. Жизнедеятельность дрожжей

Ослабленные дрожжи Вырождающиеся дрожжи Раса дрожжей не адаптирована к суслу Слишком низкий pH	Слабый подъем дрожжей Быстрое осветление	Сменить дрожжи Заменить задаточные дрожжи или расу дрожжей Регенерировать дрожжи фосфорной кислотой, разбавленной водой Исправить воду, используемую для затирания Регенерировать задаточные дрожжи суслом высокой концентрации в тех случаях, если плотность сусла низкая
Вырождающиеся дрожжи Дрожжи не адаптированы к суслу Слишком высокий pH	Медленное осветление	Заменить задаточные дрожжи или расу дрожжей Регенерировать дрожжи Исправить воду, используемую для затирания

		Снизить температуру при задаче дрожжей
Долго проращиваемый солод и дробленый слишком влажным	При сборе дрожжи жидкие	Быстро охладить при перекачке
Ослабленные дрожжи		Использовать хорошо высушенный солод
Слишком низкая плотность сусла		Регенерировать дрожжи
Слишком большое количество несоложеного материала (риса)		Снизить процент несоложеного материала
Дрожжи, обработанные слишком большой дозой фосфорной кислоты		
Присутствие железа в сусле (темно-серый оттенок)	Неправильный цвет дрожжевого осадка	Проверить состояние поверхности заторного чана
Присутствие меди в сусле (серо-зеленоватый оттенок)		Нельзя чистить оросительные холодильники сильно концентрированными средствами, растворяющими металлы
		В случае установки нового оборудования и возобновления (после длительного перерыва) работы провести «ложную» варку

В. ДОБРАЖИВАНИЕ (ВЫДЕРЖКА)

Цель выдержки. Дображивание зеленого пива в лагерном подвале обеспечивает:

естественное насыщение;

осветление за счет дрожжевого осадка и взвешенных частиц;

округление вкуса.

Температура выдержки. Для выдержки тонкого пива требуется по возможности более низкая температура (0—1° С), что неизбежно приведет к более длительному дображиванию.

Шпунтование пива заключается в том, что в лагерных танках устанавливают аппараты (шпунт-аппараты — регуляторы противо-

давления), позволяющие осуществить естественное насыщение пива и удалить излишне образовавшуюся CO_2.

Давление шпунт-аппарата определяется следующей формулой:

$$p = \frac{N}{n} \text{ кгс/см}^2,$$

где p — давление шпунт-аппарата, *кгс/см²*;

N — количество CO_2 при заданной температуре, *г*;

n — количество CO_2 в 1 *л* сусла при температуре t и нормальном атмосферном давлении, *г*.

Можно также применить и следующую эмпирическую формулу:

$$p' = 0{,}1 \div 0{,}06t \text{ кгс/см}^2,$$

где p' — давление при шпунтовании, *кгс/см²*.

Как правило, давление при шпунтовании составляет 0,3—0,4 *кгс/см²*.

Очень холодные подвалы позволяют заметно снизить давление шпунтования (0,05—0,1 *кгс/см²*).

Обычно используют следующие шпунт-аппараты:

предохранительный клапан — очень прост, но имеет малую точность;

ртутный прибор — точный, позволяющий наблюдать за процессом выдержки пива, но непрочный; использование его для алюминиевых емкостей запрещено;

водяная колонка — экономична, улучшает регулирование естественного насыщения, так как она соединена с несколькими танками, но этот прибор не позволяет вести наблюдение за каждым танком в отдельности.

ВЫДЕРЖКА И ЕЕ КОНТРОЛЬ

Следует заполнять лагерные танки снизу во избежание выделения газа и окисления пива.

Стараться по возможности заполнять танки за один прием; не допускать длительного нахождения на дне танка даже небольшого количества пива, которое может подвергаться уксусному брожению.

Шпунтовать деревянные буты после окончания интенсивного брожения; время это зависит от температуры перекачки и температуры подвала.

После наполнения металлических танков их следует очень быстро зашпунтовать.

Контролировать правильность дображивания, наблюдая за шпунт-аппаратом.

Во время наблюдения за дальнейшим ходом брожения необходимо сосредоточить внимание на следующем:

а) Повышение степени сбраживания. К концу выдержки степень сбраживания должна приблизиться к конечной. При незначительной разнице данной степени сбраживания и конечной степени сбраживания невозможно сделать точное определение.

б) Насыщение и внешний вид пены. Чаще всего ограничиваются взятием пробоотборником некоторого количества пива для определения образовавшейся пены. Этот весьма субъективный метод далеко не точен и часто не верен из-за неправильно смонтированных кранов, дающих при открытии обильную пену.

Самая верная и точная оценка пенообразования основана на определении количества растворившейся CO_2. Лабораторные методы обычно весьма сложны, поэтому рекомендуется манометрический метод определения, заключающийся в введении пива в аппарат, имеющий форму бутылки, которая снабжена манометром и термометром. Сосуд сильно встряхивают, определяют температуру и давление.

В представленном ниже графике, составленном по таблице Лянже и Шульце указана масса (в граммах) растворенной углекислоты в 1 *гл* пива (см. рис. 12).

Для получения точных данных по этому методу требуется периодически проверять манометры.

в) Вкус. Оценка вкусовых качеств пива производится при дегустации.

г) Оценка пива. Во время перекачки зеленого пива из бродильни наполняют пивом маленький стакан. По истечении 24 *ч* пиво должно быть блестящим. После 15-дневной выдержки пива в танках опалесценция его должна быть очень слабой.

Если поверхность пива покрыта легкой пеленой, следовательно, в нем имеется крахмальная муть или азотистые вещества.

Продолжительность выдержки. Обычно принимают следующие сроки выдержки в зависимости главным образом от плотности пива:

Пиво Петит (5° Блг)	от 6 до 15 дней
Домашнее пиво (8° Блг)	от 21 до 42 дней
Обыкновенное пиво (12° Блг) . .	от 2 до 4 месяцев
Экспортное пиво	от 4 до 8 месяцев

Искусственное насыщение. По закону Дальтона количество углекислоты, растворившейся в пиве, зависит:

от парциального давления газа, превосходящего давление жидкости;

от коэффициента растворимости газа в жидкости, являющейся нисходящей функцией температуры.

Следовательно, практически насыщение пива зависит от давления углекислоты и температуры пива, к чему следует добавить продолжительность выдержки, обусловливающую время контакта жидкости и углекислоты.

Для получения к концу дображивания нормально насыщенного пива следует проводить шпунтование. При постоянной температуре насыщение CO_2 бывает тем больше, чем сильнее давление. Таким образом, оба фактора — температура и давление — играют противоположные роли. Опытами установлено, что для улучшения качества пены лучше холодное пиво выдерживать под низким давлением, чем теплое пиво под более высоким давлением.

Если к концу выдержки количество растворимой CO_2 бывает недостаточным из-за пассивного дображивания, или из-за низкой плотности пива, или из-за недостаточной герметичности танков и, наконец, из-за ускоренного процесса выработки пива, то производят искусственное насыщение пива углекислотой.

Итак, растворение углекислоты в пиве зависит от давления, температуры и продолжительности контакта с жидкостью.

Искусственное насыщение пива происходит быстро, температура пива в момент насыщения почти не меняется, а потому регулировать этот процесс можно только давлением, которое будет тем большим, чем короче время контакта и выше температура.

Однако целесообразнее насыщение производить при пониженном давлении во избежание дегазации углекислоты при выходе пива из сатуратора. Лучшее насыщение пива можно получить в сатураторе, обеспечивающем большую площадь контакта жидкости с углекислотой, что достигается очень тонкой дисперсией пива.

Обычно применяются следующие сатураторы.

Эжекторный сатуратор. Диспергирование пива и контакт его с углекислотой обеспечиваются разбрызгивающими устройствами и различными насадками, выполненными в виде стеклянных шариков, свечей из пористой керамики или из металла.

Каскадный сатуратор. Жидкость разбрызгивается с помощью форсунок, сопел и других устройств, а затем падает в атмосферу CO_2.

Всасывающий сатуратор. Пиво, циркулируя с большой скоростью по сходящимся и расходящимся насадкам, увлекает при этом углекислоту.

Искусственное насыщение пива можно осуществлять различными способами:

непосредственное введение CO_2 в танки при помощи барботера;

перекачка пива из одного танка в другой через сатуратор; движение происходит в следующем порядке: танк — сатуратор — насос — танк;

насыщение при розливе перед фильтром (не следует помещать сатуратор после фильтра).

Применение стружки. Обработка пива стружками предусматривает, с одной стороны, облегчение осветления, а с другой — ускорение дображивания. Этот способ постепенно исчезает из производственной практики.

Использовавшаяся раньше стружка из орешника в настоящее время заменена алюминиевой.

Во всяком случае следует очень внимательно следить за стерильностью стружек, для этого их обрабатывают кипятком и хранят в дезинфицирующем растворе.

Применение протеолитических ферментов. Добавление в танки с пивом протеолитических ферментов предусматривает следующую цель: обеспечить осаждение протеинов большого молекулярного веса, способных образовать холодную муть (клейковину) и металлическую муть.

Для этого следует использовать пепсин, папаин, или смесь этих двух компонентов, или различные имеющиеся в продаже препараты, из которых больше всего рекомендуется коллупулин; доза его колеблется от 1 до 3 *г/гл* в зависимости от сорта пива и использованного сырья.

Лучше всего вводить вытяжку из ферментов с помощью насоса в пивопровод после грубой фильтрации пива, так как ферменты лучше действуют в осветленном пиве. Этот способ введения ферментов обеспечивает хорошее перемешивание, не вызывая чрезмерного движения пива.

ЗАТРУДНЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ДОБРАЖИВАНИЯ

Причины	Следствие	Устранение причин
	Пассивное брожение	
Слишком высокая степень главного сбраживания Поздняя перекачка: пиво чересчур пустое Недостаток дрожжевых клеток Осаждение дрожжевых клеток	Недостаточное выделение CO_2, а следовательно, и неудовлетворительное насыщение Малый разрыв между степенью сбраживания при главном брожении и дображивании	Ввести в лагерный танк пиво на стадии завитков в количестве 5—12% Добавить на 1 *гл* обрабатываемого пива смесь, состоящую из 1 *л* пива, взятого при 10° С, 100 *г* сахара и 20 *г* тестообразных дрожжей Использовать стружки Продлить время выдержки Охлаждать небыстро Добавить свежие дрожжи Пиво перемешать путем перекачки его из одного танка в другой
	Слабое насыщение	
Позднее шпунтование Слабое давление при шпунтовании Негерметичность танков Ускоренная выработка пива Низкая плотность пива Замедленное дображивание Присутствие тяжелых металлов	Незначительное содержание в пиве CO_2, а следовательно, плохая пеностойкость и снижение мягкости (бархатистости пива)	Проследить за шпунтованием Проверять герметичность чанов Усилить дображивание (см. выше) Избегать растворения металлов в процессе производства пива
	Плохое осветление	
Неполное осахаривание Слишком пылевидные дрожжи Присутствие микрофлоры	Пиво опалесцирует, затрудненная фильтрация	Проверить полноту осахаривания в варочном отделении; избегать повторного выщелачивания крахмала во время промывки

Метод затирания не соответствует используемому сырью	Внести в пиво вытяжку из диастатического солода, тщательно перемешать (на 1 *гл* обрабатываемого пива: 10 *г* муки экстрагировать в 0,25 *л* холодной воды в течение нескольких часов; затем взболтать, декантировать и отфильтровать)
Неполное осаждение альбуминов и глобулина во время приготовления пива	Улучшить метод затирания
	Заменить задаточные дрожжи
	Использовать стружки
	Применить искусственное насыщение
	Добавить протеолитические ферменты

Контроль пива после продолжительной выдержки. Следует:

выдержать бутылки с пивом при температуре 70° С в течение 15 *мин*;

как можно быстрее охладить их до температуры 0° С;

проверить внешний вид пива, в котором не должно быть никаких отклонений от нормы и дефектов (муть, опалесценция и т. п.).

Г. ВЕРХНЕВОЕ БРОЖЕНИЕ

Верхневым брожением этот метод назван по двум причинам:

во-первых, засев производят «верхневыми» дрожжами; брожение проходит при сравнительно высокой температуре;

во-вторых, к концу брожения дрожжевые клетки поднимаются на поверхность

СПОСОБЫ ВЕДЕНИЯ ВЕРХНЕВОГО БРОЖЕНИЯ

Верхневое брожение можно осуществить тремя различными способами:

главное брожение и дображивание в чанах предварительного брожения;

главное брожение в бродильных чанах, дображивание в чанах предварительного брожения;

главное брожение в бродильных чанах, дображивание в танках (смешанное брожение).

Температура брожения высокая — от 14 до 20° С, что вызывает снижение срока брожения (4—6 дней).

Степень сбраживания при верхневом брожении должна быть, очень высокой. При смешанном брожении главная степень сбраживания должна быть сильно отдалена от конечной ее степени; разница в степени сбраживания зависит от температуры и продолжительности дображивания.

ОСВЕТЛЕНИЕ ПИВА ПРИ ПОМОЩИ КЛЕЯ (ОКЛЕЙКА)

Используемые для осветления виды клея содержат вещества, в состав которых входит и желатин. Эти вещества после введения их в пиво коагулируют в связи с понижением температуры и кислотности; они образуют сплетение из неподвижных клеток, на которых адсорбируются суспендированные в пиве коллоиды.

Клей применяют в основном для осветления пива верхневого брожения после главного брожения.

В основном в пивоварении используется рыбий клей:

из кожи ската — имеется в продаже в необработанном виде и в виде прозрачных полос;

из плавательного пузыря осетра.

Приготовление клея. Клей из кожи ската. Кожу разрезать и куски замачивать в воде в течение 24 *ч*; воду время от времени менять. Затем куски кожи погрузить в сернистую или винную кислоту, взятую из расчета $^1/_5$ к общей массе сухого клея; оставить куски на 2 дня в кислоте. Потом протереть нерастворившуюся массу на сите, на котором задерживаются нерастворимые частицы.

Рыбий клей. Разрезать пузырь на полосы толщиной 25 *мм* и длиной 10—15 *см*.

16,5 *кг* этих полос поместить в чан емкостью 45 *гл*; добавить 4,5 *кг* винной кислоты, разбавленной в растворе серной кислоты (11 *л* серной кислоты и от 270 до 315 *л* воды). Смесь оставляется в покое.

По истечении 5 *ч* включить мешалку и постепенно добавлять воду, заполнив ею чан. Через 12 *ч* клей готов.

На 1 *гл* пива используют 10 *г* клея из кожи ската или 3—4 *г* клея из рыбьего пузыря.

Способы осветления. Пиво можно осветлять сверху или снизу.

Осветление сверху. Клей добавляют, когда брожение еще проходит достаточно активно для того, чтобы увлечь наверх сплетения желатиновых клеток.

Оптимальная температура: 13—15° С.

При этом способе осветление достигается с трудом.

Осветление снизу. Клей добавляют, когда брожение почти полностью закончено с тем, чтобы желатиновые сплетения опускались на дно чана.

Д. ОБОРУДОВАНИЕ БРОДИЛЬНОГО ОТДЕЛЕНИЯ

Бродильные отделения, расположенные в полуподвальных помещениях ниже уровня холодильных установок, должны быть спроектированы таким образом, чтобы уход за помещением и оборудованием был прост и обеспечивал безупречную чистоту их.

Пол рекомендуется покрывать асфальтом, так как цементный пол очень скользкий; наклон пола — около 2° по направлению к канализационным трапам.

Стены рекомендуется облицовывать плитками или красить эмалевой краской.

Бродильные чаны следует располагать так, чтобы к ним был свободный доступ.

Расстояние между нижней частью чанов и полом должно быть достаточным для размещения емкости для сбора дрожжей.

Спускные краны должны легко устанавливаться, быстро разбираться и быть расположенными в нижней наклонной части чана.

Площадки для обслуживания (шириной от 80 *см* до 1 *м*) должны быть расположены на 80—90 *см* ниже верхнего края чана.

Если помещение бродильного отделения, оснащенное открытыми чанами, не охлаждается посредством циркуляции воздуха, то следует предусмотреть вентиляционную систему, обеспечивающую удаление образовавшейся углекислоты.

МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БРОДИЛЬНЫХ ЕМКОСТЕЙ

Основными материалами для изготовления бродильных емкостей служат: дерево, нержавеющая сталь, алюминий, железобетон с футеровкой из металла, сталь с покрытием из парафина, спиртового лака, бакелита, эмали, стеклоэмали.

Дерево. Для изготовления емкостей применяют дуб, реже сосну и кипарис. Внутренние покрытия необходимо периодически возобновлять.

При деревянных емкостях как для главного брожения, так и для выдержки плохо используются производственные площади.

Для изготовления больших емкостей дерево не может быть использовано.

Деревянные емкости благоприятствуют появлению инфекции.

Железобетон с покрытием. Этот материал предусматривает тщательное конструирование емкостей.

При железобетонных емкостях хорошо используются производственные площади бродильного отделения, причем не создаются недоступные закоулки. При таких емкостях снижаются до минимума потери холода.

Железобетон используется для изготовления крупных емкостей.

Для железобетонных емкостей нужны покрытия из смолы и парафина. Покрытия следует периодически возобновлять.

Эти емкости не переносят сотрясений.

Состав покрытия получают из смеси (в *кг*):

парафина	66
пчелиного воска	18
асфальта	16
	100

При температуре 75—80° С приготовить смесь из указанных выше компонентов и выдерживать эту температуру в течение 4 *ч*. Нано-

сить кистью покрытие в горячем виде, затем прогреть паяльной лампой для выравнивания слоя.

Использование старого покрытия. Для этого следует:

расплавить вар при температуре 190° С в котле соответствующей величины;

внести четвертую часть (от его массы) расплавленного при 130° С парафина;

смесь варить при непрерывном перемешивании;

смесь снять с осадка.

Полученная жидкость является отличным покрытием для цементных чанов.

Для придания покрытию эластичности можно добавить около 2% животного сала.

Железобетонные емкости, футерованные металлом — алюминием или нержавеющей сталью, постепенно исчезают из практики из-за технических трудностей использования их, обусловленных их конструкцией.

Сталь, покрытая мастикой, и сталь, покрытая лаком. Необходимо наносить на сталь покрытие из спиртового лака или иное, которое применяется для емкостей, изготовленных из цемента. Такое покрытие не бывает долговечным из-за плохого соединения со стенками емкостей и постепенно исчезает из практики.

Сталь, покрытая бакелитом, имеет те же недостатки, что и сталь, покрытая спиртовым лаком.

В связи с улучшением качества синтетических смол можно ими заменить дорогостоящую эмаль.

Сталь, покрытая эмалью или стеклоэмалью. Сталь, покрытая внутри слоем стеклоэмали, полученной при высоких температурах (более 1000° С), особенно часто применяется при изготовлении сборников.

Преимущество этого покрытия состоит в том, что оно не требует периодического восстановления, хорошо чистится и совершенно не влияет на качество пива.

При работе и во время ухода требуется большая осторожность (избегать ударов; при чистке рабочим следует надевать резиновые сапоги).

При приемке таких емкостей следует тщательно проверить состояние внутренней поверхности.

Нержавеющая сталь. Легированная хромоникелевая сталь не поддается действию кислот и обладает большой прочностью. Это отличная сталь со всех точек зрения, но трудна в отделке и дорого стоит.

Алюминий очень мягкий металл, нейтральный по отношению к пиву, но легко разрушается (корродирует), если в нем количество примесей превышает 0,5%. Из-за слабой механической прочности исключается возможность использования его для изготовления крупных емкостей.

При соприкосновении с другими металлами образует электролитический элемент.

Использование его для любых ртутных приборов запрещено.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛОЩАДИ ПОДВАЛОВ

На 1 $м^2$ площади можно разместить (в *гл*):

в деревянных бутах	2,5—3
в цилиндрических танках	5—6
в танках из железобетона	7—8

Характеристика бутов представлена в табл. 41, а стальных танков — в табл. 42.

Таблица 41

Характеристика бутов

Емкость, *гл*	Длина, *м*	Диаметр, *м*	Масса, *кг*
20—25	1,75	1,65	360
30—35	1,90	1,80	520
40—45	2,05	1,95	600
50—60	2,20	2,15	700
65	2,35	2,30	850
75	2,50	2,40	1000

Изоляция подвалов. Подвалы должны быть тщательно изолированы со всех сторон.

Самыми распространенными материалами и способами изоляции подвалов являются:

плиты из прессованной пробки, которыми покрывают внутренние и наружные стороны стен подвалов. Плиты накладывают на сетки при помощи специальной мастики или смолы (сетка обеспечивает схватывание с цементом). Ни в коем случае не следует покрывать плиты известью, которая вызывает распад пробки. Обычно при толщине стен 75 *см* толщина изоляционного слоя из пробки составляет 8 *см*. Коэффициент теплопередачи при этом составит 0,35;

двойные стены с заключенной между ними воздушной подушкой (способ, редко рекомендуется);

ячеистый бетон, который требует более плотного изоляционного слоя, чем пробка; он не очень дорог и более прочен.

Изоляция подвалов только тогда бывает полной, когда для этой цели используется совершенно сухой изоляционный материал.

РАСЧЕТ БРОДИЛЬНЫХ ЧАНОВ

Расчет емкости Vf бродильных чанов определяется по следующей формуле:

$$Vf = n\frac{V}{4n};$$

$$Vf = \frac{V}{4},$$

где n — количество дней (затираний в неделю);

V — максимальный объем варок в месяц, *гл*;

$\frac{V}{4n}$ — объем сусла, выработанного за день.

Продолжительность главного брожения принята равной 7 дням.

Таблица 42

Характеристика стальных танков, покрытых стеклоэмалью

Емкость, *гл*	Диаметр, *мм*	Длина, *мм*	Масса, *кг*	Емкость, *гл*	Диаметр, *мм*	Длина, *мм*	Масса, *кг*
5	800	1145	162	95	2000	3320	1569
6	900	1080	205	100	2200	2920	1588
7	900	1240	231	110	2200	3200	1712
8	900	1420	258	120	2200	3450	1823
9	900	1580	282	125	2200	3600	1890
10	1000	1500	311	130	2200	3700	1938
11	1000	1600	329	140	2400	3400	1993
12	1000	1450	344	150	2400	3620	2098
15	1200	1500	389	160	2400	3850	2212
18	1200	1800	452	170	2400	4080	2321
20	1200	2000	496	175	2400	4200	2382
25	1300	2100	566	180	2400	4300	2430
30	1300	2500	659	190	2600	3900	2880
35	1400	2500	740	200	2600	4100	2998
40	1400	2850	826	225	2600	4600	3542
45	1500	2800	975	250	2600	5070	3850
50	1600	2750	1038	275	2600	5550	4167
55	1800	2420	1068	300	2750	5450	4312
60	1800	2620	1138	325	2750	5870	4610
65	1800	2820	1213	350	2750	6300	4904
70	1800	3000	1279	375	3000	5700	5378
75	2000	2670	1308	400	3000	6050	5643
80	2000	2850	1380	425	3000	6400	5908
85	2000	3000	1441	450	3000	6760	6182
90	2000	3150	1502	500	3100	7020	6664

Исходя из того, что емкость чанов равна емкости варочного котла, общее количество C необходимых чанов определяется следующей формулой:

$$C = \frac{\frac{V}{4}}{v} = \frac{V}{4v},$$

где v — емкость варочного котла, *гл*.

Если продолжительность брожения не 7 дней, то тогда следует составить график, указывающий время, в течение которого будут заняты чаны.

Расчет танка Vg для выдержки пива производится по следующей формуле:

$$Vg = NVf, \text{ или } NCv, \text{ или } \frac{VN}{4},$$

где N — продолжительность выдержки, недели.

Учитывая предстоящие перекачку, чистку и мойку емкостей, следует увеличить их число, определенное расчетным путем.

ОХЛАЖДЕНИЕ БРОДИЛЬНЫХ ЧАНОВ

Эти расчеты основаны на поглощении охлаждающей жидкостью тепла, выделяемого при брожении. Предположим, что во все дни брожения сбраживается одинаковое количество экстрактивных веществ; известно, что при сбраживании 1 *кг* экстрактивных веществ выделяется 178 *кал* тепла.

а) Часовой расход охлаждающей жидкости. Общее количество (в *кг*) израсходованных во время брожения экстрактивных веществ E определяется формулой

$$E = \frac{BAV}{100} \text{ кг},$$

где V — объем сусла, содержащегося в чане, *кг*;

B — начальная плотность сусла, °Блг;

A — степень главного сбраживания, %.

Количество тепла, выделенного при брожении, определяется по следующей формуле:

$$Q = \frac{178E}{24T} \text{ кал/ч},$$

где T — продолжительность главного брожения, дни.

Расход охлаждающей жидкости L определяется по формуле

$$L = \frac{Q}{t_s - t_e} \text{ л/ч},$$

где t_e — температура охлаждающей жидкости при входе в змеевик, °С;

t_s — температура охлаждающей жидкости при выходе из змеевика в момент максимальной температуры сбраживаемого сусла, °С (она должна быть ниже t сусла на 1—2°).

б) Определение поверхности охлаждения змеевиков. Площадь обмена между суслом и охлаждающей жидкостью определяется по формуле

$$S = \frac{Q}{kt_m - \left(\frac{t_c - t_s}{2}\right)} \text{ м}^2,$$

где t_m — средняя температура сусла во время брожения, °С;

k — коэффициент теплопередачи между охлаждающей жидкостью и суслом. При охлаждении сусла смесью воды с глицерином k будет порядка 150. При охлаждении раствор — сусло k равно $55\sqrt{v}$ (при этом $v > 1$, где v — скорость движения охлаждающего раствора в трубопроводах, *м/сек*).

Практически рассчитанную поверхность охлаждения следует увеличить на 20%, учитывая различные потери.

Обычно для нормального ведения работы поверхность охлаждения принимают из расчета 2 $м^2$ на 100 *гл* и на каждые 10 *гл* добавляют 0,2 $м^2$.

ОХЛАЖДЕНИЕ ПОДВАЛОВ

Охлаждение посредством циркулирующих охлаждающих растворов. Общее количество калорий Q, необходимое для охлаждения:

$$Q = Q_1 + Q_2 \ кал/ч,$$

где Q_1 — количество тепла, выделяемого в час сбраживаемым суслом при условии заполнения всех танков, *кал*;

Q_2 — количество калорий, нужное для поддержания необходимой температуры воздуха в подвале, *кал*.

Для того чтобы определить Q_2, следует знать температуру окружающего воздуха и коэффициент теплопередачи стенами подвала.

Расход охлаждающего раствора

$$\frac{Q}{t_s - t_e} \ л/ч,$$

где t_e и t_s — температура охлаждающего раствора при входе и выходе, °С.

Поверхность змеевиков вычисляется по уравнению

$$S = \frac{Q}{k\left[T - \left(\frac{t_1 - t_2}{2}\right)\right]} \ м^2,$$

где k — коэффициент теплопередачи труб. Этот коэффициент равен: 5 для прямых труб, 2 для изогнутых труб;

T — средняя температура воздуха, °С.

Приведенные теоретические расчеты следует увеличить на 20%, учитывая различные виды потерь холода (присутствие рабочего персонала, открытие дверей, электрические лампы и т. п.).

Охлаждение непосредственным воздействием хладагента (при помощи испарителя). Как и раньше, устанавливаем

$$Q = Q_1 + Q_2 \ кал.$$

Поверхность испарителя определяется по формуле

$$S = \frac{Q}{k(t - t_v)} \ м^2.$$

где t_v — средняя температура испарения охлаждающей жидкости, °С;

t — средняя температура подвала, °С;

k — коэффициент дросселирования, зависящий от испарителя и его конструкции.

Охлаждение при помощи циркуляции воздуха. Этот способ представляет интерес, так как он обеспечивает сразу и охлаждение и вентиляцию бродильных подвалов.

Определение необходимого объема воздуха зависит большей частью от степени влажности помещений. Чем больше насыщен воздух влагой, тем больше он поглощает тепла.

Охлаждение при помощи вентиляции имеет то преимущество, что оно создает в подвалах здоровую и сухую атмосферу.

2. ОБРАБОТКА ГОТОВОГО ПИВА

А. ОБРАБОТКА ПИВА В ПОДВАЛЕ

К концу выдержки пиво обладает всеми присущими ему качественными показателями, однако в связи с тем, что потребители требуют пиво с блеском, это вызывает необходимость удаления из него различных твердых суспендированных веществ — дрожжевые клетки, белковые вещества, коагулированные смолы и т. п. — при помощи фильтрации.

В некоторых странах стремятся заменить фильтрацию центрифугированием.

Регуляторы давления. Они предназначены для пропускания пива через фильтр под определенным заданным давлением (1—1,5 *кгс/см²*).

Основная характеристика регуляторов

Производительность, *гл/ч* . .	15—30	25—60	50—90
Скорость вращения, *об/мин*	100—300	100—300	100—300
Давление, *кгс/см²*	1,25	1,5	2,0
Потребляемая мощность, *квт*	1,1	1,5	2,2

РАМНЫЕ ФИЛЬТРЫ

Эти фильтры выпускаются горизонтальными или вертикальными с пластинами или тарелками; в настоящее время более распространены в промышленности горизонтальные фильтры. Характеристика этих фильтров приведена в табл. 43.

Диаметр тарелок, *мм*	525
Толщина лепешек, *мм*	33 и 47
Фильтрующая поверхность одной лепешки, *м²* . . .	0,21
Масса сухой фильтрмассы, расходуемой на одну лепешку, *кг*	2,5—3
Масса лепешки, выходящей из-под пресса, *кг* . . .	9—11
Масса сухой фильтрмассы, расходуемой на 1 *м²* поверхности лепешки, *кг*	10
Количество пива, отфильтрованного на 1 *м²* за 1 *ч*, *гл*	
при одинарной фильтрации	6—8
при двойной фильтрации	4—6
Разница давления между входом и выходом из фильтра, *кгс/см²*	0,4
Предельная разница в давлении между входом и выходом, *кгс/см²*	1,8—2

Целесообразно иметь на фильтре манометр, по которому можно наблюдать за колебаниями давления, вызванными изменениями в подаче пива на разливочную машину.

Таблица 43

Характеристика рамных фильтров

Число тарелок	Фильтрующая поверхность, $м^2$	Длина заряженного фильтра, *мм*		Ширина рамы, *мм*	Высота рамы, *мм*	Масса рамы, *кг*	
		простая рама с одним винтом	двойная рама с двумя винтами			простой с одним винтом	двойной с двумя винтами
4	0,86	1870 2310	—	800	1320	600	—
8	1,73	2090 2600	—	800	1320	750	—
12	2,60	2300 2840	—	800	1320	875	—
16	3,48	2730 3340	—	800	1320	1030	—
20	4,30	3000 3600	3600 4700	800	1320	1140	1275
24	5,20	3300 3900	3820 4890	800	1320	1290	1420
28	6,00	—	4040 5180	800	1320	—	1535
34	7,35	—	4370 5620	800	1320	—	1750
40	8,60	—	4700 5960	800	1320	—	2015
46	10,00	—	5430 6800	800	1320	—	2220
52	11,20	—	5760 7240	800	1320	—	2460
60	13,00	—	6200 7820	800	1320	—	2735
68	14,70	—	7040 8800	800	1320	—	2990
76	16,40	—	7480 9390	800	1320	—	3260
84	18,10	—	7920 9970	800	1320	—	3370
92	20,00	—	8750 10960	800	1320	—	3890
100	21,60	—	9200 11540	800	1320	—	4150

Фильтрмасса состоит из обычных отходов хлопчатобумажной промышленности — хлопковых волокон, в которые добавляют 1—2% асбеста для уплотнения и скрепления всей массы.

Обработка новой фильтрмассы. Транспортируется фильтрмасса в тюках в виде листов толщиной 1—3 *мм* или пластин толщиной 4—10 *мм*.

Фильтрмасса хранится в нераспакованном виде в сухом и проветриваемом помещении.

Перед использованием ее следует тщательно промыть в горячей воде в течение 1—1,5 *ч* для устранения привкуса, вызванного сушкой.

Асбест легко теряется во время мойки. Необходимо периодически восполнять его потери.

Контроль за фильтрмассой состоит в:

определении массы сухих веществ в лепешках фильтрмассы для учета потерь, количество которых не должно превышать 1,5%;

определении процента золы в фильтрмассе для выявления количества содержащегося в ней асбеста;

биологическом анализе лепешек в момент передачи их на фильтр.

Массомоечная машина. Массомоечные машины часто изготовляют из оцинкованного железа, реже из меди. Расход воды в этих машинах составляет 50—60 *л* на 1 *кг* сухой массы. Характеристика массомоечных машин дана в табл. 44.

Таблица 44

Характеристика массомоечных машин

Производительность по сухой массе, *кг*	Расход воды, *л*		Расход пара, *кг*	Потребляемая мощность, *квт*
	при заполнении	для мойки		
4	155	672	30	1,1
8—12	435	1068	85	1,5
20—25	985	1488	190	1,8
30—35	1595	2488	310	2,6
40—50	2215	3744	430	4,2

Способы обработки массы. Принимая во внимание, что волокна массы загрязняются, после каждой фильтрации массу следует тщательно промывать. При промывке для получения массы одинакового качества следует сделать смесь из лепешек, взятых с разных фильтров.

Мойку массы можно сопровождать обработкой ее моющими, отбеливающими и дезинфицирующими средствами.

Основным способом мойки является промывка фильтрмассы:

холодной водой, которая может быть использована в том случае, когда лепешки фильтрмассы простерилизованы;

горячей водой, причем следует

сначала массу промыть холодной водой, затем грязную воду слить через сливное устройство.

нагреть воду до 76—80° С и поддерживать эту температуру 30—60 *мин*,

охладить массу холодной водой,

для отбелки массы добавить жавелевую воду (белильную жидкость).

Не следует допускать нагрева массы выше 80° С во избежание порчи волокон и образования комков. Лепешки следует делать из однородного материала.

Применение жавелевой воды:

погрузить фильтрмассу в холодную воду на 1—1,5 *ч*;

перемешивать 30—45 *мин* с раствором жавелевой воды (2—3 *мг* свободного хлора на 1 *л*);

нейтрализовать бисульфитом извести;

всю смесь хорошо перемешать;

тщательно и продолжительно массу промывать холодной водой.

Применение белильной извести (метод Кольбаха):

массу промывать в холодной воде в течение часа;

вводить CO_2 снизу массомоечной машины до тех пор, пока на поверхности не появятся пузырьки;

добавить белильную известь (хлорная известь), содержащую 0,01—0,04% активного хлора.

(Это ускоренный метод, он устраняет необходимость использования пара, не портит массу, причем используется дешевый антисептик, но требует расхода CO_2 порядка 2 *кг* на 100 *кг* обрабатываемой массы).

Применение перекиси водорода. Этот способ дорого стоит, но имеет большие преимущества: полностью удаляет азотистые вещества; обработанная масса становится белоснежной, не ворсится, не образует комков; большая пористость такой массы снижает сопротивляемость при фильтрации; срок ее использования продолжительный.

Используемые количества: 25 $см^3$ перекиси водорода на 1 *л* воды или концентрация 0,01% чистой перекиси водорода.

После добавления H_2O_2 фильтрмассу можно нагревать, а можно и не нагревать.

Этот способ обработки рассматривается как способ восстановления массы, его можно использовать периодически, например 1 раз в неделю.

Применение марганцовокислого калия. Этот способ, как и способ с применением перекиси водорода, нельзя использовать при каждой мойке. По этому способу надо:

массу мыть в тепловатой воде в течение 1—1,5 *ч*;

слегка подкислить воду серной кислотой, затем осторожно добавлять концентрированный раствор марганцовокислого калия до тех пор, пока вода не приобретет розовый цвет, а масса — коричневый цвет;

оставить в этой воде массу на 20—30 *мин* (раствор все время должен быть слегка кислым);

затем постепенно добавлять сульфит или метабисульфит натрия для обесцвечивания массы;

массу быстро промыть.

На 1 *кг* сухой массы количество используемого марганцовокислого калия 50 *г*, серной кислоты — 30—50 *г*.

Приготовление лепешек из фильтрмассы. Для выполнения этой работы требуются квалифицированные рабочие, так как качество фильтрации зависит от однородности массы, используемой при приготовлении лепешек. При изготовлении лепешек необходимо:

заполнить фильтрмассой корзину пресса, особенно центр ее, чтобы обеспечить плавность работы пресса;

массу прессовать под давлением 2,5—4 *кгс/см*². В случае использования сжатого воздуха нужно следить, чтобы приток его происходил в два этапа, что обеспечит получение правильных лепешек. Избегать подключения пресса для лепешек к главному воздуховоду сжатого воздуха; стараться использовать для этого отдельный компрессор, что позволит получить более постоянное давление;

при прессе для массы должен быть установлен манометр и устройство для измерения толщины лепешки, которая при извлечении из-под пресса не должна превышать 30 или 45 *мм* в зависимости от фильтра, учитывая эластичность лепешек;

во избежание потерь массы и для быстрого удаления воды у корзин прессов должно быть множество маленьких отверстий ($\varnothing \approx 1$ *мм*);

лист, из которого сделана корзина, должен быть достаточно толстым, не допускающим деформации;

соблюдать горизонтальность пресса, только при этом будет обеспечена однородность лепешек;

желоб, подводящий массу, должен иметь такую конфигурацию, которая не вызывала бы потерь массы.

Лепешки следует хранить в холодном, хорошо вентилируемом помещении накрытыми чистым полотном. Если фильтр не подготовлен к зарядке или если фильтр находится от пресса для лепешек на большом расстоянии, между лепешками прокладывается маленькая доска.

ФИЛЬТРПРЕССЫ

Фильтрацию на этих фильтрах осуществляют при помощи картона, изготовленного из смеси целлюлозных волокон и мелкоразмолотого асбеста. В зависимости от степени фильтрации применяют смесь разного состава. Для фильтрации:

обычной	90% целлюлозы, 10% асбеста
стерильной	67% целлюлозы, 33% асбеста

Основные технические данные фильтров

Размер картона, *см*	40×40 или 60×60
Фильтрующая поверхность картона, *м*²	0,14 или 0,33
Часовая производительность 1 *м*² фильтрующей поверхности картона, *м*²	
при одноразовой фильтрации	1,5—2
при двухразовой фильтрации	0,5—1
Срок эксплуатации картона	20 раз при средней производительности, принятой для 1 *м*² фильтрующей поверхности в час

В зависимости от способа его использования различают:

картон для предварительной фильтрации;

картон для окончательной обработки пива (фильтрация до блеска);

стерилизующий картон, задерживающий все микроорганизмы.

Мойку картона производят после каждой фильтрации при помощи противоточной циркуляции воды с последующей стерилизацией картона кипящей водой или при помощи дезинфекторов.

Когда такой фильтрпресс монтируют, следует убедиться, что в картоне нет разрывов, особенно при стерильной фильтрации.

КИЗЕЛЬГУРОВЫЕ ФИЛЬТРЫ

В данном случае пиво осветляют, пропуская его через слой кизельгура. Кизельгур состоит из кремнеземовых панцирей диатомовых водорослей самого различного калибра.

Мельчайшие из них используются для осветления пива, а более крупные — для осветления сусла.

Основная техническая характеристика фильтров

Производительность, *гл/ч*	30—500
Диаметр, *см*	60—90
Число рам	12—20
Емкость чанов-смесителей, *гл*	3—15
Промежуток между двумя полотнами одной рамы, *мм*	5
Расстояние между рамами, *см*	5
Количество кизельгура, используемого для образования фильтрующего слоя, *г/м²*	500
Толщина фильтрующего слоя, *мм*	1,2—1,5
Количество кизельгура, вводимого в пиво во время фильтрации, *г/гл*	50—100

ФИЛЬТРАЦИЯ

1. **Фильтрация на рамных фильтрах и фильтрпрессах.** Фильтрацию надо проводить следующим образом:

охладить трубопроводы, по которым пиво передается на фильтрацию, во избежание дегазации пива и излишнего образования пены (температура фильтрационного помещения должна быть близка к температуре лагерного подвала);

осторожно, без рывков, заполнить фильтры водой для удаления из них воздуха. Поддерживать давление на фильтре порядка 0,1—0,2 *кгс/см²*. Медленно открыть краны у танков, предварительно создав в них давление воздухом или лучше углекислотой;

следить за удалением воды из фильтра (8—10 *л* из лепешек, 1—3 *л* из трубопроводов и фонарей);

собрать в резервуар 5—6 *л* смеси воды и пива, поступающей из фильтра в начальный момент фильтрации;

поддерживать с начала фильтрации давление порядка 0,2—0,5 *кгс/см²*;

избегать толчков и рывков, которые отрицательно влияют на стойкость пива (желательно установить регистрирующий — самопишущий манометр, который позволит учитывать труд рабочих);

после фильтрации пиво, содержащееся в лепешках и трубопроводах, промыть водой и собрать смесь в отдельный резервуар;

наблюдать за давлением, которое возрастает на 0,1—0,2 *кгс/см²* в час, и остановить фильтрацию, когда оно достигнет 2,5—3 *кгс/см²*;

при неисправностях, которые могут возникнуть при розливе, отфильтрованное пиво перекачать в промежуточный танк.

Фильтрацию называют простой (одноразовой), если пиво проходит только через одну лепешку (картон). Для получения более стойкого и блестящего пива нужно провести две последовательные фильтрации на двух фильтрах или при помощи одного фильтра, оснащенного рамой-переключателем (реверсивное устройство), который делит тарелки на две группы, благодаря чему пиво проходит последовательно через две лепешки фильтрмассы (или картона); такая фильтрация называется двойной.

2. **Фильтрация на кизельгуровых фильтрах.** При такой фильтрации необходимо:

приготовить смесь (пиво—кизельгур) для покрытия металлических полотен;

направить смесь в фильтр для того, чтобы кизельгур, осев на наружных стенках рам, образовал фильтрующий слой;

добавлять некоторое количество кизельгура до тех пор, пока в фонаре не появится отфильтрованное до блеска пиво; тогда зарядка фильтра будет закончена;

непрерывно вводить во время фильтрации смесь пива и кизельгура во избежание засорения фильтра. Манометр показывает медленное повышение давления. Нормальная продолжительность фильтрации 6 *ч*;

после окончания фильтрации остановить насос и откачать пиво, находящееся в фильтре, в чан-смеситель;

промывать фильтр следует струей воды.

ОСВЕТЛЕНИЕ ЦЕНТРИФУГИРОВАНИЕМ

Центрифугирование пива позволяет добиться значительного снижения отходов, экономии рабочей силы, быстрой и легкой чистки оборудования.

Осветление пива можно осуществить только центрифугированием или центрифугированием с последующей фильтрацией. Первый способ (применяемый в Швеции) используется для обработки легкого и непастеризованного пива, поставляемого в близлежащие районы для немедленного потребления. Во втором случае центрифугу применяют для предварительного осветления.

Характеристика центрифуг для пива

Скорость вращения, *об/мин*	7000
Часовая производительность, *гл*	
при окончательной фильтрации	15—20
при предварительном осветлении	40—45
Давление подачи, *кгс/см²*	
при производительности 15—20 *гл/ч*	1,5
при производительности 40—45 *гл/ч*	2,5
Потребляемая мощность, *квт*	1,8—2,9

Стерилизацию центрифуг следует производить при помощи циркуляции горячей воды или дезинфицирующих растворов.

Б. РОЗЛИВ В БОЧКИ

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ БОЧЕК

Бочка из дубовой клепки (табл. 45). К неоспоримым достоинствам такой бочки относятся хорошая изоляция, большая прочность и относительная долговечность (она может быть использована в течение 20 лет).

Недостатки ее следующие:

она тяжела, громоздка, трудногерметизируема, емкость ее непостоянна;

требуется орошение, маркировка, мойка, опрессовка, нагонка обручей, осмолка;

для подготовки бочки к эксплуатации необходимы квалифицированные рабочие;

может передать пиву привкус смолы.

Таблица 45

Характеристика бочек

Емкость, *л*	Высота, *см*	Диаметр, *см*		Приблизительная толщина, *мм*			Обручи		Приблизительная масса, *кг*
		в луке	донной части	верхнего днища	боковка	нижнего днища	число	размеры, *мм*	
30—33	48	44	36	36—40	34	36	2 2	50×3 60×3	27
50—53	56	52	43	42—45	36	38	2 2	55×3 65×3	35
75—78	64	56	48	42—45	38	40	2 2	60×3 75×3	47
100—103	68	62	51	42—50	38	40	2 2	65×3½ 80×4	55
150—153	76	71	59	42—50	40	42	2 2 2	60×3 55×3 70×3½	71
200—203	84	75	63	42—52	42	45	4 2	60×3 70×3½	84

Бочка из пластического материала. Бочку изготовляют из стандартных элементов бакелизованного дуба, сжатых под давлением при очень высоких температурах и покрытых внутри полимеризованными смолами. Такая бочка легче дубовой (24 *кг*), непроницаема после сборки, емкость ее неизменна, не требует осмолки, обладает атермическими (непроницаемыми для тепла) свойствами и бесшумно перекатывается на резиновых шинах.

Использование этих бочек дает великолепные результаты.

Бочка из нержавеющей стали. Исключительно крепкая, к пиву совершенно нейтральна, что исключает необходимость каких бы то ни было внутренних покрытий, и не поддается воздействию разбавленных кислых сред.

К сожалению, этот металл, имеющий большие преимущества при использовании его для металлических бочек, очень дорого стоит.

Бочка из легкого сплава. а) Сварная конструкция. Бочка изготовляется из листов альмасилиума (сплав алюминия, содержащий 0,7—1,3% магния и 0,8—1,5% силиция) сваркой двух штампованных половин.

Характеристика

Емкость, *л*	50
Диаметр, *мм*	400
Высота, *мм*	515
Масса, *кг*	9,5

б) Литая конструкция. Такие бочки отливаются из сплава алюминия, содержащего 4% силиция и 1% магния.

Характеристика

Емкость, *л*	35	50	100
Диаметр, *мм*	330	390	459
Высота, *мм*	450	496	660
Масса, *кг*	16,8	22,6	35

Эти бочки нейтральны к пиву и не требуют внутренних покрытий.

Стальная бочка, покрытая сплавом алюминия. Изготовляется из мягкой листовой стали толщиной 2—3 *мм* двухконусной формы, может выдержать давление 4—5 *кгс/см*^{2}.

Внутренняя поверхность ее покрыта алюминием. Как и для дубовой бочки, требуется осмолка.

МОЙКА БОЧЕК

После возврата бочек на пивоваренный завод их подвергают мойке. Транспортеры доставляют бочки в различные пункты, где производят:

проверку состояния бочек, выемку шконтов и вывертку втулок и наружную мойку бочек;

частичное наполнение водой;

чистку наружной поверхности бочек;

проверку бочек и нижних втулок с удалением воды;

одно или два шприцевания горячей водой;

шприцевание холодной водой;

полное освобождение бочек от воды.

Самые современные машины обрабатывают за 1 *ч* от 100 до 300 бочек, при этом продолжительность обработки каждой бочки составляет от 7 до 31 *сек*, учитывая время, затрачиваемое на транспортировку бочек с одной обслуживающей станции на другую (5 *сек*).

Характеристика машин

Потребляемая мощность, *квт*	1,8—2,2
Расход воды, *гл/ч*	
станция предварительного наполнения	10
наружная мойка	20
внутреннее шприцевание	
горячей водой	10—12
холодной водой	4—5

Давление при шприцевании горячей водой, основной целью которого является мойка бочек, составляет около 2,5—3 *кгс/см²*; шприцевание холодной водой с целью охлаждения бочек производится при гораздо меньшем давлении — 0,5 *кгс/см²*. Температура горячей воды при шприцевании ни в коем случае не должна быть выше 60° С во избежание растворения смолки.

Следует периодически проверять работу шприцев бочкомоечных машин при помощи бочек со стеклянным дном.

ОПРЕССОВКА БОЧЕК

Самые распространенные и обычно принятые стадии обработки бочек — мойка, осмолка и опрессовка. Такая очередность стадий обработки неправильна, так как опрессовку необходимо производить между мойкой и осмолкой.

Опрессовку бочек (слишком часто она делается небрежно) следует поручать квалифицированному рабочему.

При опрессовке бочка должна погружаться в воду на 14—15 *сек*; при условии крайне незначительного выделения пузырьков в час можно опрессовать 110—120 бочек.

Вода должна оставаться очень чистой.

Давление воздуха должно быть 2,5—3 *кгс/см²*, расход воздуха—15—20 *м³/ч*.

ОСМОЛКА БОЧЕК

Цель осмолки — покрытие изолирующей пленкой внутренней стороны бочек, дубовых и изготовленных из обыкновенной углеродистой стали; такую же осмолку применяют для лагерных бутов.

Состав: товарная смолка состоит из канифоли, смоляного масла и парафина. Ее можно приготовить и на заводе следующим образом. Канифоль выдержать в течение 8 *ч* при температуре 160—170° С. Затем охладить и оставить в покое на 8 *ч*, снова нагреть и выдержать при температуре 160—170° С в продолжение 8 *ч*.

Такой же обработке подвергнуть смоляное масло и парафин.

Перемешать в следующих количествах (в %):

канифоль	70—75
смоляное масло	10—20
парафин	5—15

Профильтровать через сито и выдержать в течение часа при температуре 160—170°С.

На некоторых заводах перед осмолкой бочки очищают от смолки при помощи горячего воздуха или перегретого пара.

Используемая аппаратура нагревается коксом, мазутом, газом или электричеством. Продолжительность пребывания бочек на горелках не должна превышать 2—5 *мин* в зависимости от емкости бочек.

Расход горячего воздуха принимают равным 15 *м³/ч* для 40—50 бочек емкостью 50—100 *л*. Потребляемая вентилятором мощность составляет от 0,07 до 0,22 *квт* на горелку.

Температура горячего воздуха ни в коем случае не должна быть выше 300° С.

На полуавтоматнческих и автоматических машинах производится одновременно очистка бочек от смолки и осмолка.

а) **Полуавтоматические осмолочные машины.** Очистка бочек от смолки и осмолка производятся одновременно; при этом используется новая смолка и очищенная после соответствующей обработки.

В зависимости от емкости бочек полуавтоматическая машина с четырьмя горелками обрабатывает 50—70 бочек в час; при условии предварительной очистки от старой смолки производительность машины может быть доведена до 150 бочек в час.

Потребляемая мощность, *квт*	1,5—2,2
Расход угля на 1 *гл* емкости, *кг*	0,35—0,7
(что составляет 0,25—0,50 *кг/м²* поверхности, покрытой смолкой)	
Расход смолки на 1 *гл* емкости, *кг*	0,35—0,7
(что равняется 0,25—0,50 *кг/м²* покрытой поверхности).	

б) **Автоматические осмолочные машины.** Эти машины механически производят очистку бочек горячим воздухом от смолки и осмолку их. Они работают по тому же принципу, что и бочкомоечные машины.

Автоматическая осмолочная машина может обработать 180—200 бочек в час.

Потребляемая мощность, *квт*	1,1—1,5
Расход угля на 1 *гл* емкости, *кг*	0,5—0,7
(что соответствует 0,4—0,5 *кг/м²* осмоленной поверхности)	
Расход смолки на 1 *гл* емкости, *кг*	0,4—0,5
(что соответствует 0,28—0,35 *кг/м²* поверхности, покрытой смолкой)	
Расход воздуха, *м³/мин*	1,5—2,5

ОСАДКА ОБРУЧЕЙ

Применение гидравлических машин для осадки обручей из практики изъято, так как они придают бочкам цилиндрическую форму.

Осадку обручей следует производить в начале обработки бочек до мойки и опрессовки их.

РОЗЛИВ ПИВА

Розлив пива производят под постоянным давлением во избежание чрезмерного образования пены и дегазации пива; такой розлив называется изобарометрический.

Работа автоматических разливочных машин (табл. 46) основана на двух приемах.

Первый прием осуществляет последовательно следующие операции:

перемещение вниз механизма розлива и герметичное соединение его с отверстием втулки, ввернутой в бочку;

приток воздуха или углекислого газа в бочку;

ввод пивопровода внутрь бочки;

открытие разливочного клапана в тот момент, когда наполнительная трубка доходит до дна бочки;

поступление пива прекращается автоматически в тот момент, когда бочка наполнена и пиво появляется в смотровом фонаре.

Второй прием состоит из следующих операций:

подъем наливной трубки;

автоматическое наполнение пивом пространства бочки, оставленного этим трубопроводом;

закрытие разливочного клапана;

подъем разливочного механизма.

Таблица 46

Характеристика автоматических разливочных машин

Число разливочных механизмов	Производительность, *л/ч*	Основные габаритные размеры, *мм*		Диаметр резервуара, *мм*	Емкость резервуара, *л*	Диаметр пивопровода, *мм*	Диаметр воздухопровода, *мм*	Масса, *кг*
		длина	ширина					
2	40	2600	1300	500	450	40	20	720
3	60	3500	1300	500	650	40	20	900
4	80	4400	1300	500	800	50	20	1080
5	100	5300	1300	500	1000	50	20	1380
6	120	6200	1300	500	1200	50	20	1600

Давление при розливе, $кгс/см^2$ 1

Расход воздуха или CO_2, $м^3/ч$ . . . . . 5—15

Во избежание окисления пива и для увеличения его биологической стойкости следует:

разливать при противодавлении CO_2;

предусмотреть отдельный резервуар для возврата пены.

СТЕРИЛИЗАЦИЯ ТРУБОПРОВОДОВ И ФИЛЬТРОВ КИПЯЩЕЙ ВОДОЙ

Для обеспечения полной стерилизации каналов системы розлива и фильтрации через массу, стерилизованную в самом фильтре, необходимо применять только кипящую воду.

Для этого рекомендуется предусмотреть в системе розлива на стороне подачи насоса трубчатый подогреватель, питающийся при помощи трехходовых кранов паром или ледяной водой.

Во время стерилизации разливочный клапан разливочной машины должен быть открытым.

Следует заменить обыкновенные резиновые прокладки другими, более твердыми резиновыми прокладками.

Нельзя допускать выплескивания холодной воды на фонари и водомерное стекло.

При соответствующем приспособлении система розлива может быть использована для розлива в бочки и для розлива в бутылки.

В. РОЗЛИВ В БУТЫЛКИ

БУТЫЛКИ

Для пива бутылки делают обычно из темно-зеленого или янтарно-красного стекла различной формы. Укупоривают их механически корковыми пробками, кронен-пробками или алюминиевыми колпачками.

Исследованиями установлено, что лучшую защиту пива от действия солнечных лучей дает янтарный цвет стекла, так как он поглощает синюю и зеленую части спектра с короткими волнами (минимальная длина 5200 Å), оказывающими вредное действие на пиво. Однако цвет можно изменить за счет добавления некоторых красителей, поглощающих длинные волны и вместе с тем не ухудшающих защитных свойств бутылки.

Металлические банки для пива, закрывающиеся кронен-пробками или закатывающиеся, как консервные банки, во Франции не получили широкого распространения.

Стандарты на бутылки для пива (выписка из Главного стандарта NFB 31-013, Франция) устанавливают основные характеристики для некоторых бутылок обычного типа.

На бутылки, используемые для молока и фруктовых соков, имеются отдельные стандарты.

Принятые обозначения (табл. 47). Бутылка определяется:

а) условным обозначением (символом), характеризующим ее тип;

б) цветом стекла (если это нужно);

в) номинальной емкостью в *мл*;

г) ссылкой на стандарт.

Пример. Бутылку для пива из стекла желтого цвета номинальной емкости 0,5 *л* обозначают так: В желтая, 50, стандарт NFB 31-013.

Производство бутылок. Особыми стандартами для каждого типа бутылки устанавливаются форма, подробные размеры и допускаемые отклонения.

Спецификация:

№ 1 — Описание и допускаемые отклонения стекломассы (см. табл. 47).

№ 2 — Маркировка.

На корпусе бутылок проставляется номинальная емкость (в *мл*).

Таблица 47

Характеристика бутылок

Условное обозначение	Назначение	Цвет, внешний вид	Дно	Емкость, *мл*		Масса бутылки, *г*	Допускаемое отклонение массы, *г*	Тип венчика	Вид укупорки
				номинальная	полная				
B	Пастеризованные пиво и напитки	Зеленый или желтый	Плоское	100	103,5	800	±50	Стандарт B 31-009	Колпачок
				75	78	650	±50		
				50	52	550	±50		
	Напитки для экспорта			66	69	600	±50		
				33	34,5	320	±40		
BL	Непастеризованные пиво, лимонад и другие напитки	Поверхность гладкая или шероховатая (для всех цветов)		100	103,5	800	±50	Стандарт B 31-009	Колпачок
				75	78	650	±50		
				50	52	550	±50		

Приводим основные типоразмеры бутылок, принятые во всех странах.

Бутылки в северных странах (Конвенция 1922 г.):

Форма	Аполинарис	
Полная емкость, *мл*	35—36,5	72—73
Высота, *мм*	230	280
Диаметр, *мм*	66	82
Масса, *г*	350—390	625—685
Цвет	Зеленый	
Вид укупорки	Кронен-пробка	

Немецкие бутылки (стандарты Deutsche Einheitsblächer, январь 1942 г.);

Тип	0,7 DIN 6089				0,7 DIN 6090			
Форма	Аполинарис				С расширением в горлышке			
Полная емкость, *мл*	35	52	73	103	35	52	73	103
Высота, *мм*	230	250	270	290	230	254	280	300
Диаметр, *мм*	65,5	73,5	80,5	91	64,5	72,5	81	90
Масса, *г*	510	575	700	825	510	575	700	825
Вид укупорки	Кронен-пробка							

Английские бутылки (стандарты London Brewers Council):

Форма	Фляга		Для шампанского		С плечиками	
Полная емкость, *мл*	113,6	56,8	54,7	56,8	29	
Высота, *мм*	300,5	260,3	254	260,3	203,2	
Диаметр, *мм*	93,5	76	76	76	65	
Масса, *г*	907	595	595	623	425	
Вид укупорки	Навинчивающийся колпачок	Навинчивающийся колпачок	Кронен-пробка	Навинчивающийся колпачок	Кронен-пробка	

Американские бутылки (стандарты Glasscontainer manufacturers Institute):

Тип	Экспортная серия 65					
Форма	С расширением в горлышке и широким основанием					
Емкость, *мл*	22,4	25,1	34,6	37,6	74,5	98,3
Высота, *мм*	200,0	209,5	234,9	241,3	292,1	300,0
Диаметр, *мм*	53,9	55,5	62,7	62,7	80,9	92,0
Цвет	Янтарный					
Вид укупорки	Кронен-пробка					
Масса, *г*	226,7	255	340	340	623,5	793,5

Тип	Серия 66 Steinie					
Форма	Steinie					
Емкость, *мл*	22,4	34,6	37,6	99,8	196,6	201,6
Высота, *мм*	177,8	171,4	177,8	250,8	284,1	284,1
Диаметр, *мм*	57,9	69,0	71,4	93,6	121,4	125,4
Масса, *г*	283,4	269,2	276,3	566,8	963,5	1105,2
Цвет	Янтарный					
Вид укупорки	Кронен-пробка					

Тип	Серия 67 отборная (select)						
Форма	Аполинарис						
Емкость, *мл*	22,4	25,1	34,6	37,6	98,3	196,6	201,0
Высота, *мм*	200,0	209,5	234,9	241,3	300,0	349,2	349,2
Диаметр, *мм*	57,2	57,9	64,3	64,3	94,4	114,4	113,8
Масса, *г*	226,7	255	340	340	793,5	1020,2	1105,2
Цвет	Янтарный						
Вид укупорки	Кронен-пробка						

Тип	Серия 69 короткие и толстые (stubby)
Форма	Толстая (stubby)
Емкость, *мл*	34,6
Высота, *мм*	161,9
Диаметр, *мм*	67,4
Масса, *г*	226,7
Цвет	Янтарный
Вид укупорки	Кронен-пробка

Тип	Однотипные серии 61
Форма	Толстая (stubby)

Емкость, *мл*	34,6	37,6	99,8
Высота, *мм*	159,0	159,0	220,3
Диаметр, *мм*	67,4	69,8	94,4
Масса, *г*	184,2	184,2	439,2
Цвет	Янтарный		
Вид укупорки	Кронен-пробка		

МОЙКА

Цель мойки — получить бутылки чистыми, достаточно стерильными, надлежащим образом промытыми, блестящими, не содержащими влаги и холодными.

Чтобы добиться таких результатов, следует обратить внимание на следующие условия:

характер, свойства и концентрацию моющих растворов;
продолжительность обработки;
механическое воздействие и способ мойки;
действие тепла.

Характер, свойства и концентрация моющих средств. Едкий натр (NaOH) (сода каустическая) — сильнодействующее моющее средство:

хорошо смывает жирные вещества;
хорошо размягчает и растворяет осадки;
сильное бактерицидное средство.

Эффективность его возрастает с повышением температуры.

Имеет следующие недостатки:

моющая способность ниже средней;
вредно действует на здоровье;
разъедает металлы;
частично разлагает бумагу этикеток;
дает белый осадок после окончания работы.

Используется в дозах от 3 до 5%.

Сода кальцинированная (Na_2CO_3) — менее эффективное средство, чем едкий натр, но более удобное в работе.

Используется в дозах 2—6%.

Смесь кальцинированной соды с каустической содой исключительно хорошо умягчает воду; в этом случае устраняются недостатки, свойственные едкому натру.

Тринатрийфосфат — отличное моющее средство:

быстро растворяет осадки, труднорастворимые;
улучшает осаждение соли окиси кальция (извести), устраняя твердую накипь: образующийся осадок довольно толстый, но мягкий;
ослабляет коррозионное действие;
обладает исключительной ополаскивающей способностью: бутылки получаются блестящими.

Недостаток его заключается в дороговизне.

Используется при 60° С, чаще всего в дозе 1% вместе с 2—3% едкого натра.

Силикаты и метасиликаты натрия имеют такие же размягчающие и моющие свойства, как тринатрийфосфат, но дают тонкую и твердую накипь, подобную яичной скорлупе.

Используемое количество 1—2% с 2—3% едкого натра.

Гексаметафосфат натрия отличается прекрасными смягчающими и моющими свойствами и особой способностью сохра-

нять в растворе соли извести и соли магния и таким образом полностью удалять накипь.

Обычно используется в количестве 1—1,5% вместе с едким натром.

Четвертичные аммонийные соединения используются с недавнего времени. Особенно ценны вследствие их замечательной моющей способности и значительного бактерицидного действия.

Разработаны многочисленные четвертичные соединения аммония, из которых наиболее известны: зефироль (Zephirol — ФРГ); рокаль (Roccal) и ВТС — США (хлористый диметилбензолдодециламмоний); АМ4 (Бельгия); репелат (Repellat — Швейцария); циприн (Сеергуп — Англия); эмкол (Emkol) и эмульсепт (Emulsept — США, производные пиридина «хлорид цетилпиридина и аналогов»).

Четвертичные аммонийные соединения обладают исключительной смачивающей способностью. Они легко проникают в осадки, которые обычно затвердевают, так как соприкасаются с некоторыми антисептиками, широко применяемыми в пивоварении (например, с формалином). Вследствие такой смачивающей способности требуется сильное ополаскивание бутылок, но все же и после этого бактерицидное действие продолжается несколько дней.

Эти соединения не разрушают металлы, не действуют на кожу, одежду, резину, даже синтетическую.

Следует отметить, что бактерицидное действие проявляется слабее, если pH снижается или содержание белков и число микроорганизмов ненормально высокие.

Мойка новых бутылок. Чтобы нейтрализовать щелочность стекла новых бутылок и устранить стойкий соломенный привкус, бутылки следует первый раз мыть в ванне с 2—3%-ной соляной кислотой при температуре 40° С.

Контроль за ваннами моечной машины. Концентрацию моющих растворов ванн нельзя точно определить при помощи ареометра или измерением электропроводности растворов вследствие загрязнений, внесенных с бутылками, и химических реакций, которые протекают во время мойки.

Определение pH также не дает правильного результата, только определение общей щелочности и едкой щелочности обеспечивает серьезный контроль за ваннами.

Концентрацию растворов в ваннах следует проверять как можно чаще, поскольку нагрев растворов осуществляется путем непосредственного ввода пара.

Чтобы сохранить достаточную общую щелочность и едкую щелочность, следует производить следующие определения.

1. Определение общей щелочности. Отобрать 100 *см*^{3} моющего раствора, отфильтровать, затем добавить 4—5 капель метилоранжа.

Титровать нормальной соляной кислотой.

2. Определение едкой щелочности. 40 *см*^{3} отфильтрованного моющего раствора ввести в градуированную колбу емкостью 100 *см*^{3}.

Добавить 10—20 *см*^{3} 10%-ного хлористого бария.

Дополнить колбу до метки кипящей водой, перемешать и оставить осветляться 2 *ч*, затем декантировать.

Отобрать при помощи пипетки 50 *см*^{3} прозрачной жидкости, до-

бавить 4—5 капель метилового оранжа и титровать нормальной соляной кислотой.

Полученный результат, умноженный на 5, дает количество каустической соды, содержащейся в 100 *см*³ раствора. Затем рассчитывается количество едкого натра, необходимого для доведения моющего раствора до нужной концентрации.

3. Определение щелочности, вызванной кальцинированной содой, получают исключением едкой щелочности из общей щелочности. Можно использовать индикаторы в таблетках (А. В. С. В.), которые позволяют произвести простое, быстрое и точное определение.

Контроль за ополаскиванием. Следует периодически проверять качество ополаскивания:

отобрать бутылку при выходе из моечной машины;

собрать в пробирку капли влаги, обнаруженные на дне бутылки после нескольких минут выдержки бутылки в спокойном состоянии;

добавить несколько капель спиртового раствора фенолфталеина. Розовый цвет свидетельствует о присутствии следов щелочи.

Регенерация (восстановление) щелочных моющих средств. Добавлять при перемешивании в щелочную ванну сернокислого алюминия [$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$]. Эта добавка приводит к образованию и осаждению в виде хлопьев гидроокиси алюминия, которая затем соединяется с натрием, образуя алюминат натрия ($NaAlO_2$).

Высвободить натрий путем добавления жженой извести, непрерывно перемешивая смесь. При этом образуется гипс ($CaSO_4$) и окись алюминия [глинозем извести ($Ca_3Al_2O_3$)$_2$], которые осаждаются в виде крупных хлопьев, увлекающих с собой загрязнения, содержащиеся в ванне.

Через 1—2 дня раствор декантировать и повторно использовать для мойки.

Доза на 10 *гл* составляет:

2,3 *кг* сернокислого алюминия,

1,2 *кг* негашеной извести.

Требования, предъявляемые к бутылкомоечным машинам. Современные бутылкомоечные машины работают по способу шприцевания или замочки в сочетании с шприцеванием.

Бутылкомоечные машины должны отвечать следующим требованиям:

простота загрузки;

легкий доступ внутрь машины;

часовая производительность машины, соответствующая установленной выработке рабочего: 3000 бутылок в час при горизонтальной загрузке;

эффективное устройство для опоражнивания бутылок перед входом в первую ванну;

предварительная отмочка бутылок с содой или две раздельные ванны с содой (использование второй ванны всегда гораздо эффективнее);

промежуточное ополаскивание, которое проводится между обработкой бутылок содой и обработкой водой, может служить для предварительной отмочки бутылок и предварительного ополаскивания;

оснащение ванны хорошим смесителем для быстрого получения однородной смеси после внесения моющего средства;

чистка бутылок щетками в случае необходимости — в начале обработки, т. е. после предварительной отмочки с содой;

размещение ванн внутри машины, что обеспечивает сокращение потерь тепла;

двойная изоляционная перегородка между двумя смежными ваннами;

безупречная центровка дюз при шприцевании, особенно с цепным приводом, которые имеют свойство растягиваться;

более высокое давление для шприцевальных машин, работающих без отмачивания;

более высокое давление при шприцевании горячей водой (2,5—3 *кгс/см²*), чем при шприцевании холодной водой (1—1,5 *кгс/см²*), целью которого является только охлаждение бутылки (чрезмерное давление размачивает этикетки, разрушая их);

правильная подача воды из шприцев обычно должна составлять 6—7 *л/сек* при диаметре шприца 1,5—2,5 *мм*;

продолжительность шприцевания 2—5 *сек*;

наконечники шприцев (дюзы) должны легко сниматься и быть постоянно в безупречной чистоте;

количество шприцеваний колеблется от 30 до 50 для шприцевальных бутылкомоечных машин и от 10 до 20 — для комбинированных машин, т. е. совмещающих шприцевание с отмачиванием;

эффективный этикетоотборник, смонтированный к машине.

Необходимо предусмотреть:

точные контрольные приборы, которые должны хорошо просматриваться;

фонарь для отбраковки бутылок, хорошо освещающий (сильное неоновое освещение не рекомендуется);

автоматическое останавливающее устройство на случай поломки или других неисправностей;

хорошо продуманную систему смазки, не допускающую загрязнения ванн;

возможно меньший расход электроэнергии и тепла.

При работе на бутылкомоечной машине следует убедиться, что:

среди бутылок, загружаемых в бутылкомоечные машины, нет бутылок из-под керосина, дегтя, смолы, олифы и т. п.; такие бутылки лучше всего удалить;

из бутылок перед предварительным их отмачиванием и ополаскиванием полностью удалена жидкость;

концентрация моющих растворов в ваннах соответствует установленной. Следует избегать органолептических определений путем погружения пальца в ванну для определения маслянистости;

бутылки обрабатываются 8—12 *мин* при температуре 60—65° С;

бутылки, пройдя ванну с соответствующим моющим средством, бактериологически чисты, в противном случае их следует продезинфицировать (хлор — самый дешевый раствор);

бутылки при выходе из машины достаточно охлаждены (теплые бутылки вызывают выделение углекислоты из пива и чрезмерное образование пены);

щетки находятся в хорошем состоянии;

цепные приводы, дюзы, бак для горячей воды и прочие совершенно гладкие, без зазубрин;

смазка машины производится периодически и аккуратно смазочными материалами, предназначенными для каждой машины;

этикетоотборник не засорен;

цепные приводы хорошо натянуты;

внутренняя часть машины чистая; в ней не должны скапливаться осколки стекла, этикетки и вообще грязь (все это резко ослабляет действие моющих средств);

в ваннах с горячей водой не образовалась коррозия;

осколки стекла не попали в механизмы, приводящие машину в движение.

Не следует забывать, что:

температура также ускоряет химическое воздействие моющих средств;

быстрая обработка бутылок даже сильнодействующими моющими средствами не оказывает никакого влияния на осадок в бутылках; кислый осадок значительно быстрее снижает щелочную концентрацию ванн;

температурный перепад не должен превышать 35—40° С (особенно при охлаждении);

чем выше температура, тем слабее может быть концентрация моющих растворов ванны. В машинах, моющих шприцеванием без отмачивания, необходима более высокая концентрация моющих растворов, в связи с чем бутылки после мойки выходят практически стерильными;

чем больше в машине ванн, тем выше может быть температура мойки;

Таблица 48

Круглая бутылкомоечная машина

Диаметр, *мм*	Емкость машины, число бутылок	Производительность, бутылок в час	Продолжительность мойки, *мин*	Потребляемая мощность, *квт*
2100	120	800—1000	9,5—7,5	2 2
2300	160	1000—1200	9,5—8	2,2
2500	200	1200—1500	10—8	2,9
2900	250	1500—2000	10—8	2,9
3100	300	1800—2200	10—8,5	3,7
3400	335	2000—2500	10—7,5	3,7
3600	400	2500—3000	9,5—7,5	4,4
4000	450	3000—3500	9,5—8	4,4
4300	540	3500—3750	10—8,5	5,1
4600	600	3500—4000	10,5—9	5,1

Таблица 49

Цепные бутылкомоечные машины

Производительность, бутылок в час	Количество бутылок в ряду	Потребляемая мощность, *квт*
2000	4—6	2,6—5,9
3000	6—8	3,3—7,3
4000	8—10	4,4—8,8
5000	10—12	5,1—10,2
6000	12—16	5,9—13,2

взаимозаменяемость рабочих на рабочих местах улучшает качество мойки и повышает скорость работы;

чистка бутылконосителей — необходимое мероприятие в системе профилактики инфицирования.

Характеристика основных типов бутылкомоечных машин дана в табл. 48—50.

Таблица 50

Барабанные моечные машины

Производительность, бутылок в час	Число колес	Число ячеек	Потребляемая мощность, *квт*	Масса, *кг*
3600	3	6	7,7	18000
3600	4	6	8,1	22000
4800	3	8	8,1	21000
4800	4	8	8,4	26000
6000	3	10	10,3	24000
6000	4	10	12,5	30000

РОЗЛИВ

После фильтрации пиво направляется в цех розлива. Как и бочковые разливочные машины, машины для розлива пива в бутылки называются изобарометрическими, т. е. такими машинами, которые производят налив после того, как давление в бутылке и в резервуаре машины выравнено. Специальное устройство регулирует работу кранов, которые последовательно выравнивают давление между бутылкой и напорным резервуаром машины, обеспечивают стекание пива, возврат пены, а затем укупорку.

Требования, предъявляемые к качеству розлива:

Обеспечить полное давление во время налива пива в бутылку (остерегаться износа или плохой регулировки наливных устройств);

не допускать никаких задержек в подаче пива;

не допускать деформации пивопроводов, остановок и резких увеличений сечений пивопровода; пивопровод должен быть абсолютно цилиндрическим и прямым во избежание чрезмерного образования пены;

наполнять бутылки медленной и плотной струей или еще лучше стоком пива по стенкам бутылок;

скорость стока жидкости из кранов должна соответствовать производительности машин и емкости бутылок;

точно наполнять бутылки;

обеспечить отличную работу автоматических устройств, предотвращающих потери пива и углекислоты в случае разрыва бутылки;

наливные краны должны быть полностью герметичными;

обязателен медленный, правильный, без толчков, подъем и спуск поршней воздушных цилиндров;

доступ к воздушному фильтру должен быть свободный, фильтр должен легко разбираться для периодической чистки и стерилизации; кроме того, следует убедиться, что воздушный компрессор обеспечен маслом, что в воздухе нет следов масла, очень вредных для пива.

Уход за разливочными машинами. Следует:

тщательно чистить разливочную машину как внутри, так и снаружи и промывать ее дезинфицирующим раствором;

тщательно удалять осколки стекла;

обеспечить герметичность кранов при помощи слоя пищевого масла, не влияющего на качество пива;

произвести смазку поршней воздушных цилиндров;

в случае замены кожаных манжет следить за тем, чтобы они были хорошо пропитаны маслом;

периодически очищать поршневые цилиндры;

время от времени проверять клапаны, регуляторы давления, манометры, термометры и т. п.

Характеристика разливочных машин дана в табл. 51.

Таблица 51

Характеристика разливочных машин

Число рожков	Производительность, бутылок в час	Потребляемая мощность, *квт*	Расход воздуха, $м^3/ч$	Масса, *кг*
16	2000—2800	0,37	16—22	1400
20	2700—4000	0,37	22—32	1500
24	3400—4900	0,55	26—38	1600
28	4000—5700	0,55	32—46	3300
32	4700—6600	0,73	38—52	3400
36	5400—7200	0,73	44—58	3500
40	6100—7800	1,1	50—64	3700
44	6800—8600	1,1	56—70	3800
48	7500—9000	1,1	62—76	4000

Расход воздуха 8 $м^3$ на 1000 бутылок в час.

Розлив без доступа воздуха. Чтобы уберечь пиво от отрицательного влияния кислорода воздуха, необходимо его разливать в присутствии углекислого газа. У так называемых комбинированных разливочных машин имеются специальные вентили, посредством которых осуществляется перед розливом замена воздуха, содержащегося в бутылках, углекислым газом.

Если розлив происходит с доступом воздуха, можно частично устранить окисление пива, используя для этого следующие технические приемы:

к разливочной машине добавляется устройство, которое при выходе бутылки после налива отсасывает из горлышка воздух и позволяет CO_2 заполнить освободившееся пространство;

бутылку с пивом слегка ударяют, в результате чего выделяется немного пены, которая заполняет пространство горлышка бутылки до верха, при этом пена вытесняет воздух из бутылки.

УКУПОРКА

Пробки для укупорки бутылок (фарфоровые или эбонитовые с резиновыми прокладками, прикрепляемые к бутылкам при помощи хомутика) закрывают ручным способом.

Укупорку бутылок можно производить автоматически при помощи металлической кронен-пробки (железной или алюминиевой), имеющей с внутренней стороны для обеспечения герметичности пробковую прокладку, иногда покрытую вощеной бумагой или фольгой.

Требования, предъявляемые к качеству кронен-пробки. 1. Внешнее оформление. Для усиления рекламного эффекта набивка, или тиснение, на пробке должна быть тщательной, а центровка рисунка — безукоризненной.

Наружная лакировка должна быть сплошной во избежание образования ржавчины, что отражается на внешнем виде бутылки.

Обязательно сочетание цвета укупорки с цветом этикетки и стекла.

В зависимости от качества и сорта пива должно быть предусмотрено и различное оформление бутылки.

2. Внутренняя отделка. Обязательно покрытие лаком всей внутренней стороны кронен-пробки во избежание попадания на стекло ржавчины, которую трудно удалять.

3. Прокладки из натуральной пробки должны иметь толщину 2,8 *мм* и быть безукоризненного качества, без отверстий, из прессованной пробки — толщину 2,5 *мм* и быть гибкими и нерастворимыми в пиве.

4. Пятачки. Если прокладки изготовлены из натуральной пробки отличного качества, то обходятся без спотирования их пятачками из бумаги или фольги, так как прокладка и без них хорошо изолирует кронен-пробку от жидкости. Если же качество пробки или прессованной прокладки вызывает сомнение, следует всегда применять пятачки, желательно из вощеной бумаги.

5. Высота юбки кронен-пробки должна быть достаточной для того, чтобы зубцы кронен-пробки могли плотно укрепиться на венчике бутылки в момент укупорки.

6. Толщина листового железа, из которого изготовляют кронен-пробки, должна быть примерно 0,28 *мм*. Это можно проверить органолептически — без большого труда человек может согнуть между двумя пальцами новую кронен-пробку.

Стандарты на кронен-пробки для укупорки бутылок. В продаже имеются два вида кронен-пробки для укупорки бутылок, соответствующей двум сечениям (профилям) стандартизованных венчиков бутылки: ∅ 26 и 29 *мм*. В настоящее время пробки с сечением 29 *мм* постепенно изымаются из употребления.

Применяются пробки для бутылок стандартных размеров, представленных на рис. 13 и 14.

Допуск при производстве кронен-пробки (см. рис. 13):

	Размеры, *мм*
A	26,2—27
B	23,8—24,6
I	15,2—16,2
T	28—29,2

Допуск при производстве кронен-пробки (см. рис. 14):

	Размеры, *мм*
A	28,7—29,5
B	26,3—27,1
I	17,6—18,8
T	30,5—31,7

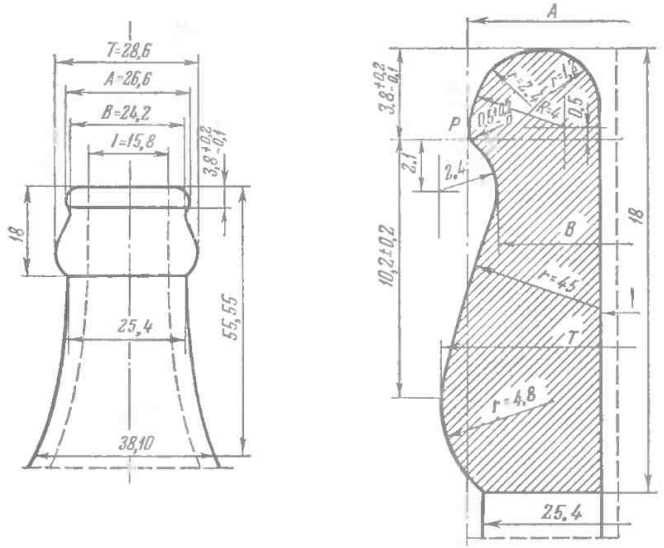


Рис. 13. Размеры горлышка бутылки с венчиком диаметром 26 *мм*, утвержденные стандартом NFB 31-009.

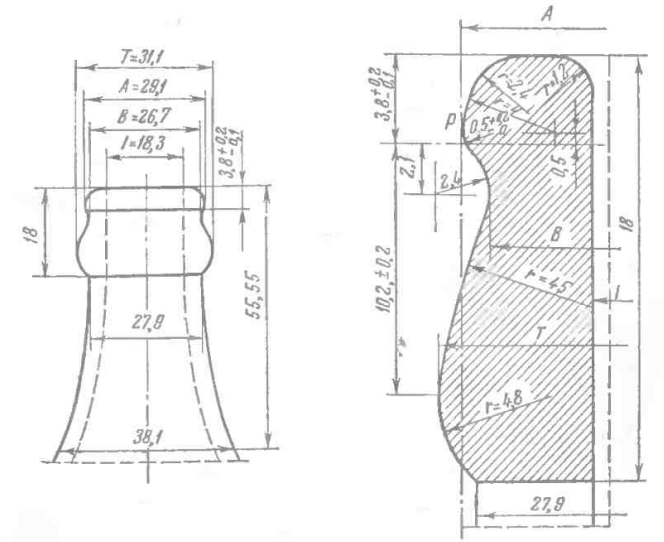


Рис. 14. Размеры горлышка бутылки с венчиком диаметром 29 *мм*, утвержденные стандартом NFB 31-009.

Диаметр замыкающего кольца A является основным показателем размера кронен-пробки. Отклонения в диаметре венчика бутылки должны соответствовать диаметру замыкающего кольца с учетом возможных колебаний, вызванных условиями производства.

Приведенный разрез является идеальным контуром.

Практический способ проверки размеров венчика бутылки приведен на рис. 15.

Хранение кронен-пробки. Кронен-пробку следует хранить в непыльном сухом месте, совершенно изолированном от помещений, насыщенных паром. Особенно следует избегать хранения в помещениях розлива.

Укупорочная машина (табл. 52). Существуют педальные полуавтоматические и автоматические укупорочные машины; последние получили наибольшее распространение. Подача пробок и бутылок в

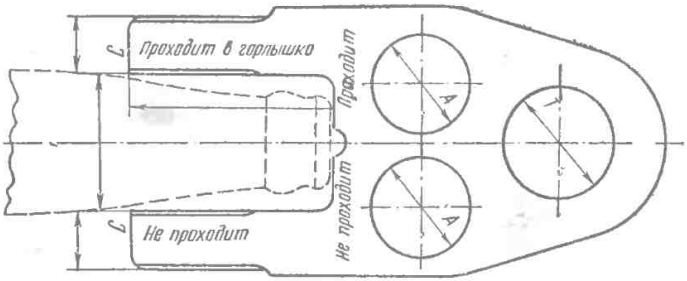


Рис. 15. Шаблон для контроля размеров горлышка бутылки.

них полностью автоматизирована, а укупорка бутылок осуществляется путем подъема бутылок или спуска укупорочного устройства.

Основные особенности укупорочных машин таковы:

амортизационная пружина должна обеспечить во время укупорки давление 350 *кг*, которое равномерно распределяется по всей поверхности пробки;

слегка вогнутый разрезной кулачок должен опираться на окружность кронен-пробки, но не в центре (обычно допускается вогнутость в радиусе 100 *мм*);

пружина кулачка должна обеспечить при укупорке давление 70—75 *кг*; при слишком слабом давлении бутылка с трудом будет сходить со столика укупорочной машины, при слишком сильном — кронен-пробка плохо обжимается;

пускающее устройство должно быть безотказным и легкоуправляемым;

сечение (профиль) укупорочного патрона должно быть правильным и точным.

Кроме того, укупорочная машина должна обеспечить:

безупречную синхронность подачи бутылок и кронен-пробок;

автоматическую остановку в случае неисправности;

герметичную укупорку;

точную центровку бутылок;

подъем бутылки без малейшего сотрясения;

соответствующее амортизационное устройство для выравнивания давления, образующегося при укупорке в зависимости от высоты бутылки.

Таблица 52

Характеристика автоматических укупорочных машин

Число укупорочных патронов	Производительность, бутылок в час	Масса, *кг*	Потребляемая мощность, *квт*
1	3500	900	0,37
5	5000	1200	0,73
8	8000	1500	1,1

Возможные неисправности в работе укупорочных машин:

1) кронен-пробка плохо обжимает венчик бутылки:
амортизационная пружина поломана или изношена,
недостаточно масла в цилиндрах,
масло слишком жидкое,
плохое качество кронен-пробок,
нестандартное сечение венчика бутылки, горлышко бутылки с щербинками,
пробковые прокладки пересушены (пробки хранили в слишком сухом помещении),
плохое состояние укупорочных патронов — плохо сцентрированы, или плохо налажены, или изношены,
деформация вогнутости кулачка из-за долгого употребления (давление происходит в середине кронен-пробки);
2) кронен-пробки рвутся в машине:
плохое качество металла,
обжимное кольцо слишком мало, неправильно рассчитано или изношено,
слишком высокое давление при укупорке,
плохая выверка кронен-пробки в патроне,
нестандартное сечение венчика бутылки;
3) бутылки застревают в патроне:
укупорочный патрон слишком мал,
пружина кулачка поломана, изношена или заржавела,
кронен-пробки плохого качества или заржавели,
неправильное сечение венчика бутылки;
4) бутылки плохо центрируются на столе укупорочной машины:
турникетная звездочка плохо отрегулирована,
резиновые амортизаторы столиков изношены или плохого качества;
5) плохая подача кронен-пробок:
плохое качество кронен-пробок (неровности, прокладки выпали из металлических капсюлей, посторонние предметы),
пробковая пыль тормозит движение пробок по лотку,
влажная поверхность пробки,
мало пробок в бункере,
диски сепарирующего устройства плохо вращаются,
кронен-пробки образовали завал и не могут перемещаться,

нет свободного доступа пробок в корпусе укупорочного патрона машины,

машина плохо сконструирована, не соответствует пробкам;

6) повышенный бой бутылок:

машина плохо отрегулирована по высоте,

нестандартное сечение венчиков бутылки,

слишком маленькие или плохо изготовленные патроны,

бутылки плохо центрируются,

машина сильно изношена и вызывает вибрации,

слишком сильная пружина кулачка,

слишком высокое давление при укупорке (плохая работа амортизационной пружины, масло слишком холодное или чересчур густое);

7) ржавчина на пробке или горлышке бутылки:

неполное покрытие кронен-пробки лаком или плохое качество лака,

неудовлетворительная мойка бутылок, в результате чего остались следы ржавчины, образующие в свою очередь свежую ржавчину,

хранение кронен-пробок в сыром или насыщенном водяными парами помещении,

бутылки слегка покрыты щелочью при выходе из моечной машины;

8) выпадание пробковых прокладок:

прокладки слишком малы, плохо приклеены,

хранение пробок в слишком сухом помещении;

9) наличие плесени на пробковой прокладке:

хранение в сыром или насыщенном водяными парами помещении, пробка и клей плохого качества;

10) почерневшая пробка:

использовано черное листовое железо,

плохое внутреннее покрытие (лакировка),

присутствие железа в жидкости.

Алюминиевые колпачки от кронен-пробки отличаются тем, что для откупоривания бутылки, укупоренной ими, не требуется специальный инструмент.

Колпачки вырезаются из полос алюминия, имеют выпуклую форму; внутри колпачка находится пробковая прокладка, на которую приклеивается бумажный или металлический пятачок (можно и без пятачка). Все три операции осуществляет машина для капсюлирования бутылок.

Для того чтобы бутылки могли выдержать сопротивление развивающегося давления при пастеризации пива, они должны быть укупорены колпачками из алюминия толщиной 0,2—0,22 *мм*.

Современные машины позволяют укупоривать от 6000 до 8000 бутылок в час.

НАКЛЕИВАНИЕ ЭТИКЕТОК

Этикетка на бутылке должна улучшить ее внешний вид и характеризовать предлагаемый продукт. Кроме того, этикетка — это великолепная реклама.

Отсутствие этикетки вызывает сомнение в достоинстве и стоимости бутылки с пивом.

Этикетки. Качество этикетировки во многом зависит от бумаги, из которой делают этикетки.

Бумага должна быть не слишком толстой (чрезмерный расход клея), не слишком тонкой (клей проступает на наружную сторону), не слишком твердой и жесткой (такие этикетки трудно удалять с бутылки), шероховатой со стороны клея и гладкой с наружной стороны.

Для улучшения печатания или тиснения этикеток и одновременного снижения стоимости наклеивания за счет уменьшения расхода клея, а также во избежание загрязнения машины следует требовать от поставщиков этикеток печатания их в определенном направлении — в направлении прокатки бумаги, т. е. таким образом, чтобы главное направление волокон целлюлозы было параллельно (когда этикетка на месте) укладке бутылок (рис. 16).

Необходимо всегда требовать от поставщиков полный лист этикеток, чтобы проверить, все ли они отпечатаны в нужном направлении. Можно проверить на отдельной этикетке направление бумаги, наклеив тщательно смоченную этикетку на чистое стекло; во время сушки горизонтальные края сворачиваются один по направлению к другому.

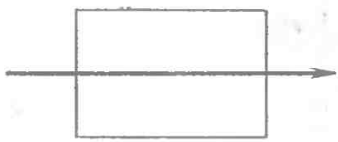


Рис. 16. Схема направления печатания этикеток относительно направления прокатки бумаги.

Правильные геометрические формы этикеток. Рекомендуются этикетки квадратной и прямоугольной формы.

Этикетки треугольной и шестиугольной формы очень трудно наклеиваются машинами. Для них требуются специальные кассеты, и все же они оказываются недостаточно хорошо приклеенными.

Овальные и особенно круглые этикетки очень трудно правильно расположить на бутылке.

Разрезанные края этикетки придают неряшливый вид бутылке.

Необходимо сочетать размер этикеток с величиной бутылок.

Целесообразно наклеивать их посередине корпуса бутылки.

Следует подбирать цвет этикетки с учетом цвета стекла и укупорочных материалов. Не следует брать много красок для одной этикетки. Надо также учитывать, что эскизы отличаются от отпечатанных этикеток.

Очень трудно подобрать цвета, которые в процессе изготовления этикеток не подвергнутся изменениям.

Не рекомендуется принимать этикетки из офсетной бумаги, которая в большинстве случаев дает «линялые» цвета; кроме того, следует учитывать, что при увлажнении бумаги окраска на ней становится часто дефектной.

Если этикетки покрыты лаком, следует проверить его качество.

Если предусмотрена бронзировка, она должна быть хорошего качества; никогда не следует допускать бронзировки по самому краю этикетки, следует оставить по краям небольшие белые поля без бронзы.

Разрезывание бумаги всегда должно производиться очень острым инструментом: бумагорезальной машиной или резаком.

Возможный допуск габаритных размеров этикеток может составлять не больше ±0,2 *мм*.

На этикетке обязательно должны быть указания:

наименование без сокращений (например, слабое пиво, столовое пиво, пиво «бок» (bière bock), пастеризованное пиво, пиво люкс).

Название и местонахождение пивоваренного завода.

Можно указать на этикетках, кроме того:

фабричную марку;

плотность;

названия на иностранном языке при условии, что тут же дается перевод на французский язык и указание на французское происхождение напитка.

Что касается названия Пильзенское, то следует учитывать добровольные обязательства, принятые французским правительством на Торговой конвенции 2 июля 1928 г. Согласно этому обязательству никакое пиво нельзя продавать под названием Пильзенское (даже **при наличии поправки**), если оно не импортировано из Чехословакии под этим названием.

Клей. Хороший клей для этикеток должен быть:

приспособлен к машине: его консистенция зависит от устройства для наклейки, от времени года (клей более густой летом, чем зимой), температуры бутылок;

достаточно липким, чтобы выдержать изменение влажности и различные операции: укладку в ящики, транспортировку и т. п.;

относительно растворимым, чтобы позволить этикетке легко отклеиться от бутылки во время мойки и не допустить образования сгустков массы (не следует допускать содержания глюкозы выше 3%);

нейтральным: клей с чрезмерно низким pH может вызвать изменение цвета этикеток; если pH высокий, бумага может пожелтеть, особенно если она тонкая и впитывает клей;

без вкуса и без запаха;

светлого цвета, особенно если этикетки белого цвета;

сравнительно быстро высыхающим во избежание скольжений и образования складок;

не должен разлагаться и прокисать;

не должен растекаться во избежание повреждения отдельных частей этикетировочных машин.

Кроме того, жидкий клей портит внешний вид этикеток.

Способы наклейки этикеток. Клей можно наносить на этикетки следующими способами:

отдельными каплями;

вертикальными боковыми мазками;

горизонтальными боковыми мазками;

по всей поверхности этикетки.

Если свойства клея хорошо изучены, качество его безупречно и бумага соответствует предъявляемым к ней требованиям, то клей следует наносить по всей поверхности и горизонтальными мазками; именно этот способ обеспечивает прекрасный внешний вид этикеткам.

При нанесении клея боковыми мазками очень часто этикетки плохо располагаются, рвутся, особенно если укладка в ящики производится небрежно.

Этот способ может быть рекомендован только в случае наклейки обильно лакированных этикеток.

При нанесении клея отдельными каплями получаются лучшие результаты, чем при нанесении боковыми мазками.

Этикетировочные машины. Существует много типов машин, которые наклеивают этикетки на бутылки, размещая их горизонтально или вертикально.

Главными положительными свойствами этих машин являются:

простота трех основных механизмов: приспособления для взятия этикеток, системы наклейки и устройства, прижимающего этикетки на бутылки;

прочные и надежные движущиеся части;

достаточно емкая и легкозаменяемая кассета (коробка для этикеток);

полное отсутствие вибрации во время наклеивания этикеток.

Нельзя забывать, что обязательное требование, предъявляемое к машине,— требование отличного наклеивания этикеток.

В связи с этим рекомендуется:

избегать больших запасов клея;

никогда не смешивать клей различных поставок и особенно разных марок;

не разбавлять клей; если же это очень необходимо, то смесь следует приготовить тщательно, используя воду температурой 20—25° С;

во время коротких перерывов в работе этикетировочной машины накрывать ее и чан с клеем влажным куском материи;

во время длительных остановок освобождать чан от клея и тщательно прочищать механизм наклейки этикеток;

поддерживать в состоянии абсолютной чистоты барабан установки для наклейки и особенно следить за тем, чтобы в нем не было шероховатостей (чистить его можно только тряпкой или щеткой);

следить за загрузкой кассеты для этикеток;

регулировать механизм наклейки таким образом, чтобы на этикетки ложился очень тонкий слой клея;

соблюдать правильность работы щеток или резиновых губок: внимательно следить за их рабочим состоянием и чистотой; в случае небольшой изношенности заменить их новыми;

тщательно смазывать этикетировочные машины соответствующими маслами согласно предписаниям завода-изготовителя;

при возможности предусмотреть сушильное туннельное устройство для бутылок перед этикетировкой.

Трудности, возникающие при наклейке этикеток. Этикетки слишком легко отстают:

клей недостаточно пристает к этикеткам, слишком жидкий клей;

клей слишком гигроскопичен;

клей плохо растворим в воде;

мало клея на этикетке;

слишком твердая бумага.

Машина захватывает несколько этикеток вместо одной. В большинстве случаев этот недостаток следует отнести не к машине, а к самим этикеткам: лист с отпечатанными на нем этикетками разрезан ножом или тупым резаком. Это с большим трудом можно частично устранить, предварительно разъединив этикетки, перемещая их во всех направлениях.

Этикетки прилипают одна к другой, если их края покрыты бронзой; чтобы избежать этого, следует края этикеток оставлять белыми.

Причиной может также быть слишком жидкий клей.

Этикетки после наклейки загрязнены в том случае, если:

клей слишком гигроскопичен;
грязный клей, плохого качества;
недостаточно липкий клей;
клей слишком медленно сохнет;
устройство для наклейки захватывает слишком много клея;
бумага легко впитывает клей;
неудовлетворительное нанесение бронзы;
устройство, прижимающее этикетки к бутылкам, загрязнено.

Этикетки плохо центрированы на бутылках:

установка для наклейки этикеток работает плохо, захватывает слишком много клея;
недостаточно липкий клей;
клей плохого качества;
клей медленно сохнет;
недостаток самих этикеток: круглые или овальные.

Этикетки плохо захватываются:

недостаточно липкий клей;
очень жидкий клей.

Этикетки рвутся в машине, наклеивающей этикетки, — слишком липкий клей (большой процент глюкозы).

Этикетки съеживаются, пузырятся, морщинятся, пропускают клей:

клей слишком гигроскопичен;
слишком много клея;
клей плохо разведен;
клей слишком быстро сохнет;
недостаточно липкий клей, особенно если этикетки выгибаются;
плохая бумага;
слишком много нанесено краски;
неправильная поверхность бутылок;
этикетки наклеивают на мокрые бутылки;
прижимные устройства этикетировочной машины плохо отрегулированы.

Этикетки плохо смываются во время мойки бутылок:

клей слишком липкий (чрезмерно большой процент глюкозы), слишком густой, слишком слабо растворяется в воде;
этикетки обильно покрыты лаком, что затрудняет проникание в клей воды.

Способы контроля даты розлива

Зарубки. На этикетках делаются две зарубки (сверху и сбоку) в определенном направлении, из которых одна указывает месяц, а вторая неделю розлива.

Цветные отметки. Принцип точно такой же, как указан выше; отметки располагают в виде цветных полосок, которые наносят чернилами различных цветов.

Перфорация (проколы). Этикетки прокалываются специальными машинами (компостерами). Перфорация указывает дату или шифр, соответствующий этой дате.

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ПРИ КОМПОНОВКЕ ОБОРУДОВАНИЯ В ОТДЕЛЕНИИ БУТЫЛОЧНОГО РОЗЛИВА

Помещение и компоновка оборудования. При размещении оборудования разливного отделения следует обратить внимание на следующие условия:

соответствующую вентиляцию;

температуру, которая должна быть по возможности равномерной и постоянной;

освещение: желателен дневной свет при условии, что на рабочих не будут падать прямые солнечные лучи;

рациональное размещение оборудования и максимальное использование производственных площадей;

удобные условия работы;

отсутствие диспропорции в производительности машин;

установку аппаратуры: обычно ее размещают на цементном цоколе, опоясанном желобками для стока воды;

использование индивидуальных приводов для каждой машины;

размещение и диаметр трубопроводов, питающих различную аппаратуру;

достаточные площади и наиболее целесообразное расположение складских помещений для порожней и заполненной посуды.

Рационально при организации розлива в отделении бутылочного розлива избегать специализации рабочих на одной машине, желательно переводить их на другие работы, особенно с браковки бутылок, где работник быстро утомляется.

Уход за оборудованием. Тщательно чистить все машины, особенно удалять следы пива, которые дают вязкий и липкий осадок, служащий рассадником бактерий.

Смазывать периодически и внимательно машины маслом или соответствующей смазкой (имеются специальные смазки, нейтральные по отношению к пиву).

Предохранять аппаратуру путем нанесения краски на отлично вычищенную поверхность.

Удаление разбитых бутылок. Удобно удалять разбитые бутылки, используя для этого аппарат для размельчения осколков стекла.

Это дает преимущества: снижение трудоемкости операции, получение порошкообразной массы, которую легко брать в руки, экономия затраты труда, увеличение возможности продажи такой массы.

Г. ПРОДЛЕНИЕ СРОКА ХРАНЕНИЯ ПИВА

ПАСТЕРИЗАЦИЯ

Цель пастеризации заключается в резком ослаблении жизнедеятельности или даже уничтожении микроорганизмов, содержащихся в пиве, в предупреждении ухудшения или порчи пива, что обеспечит более длительное хранение.

Пастеризация заключается в постепенном нагревании пива до температуры 58—68° С (в зависимости от сорта пива) и выдержке пива около получаса. Пиво почти всегда пастеризуют в своей упаковке: металлических бочках, бутылках или банках. Пиво можно пастери-

зовать также в пластинчатых пастеризаторах; для этого необходимы стерильно чистые емкости, однако добиться такой стерильности трудно.

Пастеризация пива в металлических бочках, неимеющих осмолки (бочки из нержавеющей стали или алюминия), в настоящее время мало распространена, так как требует на время обработки бочек расширительной камеры или неполного налива бочек.

Пастеризация пива в бутылках широко распространена.

Изменения в пиве, вызванные пастеризацией. Нагревание пива до температуры пастеризации вызывает:

химические явления вследствие коагуляции коллоидов, что приводит иногда к образованию необратимой коллоидальной мути — так называемой мути от пастеризации.

Часто отмечают также появление вареного привкуса или привкуса «жженого хлеба»;

физические явления в результате дегазации углекислоты из пива, что приводит к образованию в бутылке сильного внутреннего давления.

Повышение внутреннего давления в бутылке при пастеризации. Повышение давления внутри бутылки с пивом при пастеризации — самое неприятное явление при этом процессе. Необходимо свести до минимума бой бутылок, который не должен превышать 0,5%.

Внутреннее давление вызвано двумя условиями:

расширением объема жидкости;

выделением углекислоты из пива.

Второе условие имеет гораздо большее значение, чем первое, влияние которого почти не заслуживает внимания. При повышении температуры до 60° С расширение жидкости достигает около 2% к общему объему.

Выделение газа при пастеризации. После наполнения бутылки пивом часть пустого пространства горлышка (не заполненная пивом) содержит чистый CO_2 или смесь из CO_2 и воздуха. Давление в этом пространстве горлышка остается одинаковым и после укупорки в том случае, если не происходит колебаний температуры и бутылка не подвергается никаким ударам и толчкам.

Основная формула реальных газов, выведенная Ван дер Ваальсом и для которой Эндрюс (Andrews) дал определение констант a и b для углекислоты, позволяет при помощи длинных и сложных вычислений определить внутреннее давление в бутылке. Эта формула следующая:

$$RT = \left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v - b),$$

где p — давление CO_2, *кгс/см*^{2};

R — константа идеальных газов;

T — абсолютная температура газа, °С;

v — объем газа, *л*.

Эта формула позволяет сделать следующие выводы:

давление повышается пропорционально температуре, если объем газа остается постоянным;

при постоянной температуре давление снижается, если объем газа увеличивается, т. е. в серии сходных бутылок, содержащих одно

и то же пиво, давление падает, если вакуум пастеризации[1] возрастает;

при постоянной температуре давление увеличивается в зависимости от емкости бутылки; другими словами, если взять ряд бутылок с возрастающей емкостью, содержащих одинаковое пиво и наполненных одним и тем же способом, то общее количество CO_2 увеличивается пропорционально емкости бутылок, причем давление повышается в том же направлении;

и, наконец, при одном и том же вакууме пастеризации давление увеличивается с насыщением пива; это объясняется тем, что общее количество CO_2, содержащееся в бутылке, увеличивается.

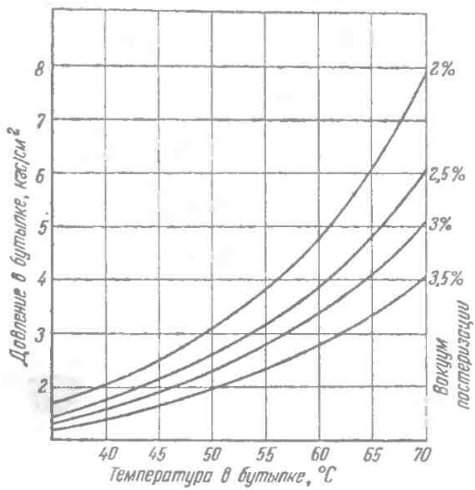


Рис. 17. Кривая зависимости внутреннего давления в бутылке емкостью 0,33 *л* от температуры и вакуума пастеризации.

Не следует забывать, что при пастеризации в герметически укупоренных бутылках количество выделяемого CO_2 зависит, с одной стороны, от повышения температуры, а с другой — от давления в пространстве выше уровня жидкости, т. е. давления в той части горлышка бутылки, которое не заполнено пивом.

Это явление можно представить следующим образом: если считать незаполненное пивом пространство горлышка бутылки постоянным объемом (не учитывая расширения жидкости), то при пастеризации из пива в него выделяется тем больше CO_2, чем выше температура, что приводит к увеличению давления, которое можно измерить.

Кривые зависимости внутреннего давления в бутылках от температур и вакуума пастеризации по данным опытов, проведенных в школе пивоваров в Нанси (Франция), приведены на рис. 17, 18.

[1] Вакуум пастеризации это отношение (в %) свободного пространства горлышка к полному объему бутылки — *Авт.*

Вычисление внутреннего давления в бутылке, развивающегося при пастеризации. Формула Пьерра (Pierre)

Автор исходит из того положения, что во время пастеризации бутылочного пива жидкая фаза, так же как и газовая фаза, не изменяет содержание CO_2 (константы объемов).

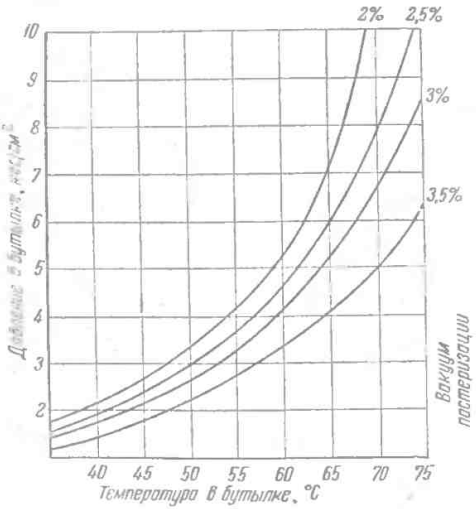


Рис. 18. Кривая зависимости внутреннего давления в бутылке емкостью 0,66 *л* от изменения температуры и вакуума пастеризации.

Для определения внутреннего давления в бутылке он предлагает следующее уравнение:

$$p = \frac{KA(l - v_0)RT}{v} + H,$$

где p — абсолютное внутреннее давление, *кгс/см²*;
A — степень насыщения углекислотой, *г/л*;
K — коэффициент растворимости углекислого газа ($K = 0{,}101$ для пива и воды);
v_0 — объем вакуума пастеризации при 0° С, *л*;
v — объем вакуума пастеризации при T *абс. град* · *л*;
R — газовая постоянная CO_2, равная 0,001852;
T — температура пастеризации, *абс. град*;
H — сумма давлений паров воды и спирта при Т *абс. град.*

Основные положения этой формулы спорны, так как увеличение давления будет тем больше, чем более насыщено пиво, и повышение этого давления может быть вызвано лишь высвобождением углекислоты, содержащейся в жидкости; расширение последней практически остается одинаковым, каким бы ни было насыщение.

Различные типы пастеризаторов (табл. 53, 54) конструируют по одному из двух следующих принципов:

бутылки неподвижны, а температура воды, в которую они погружены, меняется;

бутылки перемещаются при помощи конвейера или какого-либо другого устройства в неподвижных ваннах или оросительной зоне при определенной температуре, соответствующей циклу пастеризации (в *мин*):

нагревание	20—40
пастеризация	20—30
охлаждение	20—40

Пастеризация на пластинчатых пастеризаторах производится по следующему режиму:

нагревание пива до 50° С путем теплообмена с горячим пастеризованным пивом; продолжительность 35 *сек*;

подъем температуры пастеризации при помощи горячей воды до 60—65° С и пауза; продолжительность 35 *сек*;

охлаждение до температуры 20° С за счет теплообмена с холодной водой; продолжительность 20 *сек*.

полное охлаждение рассолом с доведением до температуры розлива; продолжительность 10 *сек*.

Расход пара 3—4 *кг/гл* пива.

СТЕРИЛИЗАЦИЯ ПУТЕМ ФИЛЬТРАЦИИ

Задача пастеризации пива заключается в постепенном доведении пива до температуры 55—65° С, при которой пиво выдерживается около 30 *мин* с целью ослабления или уничтожения дрожжей и бактерий, содержащихся в пиве. Цель этой операции продлить срок хранения пива.

Стерилизация пива при помощи фильтрации предусматривает полное уничтожение бактерий и дрожжей в пиве. Это осуществляется фильтрацией через стерилизованные картонные листы.

Состояние стерильности сохраняется вплоть до момента укупорки бутылок благодаря использованию соответствующих машин для стерильного розлива.

При стерилизации пива бутылки моют обычным способом. Вымытые бутылки обрабатывают в стерилизаторе сернистым ангидридом в три этапа: сначала его вводят в бутылки вместо воздуха, затем некоторое время выдерживают в бутылках и, наконец, вытесняют из бутылок стерильным воздухом.

Розлив пива осуществляется обыкновенной разливочной машиной, где предусмотрено постоянное сохранение состояния стерильности;

наливные рожки имеют в качестве предохранительного средства «кожух», в который постоянно вводится сжатый стерильный воздух и находится там под избыточным давлением;

конструкция позволяет проводить стерилизацию машины паром.

Укупорка. Перед использованием на производстве кронен-пробки стерилизуют формальдегидом.

Укупорочная машина обеспечивает обдувку каждой пробки перед укупоркой бутылок. Кроме того, укупорочный патрон машины под-

Таблица 53

Характеристика пастеризаторов

Тип	Производительность, бутылок в час			Полезная емкость вани, $м^3$				Расход холодной воды, $м^3/ч$	Расход пара, $кг/ч$ (при давлении 2 $кгс/см^2$)			
	при емкости бутылок, л			при температуре пастеризации, °С					без рекуперации		с рекуперацией	
	0,25	0,33	0,66	42 при входе	75	65	42 при выходе		0,66 л	0,25 л	0,66 л	0,25 л
1	11000	8000	6000	0,770	1,420	1,780	1,150	4,8	500	370	460	340
2	16000	12000	8500	1,000	1,930	2,680	1,540	6,0	710	515	655	470

Таблица 54

Характеристика электродвигателей и насосов к пастеризаторам

Мощность электродвигателей, *квт*							Характеристика насосов						Габаритные размеры, *м*	Масса, *кг*
							42° С		65° С		75° С			
тип	42° С	65° С	75° С	входного транспортера	выходного транспортера	мощность общая	производительность, $м^3/ч$	напор, *м*	производительность, $м^3/ч$	напор, *м*	производительность, $м^3/ч$	напор, *м*		
1	2,3	2,3	2,1	1,1	1,1	11,1	16,8	23	16,8	23	14,4	19	12,6×4,5	38600
2	2,8	2,8	2,6	1,5	1,5	13,3	24	19,8	24	19,8	21	21	14,1×5,33	52000

Примечание. Скорость вращения электродвигателей насосов 2850 *об/мин*, транспортеров — 1450 *об/мин*.

вергается непрерывной обработке стерильным воздухом. При перемещении бутылок от разливочной машины к укупорочной бутылки проходят через туннель, который постоянно находится под избыточным давлением стерильного воздуха.

Этот способ, зарекомендовавший себя повсюду, является более экономичным, чем пастеризация. Кроме того (а это очень важно для дегустатора), при этом способе в пиве не чувствуется хлебного или карамельного привкуса, что очень часто наблюдается в пастеризованном пиве, особенно если пастеризацию осуществляет малоквалифицированный персонал.

3. ПОМУТНЕНИЯ И ПОСТОРОННИЙ ПРИВКУС

МУТЬ

Клейстерное помутнение. Такая муть образуется, если осахаривание сусла в варочном отделении неполное по следующим причинам:

плохо размельченный, стекловидный солод;

слишком высокий процент несоложеных материалов;

метод затирания не соответствует солоду;

мойку осуществляли водой при температуре выше 80° С.

Присутствие этой мути устанавливают йодной реакцией. В пробирку задают немного дегазированного пива и медленно во избежание перемешивания добавляют йод; появившийся синий или лиловый кружок свидетельствует о присутствии крахмала.

Для устранения этого помутнения необходимо добавить в дображивающее пиво солодовую вытяжку.

Холодное помутнение. Эта муть вызвана осаждением адсорбированных белковых и дубильных веществ.

Пленка мути исчезает при нагревании, если нет контакта с воздухом.

Способность пива к образованию холодной мути обычно уменьшается во время выдержки, и, наоборот, она может усилиться, если:

температура выдержки повышается;

пиво аэрируют или перемешивают.

Причинами образования такой мути очень часто бывают плохо размельченный, стекловидный солод, избыток азота, недостаточная сушка или слишком влажный солод.

Для устранения этого недостатка следует:

проводить длительную и холодную выдержку;

обработать пиво стружками;

добавить в танк протеолитические ферменты;

добавить перед фильтрацией 3—5 *г/гл* танина.

Окислительное помутнение. Такая муть вызывается той же причиной, что и холодная муть, но вместе с тем во всех случаях она необратима из-за превращения танина в флобафен. Образовавшийся новый комплекс — протенны — флобафен — не растворяется под действием тепла.

Средства для устранения причин, вызывающих образование этой мути, такие же, как и для предыдущей мути, но, кроме того, еще следует:

медленно повысить температуру пастеризации, но не выше 58—62° С;

все операции, включая розлив, производить без доступа воздуха во избежание нежелательного воздействия кислорода.

Белковое помутнение. Такая муть не исчезает при нагревании; вызвана белковыми веществами, которые не полностью выделились во время затирания и не осели в варочном котле или бродильном чане.

Появляется она в результате перемешивания, сотрясения или вибрации.

Для ее устранения следует применить метод затирания сырья с продолжительным кипячением сусла.

Металлическое помутнение. Вызывается такая муть нерастворимыми комплексами: белковые вещества и металл. Самые вредные металлы — олово, железо и медь.

Средства для ее устранения следующие:

обеспечить пиву длительную и холодную выдержку;

выделить белковые вещества, добавив протеолитические ферменты для того, чтобы белки могли как можно лучше осесть во время выдержки;

сохранять легкий окисленный слой, покрывающий металлические части (олово, железо, медь), соприкасающиеся с пивом; избегать слишком энергичной чистки;

сделать исследование и в случае обнаружения мути повести борьбу с вредным действием блуждающего тока, который способствует растворению металлов.

Помутнение, вызванное хмелевыми смолами. Эта муть встречается довольно редко, не исчезает при нагревании и обнаруживается только под микроскопом; вызывается плохим осаждением хмелевых смол во время выработки пива.

Для устранения такой мути следует принять меры к лучшему осаждению хмелевых смол и проводить активное брожение.

Оксалатное помутнение. Встречается эта муть довольно редко, в форме кристаллов оксалата кальция — основного компонента винного камня или пивного камня — накипи, которая осаждается на стенках бродильных емкостей.

Появляется она в том случае, если в пиве содержится мало кальция.

Дрожжевое помутнение. Культурные дрожжи. Клетки культурных дрожжей, содержащиеся в отфильтрованном пиве (в результате плохой фильтрации или плохой мойки оборудования), при благоприятных условиях могут развиваться; особенно при повышении температуры и аэрации они образуют очень интенсивную муть.

Чтобы свести к минимуму образование этой мути следует:

повысить степень сбраживания, приблизив ее к конечной;

все операции, включая розлив, проводить без доступа воздуха;

фильтровать пиво без рывков через лепешки, изготовленные из однородной массы;

избегать использования недоброкачественного солода.

Дикие дрожжи попадают случайно в процессе выработки пива, особенно они опасны в период цветения и созревания плодов.

Для борьбы с ними надо применять следующие меры:

не оставлять сусло в чане «на отдых» при температуре ниже 60° С;

содержать в чистоте подвалы, избегать их загромождения, менять используемые антисептики;

проводить бактериологический контроль воды, используемой для мойки посуды и оборудования.

Бактериальные помутнения. Самыми опасными являются палочковидные бактерии, кокки и педиококки.

Развиваются они очень интенсивно, вызывая образование мути, блестящей на вид, которое усиливается при окислении среды. Вместе с тем она придает пиву неприятный и специфический вкус.

Инфицированное пиво трудно исправляется. В некоторых случаях можно освободиться от бактерий путем тщательной фильтрации. Они попадают в пиво через загрязненные трубопроводы и остатки пива.

Только исключительная чистота помещений и оборудования позволяет успешно бороться с инфекцией.

Сарцины встречаются в виде маленьких шаровидных организмов, единичных или в виде групп — в количестве 2, 4 или 8.

Они очень быстро вызывают помутнение, затем ярко выраженную муть и одновременно придают пиву характерный вкус, называемый привкусом старости или привкусом лета.

Микодермы и уксуснокислые бактерии. Эти организмы редко встречаются при низовом брожении. Иногда они развиваются в не полностью залитых танках, если пиво соприкасается с воздухом; они придают среде кисловатый вкус.

Маслянокислые бактерии. В пивоварении они встречаются крайне редко. Вызывают очень неприятный запах и прогорклый вкус.

Термобактерии. Они опасны для сусла, бороться с ними можно путем быстрой задачи дрожжей.

При большом количестве их в сусле происходит замедленное сбраживание, вызывающее необратимую муть. Они придают пиву характерный привкус сельдерея.

Термобактерии не развиваются в обычном пиве, их можно обнаружить в легком пиве.

Слизевые бактерии вызывают помутнение пива и выделяют студенистое вещество, в результате чего пиво течет как масло. Они встречаются иногда при верхневом брожении; при низовом брожении исключительно редки.

Возникают они в результате загрязнения оборудования.

ПОСТОРОННИЙ ПРИВКУС

Привкус плесени. Причины его возникновения:

недоброкачественное сырье — ячмень, убранный в сырое время, солод, заплесневевший во время прорастания, плохое хранение хмеля (влажный или покрытый плесенью);

антисанитарное состояние подвалов — плесень на стенах и на потолке, плохая вентиляция;

недостаточная мойка бочек, чанов, танков.

Подвальный привкус вызывается:

плохой вентиляцией подвалов и других помещений для брожения;

отсутствием гидравлических затворов в канализационных трубах.

Привкус дыма. Запах приобретен во время сушки солода и вызван утечкой топочных газов из калориферов.

Ткань фильтра для сусла соприкасалась с дымом.

Привкус горечи или прогорклости является следствием:

загрязненности подвалов;

инфекции в канализации и сточных каналах подвалов.

Соленый привкус образуется при утечке рассола.

Лекарственный привкус. Причины его возникновения:

плохая мойка после использования антисептиков;

свежая окраска подвалов;

применение недоброкачественной смолки с большим содержанием веществ, растворимых в спирте;

не была проведена обдувка воздушной струей после осмолки;

недостаточное охлаждение бочек перед наливом.

Привкус пастеризации. Этот привкус называют вареным или хлебным привкусом.

Солнечный привкус. Очень резкие вкус и запах из-за того, что пиво стояло на солнце. Особенно этот привкус возникает в результате действия ультрафиолетовых лучей на некоторые органические компоненты пива.

Следует во избежание его появления:

использовать стекло, поглощающее вредные лучи;

во время транспортирования пива покрывать его брезентом;

хранить бутылки в местах, куда не проникает дневной свет.

Металлический привкус. Необходимо умягчить воду, если она содержит большое количество сульфатов извести и окиси магния.

Дрожжевой привкус появляется при:

слишком высокой температуре брожения;

плохом санитарном состоянии дрожжей.

Чрезмерная горечь. Причины вызывающие ее:

вода с большим содержанием известняка и сульфата;

длительное кипячение с хмелем;

плохое отделение хмеля в чане;

чрезмерная доза хмеля или хмель плохого качества.

4. РАЗЛИЧНЫЕ СОРТА ПИВА

Пильзенское — низового брожения, светлое (0,5—0,1 *мл* 0,1 н. раствора йода), плотность 11,5—12° Блг, доза хмеля от 300 до 400 *г/гл*.

Мюнхенское — низового брожения, темное (5—12 *мл* 0,1 н. раствора йода), плотность 14° Блг, доза хмеля 120—150 *г/гл*.

Дортмундское — низового брожения, светлое, немного темнее Пильзенского, пенистое, менее горькое, слегка вязкое, плотность 11—12° Блг, доза хмеля 250—300 *г/гл*.

Метод затирания с двумя замочками.

Венское — низового брожения, янтарного цвета (1,8—3 *мл* 0,1 н. раствора йода), плотность 11—12° Блг, доза хмеля 200—250 *г/гл*.

Метод затирания с двумя замочками. Этот сорт постепенно исчезает.

Эль — английское пиво, верхневого брожения, светлое, плотность 11—12° Блг для пива, потребляемого на месте, и 15—16° Блг для экспортного пива, доза хмеля 400 *г/гл*.

Инфузионный метод затирания.

Различные типы эля — светлый (Пэль-эль), горький (Биттер-эль), мягкий (Милд-эль) — по своим свойствам близки друг к другу; мягкий эль — более темное и более мягкое пиво.

Шотландское — английское пиво верхневого брожения, янтарное, сходно с элем, но более плотное и иногда пряное из-за различных ароматических веществ.

Стаут — английское пиво верхневого брожения, коричневое, очень темное, плотность 18° Блг, доза хмеля 600 *г/гл*.

Инфузионный метод затирания.

Портер — английское пиво верхневого брожения, темно-коричневое, плотность 12,5° Блг, типа мягкого стаута.

Лямбик — бельгийское пиво самопроизвольного брожения, янтарного цвета. В бутылках оно называется гез (gueuze). Пиво с ярко выраженной кислотностью и фруктовым запахом.

Фаро — бельгийское пиво, легкое, янтарного цвета; получается при купажировании пива Лямбик и обыкновенного пива.

Лувенские сорта пива — верхневого брожения, называются «белыми сортами пива», внешне выглядят мутными, имеют молочный цвет, что объясняется использованием одновременно сырого овса и ячменного солода, плотность 10—11° Блг.

Белое берлинское пиво — верхневого брожения, аналогично лувенским сортам пива, но приготовлено из зернового солода и в связи с этим более слабого молочного цвета.

5. МОЙКА И ДЕЗИНФЕКЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ И ПОМЕЩЕНИЙ

На пивоваренном заводе чистота такое же необходимое орудие, как помещение для соложения или как сусловарочный котел.

Заведующие производством и начальники цехов должны стоять на страже соблюдения строгой чистоты, показывая пример рабочему персоналу.

Нельзя недооценивать эффекта от чистки щетками. Необходимо требовать добросовестного отношения к проведению чистки и уборки

Не следует заблуждаться относительно действия антисептиков, которые не заменяют чистку, а дополняют ее. Большей частью обработка антисептиками не дает нужного эффекта, если ей не предшествовала основательная чистка и мойка. Иногда даже они могут быть вредными, а потому рекомендуется:

менять антисептики во избежание приспособления к ним микроорганизмов;

требовать от персонала немедленной чистки и мойки оборудования после его использования;

следить за тем, чтобы освещение было достаточным даже в самых дальних закоулках, которые должны быть всегда легкодоступными;

создать возможность персоналу поддерживать исключительную чистоту, представляя в его распоряжение все для этого необходимое (щетки, мыло и т. п.).

Помещение и оборудование солодовни. Безукоризненная чистота в солодовне позволяет избежать развития плесени.

Для этого следует:

тщательно сортировать ячмень, чтобы не было поломанных зерен и пыли;

применять и поддерживать в хорошем состоянии рукавный фильтр (для всасывания пыли);

добавлять антисептики в воду для замочки в тех случаях, если ячмень поврежден или был собран в сырое время года;

тщательно чистить и мыть пол, ящики, барабаны, системы трубопроводов, канализации, транспортеры зеленого солода, используя

для этого известковое молоко с добавлением 10% хлорной извести.

Варочные агрегаты. Их следует чистить щетками с раствором 12%-ного карбоната натрия или 10%-ного тринатрийфосфата.

Чаны. Рекомендуется интенсивная чистка металлическими щетками с разными растворами. При этом необходимо следить за водопроводной арматурой, а также за обувью персонала.

Охлаждающие устройства. Нельзя пользоваться для их очистки растворами на базе кислот и песком, которые травят поверхность металла. Следует их интенсивно чистить щетками с 10%-ным раствором карбоната натрия или 6—8%-ным раствором тринатрийфосфата.

Трубопроводы охлаждающих устройств в бродильном отделении. Чистка трубопроводов по сравнению с другими устройствами дело сложное, так как трубопроводы часто бывают очень длинными.

Желательно использовать горячий 10%-ный раствор карбоната натрия или 6—8%-ный раствор тринатрийфосфата.

Тщательно промыть водой.

Следить, чтобы не было остатков сусла, которые могут задержаться в трубопроводах, способствующих развитию термобактерий и слизевых бактерий.

Стены и пол подвалов. Необходимо:

периодически покрывать стены клеевой краской с известковым молоком, добавляя хлорную известь или медный купорос, мыло или квасцы;

полить пол известковым молоком, подождать 24 *ч*, после чего почистить его щетками.

Антисептики, которые можно для этого использовать,— монтанин, антиформин, кислый или щелочной эльмоцид.

Деревянный инвентарь следует:

мыть 2—3%-ной сернистой кислотой или солью фтористоводородной кислоты из расчета от 200 до 500 *г/гл*;

затем чистить щетками с бисульфитом и перед использованием тщательно промыть водой;

избегать щелочных антисептиков.

Окрашенное деревянное оборудование. Нельзя пользоваться очень горячей водой и щелочными антисептиками, могут быть использованы все кислотные антисептики.

Нередко употребляют 8%-ный раствор карбоната натрия перед клеевой окраской с раствором фтористого соединения (фламмон 1—3%).

Оборудование из стали, покрытой эмалью, необходимо:

мыть горячим 6—8%-ным раствором карбоната натрия или тринатрийфосфатом;

затем тщательно промыть водой.

Нельзя применять антисептики, приготовленные на базе фтористоводородной кислоты.

Оборудование из алюминия. Обыкновенная мойка. Интенсивно чистить щетками, используя один из трех нижеследующих растворов.

1. Растворить в воде зеленое жидкое мыло (до 10%), добавив в воду небольшое количество силиката натрия.

2. Растворить в холодной или в горячей воде (40—50° С) на 1 *гл*:

500 *г* силиката натрия (35—36° Bé),

500 *г* карбоната натрия (безводного).

3. Растворить в воде на 1 *гл*:
450 *г* тринатрийфосфата,
100 *г* силиката натрия (35—36° Bé),
450 *г* карбоната натрия (безводного).
Тщательно промыть водой.

Удаление накипи (камня). Для этого используется 10%-ный раствор азотной кислоты в смеси с белой глиной в виде тестообразной массы, которой покрывают поверхность, подлежащую чистке, после чего тщательно промывают водой.

Дезинфекция. Наиболее распространенными дезинфицирующими средствами являются:

1) раствор, содержащий на 1 *гл*:
630 *г* азотной кислоты,
1010 *г* азотнокислого калия (нитрат калия).

Этот раствор применяется для дезинфекции перегородок и стен с помощью пропитанной раствором губки. Раствор на поверхности оставляют на 30 *мин*, а затем смывают водой;

2) 2%-ный раствор формалина. Сильноразбавленные растворы могут использоваться для дезинфекции, например, смонтированного фильтра: раствор готовится из расчета разбавления 1 *л* формалина на 10 *гл* воды. Эффективны также растворы, приготовленные на основе бора и кислого эльмоцида.

Медные трубопроводы. Для дезинфекции трубопроводов производят циркуляцию следующих растворов по замкнутому контуру:

1) 2%-ный раствор антиформина: загрязненность трубопроводов постепенно исчезает по мере циркуляции раствора;
2) горячий 10%-ный раствор карбоната натрия;
3) горячий 0,5%-ный раствор каустической соды;
4) горячий 0,5%-ный раствор каустической соды с добавлением одинакового процента хлористого натрия.

Следует отметить, что применение циркуляции горячих растворов в подвалах не рекомендуется.

Резиновые шланги. Опустить шланги на 2—3 *ч* в горячий 1—2%-ный раствор карбоната натрия или лучше в раствор тринатрийфосфата, который хорошо растворяет осадок.

Почистить щетками и промыть водой.

Заканчивать чистку отмачиванием или циркуляцией в замкнутом контуре антисептического кислотного или нейтрального раствора (сернистый ангидрид, или формалин, или соль фтористоводородной кислоты).

Избегать хлорных антисептиков.

Насосы. Рекомендуется подбирать насосы, которые легко демонтируются.

Чистить их следует щетками с растворами, применяемыми для медных трубопроводов.

Разливочные устройства. При их чистке необходимо:

избегать кислотных и щелочных антисептиков, способных повредить металлические поверхности;

преимущественно использовать слабодействующий антисептик, который оставляют на время остановки машин (1%-ный формалин или 2%-ный тринатрийфосфат), при условии тщательной промывки машин перед употреблением антисептиков;

периодически проводить интенсивную механическую чистку.

Нейтральные антисептики. Формальдегид (CH_2O — продается под названием формалин) бесцветная жидкость, раздражающая, вредная для глаз и дыхательных путей, содержит 40% формальдегида. Плотность около 1,09. Антисептическая оценка по Люерсу 0,9.

Не воздействует на алюминий, эмаль, смазку, штукатурку, дерево, чистую резину, но кожа под действием формальдегида твердеет (дубеет).

В сильной концентрации — яд.

Использование на пивоваренном заводе 1—2%, или 2,5—5 *л*, формальдегида на 1 *гл* воды — для чанов, танков, бочек и т. п.

Следует тщательно споласкивать водой емкости, так как формалин дает вместе с дубильными и белковыми веществами немедленный осадок.

В продаже встречаются также таблетки триоксиметилен, применяемые для дезинфекции помещений, однако дезинфекция получается эффективной лишь при влажной атмосфере.

Активин ($C_6H_4CH_3SO_2ClNa$). Негигроскопичный порошок, содержащий около 25% активного Cl.

Антисептическая оценка по Люерсу 8.

Нетоксичен, не воздействует на белковые вещества, алюминий, штукатурку, смазку, эмаль. Особенно эффективен в дозах 0,3—0,5% для удаления пивного отстоя.

Озон (O_3) используется только для стерилизации воды.

Марганцовокислый калий ($KMnO_4$). Применяется в основном для устранения запаха в бочках в виде раствора в концентрации 5—8%.

Антисептические кислоты. Серная кислота (H_2SO_4) при 66° Bé имеет объемную массу 1,840 и содержит 95,6 *г* чистой H_2SO_4, т. е. 99,2%.

При помощи раствора Маршалла можно определить количество H_2SO_4 раствора. При 15° С это составляет

$$P = 86D - 69{,}00,$$

где P — количество H_2SO_4, *г* в 100 *г*;

D — объемная масса.

При 18° С наблюдается снижение содержания H_2SO_4: 68,82 вместо 69,00.

Для получения раствора кислоту следует всегда лить в воду.

Серная кислота не действует на эмаль, на хорошую резину, осмолку и другие покрытия.

Сернокислая окись меди ($CuSO_4$ — медный купорос) используется в дозах 2—3% при температуре 80—90° С для неосмоленных бочек. Бочки следует особенно тщательно после этого вымыть.

Не рекомендуется использовать этот антисептик для удаления пивного отстоя и дезинфекции металлов.

Продается в виде голубых кристаллов, токсичен, растворим в воде.

Очень эффективен в дозе 1% против плесеней.

Сернокислый цинк ($ZnSO_4$ — цинковый купорос). Кристаллы этого антисептика хорошо растворимы в воде. Коммерческий раствор содержит от 10 до 60% $ZnSO_4$.

Используется для борьбы с плесенью.

Сернокислая закись железа ($FeSO_4$ — железный купорос) иногда используется для мойки полов подвалов.

Сульфиты и бисульфиты. Активным веществом является сернистый ангидрид.

Для обработки пива используются растворы, не содержащие мышьяка, только сернистый газ разрешен французским законодательством в минимальной дозе.

В продаже имеются:

бисульфит натрия ($NaHSO_3$ — кислый сернокислый натрий) в порошке (с содержанием 60—62% SO_2) и в виде растворов 38—40° Bé (24—30% SO_2);

бисульфит калия ($KHSO_3$ — кислый сернокислый калий) в порошке, содержащем 50—54% SO_2;

бисульфит кальция [$Ca(HSO_3)_2$ — кислый сернокислый кальций] недорогой и обычно продается в виде раствора 12—16° Bé, содержащего 9—14% SO_2.

Эти препараты имеются в продаже также в таблетках, обычно связанных тальком или желатином. Они должны храниться всегда в укупоренных сосудах.

Эти препараты рекомендуются для мойки и дезинфекции бетона, полов в подвалах, дерева, оштукатуренных поверхностей и резиновых шлангов.

Фтористоводородная кислота (HF) реагирует со стеклом и металлами, хранится только в гутаперчевых или покрытых парафином склянках (колбах).

40%-ные растворы этого препарата при обращении с ними очень опасны, так как могут вызвать тяжелые ожоги.

Используемая обычно в количестве 0,2—0,5 фтористоводородная кислота является отличным антисептиком для дерева, просмоленных емкостей, резиновых шлангов.

Противопоказана для бетона, металлов, эмали, пивных складов.

Растворы, хранящиеся в деревянных емкостях, могут быть использованы несколько раз, а в последний раз раствором можно вымыть полы в подвалах.

Фламмон (NH_4F+FH). Этот препарат состоит из аммонийной соли и фтористоводородной кислоты в соотношении примерно 65% NH_4F и 35% свободного FH.

Антисептическая способность по Люерсу 0,4; яд.

Продается в виде порошка или таблеток, используется в дозе 1—3% в качестве антисептика для резиновых шлангов, дерева, покрытий. После длительного контакта препарата с материалами их следует тщательно промыть водой.

Противопоказано использование этого препарата для алюминия, эмали, склада пива и стен.

Кремнефтористоводородная кислота (H_2SiF_6) под названием монтанин. Продается в жидком виде, содержит 7—10% H_2SiF_6.

Антисептическая способность по Люерсу 0,4; яд.

Для уничтожения плесени используется в дозе 2—5%.

Не может быть использована для алюминия и склада пива.

Хлористый цинк ($ZnCl_2$). Твердая и растворимая соль, продается в виде концентрированного (38° Bé) раствора.

Используется исключительно для мойки полов и стен в количестве 3—5 *л/гл* для уничтожения плесени.

Азотная кислота (HNO_3 — кислый эльмоцид). Использует-

ся в 10%-ном растворе только для удаления накипи с алюминиевых емкостей.

Препарат изготовлен на базе азотной кислоты.

Антисептическая способность по Люерсу 1.

Продается в жидком виде и очень часто в форме леденцов.

Употребляется в количестве 1—1,5%, главным образом для алюминия. Может быть использована для всего, кроме резиновых шлангов.

Щелочные антисептики. Известь (CaO). Имеющаяся в продаже негашеная известь добывается из известняка. Затем она гасится водой, причем сильно выделяется тепло. Легко поглощает углекислоту воздуха, превращаясь при этом в карбонат инактивированной извести.

Используется в виде известкового молока главным образом для дезинфекции полов.

Может быть использована для смазки чанов, но лишь при условии тщательной промывки их после этого водой.

Окраска стен. Окрашивать стены следует двумя последовательными слоями:

первый слой наносить известковым молоком, приготовленным из расчета 20 *л* воды и 2 *кг* известковой массы;

второй слой наносить известковым молоком более густым слоем, чем первый, и слегка подкрашенным, добавив 20%-ный раствор квасцов. Перед употреблением раствор пропустить через сито.

Характеристика известковых растворов:

100 *см*^{3} известкового раствора содержит при температуре

0° С — 0,138 *г* CaO;
10° С — 0,134 *г* CaO;
15° С — 0,130 *г* CaO;
20° С — 0,125 *г* CaO;
30° С — 0,116 *г* CaO;
45° С — 0,101 *г* CaO;
100° С — 0,058 *г* CaO.

Раствор меди. Активным дезинфектором является гидрат меди. Он стоит дороже, чем известковое молоко, и действует значительно эффективнее. Используется главным образом в качестве антисептика для уничтожения плесени на стенах.

Приготовляется следующим образом: 100 *л* воды, 10 *кг* негашеной извести, 200 *г* сульфата меди, 20 *г* квасцов, немного казеина и ядрового (марсельского) мыла.

Каустическая сода (NaOH). Средство очень активное, опасное, требует осторожного обращения — разрушает металл.

Быстро растворяет пивной осадок и разлагает микроорганизмы.

Используется главным образом для мойки бутылок.

Противопоказана для обработки алюминия и покрытий, так как растворяет их, а также дерева, которое становится пористым.

Используемая доза 1—3% чистой соды.

Продается в виде кристаллов и палочек, содержит 30% соды.

Карбонат натрия (Na_2CO_3 — кальцинированная сода). Менее активен, чем каустическая сода, при использовании более удобен.

В горячем виде растворяет осадки (отстой), не рекомендуется для алюминия, лаков и дерева.

Имеется в продаже в двух видах: безводный (Na_2CO_3 почти чистый) и кристаллический (34% Na_2CO_3 и 66% воды).

Используется в виде 5—10%-ного горячего (40° С) раствора.

Часто употребляется вместе с содой для мойки бутылок.

Тринатрийфосфат $Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$. Сильное моющее средство, употребляется в условиях, аналогичных использованию кальцинированной соды.

Употребляется преимущественно для мойки бутылок.

Силикат натрия (Na_2SiO_3 — жидкое стекло). Используется главным образом в качестве добавки к тринатрийфосфату и карбонату натрия в количестве 1%.

Гипохлорит натрия (NaClO), гипохлорит калия (KClO, хлорная известь $[Ca(ClO)_2]$. Все они действуют через активный хлор.

Степень хлорометрии соответствует количеству активного Cl на 1 *кг* продукта (твердого или жидкого).

Гипохлорит натрия может быть в виде жавелевой воды с 12° С по хлорометрии или в виде жавелевого экстракта с 40° С по хлорометрии.

Хлорная известь имеет 120—125° С по хлорометрии.

Растворы, используемые на пивоваренном заводе, преимущественно для стен и полов, титрованы 0,5° С по хлорометрии. Для плохой резины они противопоказаны.

Антиформин. Товарный раствор антиформина состоит из смеси гипохлорита натрия и каустической соды.

Антисептическая способность по Люерсу 3,3.

После использования антиформина (доза 2—5%) следует предметы промыть водой, в которую добавляют бисульфит.

Используется в основном для удаления пивного отстоя и дезинфекции трубопроводов.

Щелочной эльмоцид — белый порошок, состоит из смеси каустической соды и хлористого натрия.

Антисептическая способность по Люерсу 1.

Используется в дозе 0,5—1%.

Противопоказан для алюминия и покрытых (осмоленных) емкостей.

6. ПОТЕРИ В ПИВОВАРЕНИИ

Содержимое варочного котла, измеренное в варочном отделении во время охлаждения, главного брожения, выдержки и розлива, уменьшается в объеме в зависимости от применяемых технических приемов и от используемого сырья.

Установлены следующие потери на разных стадиях производства.

Потери сусла от охлаждения, %	
на сжатие его объема	3,8—4
на уменьшение объема при добавлении хмеля	0,5—1
на испарение	0,5—10
с белковым отстоем	0,2—0,8
на разбрызгивание, смачивание аппаратуры и трубопроводов	0,0—0,2
Итого	5—16

Сокращение объема нельзя рассматривать исключительно как потери; фактически уменьшение объема сусла в результате охлаждения и испарения в чане сопровождается увеличением плотности сусла.

Фактические потери слагаются из потерь сусла с хмелем и отстоем, разбрызгивания и смачивания аппаратов, достигая 0,7—2% вместо 5—16%.

Потери в процессе главного брожения, %	
в бродильном чане (потери сусла с тонкой мутью)	0,0—0,5
снятие пены	0,3—1
потери сусла с дрожжами	0,5—1,7
смачивание оборудования	0,2—0,8
Итого	1—4

Потери во время выдержки, %	
трубопроводы и шпунтование	0,1—1
смачивание оборудования	0,2—0,8
остатки пива	0,2—1,2
Итого	0,5—3

Потери при розливе, %	
розлив в бочки	0,3—1,5
розлив в бутылки	0,3—1,5
укупоривание бутылок	0,1—0,8
пастеризация	0,5—4
возврат пива на переработку	0,1—2,2
Итого	1,3—10

В целом фактические потери по всему циклу выработки пива (от варницы до товарного пива) составляют от 3,5 до 19%.

При отлично налаженном производстве потери не превышают 5%; потери выше 12% считаются уже чрезмерными.

Следует отметить, что потери в трубопроводах и от смачивания оборудования бывают меньшими на крупных пивоваренных заводах.

Пример подсчета производственных потерь. Пиво выработано на 30 сентября 1950 г.:

Сусло в чане	нет
Пиво, *гл*	
на главном брожении	500
в подвале (дображивание)	5200
в бочках и в разливочных машинах	180

Если из приведенных данных вычесть нормальные потери: 3% пива на главном брожении и 2% пива в лагерном подвале, то получится:

пиво на главном брожении . .	500·0,95=475 *гл*
пиво на дображивании	5200·0,98=5096 *гл*

Количество товарного пива на 30/IX 1950 г.	475+5096+180=5751 *гл*
Продано пива с 1/X 1949 г. по 30/IX 1950 г.	40 800 *гл*
Итого . . .	46 551 *гл*
Пиво в подвале на 30/IX 1949 г.	4330 *гл*
Всего выработано пива за год (с 1/X 1949 г. по 1/IX 1950 г.)	46 551—4330=42 221 *гл*
Количество использованного солода . .	7700 *ц*
Следовательно, из 1 *ц* солода получено .	$\frac{42221}{7700}=5,483$ *гл*, или 548,3 *л*
Количество сусла, полученного в варнице	50 050 *гл*
Следовательно, на 1 *ц* солода	$\frac{50\,050}{7700}=6,5$ *гл*, или 650 *л* горячего сусла
Разница между количеством (в *гл*) сусла, полученного в варнице, и количеством готового пива	650—548,3=101,7 *л* на 1 *ц* солода

или

$$\frac{101,7\cdot 100}{650}=15,6\%.$$

Из этого процента следует вычесть испарение сусла и уменьшение в объеме, что даст:

$$\text{испарение}=96\times\frac{\text{плотность сусла в бродильном подвале, °Блг}-\text{плотность сусла в варнице, °Блг}}{\text{плотность сусла в подвале, °Блг}}$$

$$\text{испарение}=96\times\frac{12,6-11,7}{12,6}=6,81\%.$$

Сжатие объема сусла при охлаждении и добавлении хмеля составляет 4%.

Итого: 6,81 + 4 = 10,81%.

Фактические потери: 15,6—10,81=4,79, или 4,8%.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ

Уменьшение объема сусла от добавления хмеля. Для темного пива требуется меньше хмеля, в результате чего получаются меньшие потери сусла.

При использовании метода Гессберга (Hessberg) потери сусла сводятся почти к нулю.

Охмеление сусла путем промывания хмелевых шишек, помещенных в перфорированный выщелачиватель, сводит потери сусла до минимума: в результате промывки хмелевая дробина содержит экстракт сусла всего в пределах нескольких десятых по Баллингу (такой способ предлагает Руфор (Roufort).

Потери сусла с белковым отстоем. Необходимо:

полностью собрать весь отстой из чана;

не применять мешочных фильтров для отстоя;

следить за тем, чтобы в фильтре не было утечки сусла.

Самые лучшие результаты получаются при центрифугировании.

Разбрызгивание сусла, смачивание суслом оборудования и трубопроводов. Чаще всего обильное разбрызгивание наблюдается на оросительных холодильниках (Боделё). Необходимо:

следить и тщательно чистить желобки для стока жидкости (достаточная выдержка сусла в чане улучшает оседание осадка и в связи с этим протекание жидкости становится правильным и более регулярным);

регулировать подачу сусла;

проверять непроницаемость прокладок, соединений, швов, хотя на пластинчатых холодильниках не бывает никакого выплеска и разбрызгивания;

убедиться в непроницаемости всех соединений и в правильной подгонке трубопроводов;

тщательно удалить сусло или пиво, оставшееся в трубопроводах, при помощи воды или сжатого воздуха.

Потери сусла или пива с тонкой мутью. Следует:

отфильтровать осадок, находящийся в бродильном чане;

центрифугировать его.

Снятие деки. Надо снять деку и поместить в чан, имеющий двойное дно с металлической сеткой: пена ресорбируется, и пиво, пройдя сквозь сетку, возвращается в чан.

Потери сусла с дрожжами. В главном брожении и при дображивании следует избегать использования мешочных фильтров.

Применение фильтрпресса позволяет заметно снизить такие потери, но всегда в ущерб качеству, так как клетки в этом случае спрессовываются, лопаются и проскальзывают в пиво, ухудшая его вкус и снижая биологическую стойкость напитка.

Центрифугирование дрожжей дает отличные результаты.

Потери при фильтрации:

снизить до минимума образование смеси пива и воды, которая получается, с одной стороны, в начале фильтрации за счет вытеснения воды, содержащейся в лепешках фильтрмассы, а с другой стороны — в конце фильтрации при вытеснении пива, пропитавшего фильтрмассу (в первом случае для вытеснения используется пиво, во втором случае — вода);

применение картона в качестве фильтрующего материала значительно снижает потери пива на этой стадии;

кизельгуровые фильтры и центрифуги сводят потери почти к нулю.

Потери при розливе. Следить:

за герметичностью рожков и кранов;

за работой запорных устройств, прекращающих приток пива при разрыве бутылки.

Если выброс пены происходит в специальный резервуар, следует свести до минимума образование пены за счет противодавления, не допуская при этом выделения углекислоты из пива. Обеспечить

Таблица 55

Форма карточки производственного контроля в солодовне

Партия зерна №					Сорт					
Влажность ячменя					Район произрастания					
Замочка	Показания десятичных весов				Отходы					
	Спуск зерна на замочку				Замочка					
	Аэрирование									
	Пуск воды на замочку									
	Влажность замоченного зерна				Конечная влажность					
	Степень замачивания									
	Наблюдения и замечания									
Дни	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ращение	Температура									
	Перелопачивание									
	Орошение прорастающего зерна									
	Продувание									
	Схватывание									
	Наблюдения и замечания									
Дни	1		2		3		4			
Сушка	Ворошение									
	Температурный режим сушки									
	Наблюдения									
Оценка солода	Выход				Масса солода					
	Расход угля				Ростки					
	Наблюдения									

Таблица 56

Форма производственного контроля варочного отделения

№ затора | Сорт пива | Способ затирания | Поправка

Наблюдения

Солод | Хмель

Натура	№ силоса	кг	Показания десятичных весов: до подачи солода	Показания десятичных весов: после приготовления затора
Итого				

Несоложеные материалы			Показания десятичных весов: до подачи сырья на затор	Показания десятичных весов: после приготовления затора
Рис				
Кукуруза				
Всего				

Осахаривание

1-е кипячение | Давление

Гектолитры

Последнее кипячение | Давление

Вода для промывки дробины

Фильтрация | Вид затора в фильтрчане

Прессованная дробина

Емкость варочного котла, гл	° Блг	° Режи	Кажущаяся плотность, DH	Действительная плотность, DH	Выход, %	Емкость сусловарочного котла, гл	° Блг	° Режи	Плотность сусла в варочном чане, DH	Потери экстрактивных веществ при брожении, DH	Потери сброженного сусла, гл

Таблица 57

Форма производственного контроля бродильного отделения

Чан №	Варка №	Дрожжи	Дрожжи в бродильном чане
Количество сусла в бродильном чане, *гл*	Дата	Аэрация	Дрожжанка

Температура в бродильном чане					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Наблюдения
Часы																					
6	12	18	24																		
				9																	7 ° Блг
				8																	6
				7																	5
				6																	4
				5																	3
				4																	2

Время брожения	Бродильный чан №	° Блг	Размножение дрожжей и их консистенция	Плотная
Перемешивание в чане	*гл*	Конечная степень сбраживания		Полужидкая
Размножение дрожжей	Температура задачи дрожжей	Степень сбраживания при перекачке	Серия в подвале	Жидкая

Таблица 58

Форма производственного контроля лагерного подвала

Варка №		от	
Выдержка	Подвал №	Танк №	*гл*
	Подвал №	Танк №	*гл*
	Подвал №	Танк №	*гл*
	Подвал №	Танк №	*гл*
Температура перекачки зеленого пива		подвала	
Количество перекаченного пива, *гл*			
Сорт пива			
Шпунтование			
Степень сбраживания при перекачке	Конечная степень сбраживания		
Степень сбраживания при розливе			
Контроль выдержки пива	Степень сбраживания		
	Насыщение CO_2 и внешний вид пены		
	Формирование вкуса		
	Оценка		
Наблюдения и замечания	Искусственное насыщение углекислотой		
	Протеолитические ферменты		
	Стружка		
	Различные добавки		

безупречную работу изобарометров (проследить за работой разливочного аппарата, не допуская снижения давления в бочках при наливе).

Укупоривание. Следить за правильной работой укупорочной машины во избежание поломки.

Пастеризация. Использовать бутылки хорошего качества.

Следить, чтобы вакуум пастеризации был отрегулирован близко к 3,5%.

Наблюдать за правильной работой пастеризатора и проверять температуру ванн.

Смарочное пиво. Смарка пива будет незначительной, если будут соблюдены следующие условия:

правильность технологических режимов на всех стадиях выработки пива;

тщательная чистка и дезинфекция оборудования и помещений;

хорошая герметичность транспортных бочек.

7. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОНТРОЛЬ

Такой контроль и учет осуществляются на пивоваренных заводах по формам, приведенным в табл. 55—58.

Форма карточки производственного контроля в солодовне (см. табл. 55) предусматривает контроль производства солода, начиная с замочки ячменя и кончая его сушкой.

Имеются три формы карточек производственного контроля пивоварения (см. табл. 56—58) для стадии: затирания, брожения и выдержки пива.

1. ЯЧМЕНЬ

СТРОЕНИЕ ЯЧМЕНЯ

В пивоваренной промышленности используются различные сорта ячменя (рис. 19—21). На рис. 19 представлен ранний сорт шестирядного ячменя. Зерна ячменя бывают симметричные и асимметричные.

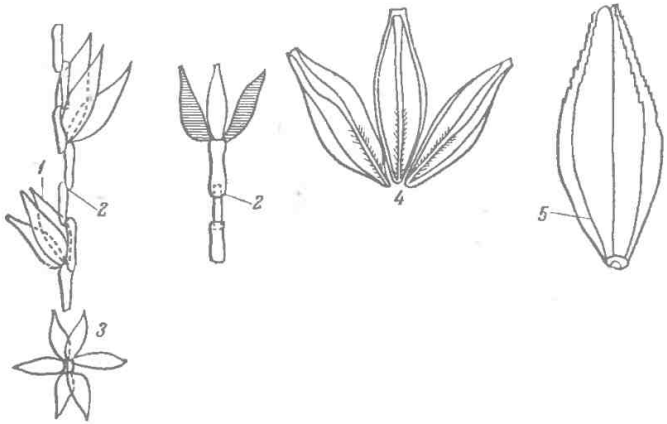


Рис. 19. Ранний сорт шестирядного ячменя:
1 — положение зерна на колосе, *2* — членики колосового стебля, *3* — поперечный разрез колоса, *4* — правильные и неправильные зерна, *5* — боковые жилки спинной стороны.

Двухрядный ячмень показан на рис. 20. В двух сортах — Эректум и Нутанс, как у всех разновидностей ячменя, чтобы увидеть лодикулы, следует обнажить зародыш, приподняв оболочки.

ФИЗИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Цвет — желто-соломенный ровный, блестящий, без плесени (зеленые или черные пятна); если цвет очень бледный, следует опасаться, что зерно хилое или сбор урожая был преждевременным. Однако в странах с сухим климатом ячмень родится с более светлой оболочкой.

Запах должен быть свежим и напоминать запах соломы; остерегаться затхлого запаха, плесени.

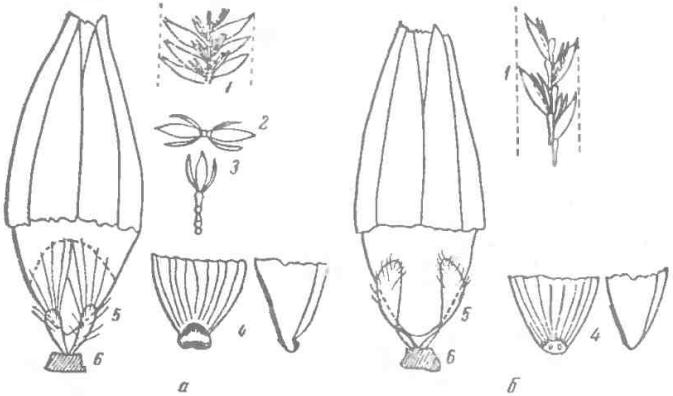


Рис. 20. Разновидности двухрядного ячменя (вид со спинной стороны):

а — сорт Эректум с широким колосом и почти горизонтальным расположением зерен, *б* — сорт Нутанс с узким колосом и почти вертикальным расположением зерен: *1* — положение зерна на колосе, *2* — поперечный разрез колоса, *3* — продольный разрез колоса, *4* — точка прикрепления колоса (слева — общий вид, справа — разрез); *5* — зародыш, *6* — околоцветные пленки (лодикулы).

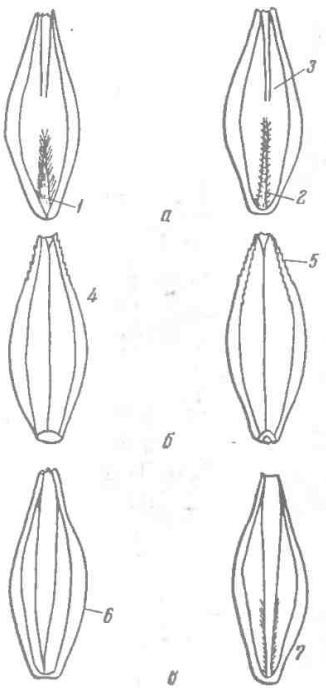


Рис. 21. Классификация ячменя по внешнему виду:

а — брюшная сторона: *1* — щетинка (волоски длинные шелковистые — вид α и β), *2* — щетинка (волоски короткие курчавистые — вид γ и δ), *3* — брюшная бороздка,
б — спинная сторона:
4 — отсутствие зубчиков (вид α и γ); *5* — наличие зубчиков (вид β и δ). Не следует смешивать с внутренними жилками, имеющими обычно вид зубчиков,
в — брюшная сторона:
6 — отсутствие волосков, *7* — волоски.

Вкус должен быть сладким. Для выявления кислотности или вкуса плесени необходимо разгрызть несколько зерен.

Засоренность: максимальный допуск загрязнений (камешки, песок, веревочки, посторонние зерна) не должен превышать 2%, за исключением африканских ячменей; максимальное количество поломанных зерен 0,2%; максимальное количество проросших зерен и пораженных долгоносиком 1%.

Поломанные, поврежденные или проросшие зерна плесневеют в процессе ращения.

Влажность: опустив руку в мешок с ячменем, по ощущению можно определить состояние зерна. Если ячмень влажный, то рука проходит в мешок с трудом и ощущает некоторое тепло, вызванное самосогреванием зерна; если ячмень сухой, то рука ощущает свежесть и прохладу.

Состояние оболочек зерна: если оболочки слегка сморщены, следовательно, зерна созревают и богаты экстрактом.

Калибровка: процент схода зерен на двух ситах с отверстиями диаметром 2,5 и 2,8 *мм* составляет 80—85%.

Максимальный процент отбракованных мелких зерен, проходящих сквозь сито с отверстиями диаметром 2,2 *мм*, равен 3%. Выполненные зерна дают больше экстракта.

Масса 1000 зерен составляет 38—45 *г*, или в пересчете на сухое вещество — 33—38 *г*.

Масса ячменя, занимающая объем 1 *гл* (в *кг*):

для двухрядных ячменей	62—72
для посредственных ячменей	ниже 64
для средних ячменей	64—66
для хороших ячменей	66—68
для отличных ячменей	выше 68

Объемная масса ячменя:

легкий ячмень	1,05—1,15
средний ячмень	1,15—1,25
тяжелый ячмень	выше 1,25

Проверка погружения: ячмень должен погружаться целиком, максимальное количество всплывших зерен 3%.

Ядро — хрупкое (хороший ячмень должен содержать после замочки не менее 85% мучнистых зерен).

Масса оболочки принята от 6 до 15% от общей массы зерна.

Энергия прорастания: количество проросших зерен к концу восьмых суток 95—96%, минимум 90%.

Способность прорастания: количество проросших зерен к концу 8 суток во французской пивоваренной промышленности, 6 суток — в бельгийской и 10 суток — в немецкой; минимум 95%.

ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Влажность, %	
предельная	10—20
нормальное содержание влаги	14—15

Ячмень очень плохо хранится при влажности выше 16%.

Содержание составных веществ, %:	
клетчатка	4—10, в среднем 5—6;
крахмал	58—65 в пересчете на сухое вещество;
пентозаны	7—11 в пересчете на сухое вещество; в двухрядном ячмене содержится меньше пентозан, чем в шестирядном;
сахароза	1—3 в пересчете на сухое вещество;
редуцирующие сахара, %	0,1—0,5 в пересчете на сухое вещество;
жир	1—3 в пересчете на сухое вещество, в среднем 2;
общие азотистые вещества	9—13 в пересчете на сухое вещество, в среднем 10;
общий растворимый азот	1,5—1,9 растворимых азотистых веществ или 15—19 от общего азота;
растворимый некоагулируемый азот	1—1,5 или 60—80 от общего растворимого азота (10—15% общего азота ячменя);
растворимый коагулируемый азот	0,2—0,5 или 15—25 от общего растворимого азота (2—6 от общего азота зерна)
Формольный азот (аминокислоты) на 100 *г* сухого ячменя	18—30 *мкг*
Кислотность (на 100 *г* сухого ячменя):	
первоначальная	
1-я стадия (pH 7,07)	5—20 *см*³ 0,1 н. NaOH
2-я стадия (pH 8,67)	20—30 *см*³ 0,1 н. NaOH
общая	
1-я стадия	40—50 *см*³ 0,1 н. NaOH
2-я стадия	50—60 *см*³ 0,1 н. NaOH
pH	6—6,3
Экстрактивность	72—82% в пересчете на сухое вещество (двухрядный ячмень около 80%, шестирядный—около 74%)

Формула Бишопа: $E = 84—0{,}85\ P + 0{,}15\ G$,

где E — выход экстракта в пересчете на сухое вещество солода, %;
P — содержание белка (N · 6,25) к сухому веществу ячменя, %;
G — масса 1000 зерен по отношению к сухому веществу ячменя, *г*.

Ферментативная сила	50—200 единиц Виндиша—Кольбаха
Зола, %	2—3
Содержание в золе, %	
фосфорной кислоты	35
кремниевой кислоты	26
калия	20

БАЛЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЯЧМЕНЯ (ПО ГОПКИНСУ И КРАУЗЕ)

Органолептические определения, баллы:

Общий вид	15
Тонкость оболочек	от —5 до +5
Запах	от —5 до 0
Цвет	от 0 до +5

Объективные определения

Выравненность. При определении выравненности устанавливается процентное содержание зерен разных диаметров в навеске и умножается на соответствующую балльную оценку.

При диаметре зерна:

меньше 2,2 *мм*	%*x*—0,3 балла
меньше 2,2—2,5 *мм*	%*x*—0,1 балла
меньше 2,5—2,8 *мм*	%*x*+0,1 балла
более 2,8 *мм*	%*x*+0,3 балла

Азотистые вещества:

при содержании 11%	0
при каждом увеличении на 0,1%	—1 балл
при снижении на 0,1%	+1 балл
Однако ниже 10% не оценивается выше 10 баллов	
Стекловидность	%*x*—1 балл
Посторонние зерна	%*x*—1 балл
Поломанные зерна	%*x*—1 балл
Проросшие зерна	%*x*—1 балл

2. СОЛОД

ФИЗИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Цвет — бледно-желтый или темно-желтый (зависит от сорта), без плесени (зеленые или черные пятна); если цвет слишком бледный, следует опасаться, что зерно было хилым.

Запах — здоровый, свежий, более или менее ароматный.

Следует остерегаться затхлого вкуса, привкуса плесени, дыма, прогорклости и т. п.

Вкус должен быть сладким, ароматным, сахаристым; при плохом хранении солод может приобрести кислый привкус и привкус плесени.

Засоренность всеми загрязнениями не должна превышать 1%. Следует удалить поломанные, раздавленные, заплесневелые и посторонние зерна, корешки, пыль и т. п.

Сортировка необходима особенно тщательная.

Масса 1000 зерен составляет 30—38 *г*, или в пересчете на сухое вещество 20—25 *г*. Темный солод гораздо легче светлого солода.

Масса солода, занимающая объем 1 *гл* (в *кг*):

очень легкий солод	меньше 50
легкий солод	50—53
средний солод	53—56
тяжелый солод	больше 56

Объемная масса солода от 0,95 до 1.

Испытание на погружение — хорошо растворенные зерна ложатся на воду, а плохо растворенные зерна располагаются в воде вертикально.

При светлом солоде погружено максимум 30—35% зерен, при темном солоде — максимум 25—30% зерен.

Ядро — содержание мучнистых зерен у темного солода минимум 90%, а у светлого — 95%; целиком стекловидных — максимум 2—3%.

Длина листового побега должна составлять 60—80% длины зерна; у светлого солода она несколько меньше.

Количество непроросших зерен максимум 4%.

В светлом солоде не должно быть «гусаров», в темном — максимальное их содержание может достигать 5%.

Проба на прорастание — в светлом солоде 25—30% зерен, способных прорастать, в темном солоде — максимум 3—5%.

ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Влажность, %.

светлого солода	3—4
темного солода	1—2

Анализ выполняется сразу после сушки, так как солод очень водочувствителен.

Пределы влажности солода установлены конвенцией в Брюсселе (в %):

между 1 ноября и 31 мая	5
между 1 июня и 31 июля	6
начиная с 1 августа для ячменя предыдущего года урожая	6,5

Выход экстракта (на сухое вещество) составляет при производстве (в %):

светлого солода	75—82
темного солода	75—78

Продолжительность осахаривания, *мин*:

Пильзенский солод	10—15
Венский солод	20—25
Мюнхенский солод	30—35

Окраска определенного солода должна соответствовать известному количеству 0,1 н. раствора йода, вычисляемому в кубических сантиметрах. Она составляет в *см*³ 0.1 н. йода для солода:

Пильзенского	до 0,25 (в среднем 0,16—0,18)
Венского	0,3—0,5
Мюнхенского	0,6—1,1

Мальтоза содержится в солоде, %:

Пильзенском	65—72
Венском	63—68
Мюнхенском	59—65

Соотношение мальтозы и немальтозы для солода:

Пильзенского	1:0,4 и 1:0,5
Венского	1:0,5 и 1:0,6
Мюнхенского	1:0,55 и 1:0,7

Сахароза в экстракте сусла находится в количестве 5—8%.

Свободные сахара 7—10% в пересчете на сухое вещество солода.

Декстрины 18—25% в пересчете на сухое вещество солода.

Пентозаны 2—4%; их содержится больше в сусле, приготовленном из светлых солодов, чем в сусле из темных солодов.

Способность поляризации у сусла составляет 105—130.

Конечная степень сбраживания (в %):

кажущаяся	
светлое сусло	73—78
темное сусло	60—66
фактическая	
светлое сусло	58—64
темное сусло	48—54

Общие азотистые вещества 8—13% в пересчете на сухое вещество: 60% содержится в эндосперме и оболочках, 40% — в зародыше.

Общий растворимый азот 25 — 40% от общих азотистых веществ; этот процент немного выше у светлого солода, проращиваемого всегда при более низкой температуре.

Растворимый некоагулируемый азот 32—48% от общих азотистых веществ.

Определение растворимого некоагулируемого азота позволяет установить количество азота, содержащегося в сусле.

Растворимый коагулируемый азот 6—9% от общего азота или 18—28% от общего растворимого азота.

Формольный азот (аминокислоты) 10—12% от общих азотистых веществ или 160—250 *мг* на 100 *г* темного сусла в зависимости от полноты меланоидинообразования.

Общая кислотность вычисляется в *см*³ н. раствора NaOH. На 100 *г* сухого вещества она составляет:

в солоде	
на 1-й ступени	1,8—3 *см*³
на 2-й ступени	3,6—4,6 *см*³
в сусле	
на 1-й ступени	3,8—4,2 *см*³
на 2-й ступени	10—14 *см*³
pH	5,4—5,7

Ферментативная сила выражается в единицах Виндиш — Кольбаха или в единицах Линтнера:

единица Виндиш—Кольбаха — количество граммов мальтозы, образовавшейся путем осахаривания растворимого крахмала под действием 100 *г* сухого солода за 30 *мин* при 20° С и pH 4,3;

единица Линтнера — диастатическая сила солода по Линтнеру — равна 100°, если 0,05 *см*³ 5%-ной вытяжки из солода при действии на 2%-ный растворимый крахмал образует количество мальтозы, необходимое для восстановления 5 *см*³ жидкости Фелинга.

В Европе для определения диастатической активности используют только метод Виндиш—Кольбаха (WK).

Для перевода одной единицы в другую пользуются следующими формулами:

$$°\text{Линтнера} = \frac{(°\text{WK} + 16)}{35}, \quad °\text{WK} = (°\text{Линтнера} \cdot 3{,}5) - 16;$$

светлый солод:

отличный	выше 250
хороший	200—250
средний	150—200
плохой	меньше 150
темный солод	70—120° WK

Жиры — количество жиров в солоде в зависимости от сорта составляет 0,4—0,5%.

АЗОТИСТЫЕ ВЕЩЕСТВА ЯЧМЕНЯ И СОЛОДА

Лейкозин — это альбумин, растворимый в дистиллированной воде, солевых или щелочных сильно разбавленных растворах. При нагревании до 80° С альбумин денатурируется и полностью коагулирует, если pH доведен до изоэлектрической точки (pH i).

Лейкозин подвергается небольшим изменениям во время соложения. Он переходит при затирании в сусло и присутствует в денатурированном состоянии в течение всей варки. pH сусла выше pH i, лейкозин переходит здесь в суспендированную форму и осаждается во время выдержки.

Если лейкозин находится и в готовом пиве, то он может вызвать при сотрясениях необратимую муть или чистую белковую муть.

Эдестин. Это глобулин, нерастворимый в дистиллированной воде, но растворимый в разбавленных солевых растворах (обычно в лабораториях используют 5%-ный раствор K_2SO_4 и 1%-ный NaCl).

Свойства глобулина изменяются при кипячении, но он коагулирует не полностью даже при изоэлектрической точке, если в сусле содержится мало солей.

Эдестин попадает из раствора в сусло с помощью солей металлов (фосфатов из солода); он разлагается при варке, но осаждается не полностью; содержится в готовом пиве, где вызывает большинство коллоидных помутнений.

В сусловарочном котле эдестин создает вместе с танином глобулино-таниновые необратимые соединения, менее растворимые на холоде, чем в тепле, и образующие белковый отстой.

Эдестин, содержащийся в готовом пиве, вызывает холодную муть, обратимую в том случае, если пиво не соприкасалось с кислородом.

Вместе с металлами, особенно железом, медью, оловом, он образует необратимые глобулино-металлические соединения.

Гордеин. Это проламин, растворимый в чистой воде, разбавленных солевых растворах и безводном спирте. Он растворяется в 70%-ном водно-спиртовом растворе, щелочных и слабокислых растворах.

Гордеин является азотистой фракцией и подвергается наибольшим изменениям во время соложения.

Гордеин не переходит при затирании в сусло.

Глютелин. Не растворяется во всех упомянутых выше растворителях; растворяется в разбавленных кислотах (1%) и сильно разведенных щелочах (1‰) в отсутствие солей металлов.

Глютелин ячменя (не имеет специального названия) подвергается небольшим изменениям во время соложения и не переходит в затор. Его можно вновь обнаружить в дробине, которой он придает питательную ценность.

Альбумозы и пептоны (продукты распада) содержатся в небольшом количестве в ячмене и в значительно большем — в солоде, в избытке — в сусле.

Они нерастворимы в чистой воде и солевых растворах.

Участвуют в образовании пены и придают пиву полный вкус.

Пептиды и аминокислоты (продукты распада), как альбумозы и пептоны, в большом количестве содержатся в сусле в связи с протеолизом, развивающимся при затирании.

Пептиды образуют коллоидные растворы, аналогичные растворам, вызываемым альбумозами и пептонами, тогда как аминокислоты образуют истинные растворы. Они представлены в сусле в виде усваиваемого азота, необходимого для питания дрожжей.

БАЛЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПИВОВАРЕННОГО СОЛОДА

(предложено Франком А. Миллер и адаптировано Союзом американских пивоваров)

Длина листового побега. Снизить:

1 балл, если более 5% зерен имеют длину листового побега от 0 до $^1/_4$ длины зерна;

0,5 балла, если более 6% зерен имеют длину листового побега от $^1/_4$ до $^1/_2$ длины зерна;

0,5 балла, если 6% зерен имеют длину листового побега больше длина зерна;

0,5 балла, если меньше 82% зерен имеют длину листового побега от $^3/_4$ до 1 длины зерна.

Повысить на 0,5 балла, если более 82% зерен имеют длину листового набега от $^3/_4$ до 1 длины зерна.

Отходы. Снизить 0,5 балла за каждые 0,2% отходов свыше 2%.

Увеличить на 0,5 балла за каждые 0,2% отходов ниже 2%.

Плесень. Снизить:

5 баллов, если имеются следы плесени;

10 баллов, если ядро покрыто плесенью.

Влажность. Снизить 1 балл за каждые 0,3% свыше 5%.

Увеличить на 1 балл за каждые 0,3% ниже 5%.

Экстракт. Увеличить на 1,1 балла за каждый 1% экстрактивных веществ (в пересчете на сухое вещество).

Осахаривание. Снизить 1 балл за каждую минуту свыше 5 *мин.*

Увеличить на 1 балл, если время осахаривания равно или меньше 5 *мин.*

Цветность. Снизить 0,5 балла за каждые 0,2 *мм* 0,1 н. раствора йода свыше 2 *мл.*

Увеличить на 0,5 балла за каждые 0,2 *мл* 0,1 н. раствора йода ниже 2 *мл.*

Фильтрация. Снизить:

5 баллов, если фильтрат с опалесценцией;

10 баллов, если фильтрация дает мутное сусло.

Увеличить на 2 балла, если сусло после фильтрации блестящее.

Разница в выходах между тонким помолом и грубым помолом. Снизить 0,5 балла за каждые 0,2% выше 2%.

Увеличить на 0,5 балла за каждые 0,2% ниже 2%.

Диастатическая сила в °Линтнера. Снизить 0,16 балла за каждый градус Линтнера ниже 110.

Белки. Снизить 1 балл за каждый 1% ниже 12%.

Оценку диастатической силы и белков нельзя применять к специальным солодам и к солодам, выработанным из фуражного ячменя.

Оценка от 70 до 80 баллов соответствует стандартному солоду, от 80 до 90 — отборному. При оценке выше 90 солод считается отличного качества.

СПЕЦИАЛЬНЫЕ СОЛОДА. КРАСИТЕЛИ

Протеолитический солод. Этот солод перед сушкой замачивают в биологически окисленном сусле (спонтанно закисленном). Содержание молочной кислоты в 100 *кг* протеолитического солода составляет 1—2 *кг*. Такой солод используется при затирании из расчета 3—4% всей засыпи.

Для того чтобы окислить сусло, следует приготовить вытяжку из протеолитического солода и использовать ее при охмелении сусла.

Карамельный солод, обработанный при 120—130° С, имеет следующие показатели:

влажность	3—10%
выход экстракта	70—75% (сухое вещество)
масса солода в объеме 1 *гл*	максимум 45 *кг*
масса 1000 зерен	меньше 30 *г*
красящая способность	14—20° Линтнера

Карамельные солода типа «Карапильс» (Cara-pils) обладают красящей способностью около 0,5° Линтнера.

Красящий или жженый солод, обработанный при 210—220° С, имеет следующие показатели:

влажность	2—6%
масса в объеме гектолитра	45 *кг*
выход экстракта	60—65% (на сухое вещество)
масса 1000 зерен	меньше 28 *г*
красящая способность	140—160° Линтнера

Красители. Раньше красители вырабатывали из солода: нужно было лишь сконцентрировать сусло, приготовленное из солодов типа Мюнхенского. В настоящее время запрещено использование этих красителей, только несколько пивоваренных заводов в Баварии приготовляют их для своих потребностей.

Красители теперь получают путем нагрева сиропа глюкозы. Карамелизация усиливается вместе с повышением температуры.

Хороший краситель не должен:

придавать пиву горечи или резкости;

вызывать муть, осадок, даже при низкой температуре;

окрашивать пену.

Красящие вещества могут быть использованы в пивоварении лишь в том случае, если в них меньше 7% сбраживаемых веществ.

Проверка качества красителя производится следующим образом.

Взять три бутылки светлого пива, из которых одну оставить в качестве контроля.

Добавить в две бутылки краситель в количестве, необходимом для получения нужного оттенка.

Одну бутылку сохранять в течение 4 *ч* при температуре 10° С, а другую — 6 *ч* при 25° С.

Сравнить обе бутылки с контрольной; если получился темно-мутный оттенок у пива, то краситель не рекомендуется применять. Если обнаружена муть, то следует проверить, нет ли железа.

Иногда недостаточно концентрированные красители имеют тенденцию сбраживаться под действием молочнокислых бактерий. В этом случае их использование следует перенести на стадию кипячения сусла.

3. НЕСОЛОЖЕНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

К крахмалистым веществам принадлежат рис, кукуруза, маниока, картофельная мука, пшеница, овес, рожь, банановая мука, мука из каштана, проса и сорго.

РИС И ЕГО СУБПРОДУКТЫ

Состав риса дан в табл. 59.

Сорта риса:

Пэди (Paddy) — цельные зерна, покрытые оболочкой;

белый рис или полный рис — рис с шелухой;

рис Карго — рис с не полностью снятой шелухой;

полированный рис — отшелушенный, полированный для улучшения его внешнего вида

В пивоварении рис используется в виде:

сечки — отходы риса при шелушении и полировке;

крупки (широко используется);

муки, которую избегают применять из-за затруднительной фильтрации;

оболочки риса (пелликулы) могут быть использованы без варки.

Таблица 59

Состав риса (в %)

Показатели	Без шелухи	С шелухой	Помол полированного риса	Оболочка
Вода	9,8	13,3	10,3	7,5
Азотистые вещества	5,8	7,9	1,0	4,0
Жир	1,7	0,7	0,06	0,2
Крахмал	76,8	79,4	91,0	88,0
Целлюлоза	5,8	0,8	0,2	0,4
Зола	1,1	1,0	0,3	0,5
Щелочность	0,03	0,04	0,01	0,02

Внешний вид:

В сечке не должно содержаться большого количества посторонних включений;

крупка должна быть белой, соответствующих размеров, без посторонних включений;

муку очень легко фальсифицировать; проверять ее следует под микроскопом.

Запах. Следует остерегаться плесневого запаха, особенно если рис был подмочен.

Влажность колеблется от 9 до 14%. Влажный рис не сохраняется.

Экстрактивные вещества обычно составляют 75—85%. Не следует забывать, что только варка под давлением обеспечивает максимальное извлечение экстрактивных веществ, исключая случаи использования оболочки.

Белковые вещества. Их содержание 4—8%; только растворимый азот переходит при затирании в пиво.

Жиры. Количество их незначительно.

Щелочность. Обычно щелочность очень слабая: довольно редко ее нужно нейтрализовать посредством серной кислоты.

КУКУРУЗА И ЕЕ СУБПРОДУКТЫ

Состав кукурузы дан в табл. 60.

В пивоварении кукуруза используется в следующем виде.

Цельные зерна попадаются лишь случайно, их удаляют.

Мука — ее легко фальсифицировать; использование кукурузной муки в пивоварении затрудняет фильтрацию.

Таблица 60

Состав кукурузы (по Ван Лееру)

Показатели	Цельная кукуруза	Кукурузная мука	Грубый помол	Помол очищенного зерна	Оболочки	Мука из оболочки
Вода	15,5	13,5	12,6	10,2	11,8	8,0
Целлюлоза	2,5	2,0	0,7	0,03	0,6	0,01
Азотистые вещества	10,5	9,0	8,0	0,24	7,8	0,20
Жиры	4,8	2,7	0,8	0,05	0,6	0,02
Зола	1,5	1,0	0,7	0,18	0,5	0,17
Крахмал	65,7	71,8	77,2	89,3	78,7	91,6

Крупка — самая лучшая форма кукурузы, но при условии, что она не будет слишком крупной во избежание затрудненного осахаривания.

В Англии дает отличные результаты использование оболочек кукурузы.

Внешний вид. Оценка производится так же, как и для риса.

Запах. Не должно быть постороннего запаха.

Влажность. Во избежание появления плесени, окисления в крупке и муке не должно содержаться влаги более 13—14%, в оболочках — 12%.

Экстрактивные вещества. Их количество колеблется от 77 до 81% к массе зерна.

Жиры. Содержание жиров в кукурузе следует беспрестанно контролировать; оно колеблется в пределах 4—7%. Жиры обычно находятся в зародыше и вокруг зерен.

При таком высоком проценте жиров требуется предварительное обезжиривание. В кукурузе, используемой в пивоварении, содержание жиров должно быть доведено до 0,5—1%.

Для оценки содержания жира в кукурузе можно руководствоваться следующими показателями:

от 0,05 до 0,5% — отличная;
от 0,5 до 1% — очень хорошая;
от 1,0 до 1,5% — хорошая.

МАНИОКА

Товарный вид маниоки — мука; состав ее следующий, %:

влажность	2—5
крахмал	70—85
сахара	2,5—4
азотистые вещества	1—3
целлюлоза	2—3
зола (с большим содержанием фосфорной кислоты)	1,5—2
щелочность (выражено в H_2SO_4 на 100 *г*)	0,08—0,5

Маниока очень выгодна по своей цене, содержание экстракта в ней высокое (83—85% к массе зерна), а процент белков очень низкий (1—3%). К сожалению, она отличается ярко выраженной щелочностью (в среднем 0,15—0,40), которую следует при затирании откорректировать путем добавления 50—150 *г* H_2SO_4 на 1 *ц* маниоки.

Однако в связи с низким содержанием белков следует ограничить дозы маниоки, используемой при затирании, во избежание получения «заурядного» пива, малоприятного, не мягкого и без пены.

КАРТОФЕЛЬНАЯ МУКА

Она не вносит азота в сусло; в засыпь следует добавлять не более 5—10%. Полученное при этом пиво бывает очень стойким.

Внешний вид. Картофельный крахмал первого сорта очень белый, второго — слегка сероватого цвета, но это для пивоварения не имеет никакого значения.

Влажность. Обычно она достигает 15%, но бывает и 25%, в чем можно убедиться на ощупь.

Экстрактивные вещества составляют 92—95% к массе муки.

ПШЕНИЦА

Масса 1000 зерен, *г*	40—46
Масса пшеницы в 1 *гл*, *кг*	76—80
Влажность, %	12—14
Экстрактивные вещества, %	74—78
Крахмал, %	55—70
Белки, %	11—13
Жиры, %	1,5—2
Зола (много фосфорной кислоты, магния и калия), %	1,5—2
Целлюлоза, %	2—3

ОВЕС

Масса 1000 зерен, *г*	30—38
Масса овса в 1 *л*, *кг*	45—50
Влажность, %	10—16
Белки, %	8—18
Крахмал, %	45—65
Целлюлоза, %	7—18
Жиры, %	3—7
Зола (много фосфорной кислоты, магния и калия), %	1,5—5

РОЖЬ

Влажность, %	10—15
Крахмал, %	55—65
Азотистые вещества, %	10—16
Жиры, %	1,5—2
Целлюлоза, %	1,5—2
Зола, %	1,5—2

БАНАНОВАЯ МУКА

Влажность, %	12—14
Белки, %	2—5
Щелочность, %	0,8—1
Экстрактивные вещества, %	80—88

МУКА ИЗ КАШТАНА

Влажность, %	8—13
Белки, %	6—8
Жиры, %	3—5
Экстрактивные вещества, %	70—78

МУКА ИЗ ПРОСА

Влажность, %	10—15
Жиры, %	3—5
Экстрактивные вещества, %	60—68

МУКА ИЗ СОРГО

Влажность, %	8—12
Белок, %	10—12
Жиры, %	3—5
Экстрактивные вещества, %	48—63

В сахаристые вещества входят приведенные ниже сахара.

Глюкоза. По французскому законодательству допускается в глюкозной массе содержание: 25% воды, 15% декстринов, 1,5% минеральных веществ; продукт не должен содержать никаких ядовитых веществ.

Кристаллическими глюкозой и сиропом называется сахаристое вещество, полученное в результате осахаривания крахмалистых веществ при помощи кислоты, максимальная кислотность которой соответствует 0,2 *г* серной кислоты на 100 *г* продукта, содержащего не более: 25% воды, 45% декстринов, 1% минеральных веществ и не содержащего никаких ядовитых веществ.

Средний состав глюкозы дан в табл. 61.

Мальтозой называется сахаристое вещество, полученное осахариванием крахмалистых веществ чисто биологическим путем.

Таблица 61

Средний состав товарной глюкозы (в %)

Показатели	Глюкозный сироп	Глюкозная масса
Вода	15—25	15—22
Безводная глюкоза	35—45	68—80
Декстрины	30—45	3—12
Зола	0,2—0,8	0,2—1
Железо	Максимум 2 *г* на 100 *кг*	
Кислотность, $см^3$ 1 н. NaOH/100 *г*	1—2	1—2

Глюкоза содержит 78—83% экстрактивных веществ, из которых сбраживается 60—80%.

Самый важный показатель в золе — железо. Достоинством глюкозы является ничтожное содержание в ней железа; в плохо приготовленной глюкозе всегда гораздо больше железа.

Глюкоза с большим содержанием железа придает пиву нехарактерный оттенок (отчего обязательно требуется осветление), отрицательно влияет на дрожжевые клетки во время брожения, и пиво получается «гладкое» и слабопенистое.

Следует подчеркнуть, что количество железа, содержащегося в глюкозе, зависит от используемой на производстве аппаратуры.

Инвертный сахар представляет собой продукт, полученный путем разложения сахарозы на глюкозу и фруктозу.

Инвертный сахар не должен содержать больше 20% сахарозы, 25% воды, 0,5% минеральных веществ. В нем не должно быть никаких вредных веществ. Максимальная кислотность такого сахара должна соответствовать 0,35 *г* сернистой кислоты на 100 *г* продукта.

Плотность сахарного инвертного сиропа не должна быть больше 30° Bé; если она выше, то сироп мутнеет и кристаллизуется.

Состав сиропа зависит от способа производства.

Инвертные сахара хорошего качества не содержат более 5% сахарозы.

Сахароза. Сахаром-рафинадом называется сахар в зернах, брусочках, таблетках или кусочках, полученных в результате

перекристаллизации сахара-сырца, очистки и повторной кристаллизации. В нем содержится не менее 99,5% сахарозы в 100 *г* сухого продукта так же, как и в полученных из него песке и пудре.

Белый кристаллический сахар в зернах содержит более 98% сахарозы так же, как и полученные из него крупка и пудра.

Сахар низкого титрования — желтый сахар, содержащий 85—98% сахарозы.

Сахарный песок-сырец, полученный из тростникового сахара, называется кассонадом.

Леденцом (канди) называется сахароза, полученная в крупных кристаллах в результате медленной кристаллизации сахарных растворов.

Сахаром из отходов и желтым сахарным песком (бастра) называют низкосортные твердые продукты, полученные в результате рафинирования сахара.

Мелассой называется низкосортный жидкий продукт, полученный при производстве и очистке тростникового и свекловичного сахаров.

Французским законодательством запрещается хранить или продавать для питания людей мелассу, содержащую ядовитые вещества или более 10% каких-либо минеральных веществ.

В настоящее время по просьбе французских пивоваров узаконено запрещение использования мелассы в пивоварении.

Запрещена подделка сахара при помощи искусственной окраски.

4. ХМЕЛЬ

Основные районы культивирования хмеля — Чехословакия, Польша, Югославия, Франция, Англия. США, ФРГ.

СТРОЕНИЕ ХМЕЛЕВЫХ ШИШЕК

Хмель (Humulus lupulus) — вьющееся двудольное многолетнее растение, ботанически довольно близкое к крапиве.

Шишки

Полезная часть		Балластная часть
Лупулин	Лепестки	
1) α, β, γ-смолы 2) гумулон и лупулин 3) эфирные масла	таннины	1) стебли 2) черешки 3) семена

ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Влажность составляет

после уборки урожая	75%
после сушки	в среднем 10%

С влажностью выше 12% хранение хмеля затруднено, ниже 9% он осыпается. Кроме того, трансформация лупулина ускоряется.

Для предотвращения изменения лупулина необходимо хранить хмель на холоде, без доступа воздуха, в сухом и темном помещении.

Хмель всегда прессуют в тюках. Иногда эти тюки помещают в закрытую металлическую цилиндрическую тару.

Эфирные масла. Они возгоняются с водяным паром. Содержание их колеблется от 0,2 до 1% (в сухом хмеле). 60—80% эфирных масел попадают во время кипячения в сусло, через 30 *мин* после начала кипячения, а 90% — через 2 *ч*.

Азотистые вещества содержатся в количестве 12—25% (от сухого хмеля), из которых $^1/_3$ растворимых.

Целлюлоза составляет 45—55% (от сухого хмеля).

Зола. Определением количества золы можно установить подделку, обычно оно колеблется в пределах 5—10%.

Пектины. Растворимы в кипящей воде. Содержание их 12—13% (от сухого хмеля).

Мышьяковистый ангидрид. В хмеле, окуренном серой, содержится в среднем 0,08—0,7 *мг* мышьяковистого ангидрида.

В хмеле, не обработанном серой, содержится в среднем 0,006—0,025 *мг* As_2O_3 (мышьяковистого ангидрида).

Общие смолы. Извлекаются метиловым спиртом. Они составляют 14—22% (в сухом хмеле), в среднем — 18%.

Фракционирование смол представлено в табл. 62.

Таблица 62

Фракционирование смол

Группы, изолированные по Хейдаку (Hayduck) и определенные методом Веллмера		Сухой хмель, %	Общее количество смол, %	Мягкие смолы, %
Группа α	α - Смола + α - горькая кислота или гумулон ($C_{21}H_{30}O_5$)	3,5—8	20—35	25—38
Группа β	β - Смола + β - горькая кислота или лупулин ($C_{26}H_{38}O_4$ + трансформированные α - смолы	6—12	40—60	45—65
Группа γ	γ - Твердая смола, лишенная горечи и антисептической способности (не представляет интереса для пивоварения)	1,5—3	8—16	—

Степень горечи $100\left(\alpha + \frac{\beta}{9}\right)$.

Антисептическая способность $100\left(\alpha + \frac{\beta}{3}\right)$,

где α и β — содержание фракции Веллмера, % от сухого хмеля.

Органолептическая оценка. Эластичность. Хорошо собранный хмель должен быть эластичным, медленно сжиматься в руке, что указывает на высокий процент содержания смол. Кроме того, на ощупь он должен быть шелковистым и липким.

Цвет. В зависимости от вида и сорта он бывает различным. Обычно хмель — золотисто-зеленый.

Темно-зеленый цвет является признаком преждевременной (ранней) уборки хмеля.

Желто-красноватый — свидетельствует о преждевременном созревании.

Черноватый и сероватый оттенок является признаком согревания или болезни хмеля.

Следует остерегаться окуривания серой, которое маскирует ненормальные цвета и оттенки хмеля.

Засоренность. Не следует допускать никаких посторонних веществ, листьев и т. п.

Шишки следует убирать с коротенькими черешками (около 8 *мм*).

Шишки (форма, величина, однородность, целостность). За исключением шишек американского хмеля, шишки не должны быть слишком крупными (масса 100 шишек колеблется от 13 до 24 *г*). Величина шишек хмеля в Чехословакии не превышает 16 *мм*.

Форма шишек должна быть эллипсоидальной. Однородная окраска и одинаковая величина шишек являются показателем хорошего качества и чистоты сорта.

Шишки должны быть целыми и закрытыми. Если они открыты и имеют разрывы, то лупулин во время обработки теряется и такие шишки очень плохо хранятся.

Аромат хмеля бывает различным в зависимости от сорта и мест его произрастания. Чтобы определить запах хмеля, следует разломить шишку пополам и потереть одну половину о другую: при этом будет ощущаться хмелевой аромат.

Аромат должен быть приятным (нежным) и тонким. Нужно добиваться получения хмеля с большим содержанием лупулина и приятным запахом. Шишки с большим содержанием лупулина, но без аромата, не следует принимать в производство.

Вкус. При опробовании на вкус (разжевывании) не должна ощущаться неприятная или острая горечь.

Лупулин. Содержание лупулина в хмеле должно быть высоким; цвет желтый, светло-золотистый; поверхность должна быть гладкой, блестящей и слегка клейкой.

Лупулин матовый, коричневатый свидетельствует о плохом хранении хмеля и о его лежалости (старый).

Семена. Следует отбраковывать шишки с большим содержанием семян.

Во всяком случае это не является характеристикой качества хмеля.

Структура прицветного листа и оси стебля (черешков):

прицветные листья должны быть тонкими и мягкими, масса их не должна превышать 75% массы шишки;

черешки должны быть короткими и тонкими, масса их не должна превышать 4% массы шишек.

Балльная система оценки

Метод, принятый в Чехословакии		Метод V. L. B. (школа пивоваров в Берлине) — усовершенствованный (Bonitierungsrichtverfahren)	
I. Товарная оценка (максимум 50 баллов)		*I. Положительные баллы при оценке хмеля хорошего качества*	
Уборка хмеля	1—5	Уборка хмеля	1—5
Цвет и блеск	1—10	Влажность	1—5
Характер и однородность шишек	1—5	Цвет и блеск	1—10
Содержание лупулина и окраска	1—10	Характер шишек	1—10
Аромат	1—10	Содержание лупулина	1—30
Отсутствие изъянов	1—5	Аромат	1—30
Общее впечатление	1—5		
II. Физические показатели (максимум 30 баллов)		*II. Отрицательные баллы при оценке хмеля плохого качества*	
Весовой процент черешков	1—5	Повреждения, нанесенные животными или растениями	0—10
Толщина черешков	1—10	Плохая обработка	0—10
Масса хмеля	1—5	Опыление	0—10
Однородность черешков	1—10		
III. Химический анализ по методу Веллмера (максимум 20 баллов)		*III. Общая оценка*	
Гумулон	1—10	Сумма баллов составляет	
Лупулин	1—5	для отличного образца	72—74
Твердые смолы	1—5	для среднего образца	64—65
IV. Общая оценка		для плохого образца	56—57
Сумма баллов для образца отличного качества	81		

Примечание. Для обоих методов: 1 балл свидетельствует о самой низкой оценке. Для метода V. L. B. балл 0 означает, что в данном случае снижать балл нельзя.

5. ВОДА

Анализ воды Франции представлен в табл. 63 и 64 (данные взяты из Бюллетеня французского общества по строительству «Бабкок и Вилькокс» (Babcock et Wilcox).

Таблица 63

Вода из районов с кислыми почвами

Местонахождение источника	Жесткость воды, *мг-экв/л*		Двуокись кремния SiO_2	Углекислый кальций $CaCO_3$	Углекислый магний $MgCO_3$	Сернокислые соли		Хлористые соли		Соли		MgO
	общая	постоянная				Ca	SO_4	Cl	NaCl	MgO	CaO	
Массив Арморикен												
Динан (буровая скважина)	3,745	0,89	18	—	—	—	33	36	—	—	45	6
Брест (буровая скважина)	1,43	—	—	—	—	—	—	—	7	—	—	—
Ренн (буровая скважина)	2,5	2,14	—	21	—	28	—	—	82	11	—	—
Вернон (около Манта)	2,85	—	11,5	—	—	—	—	3	—	—	15,5	5,8
Центральный массив												
Турнон-ле-Ду	0,36	—	5	0	—	0	—	—	23	—	—	—
Вивье (Авейрон, буровая скважина)	2,85	0,52	6,9	30,9	18,7	—	—	—	21,9	—	—	—
Монлюсон (Шер)	1,07	1,07	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Клермон-Ферран	2,85	1,59	14	—	—	—	5,2	4,25	—	—	—	—
Бефф (Луара)	3,01	0,16	43,2	36,1	—	—	—	—	21	6	—	—
Имфи (Луара)	3,57	1,78	—	51,5	—	70	—	—	—	—	—	—
Корниль (Коррез)	1,07	0,36	6,6	—	—	—	7,3	7,5	—	—	5,4	—
Сейля (Вьенна)	1,59	0,36	4,2	36	—	—	—	—	18,7	—	—	—
Вогезский массив												
Мюлуз	2,85	1,43	14,4	61,8	—	—	—	—	13,1	12,5	—	—
Рейшофен	2,5	0,36	4,8	41,2	—	—	—	—	32,1	12,5	—	—

Таблица 64

Вода из района щелочных пород

Местонахождение источника	Жесткость воды, *мг-экв/л*		Двуокись кремния SiO_2	Углекислый кальций $CaCO_3$	Углекислый магний $MgCO_3$	Сернокислые соли			Хлористые соли		Соли		MgO
	общая	постоянная				Ca	Mg	SO_3	Cl	NaCl	MgO	CaO	
Парижский бассейн													
Район Севера													
Абвиль (Сомма)	8,56	—	7	125	—	10	—	—	—	35	5	—	—
Район Запада													
Руан (Сена)	9,45	1,43	18,2	236	—	31	—	—	—	26	12,5	—	—
Руан (буровая скважина)	7,49	0,16	13,8	185	—	11	—	—	—	32	21	—	—
Граид Куронн (буровая скважина)	7,84	1,43	4	139	—	15	—	—	—	33	48	84,5	25,5
Бапом-ле-Руан	8,56	1,23	—	190	—	—	—	—	—	35	37,5	—	—
Кан	12,83	7,84	—	180	—	231	—	—	—	105	—	—	11
Жизор	9,71	0,72	14,8	236	—	—	—	—	—	31,6	25	—	—
Эвре	7,12	—	11,8	177	5	23	—	—	—	58,5	—	103	2,4
Район Востока													
Монтеро	11,41	3,72	12,2	242	—	—	—	—	—	17,5	25	—	—
Труа	9,29	2,85	—	—	—	—	—	27,8	26	—	—	111	4,1
Бар-ле-Дюк (Орнен)	8,2	—	—	202	7	—	—	—	—	—	2	—	—
Нанси (буровая скважина)	10,34	4,46	10,4	149	—	—	—	—	—	263	12,5	—	—
Район Юга													
Гайярдон	11,41	1,43	—	—	—	—	—	—	36	—	—	—	—
Аижер (Мэн)	11,06	5,7	—	134	—	148	—	—	—	—	75	—	—
Шатору (буровая скважина)	6,42	2,85	—	123	—	54	—	—	—	22	—	—	—

Местонахождение источника	Жесткость воды, *мг-экв/л*		Двуокись кремния SiO_2	Углекислый кальций $CaCO_3$	Углекислый магний $MgCO_3$	Сернокислые соли			Хлористые соли		Соли		MgO
	общая	постоянная				Ca	Mg	SO_3	Cl	NaCl	MgO	CaO	
Парижский район (вода Сены)													
Витри	8,56	1,07	—	186	9,5	23	—	—	—	5,5	—	—	—
Женневилье	8,2	1,07	—	182	13	21	—	—	—	6,5	—	—	—
Париж	8,2	1,07	3	181	8,5	20,8	—	—	—	8,5	—	—	—
Клиши	9,29	1,07	4,6	185	10	24	—	—	—	4,3	—	—	—
Парижский район (вода из буровых скважин)													
Нуази-ле-Сек	24,96	17,1	83	113	—	282	—	—	—	114	225	—	—
Клиши	45,65	26,74	48	526	—	347	—	—	—	204	400	—	—
Митри	26,74	12,48	—	350	—	226	—	—	—	8,3	183	—	—
Дюньи	20,32	6,42	84	—	—	—	—	81	4	—	—	265	43
Женнвилье	14,98	2,5	20	243	84	94	—	—	—	5	—	—	—
Аквитанский бассейн													
Ангулем (буровая скважина)	9,98	3,21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Бордо (Жироида)	5,24	2,99	8,8	—	—	—	—	23,5	4,1	—	—	74,8	14,1
Ажэн (буровая скважина)	6,24	1,96	—	199	—	—	—	—	—	—	81	—	—
Альби (Тари)	7,49	0,35	4	—	—	—	—	4,5	4,8	—	—	69	12,6
Биарриц (источник)	2,53	1,32	6	27	—	4	47	—	—	40	—	—	—

Продолжение табл. 64

Местонахождение источника	Жесткость воды, *мг-экв/л*		Двуокись кремния SiO_2	Углекислый кальций $CaCO_3$	Углекислый магний $MgCO_3$	Сернокислые соли			Хлористые солн		Соли		MgO
	общая	постоянная				Ca	Mg	SO_3	Cl	NaCl	MgO	CaO	
Бассейн Роны													
Лозанна	11,41	0	0	—	—	—	—	—	7	—	—	17,8	—
Монбельяр	7,12	3,56	—	113	—	115	—	—	—	35	32	—	—
Безаисон	7,12	0,356	2	212	—	10	—	—	—	—	—	—	—
Турню	8,56	1,43	4	180	21	13	—	—	—	—	12	—	—
Лион	6,42	2,5	11	118	15	52	—	—	—	—	14	—	—
Аннеси	8,56	1,07	12	216	—	25	—	—	—	14,6	—	—	—
Марсель (Дюранс)	6,06	2,5	—	87,5	—	21	75	—	—	31	—	—	—
Марсель (буровая скважина)	9,98	5,7	—	—	—	—	—	—	—	70	—	—	—
Фо-сюр-мер	6,77	—	17,8	—	—	—	—	55,2	29,2	—	—	66,4	—
Монпелье	10,06	5,35	—	227	—	—	187	—	—	18,1	—	—	—
Сэт (буровая скважина)	19,25	9,29	—	299	—	280	—	—	—	128	43	—	—
Фландрский бассейн													
Лис	10,68	—	—	177	114	114	—	—	—	39	—	—	—
Бетюн (Марэ)	9,99	3,91	16,8	144	—	98	16,8	—	—	46,8	—	—	—
Беври (буровая скважина)	6,6	3,03	—	72,1	—	77	—	—	—	—	—	—	37,5
Тьер (Шельда)	8,91	0,71	14,2	211	—	—	—	19,3	64,3	—	—	—	25

Примечание. В воду Лиса и Бетюн следует добавить соответственно 180 и 190 *г* сернокислого и углекислого натрия.

Питьевая вода. Требования к питьевой воде, принятые Консультативным комитетом гигиены Франции, приведены в табл. 65.

Таблица 65

Показатели питьевой воды

Показатели	Вода			
	отличная	хорошая	сомнительная	плохая
Жесткость, *мг-экв/л*				
общая . .	0—5,35	5,35—10,68	10,68—35,6	От 35,6
временная	0,72—1,78	1,78—4,28	4,28—6,42	От 7,12
Содержание, *мг/л*				
хлора . .	15—40	40—50	50—100	От 100
сернистой кислоты	2—5	5—30	30—50	От 50
Окисляемость воды, *мг/л* .	1—2	2—3	3—4	От 4
Летучие вещества, *мг/л* .	15—40	40	40—70	От 70
Количество бактерий в 1 $см^3$	До 1000	1000—5000	5000—10000	10000—100000

Химический состав воды (по Де Клерку):

Катионы		Анионы	
H^+	Fe^{++} или Fe^{+++}	OH^-	SiO_3^-
Ca^{++}	Al^{+++}	CO_3H^-	NO_3^-
Mg^{++}	Mn^{++}	SO_4^-	NO_2^-
Na^+	Am^+	Cl^-	
K^+			

Классификация воды по жесткости (в *мг-экв/л*):
от 0 до 5,35 — отличная (мягкая);
от 5,35 до 10,68 — хорошая питьевая (жесткая);
от 10,68 до 21,36 — малопригодна для питания паровых котлов (очень жесткая);
выше 21,36 — непригодна ни для каких целей.

Состав воды, используемой для варки различных сортов пива, представлен в табл. 66.

Таблица 66

Содержание в воде солей (в *мг/л*)

Соли	Пиво					
	Пильзенское	Дортмундское	Венское	Мюнхенское	Кульмбахское	Буртон
Осадок при выпаривании	51,2	1100	450	270	72	1790
Известь (CaO)	9,8	367	138	89	7,5	520
Магнезии (MgO)	2,3	38	55	31	4,4	145
Серные (SO_3)	4,3	241	72	15	—	746
Хлористые (Cl)	3	107	10	2	7,1	34
Азотистые (N_2O_5)	Следы	Следы	—	3	9	18

ЩЕЛОЧНОСТЬ ВОДЫ

Степенью щелочности воды называется количество 0,1 н. раствора серной кислоты (*в мг/л*), необходимой для нейтрализации воды.

Различают:

степень щелочности до кипячения, обусловленную бикарбонатом кальция $Ca(HCO_3)_2$, карбонатами и бикарбонатами магния [$Mg(HCO_3)_2$, $MgCO_3$] и натрия (Na_2CO_3, $NaHCO_3$);

степень щелочности после кипячения, обусловленную содержанием растворимых карбонатов магния и натрия.

Разница между этими двумя степенями щелочности дает количество бикарбоиата кальция.

На практике осуществляют следующие определения:

ТА — щелочность по едкому натру (соответствует количеству *см*^{3} 0,1 н. раствора кислоты, необходнмой для достижения изменения окраски фенолфталеина);

ТАС — титр общей щелочности (соответствует количеству *см*^{3} 0,1 н. раствора кислоты, необходимой для достижения изменения окраски метилоранжевого раствора).

Количество *см*^{3}, пошедших на титрование, обозначается:

с **фенолфталеином** — *p*;

с **метилоранжем** — *m*.

Щелочность с фенолфталеином в немецких градусах $P=2{,}8\ p$.

Щелочность с метилоранжем в немецких градусах $M=2{,}8\ m$.

Щелочность с фенолфталеином в французских градусах $ТА=5\ p$.

Щелочность с метилоранжем в французских градусах $ТАС=5\ m$.

ТА и ТАС позволяют подсчитать количество карбонатов, бикарбонатов и щелочи, содержащихся в воде (табл. 67).

Зная общую щелочность — ТАС воды, можно перед приготовлением затора довести щелочность воды до определенной нормы. Для этого надо ТАС умножить на 9,8.

Таблица 67

Значение степени (титра) щелочности при ТА и ТАС

Растворимые соли, встречающиеся в воде	мг/л на 1°	Относительные величины титров ТА и ТАС				
		если ТА = 0	если ТА < $\frac{ТАС}{2}$	если ТА = $\frac{ТАС}{2}$	если ТА > $\frac{ТАС}{2}$	если ТА = ТАС
CaO	5,6	0	0	0	2ТА—ТАС	ТАС
$Ca(OH)_2$	7,4					
MgO	4,0					
NaOH	8,0					
$CaCO_3$	10,0	0	2ТА	ТАС	2(ТАС—ТА)	0
$MgCO_3$	8,4					
Na_2CO_3	10,6					
$Ca(HCO_3)_2$	16,2	ТАС	ТАС—2ТА	0	0	0
$Mg(HCO_3)_2$	14,6					
$NaHCO_3$	16,8					

ЖЕСТКОСТЬ ВОДЫ

Жесткость воды зависит от содержания в ней солей кальция и магния, образующих накипь (табл. 68).

Различают:

Общую жесткость. Такой жесткостью отличается необработанная вода, которая характеризуется большим содержанием солей кальция и магния вне зависимости от ее происхождения.

ТН общая магнезиальная — это степень общей жесткости (измеряемой в воде с добавлением оксалата аммония 2%). Она показывает общее содержание солей магния.

Постоянная жесткость ТН. Ее определяют после кипячения воды. Она бывает вызвана главным образом сернокислыми и хлористыми соединениями кальция и магния и показывает их содержание.

ТН постоянная магнезиальная — это постоянная магнезиальная жесткость (измеряется в кипяченой воде, куда предварительно добавляют 2% оксалата аммония).

Временная жесткость ТН. Она представляет собой разницу между общей и постоянной жесткостью; показывает содержание углекислых солей калия и магния.

В практической работе производят следующие определения:

ТН общая — общая жесткость (измеряется в жесткой необработанной воде) показывает содержание в целом солей кальция и магния.

Таблица 68

Соотношение степени жесткости или степени щелочности (в *мг/л*)

Вещество, которое может быть обнаружено в воде	Формула	Степень жесткости		
		°французские	°немецкие	°английские
Углекислый кальций	$CaCO_3$	10,0	17,8	14,3
Углекислый кислый кальций	$Ca(HCO_3)_2$	16,2	28,9	23,1
Углекислый магний	$MgCO_3$	8,4	15,0	12,0
Углекислый кислый магний	$Mg(HCO_3)_2$	14,6	26,1	20,9
Негашеная известь	CaO	5,6	10,0	8,0
Гашеная известь	$Ca(OH)_2$	7,4	13,2	10,5
Окись магния	MgO	4,0	7,1	5,7
Сернокислый кальций	$CaSO_4$	13,6	24,3	19,4
Сернокислый магний	$MgSO_4$	12,0	21,4	17,1
Хлористый кальций	$CaCl_2$	11,1	19,8	15,8
Хлористый магний	$MgCl_2$	9,5	17,0	13,5
Мыло	—	105	185	150
Едкий натр	$NaOH$	8	14,3	11,4
Углекислый натрий	Na_2CO_3	10,6	18,9	15,1
Углекислый кислый натрий	$NaHCO_3$	16,8	30,0	24,0
Сернокислый натрий	Na_2SO_4	14,2	25,3	20,3
Хлористый натрий	$NaCl$	11,7	20,9	16,7
Серный ангидрид в соединениях	SO_3	8,0	14,3	11,4
Серная кислота	H_2SO_4	9,8	17,5	14
Хлор в соединениях	Cl_2	7,1	12,7	10,1
Углекислота	CO_2	4,4	7,8	6,3
Фосфорнокислый натрий	Na_2PO_4	16,4	29,3	23,4
Ортофосфорная кислота	H_3PO_4	9,5	17,0	13,5
Соляная кислота	HCl	7,3	13,0	10,4
Фосфорный ангидрид	P_2O_5	7,1	12,7	10,1

Кроме того:

ТН общая — ТН магнезиальная общая = содержанию солей калия.

ТН магнезиальная общая — ТН магнезиальная постоянная = содержанию углекислых солей магния.

ТН постоянная — ТН магнезиальная общая = содержанию сернокислых и хлористых солей калия.

Определение степени жесткости

1° французский = 10 *мг* $CaCO_3$ в 1 *л* воды.
1° немецкий = 10 *мг* CaO в 1 *л* воды.
1° английский = 10 *мг* $CaCO_3$ в 0,7 *л* воды.

Соотношение различных градусов жесткости

1° французский = 0,56° немецкого = 0,7° английского.
1° немецкий = 1,786° французского = 1,25° английского.
1° английский = 1,428° французского = 0,8° немецкого.

Определение степени жесткости по Бутрону и Будэ

1° Бутрона и Будэ = 11,4 *мг* $CaCO_3$ в 1 *л* воды или 10,27 *мг* $CaCO_3$ в 1 *л* воды.

Миллиэквивалент — это концентрация 0,001 н. раствора щелочи, 1 *мэкв*=5° французским.

Приблизительное соотношение различных единиц мутности показано в табл. 69.

Капли мастики (метод Динерта) — А. Сравнивают опалесценцию, образованную одним и тем же лучом света, проходящим сквозь исследуемую воду, и 50 $см^3$ оптически чистой воды, в которую добавили капли спиртового раствора растительной мастики 1‰.

Уровень содержания двуокиси кремния (или градус Хеллига) — Б. Это геологическая единица Survey (США): количество *мг* SiO_2, содержащееся в оптически чистой воде такой же мутности, как и исследуемая вода.

Глубина погружения платиновой проволоки — В. Измеряют глубину, на которой платиновая проволока диаметром 1 *мм*, погружаемая в исследуемую воду, остается видимой; глаза наблюдателя находятся на расстоянии 120 *см* выше нити.

Глубина погружения диска — Г. Измеряют глубину, на которой тарелка или белый диск, погружаемые в исследуемую воду, остаются видимыми.

Влияние солевого состава воды на производственный процесс. Углекислый кальций (известковый), превращаемый под действием CO_2 в растворимый углекислый кислый кальций:

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \rightarrow Ca(HCO_3)_2.$$

$CaCO_3$ широко известен и распространен. Слабая растворимость $CaCO_3$ усиливается под действием углекислоты, которая превращает его в сильно растворимый углекислый кальций.

Углекислый кальций является основой временной жесткости воды. При соложении он способствует растворению танинов оболочек зерна.

В умеренном количестве действие его благоприятно (осветление и коагуляция улучшаются, стимулируется активность дрожжей).

В очень большом количестве, увеличивая pH при замочке, он одновременно мешает осахариванию, снижает выход и может вызвать грубую горечь вследствие слишком резкой экстракции хмелевых смол.

Умягчение воды кипячением или добавлением извести основано на выделении из воды растворимого бикарбоната в форме слаборастворимого карбоната.

Умягчение добавлением кислоты (чаще всего H_2SO_4) приводит к превращению углекислых солей в сернокислые. Этот способ рекомендуется для воды с низким содержанием солей.

Углекислый магний $MgCO_3$, превращаемый CO_2 в растворимую углекислую соль магния:

$$MgCO_3 + CO_2 + H_2O \rightarrow Mg(HCO_3)_2.$$

$MgCO_3$ менее распространен, чем $CaCO_3$. Их свойства идентичны, но он вреднее при затирании, так как несколько более растворим, чем $CaCO_3$.

Таблица 69

Соотношение различных единиц мутности

Капли мастики в 50 *см*³	Содержание двуокиси кремния, *мг*	Глубина погружения, *мм*		Капли мастики 50 *см*³	Содержание двуокиси кремния, *мг*	Глубина погружения, *мм*		Капли мастики в 50 *см*³	Содержание двуокиси кремния, *мг*	Глубина погружения, *мм*	
		платиновой проволоки	диска			платиновой проволоки	диска			платиновой проволоки	диска
А	Б	В	Г	А	Б	В	Г	А	Б	В	Г
0	0,1	—	—	13	1,84	—	—	90	11	729	—
1	0,24	—	—	14	1,98	—	—	100	12	674	800
2	0,37	—	—	15	2,12	—	—	150	16	520	700
3	0,50	—	—	20	2,85	—	1600	200	20	426	600
4	0,64	—	—	25	3,55	—	—	250	23	376	500
5	0,77	—	—	30	4,25	—	1500	300	26	336	—
6	0,90	—	—	35	4,92	—	—	350	29,5	298	—
7	1,03	—	—	40	5,60	—	1400	400	35	257	—
8	1,16	—	—	45	6,25	—	—	450	42	187	—
9	1,29	—	—	50	6,90	—	1300	500	51	219	—
10	1,42	—	—	60	8,00	971	1200	—	75	130	—
11	1,56	—	—	70	9,00	873	1100	—	100	100	—
12	1,70	—	—	80	10,00	794	1000	—	200	57	—

Согласно Динерту получают следующую формулу соотношения: $А \cdot Г = 10000$.

Его осаждение, т. е. удаление, более затруднительно. Все же этого можно частично добиться путем избыточного добавления извести, что вызывает появление не углекислой соли кальция, а нерастворимой гидроокиси.

$$Mg(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow \underset{\text{Раствори-мый}}{MgCO_3} + \underset{\text{Нераствори-мый}}{CaCO_3} + 2H_2O.$$

$$MgCO_3 + Ca(OH)_2 \rightarrow \underset{\text{Оба нерастворимые}}{Mg(OH)_2 + CaCO_3}$$

Углекислый натрий Na_2CO_3, углекислый калий K_2CO_3. Они довольно редко встречаются в воде. Появление их в виде следов не вызывает никаких затруднений при использовании воды. В количестве 50 *мг/л* они вредны из-за возникающего повышения pH: трудное осахаривание, снижение выходов, чрезмерное растворение хмелевых смол, азотистых веществ, красителей и т. п. Пиво, приготовленное на воде с высоким содержанием Na_2CO_3 и K_2CO_3, получается с темным оттенком. Кроме того, в нем быстро возникают различные виды мути (коллоидная и биологическая).

Если в такой воде содержится одновременно сернокислый и хлористый кальций, то вредное действие воды снижается.

Углекислый калий и натрий можно удалить лишь методом ионного обмена. При добавлении кислоты отрицательное действие воды снижается.

Общее содержание углекислого калия и натрия представлено степенью щелочности после кипячения (количество выше 30 указывает на возможное присутствие углекислого натрия).

Сернокислый кальций, или гипс $CaSO_4$, встречается очень часто в воде в малых количествах (от 10 до 50 *мг/л*), образует постоянную жесткость.

В количестве 1—1,5 *г/л* встречается только в воде (по Буртону), которая предназначается для выработки Пэль-эля (бледный эль).

Когда количество сернокислого кальция (гипса) превышает количество углекислого кальция, то такую воду называют селенистой. В очень больших количествах вреден; в умеренном количестве оказывает благоприятное действие, обусловленное увеличением кислотности (под действием ионов Ca^{++} вторичные щелочные фосфорнокислые соли устранены в виде нерастворимых фосфатов или превращаются в первичные кислые фосфаты), выходы и осветление улучшаются, осадок дрожжей более плотный. Пиво получается более мягким и бархатным.

$CaSO_4$ нельзя удалить ни кипячением, ни добавлением извести.

Сернокислый магний $MgSO_4$. Может содержаться в небольших количествах в воде различных местонахождений. Влияние его на затирание аналогично влиянию сернокислого кальция ($CaSO_4$), правда, несколько слабее выраженное.

Сернокислый натрий Na_2SO_4, часто присутствует вместе с углекислым натрием. Редко содержится в естественной воде, но в обработанной воде встречается в виде осадочных солей (сернокислый кальций и сернокислый магний).

Хлористый кальций $CaCl_2$. Редко встречается в воде. Образуется чаще всего в сточных водах некоторых отраслей промышленности (завод по производству соды), где Cl_2 является продуктом

отходов (воды района Нанси). В умеренных количествах влияние хлористого кальция благоприятно и напоминает действие сернокислого кальция. Пиво получается более мягким и бархатистым.

Хлористый натрий NaCl (поваренная соль). Часто находится в воде в количестве 20—30 *мг/л*. В источниках, расположенных вблизи моря и солончаков, содержание NaCl может доходить до 1—2 *г/л*, в морской воде — до 3,5.

В количестве 20—30 *мг/л* не оказывает никакого влияния, при 200—300 *мг/л* действие его аналогично действию $CaCl_2$, свыше 500 *мг/л* — вреден. В пивоварении такая вода вызывает замедленное брожение, плохое осветление, и пиво получается со слабовыраженным вкусом.

Хлористый магний $MgCl_2$. Содержится в воде довольно редко, встречается главным образом в водоемах, расположенных вблизи моря. Усиливает вредное действие NaCl, когда находится вместе с ним.

При анализе не отличают различных хлористых соединений (Ca, Na, Mg). Количество указанного хлора соответствует совокупности хлористых соединений. Если содержание их выше 600—700 *мг/л*, то брожение прекращается. Удалить хлористые соединения химическим путем невозможно, кроме замещения водородом.

Двуокись кремния SiO_2. В природе широко распространена. Слаборастворима, в связи с чем в воде обнаруживается в минимальных количествах (около 10—20 *мг/л*); в такой концентрации действие ее совершенно незначительно.

В повышенных дозах (100 *мг/л*) двуокись кремния способна вызвать помутнение. Удалить двуокись кремния кипячением или добавлением извести очень трудно. Частично ее можно удалить, добавив глину или силикат алюминия.

Азотистый натрий $NaNO_3$. Образуется в результате глубокого окисления азотистых веществ. В нормальном количестве (около 10 *мг/л*) азотнокислый натрий содержится в воде самых различных месторождений и не вызывает никакого неудобства при производстве напитков, особенно если они присутствуют с известковыми солями.

В большом количестве (100 *мг/л* и больше) они явно вредны (токсичны для дрожжей).

В анализах его выражают в пересчете на азотную кислоту (HNO_3).

Из воды его удалить невозможно.

Азотистокислый натрий $NaNO_2$. Образуется в воде, содержащей азотнокислый натрий, под восстанавливающим воздействием анаэробных бактерий или дрожжей.

Обычно он встречается в виде следов и в последующем не оказывает никакого влияния на производственный процесс. В больших количествах вреден, как и азотнокислый натрий.

Следует избегать использования такой воды для мойки бродильных емкостей, бочек и бутылок.

Железо. Почти в любой воде железо содержится в количестве нескольких десятых *мг/л* в более или менее окисленной форме.

Вода с очень большим содержанием железа отрицательно влияет на производственный процесс.

В солодоращении соли железа окрашивают ячмень в коричневато-бурый цвет и придают солоду серый вид.

При затирании такая вода затрудняет осахаривание, делает сусло мутным, ослабляет дрожжи, пиво получается пустым, жестким, пена — ненормального цвета.

Воду с содержанием железа больше 1 *мг/л* обязательно надо освобождать от железа.

Удалить железо из воды очень просто: посредством энергичного аэрирования (например, на слое гравия или в закрытом сосуде) с последующей фильтрацией. Лучшему осаждению железа способствует сернокислый алюминий.

Удаление железа осуществляется одновременно с умягчением воды известью или кипячением; выпадающий в осадок известняк увлекает за собой окись железа.

Органические вещества. Это продукты распада животного и растительного происхождения.

В поверхностных водах они находятся в избытке, в то время как в глубинных водах их мало.

В незначительном количестве органические вещества не оказывают никакого влияния на качество пива, но лишь при условии, что они не имеют неприятного запаха.

В больших количествах они часто связаны с азотистокислым натрием и аммиаком, в этом случае их следует удалить. Консультативный комитет гигиены запрещает использование воды, содержащей органических веществ больше 4 *мг/л*.

Содержание в воде органических веществ имеет большое значение для завода, вырабатывающего лимонады.

Кислород O_2. Кислород должен содержаться во всех питьевых водах, в которых, впрочем, он задерживается недолго в связи с потреблением его живыми организмами. Этим объясняется корродирование металлических трубопроводов.

Вода с большим содержанием O_2 называется агрессивной.

Азот N_2 поступает из воздуха; продукт жизнедеятельности некоторых бактерий; безвреден. Его количество определяют редко.

Углекислота CO_2. Во всех водах она содержится в небольшом количестве.

CO_2 может быть агрессивной и в таких случаях растворяет дополнительные количества карбонатов.

Сероводород H_2S. Встречается в воде редко. Образуется в результате распада органических веществ, содержащих серу. Обладает характерным запахом тухлого яйца.

Присутствие H_2S служит показателем проникновения фекальных вод.

Аммиак NH_3 образуется в результате распада азотистых веществ.

В большинстве случаев он содержится в воде в виде следов. Присутствие аммиака обнаруживают при помощи реактива Несслера, который дает мутно-желтую окраску.

Значительное количество аммиака свидетельствует о присутствии разлагающихся или гниющих органических веществ.

При отсутствии азотистокислого натрия и микробов аммиак безвреден даже в количестве 2—3 *мг/л*.

Метод добавления солей. Добавления солей требует вода с низким их содержанием:

добавляют известняк в виде мела в порошке, или негашеной извести (4—5 *г* на 1 *мл*) в воду из Вогезского массива (с очень низким содержанием солей) для улучшения осветления сусла и во избежание дегенерации дрожжей;

если вода слегка насыщена двууглекислой содой и содержит мало гипса, то можно добавить парижский гипс из расчета 10—15 *г* на 1 *гл* воды (гипс разводят в ведре, помещенном в резервуаре воды под впускным краном; гипс переходит, переливаясь через края). Можно также добавить $CaCl_2$ для получения более мягкого пива, чем при применении сульфатов, приблизительная доза 10 *г/гл*.

Метод удаления солей. Этим способом можно только удалить углекислый кальций или магний; осуществить его можно путем кипячения или добавления извести.

а) Метод кипячения превращает углекислые соли в углекислый газ, который выделяется из воды, и в углекислый кальций, который осаждается. Углекислый кислый магний осаждается неудовлетворительно.

Существует несколько способов:

энергичное кипячение в течение 20 *мин*, дать отстояться, охладить и затем декантировать;

довести до 90° С, аэрировать сжатым воздухом, дать отстояться, охладить, декантировать;

непрерывное кипячение под давлением.

б) Известковый метод. Используют известковое молоко или известковую воду, что более желательно, так как в этом случае точно известно содержание кальция (1,36 *г/л* CaO при окружающей температуре).

Получается следующая реакция:

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow \underline{2CaCO_3} + 2H_2O.$$

$$CO_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O.$$

При приготовлении известкового молока:

в 1 *гл* воды вносят около 260 *г* гашеной извести, смесь тщательно перемешивают и оставляют на несколько часов в состоянии покоя. Избыточная известь осаждается и получается светлая жидкость, которую называют известковой водой.

Расчет необходимого количества известковой воды:

углекислый кислый кальций, осажденный при кипячении (выраженный в *мг* CaO/*л*);

разница между щелочностью до нагревания D и после нагревания d, умноженная на 0,57.

Пример. Имеется образец воды $D = 274$; $d = 25$;

$$D - d = 249;$$

$$249 \cdot 0{,}57 = 0{,}142\ г/л$$ углекислого кальция

(в пересчете на CaO = 14,2 *г/гл*).

Отсюда определяют количество CaO, необходимое для превращения растворимых углекислых солей кальция в нерастворимые:

$$\frac{14{,}2}{1{,}36} = 10{,}5 \text{ } л \text{ известковой воды,}$$

насыщенной до 1,36 *г/л* Ca.

Практически добавляют 8—9 *л* известковой воды во избежание осаждения всех углекислых солей, так что обычно используют 90—95% количества извести, теоретически необходимой для полного удаления $CaCO_3$.

Исправление воды известью может быть периодическим или непрерывным. В случае необходимости для полного удаления CaO_3 можно добавить и сернокислый алюминий $Al_2(SO_4)_3$.

Метод модификации. Этот способ заключается в нейтрализации щелочных и щелочно-железистых солей при помощи кислоты.

Избыток углекислой соли превращается в сернокислую, хлористую, азотную или фосфорную в зависимости от используемой кислоты.

Серная кислота дает следующую реакцию:

$$Ca(CO_3H)_2 + H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 \downarrow + 2CO_2 \uparrow + 2H_2O.$$

Сериая кислота используется чаще всего. Она превращает известковую воду в гипсовую, а следовательно, углекислые соли — в сернокислые. Этот технический прием более всего рекомендуется для углекислой натриевой воды.

Соляная кислота дает хлористые соединения. Используется редко. Рекомендуется в том случае, если в воде содержится очень мало хлористых солей.

Фосфорная кислота дает фосфорнокислые соли. Активизирует брожение.

Молочная кислота — это очень слабая кислота, и доза ее не установлена.

Расчет необходимого количества кислоты: заданная величина в градусе щелочности перед нагреванием D, выраженная в *мг/л* H_2SO_4, указывает количество серной кислоты, нужной для добавления, чтобы нейтрализовать общую щелочность.

Пример. Щелочность воды $D = 150$.

Количество серной кислоты 66° Bé, необходимое для полной нейтрализации щелочности: 150 *мг/л*, или 15 *г/гл*.

В данном случае ее используют только в количестве 6—9 *г/гл*.

Для исправления воды соляной кислотой следует учитывать, что одна молекула H_2SO_4 соответствует 2 молекулам HCl. Следовательно, необходимое количество HCl будет составлять $\frac{73}{98}$ количества H_2SO_4.

В резервуарах для холодной воды можно исправлять только углекислую натриевую воду, **исправление которой при затирании недостаточно.**

Не следует забывать, что если имеется известковый осадок в резервуаре для холодной воды, добавленная туда кислота растворяет этот осадок, а не исправляет воду.

Резервуар для холодной воды должен быть покрыт изолирующим слоем во избежание растворения металла, что всегда противопоказано.

Методы деминерализации (обессоливания) предусматривают ионообменное водоумягчение следующими способами.

А. Путем замещения (Na): этот способ состоит в превращении кальциевых и магниевых солей в соответствующие натриевые соли посредством простой фильтрации через замещающие вещества (пермутит, цео-карб, вофатит, дюзарит и т. п.).

Способ этот основан на таком принципе, по которому цеолиты («силицио» — восстановленные алюминаты натрия, калия, кальция или бария) имеют способность изменять их основания при контактировании с исправляемой водой.

Если обозначить знаком Z естественное ядро замещающего вещества, добавив натрий Na_2, то бикарбонаты, сульфаты и хлористый кальций и магний будут замещены следующим образом:

$$ZNa_2 + Ca(HCO_3)_2 \rightarrow ZCa + 2NaHCO_3,$$

$$ZNa_2 + CaSO_4 \rightarrow ZCa + Na_2SO_4,$$

$$ZNa_2 + CaCl_2 \rightarrow ZCa + 2NaCl.$$

Когда заменяющее вещество истощено, его регенерируют фильтрацией через раствор хлористого натрия:

$$ZCa + 2NaCl \rightarrow ZNa_2 + CaCl_2,$$

$$ZMg + 2NaCl \rightarrow ZNa_2 + MgCl_2.$$

Хлористый калий и хлористый магний (растворимые) удаляются промыванием водой.

Продолжительность регенерации 1 ч.

При этом способе одна соль замещает другую соль; следовательно, здесь не происходит восстановления (регенерации) количества солей воды.

Б. Путем удаления катионов (H): вопрос касается частичного обессоливания. Этот способ осуществляется путем обмена ионов H.

Если обозначить символом ZH_2 формулу используемого вещества, то реакция с обрабатываемой водой будет следующей:

$$ZH_2 + Ca(HCO_3)_2 \rightarrow ZCa + 2CO_2 + 2H_2O,$$

$$ZH_2 + Mg(HCO_3)_2 \rightarrow ZMg + 2CO_2 + 2H_2O,$$

$$ZH_2 + CaSO_4 \rightarrow ZCa + H_2SO_4,$$

$$ZH_2 + MgCl_2 \rightarrow ZMg + HCl,$$

$$ZH_2 + 2NaHCO_3 \rightarrow ZNa_2 + 2CO_2 + 2H_2O.$$

Все углекислые соли, как и натрий, удалены и больше не изменяются (CO_2 удалена путем выделения).

Диссоциация сернокислых и хлористых соединений высвобождает кислоты (серную, соляную), которые необходимо нейтрализовать известью или неочищенной водой.

Регенерацию используемого вещества (ZH_2), которое называют по их фабричной марке — цео-карб H, вофатит H и т. п., осуществляют растворами серной или соляной кислоты:

$$ZCa + H_2SO_4 \rightarrow ZH_2 + CaSO_4,$$

$$ZMg + H_2SO_4 \rightarrow ZH_2 + MgSO_4,$$

$$ZCa + 2HCl \rightarrow ZH_2 + CaCl_2,$$
$$ZMg + 2HCl \rightarrow ZH_2 + MgCl_2.$$

Осадочные воды с примесью сернокислых и хлористых соединений удаляют через сточные трубы.

Продолжительность регенерации 1 *ч*.

В. Путем удаления анионов (OH) или бипермутации: в данном случае обессоливание (деминерализация) получается полным.

Чтобы избежать нейтрализации воды, полученной после удаления катионов, можно использовать замещающее синтетическое вещество органического происхождения, которое действует путем обмена ионов OH.

Если обозначить символом $Z(OH)_2$ формулу этого вещества, то реакции с серной и соляной кислотой будут следующими:

$$Z(OH)_2 + H_2SO_4 \rightarrow ZSO_4 + 2H_2O,$$
$$Z(OH)_2 + 2HCl \rightarrow 2ZCl + 2H_2O.$$

Обработанная таким способом вода будет освобождена от всех своих солей; ее можно сравнить с дистиллированной водой.

Регенерацию используемого вещества [$Z(OH)_2$], обозначенного по его фабричной марке Wofatit OH и т. д., осуществляют раствором натрия

$$ZSO_4 + 2NaOH \rightarrow Z(OH)_2 + Na_2SO_4,$$
$$ZCl + 2NaOH \rightarrow Z(OH)_2 + 2NaCl.$$

В практической работе сначала удаляют катионы в первом аппарате, затем анионы во втором. Обработка будет полной, если пропустить воду через третий аппарат, регулирующий pH до 6,9—7,1 (поглощающий следы кислот или оснований, вызванные загрязнениями используемых реактивов).

6. РАЗЛИЧНЫЕ АНАЛИЗЫ

ПИВО

При определениях различают плотность (экстрактивность): к а ж у щ у ю с я — это экстрактивные вещества, определенные только в дегазированном пиве. Она колеблется от 1 до 1,03 в зависимости от сорта пива;

д е й с т в и т е л ь н у ю — это экстрактивные вещества, определенные в пиве, из которого удален спирт и углекислота. Содержание экстрактивных веществ (в %):

В легком пиве	2—4
В среднем пиве	4—7
В крепком пиве	7—10

Восстановление начального экстракта:

$$\frac{\text{Константа Баллинга}}{\text{1 г спирта} \quad \underbrace{\text{2,0665 г экстракта}}_{\text{0,9565 г } CO_2 \quad \text{0,110 г дрожжей}}}$$
$$\underbrace{\qquad\qquad\qquad}_{\text{1,0665 г}}$$

Формула Баллинга

$$p = \frac{(2{,}0665A + n)\,100}{100 + 1{,}0665A}\ г,$$

где p — начальное количество экстрактивных веществ, *г*;
A — спирт, % вес.;
n — фактическое количество экстрактивных веществ, *г*.

Формула Баллинга, модифицированная Шенфельдом:

$$p = \frac{(A \cdot 2{,}0195 + n)\,100}{100 + A \cdot 1{,}0195}\ г.$$

Содержание спирта (в % об.) колеблется от 1 у легкого пива до 6 у крепкого пива.

Степень сбраживания очень неустойчива, зависит от сорта пива. Она всегда выше у светлого пива (65—80%), чем у темного пива (50—65%).

Мальтоза. Содержится от 1,5 до 3 *г* в 100 *г* пива.

Декстрины. Их количество составляет от 2 до 6 *г* в 100 *г* пива.

Кислотность — от 15 до 28 *см*³ 0,1 н. раствора щелочи в 100 *см*³ пива.

Углекислота CO_2. Объемная масса.

углекислого газа при 0° С и давлении 1 *кгс/см*²	1,5291
жидкой углекислоты	
при 15° С	0,846
при 7,9° С	0,906

CO_2 может быть переведена в жидкое состояние при следующих температуре и давлении:

+31,9° С и 73 *кгс/см*²;
0° С и 34,3 *кгс/см*²;
—50° С и 6,6 *кгс/см*².

Давление углекислоты, *кгс/см*²

при 0° С	36,1
при 15° С	56,16
при 30° С	73,8

Точка кипения при давлении 1 *кгс/см*², °С	78,2
Критическая температура, °С	+31,1
Критическое давление, *кгс/см*²	73

1 *кг* жидкой CO_2 в газообразном состоянии соответствует объему 508,9 *л* при 0° С и давлении 1 *кгс/см*².

Объемная масса 1 *л* CO_2 при 0° С и давлении, *кгс/см*²	1,9768
Смертельное содержание CO_2 в воздухе, %	6—10

1 *гл* пива дает около 1—1,5 *кг* CO_2.

Жидкая углекислота должна содержать минимально 89% об. CO_2 и менее 0,5% CO.

CO_2 должна быть свободна от кислорода.

Содержание углекислоты, *г/л*:

в конце главного брожения	2
при выпуске готового пива	3,5—4

Давление при шпунтовании:
200 *г* соответствует 3.6—3,8 *г/л* CO_2,
300 *г* соответствует 3,9—4,1 *г/л* CO_2.
Оно не должно быть меньше 3,5 *г/л*.

Общий белок. Его количество колеблется от 0,3 до 0,9% вес.

Формольный азот составляет 25—35% от общего азота.

Усваиваемый азот составляет от 35 до 60% от общего азота.

Вязкость колеблется от 1,4 до 2,8 *спз* при 20° С.

Окраска (выражена в *см*³ 0,1 н. йодного раствора). Она равна для пива:

Пильзенского	0,3—0,7
Венского	1,8—3,0
Мюнхенского	4—10
Кульмбахского	8—16

Характеристика различных сортов пива приведена в табл. 70.

Таблица 70

Сравнительные показатели для пива разных сортов

Показатели	Пильзенское	Мюнхенское		Стаут	Пэль-эль (светлый эль)
		экспортное	Сальватор		
Экстрактивность, %					
начальная	12,07	13,88	18,57	16,26	15,1
кажущаяся	3,97	4,95	6,64	0,91	—
фактическая	5,51	6,65	8,93	3,75	4,7
Степень сбраживания, %					
кажущаяся	67,1	64,3	64,2	94,6	—
фактическая	54,35	52,1	51,9	77	—
Спирт, %	3,39	3,77	5,19	6,61	5,4
Цвет (окраска 0,1 н. раствором йода)	0,6	10	20	50	1,6
Формольный азот, %	0,026	0,025	—	0,026	—
pH	—	4,7	4,9	—	—
Кислотность, *см*³ 0,1 н. раствора щелочи на 100 *г* пива					
I	17,7	20	—	58,5	—
II	13,3	16,4	—	8	—

Пиво безалкогольное:

Экстрактивность, %	
кажущаяся	7,06
действительная	7,15
Спирт, % об. при 15° С	0,3

Плотность у начального сусла	
° Блг	7,54
° Режи	2,90
Степень сбраживания	6,49
Мальтоза, %	65,98
Декстрины, %	16,23
Кислотность, %	0,78
Белковые вещества, %	4,72
Формольный азот, %	0,29

Питательная ценность пива:

	Калорийность (в *г*) продукта
Экстрактивность	3,8
Спирт	7,2
Сахара	4,1
Белковые вещества	4,1
Жиры	9,3

Калорийность 1 *кг* пива по Чапмену дана в табл. 71.

Таблица 71

Калорийность (по Чапмену) 1 *кг* пива

Сорт пива	Калорийность		Всего калорий
	экстрактивных веществ	спирта	
Пэль-эль	200	284	484
Стаут	232	274	506
Мюнхенское	258	286	544
Пильзенское	260	280	540

ОТХОДЫ ПИВОВАРЕНИЯ

Характеристика корешков солода приведена в табл. 72.

Таблица 72

Состав корешков солода

Показатели	Содержание, %		
	минимально	среднее	максимально
Влажность	8	10	12
Азотистые вещества	22	23—24	28
Жирные вещества	1,2	1,5—2	2,5
Экстрактивные безазотистые вещества	40	42—44	45
Целлюлоза	12	14	16
Зола	6	7	8

Сильногигроскопичные корешки очень богаты витаминами, особенно витаминами С.

Характеристика солодовой дробины приведена в табл. 73.

Таблица 73

Состав солодовой дробины (в %)

Показатели	Сырая дробина			Влажная дробина		
	минимально	среднее	максимально	минимально	среднее	максимально
Влажность	70,0	76—78	84,0	7,0	10,0	12,0
Сырой протеин	4,0	4,8	7,2	12,0	20,5	26,0
Жирные вещества	0,8	1,5	3,0	6,0	7,2	9,0
Экстрактивные безазотистые вещества	7,5	10,0	15,0	20,0	40,0	46,0
Целлюлоза	3,0	5,0	8,0	15,0	16,0	20,0
Зола	0,4	1,2	2,0	4,0	6,0	8,0

100 *кг* помола соответствуют 120 *кг* сырой дробины или 30 *кг* дробины влажностью 10—12%.

Масса 1 $м^3$ сухой дробины составляет 100 *кг*.

Хмелевая дробина. Содержание в хмелевой дробине 2,5—3% экстрактивных веществ свидетельствует о снижении выходов варочного отделения на 0,2—0,4%.

Потери горьких веществ 4—6%.

Белковый отстой

	%
Влажность	25—30
Сухое вещество	3—6
Азотистые вещества	35—65
Танины и органические вещества	20—30
Смолы	10—16
Целлюлоза	5—8
Зола	3—10

ФИЛЬТРАЦИОННАЯ МАССА

	%
Влажность	5—8
Жиры	максимум 0,2
Экстрактивные вещества	максимум 0,2
Зола	
без асбеста	1—2
с асбестом	до 4

Качество фильтрационной массы оценивается по следующим показателям:

Белизна. Следует остерегаться ослепительной белизны, которая часто является показателем чрезмерной отбелки для скрытия недоброкачественного материала.

Хорошая масса отличается белым, слегка кремовым оттенком.

Мягкость (эластичность) оценивается путем сравнения мягкости у различных сортов массы; определяется сжатием между пальцами.

Вкус и запах. Для определения вкуса и запаха фильтрационную массу следует вымачивать в течение 1—2 дней. В фильтровальной жидкости не должно быть никакого изменения запаха и вкуса при сравнении исследуемой массы с контрольной.

Бактериологическая чистота. Для проверки фильтрационную массу замачивают в сосуде с водой, который закрывают. Даже через несколько недель не должна проявиться бактериальная загрязненность.

Влажность не должна быть выше 10%.

Замочка. При замочке масса должна иметь вид однородной каши, без крупинок.

Длина волокон колеблется от 2 до 7 *мм* (короткие волокна и длинные волокна).

Зола. Фильтрмасса хорошего качества отличается низким содержанием золы. Максимум ее достигает 2%.

Следует отметить, что асбест увеличивает массу золы и оставляет осадок в соляной кислоте.

Крахмал может образоваться в составе фильтрмассы при использовании нового материала; хотя крахмал и безвреден, однако присутствие его нежелательно.

Растворимые вещества. В фильтрмассе хорошего качества содержание этих веществ не должно быть выше 0,1%.

Жиры отрицательно влияют на вкус и на пеностойкость. Содержание их не должно превышать 0,2%.

Железо. Содержание железа допускается в самых минимальных количествах (менее 0,01%).

ДРОЖЖИ

Прессованные дрожжи содержат воду в количестве 75% и следующие сухие вещества (в %):

азотистые	60—70
жиры	3—5
золу	4—10

и, кроме того, минеральные вещества, главным образом фосфат калия и магния; витамины, особенно B_1, B_2, E и эргостерол; ферменты.

Влажность сухих дрожжей составляет 10—12%.

Из 1 *гл* жидких дрожжей (85%-ной влажности) получается 2—3 *кг* сухих дрожжей, из 1 *гл* пива—около 0,5 *кг* прессованных дрожжей.

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОСМОЛКИ БОЧЕК И ПОКРЫТИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЧАНОВ

Характеристика смолки:

Внешний вид и цвет	на канифольной основе и смоляном масле смолка прозрачна. При добавлении парафина — опалесцентна. Цвет — от желтого до коричневого
Влажность, %	не должна быть выше 1,5
Проверка качества осмолки	на смолке не должно быть ни трещин, ни шероховатостей
Вкус	смолка при контакте с пивом или 4%-ным водно-спиртовым раствором не должна придавать им никакого привкуса и запаха
Эластичность	смолка, нанесенная на кусок фольги, должна оставаться после нескольких сгибаний безупречно цельной
Температура плавления, °С	от 48 до 52
Кислотность	смолка в виде парафина — 4—15 прозрачная смолка — 20—40 грубые, плохо очищенные смолки — 80—100
Вязкость	должна быть очень жидкой при 180—190° С при $\frac{180°}{20°}$ между 2 и 3 °Энглера
Зола	должна давать лишь следы белой золы
Железо	содержание железа не должно быть больше 10 *мг* на 100 *г*
Точка воспламенения, °С	между 160 и 200

Парафин. Точка плавления колеблется от 35 до 80° С.

В пивоварении рекомендуется использовать парафин с точкой плавления 55—60° С.

Парафин должен быть нейтральным и не должен придавать пиву и 4%-ному водно-спиртовому раствору никакого привкуса (остерегаться керосинного запаха).

Лаки. Состав. Обычно это лаки, содержащие 300 *г* шеллака (гуммилака) в 1 *л* спирта. Часто туда добавляют некоторое количество голландской сажи для придания лакам черного цвета и нужной вязкости.

Перед использованием лак проверяют.

Для этого следует покрыть лаком 2—3 раза тонкие пластинки; затем проверить скорость просыхания, гладкость полученной поверхности, эластичность, сопротивляемость к ударам и толчкам: лаки ни в коем случае не должны растрескиваться и хрустеть; после этого опустить пластинки в пиво или в 4%-ный водно-спиртовой раствор: жидкости эти не должны приобретать никакого привкуса, а поверхность лака не должна становиться ни тусклой, ни белой.

Состав материала	%
Вещества, растворимые в ацетоне и омыляющиеся	максимум 15
Зола	30
Резина	минимум 60

Мел в качестве наполнителя не может быть использован. Внутренние стенки резиновых шлангов должны быть гладкими без разрывов, шероховатостей и не подвергаться разрушениям под воздействием моющих и дезинфицирующих средств, быть устойчивыми при сгибании и не растрескиваться.

Резиновые прокладки, употребляемые при укупорке бутылок, должны быть стойкими к действию горячих моющих растворов, используемых для бутылкомоечных машин, не придавать пиву никакого привкуса.

Проверка резины перед использованием:

1) на действие щелочей и кислот:

погрузить образцы (1—2 *см*²) в дистиллированную воду, 2%-ный едкий натр, 2%-ную соляную кислоту при 20° С.

Спустя 3—4 дня все жидкости не должны быть окрашенными и кусочки резины по сравнению с сухими контрольными образцами должны оставаться безукоризненно целыми, неповрежденными;

2) на вкус и запах:

погрузить образцы резины в пиво и продегустировать это пиво спустя 4, 8 и 15 дней, сравнивая его с контрольным.

7. ПЛОТНОСТЬ (d)

Плотность жидкости — это соотношение между массой известного объема жидкости и массой такого же объема воды, взятых при одной и той же температуре t, ее обозначают $d\frac{t}{t}$, обычно t равно 20, 17,5 или 15° С.

Однако во Франции плотность определяется отношением жидкости, взятой при 15° С, к воде, взятой при 4° С. Для измерения пользуются различными приборами (ареометрами).

ПРИМЕНЕНИЕ АРЕОМЕТРОВ

Показания ареометра следует проверять:

а) сравнивая с эталоном;

б) сравнивая с растворами определенной плотности.

При этом надо действовать следующим образом:

поместить образец в вертикальный чистый цилиндр;

осторожно ввести, предварительно хорошо вытерев, ареометр (остерегаться жирных следов, которые сильно искажают показания), держать его следует за верхний конец;

избегать контакта ареометра со стенками цилиндра, оставить его в состоянии равновесия и дать ему сравняться с температурой образца;

отметить эту температуру и показания шкалы, обозначенные в горизонтальном разрезе плоскости свободной поверхности жидкости (нижний мениск);

в случае необходимости ввести коррективы на температуру.

Ареометр Боме. а) Измерение жидкостей, плотнее воды. Точка 0 соответствует точке пересечения шкалы с горизонтальной плоскостью, образованной дистиллированной водой при 4° С, отметка 15 — с плоскостью, образованной раствором, состоящим из 15 *г* NaCl и 85 *г* воды. Расстояние между отметками разделено на 15 равных частей.

б) Измерение жидкостей менее плотных, чем вода. Точка 0 соответствует пересечению шкалы с горизонтальной плоскостью, образованной раствором, состоящим из 10 *г* NaCl и 90 *г* воды, отметка 10 — с плоскостью, образованной дистиллированной водой при 4° С. Расстояние между этими отметками разделено на 10 равных частей.

Ареометр Твэделла применяется в Англии при 15,5° С.

Точка 0 соответствует объемной массе 1,000, а точка 200 — объемной массе 2,000. Один градус Твэделла соответствует разности значений объемных масс в 0,005.

Ареометр Флейшера применяется в немецкой пивоваренной промышленности. Каждый градус по ареометру Флейшера соответствует увеличению плотности на 0,01.

Градус плотности Режи (Régie) применяется во Франции.

Принятая во Франции единица плотности сусла — это соотношение между объемной массой сусла, взятого при 15° С, и массой того же объема воды при 4° С. Градус выражается следующим образом:

$$d\ \frac{15}{4}\ ^\circ\text{C}.$$

Плотность по Режи, выраженная в градусах Режи, определена по принятой во Франции плотности следующим уравнением:

$$100\left(d\ \frac{15}{4}\ ^\circ\text{C}-1\right).$$

Следовательно, сусло, плотность которого составляет 1,0452, имеет плотность в градусах Режи:

$$100\,(1{,}0452-1)=4{,}52.$$

Плотность в градусах Режи определяется в лаборатории при помощи пикнометров. В варочном отделении плотность в градусах Режи определяют при помощи плотномера, погружаемого в жидкость при 15° С (отсчет производится по мениску).

Плотность в градусо-гектолитрах *DH*. Число градусо-гектолитров *DH* представляет количество экстрактивных веществ, содержащихся в гектолитрах *H* сусла, плотностью *D* — в градусах Режи.

Пример. 12 *гл* сусла при 4° Режи содержит следующее количество экстракта: $4 \cdot 12 = 48$ *DH*.

Градус плотности, принятый в Бельгии, определяется точно так же, как и приведенный выше, но исходя из принятой плотности в Бельгии, которая является отношением объемной массы жидкости, определяемой при 17,5° С, к объемной массе воды при 4° С или

$$d = \frac{17,5}{4}\ ^\circ\text{C}.$$

Бельгийский градус плотности дан в уравнении

$$100\left(d\ \frac{17,5}{5}\ ^\circ\text{C} - 1\right).$$

Плотность в градусах Баллинга — это весовой процент экстракта, выраженный в граммах экстрактивных веществ, содержащихся в 100 *г* раствора.

Градус Баллинга отсчитывается непосредственно на сахарометре Баллинга, погруженном в жидкость при 17° С. Градуирование этого сахарометра осуществляется путем погружения его в водный раствор сахарозы определенной концентрации.

Следовательно, экстракт сусла является условным, поскольку он сравнивается с сахарозой.

Примечание. Градус Баллинга часто выражается «в столько-то на сто», или единицах NEK (Normal Eichung Komission). Все эти величины эквивалентны. Сусло с 10° Блг — это 10%-ное сусло, или сусло 10 NEK.

Плотность в градусах Брикса также выражает весовой процент экстракта, но при 15° С. Используется только в сахарной промышленности.

Плотность в градусах Плато выражает плотность раствора в % вес. при температуре 20° С.

°Плато	°Блг	°Плато	°Блг
1	0,97	11	10,90
2	1,95	12	11,90
3	2,92	13	12,90
4	3,91	14	13,94
5	4,91	15	14,94
6	5,92	16	15,95
7	6,90	17	16,95
8	7,90	18	17,96
9	8,90	19	18,96
10	9,90	20	19,97

Экстрактивность в объемных процентах. Экстрактивность в % об.— это количество граммов экстрактивных веществ, содержащихся в 100 *см*³ раствора; обозначается буквой *а*.

Соотношение между различными выражениями плотности

1. Для перехода от плотности $d\ \frac{15}{15}\ ^\circ\text{C}$ к $d\ \frac{15}{4}\ ^\circ\text{C}$ следует $d\ \frac{15}{15}\ ^\circ\text{C}$ умножить на 0,999126; 0,999126—плотность воды при 15° С по отношению к воде при 4° С.

2. Для перехода от плотности $d\ \frac{15}{4}\ ^\circ\text{C}$ к $d\ \frac{17,5}{4}\ ^\circ\text{C}$ надо $d\ \frac{15}{4}\ ^\circ\text{C}$ умножить на $\frac{\text{объемная масса воды при } 17^\circ\text{C}}{\text{объемная масса воды при } 15^\circ\text{C}}$.

3. Для перехода от плотности $d\ \frac{17,5}{4}$ °С к $d\ \frac{17,5}{17,5}$ °С следует $d\ \frac{17,5}{4}$ °С разделить на объемную массу воды при 17,5° С.

4. Для перехода от плотности $d\ \frac{20}{20}$ °С к $d\ \frac{15}{4}$ °С необходимо $d\ \frac{20}{20}$ °С умножить на подвижную величину A.

$A = 0{,}99908$ для сусла с $d\ \frac{20}{20}$ °С $= 1{,}01173 - 0{,}99924$ (3° Bé) для сусла с $d\ \frac{20}{20}$°С $= 1{,}05260$ (13° Bé).

Для промежуточных величин применяется интерполяция — a и b связаны уравнением:

$$a = bd\frac{1}{4}\ °\text{С}.$$

Соотношение между градусом Режи и градусом Баллинга не является линейным. Оно представлено в табл. 74. Коэффициент составляет для сусла с 1° Режи 2,76, для сусла с 4° Режи — 2,54 и для сусла с 6° Режи — 2,48

5. **Количество экстрактивных веществ, содержащихся в 100 *см*³** раствора при 10° Плато, определяется следующим образом.

Объемная масса раствора при $\frac{17,5}{17,5}$ °С $= 1{,}04005$; 100 *см*³ раствора весят 104,005 *г*.

Количество экстрактивных веществ, содержащихся в этих 104,005 *г*, равно $\frac{10 \cdot 104{,}005}{100} = 10{,}4005$ *г* экстракта.

100 *г* раствора при 10° Плато занимают объем, равный

$$\frac{1 \cdot 100}{1{,}04005} = 96{,}15\ см^3,$$

где 1,04005 — объемная масса раствора при $\frac{17,5}{17,5}$° С.

В пивоварении для определения экстрактивности солодового сусла при затирании солода, ячменя и несоложеных материалов в весовых и объемных процентах обычно используются таблицы ($d\frac{20}{20}$° С) Гольдинера и Клеманна, а для анализа пива — таблицы Виндиша ($d\frac{15}{15}$°С). Определение производится также по другим таблицам, в которых объемные массы взяты при иных температурах.

Таблицы Баллинга, Брикса и Герлаха составлены для плотности $d\ \frac{17,5}{17,5}$ °С;

таблица Плато — для плотности $d\frac{20}{4}$ °С;

таблица Деменса — для плотности $d\frac{17,5}{4}$ °С.

Таблица 74

Соотношение градусов плотности по Режи и Баллингу (по Виндишу $\frac{15}{15}$ °С)

Плотность									
°Режи	°Блг	°Режи	°Блг	°Режи	°Блг	°Режи	°Блг	°Режи	°Блг
1,00	2,76	2,10	5,52	3,50	8,97	4,60	11,61	5,82	14,50
1,08	3,00	2,20	5,77	3,51	9,00	4,70	11,85	5,90	14,66
1,10	3,02	2,28	6,00	3,60	9,21	4,76	12,00	6,00	14,89
1,20	3,27	2,30	6,01	3,70	9,45	4,80	12,08	6,04	15,00
1,28	3,50	2,40	6,26	3,72	9,50	4,90	12,32	6,10	15,13
1,30	3,52	2,49	6,50	3,80	9,70	4,97	12,50	6,20	15,36
1,40	3,77	2,50	6,51	3.90	9,94	5,00	12,55	6,25	15,50
1,48	4,00	2,60	6,75	3,92	10,00	5,10	12,79	6,30	15,59
1,50	4,02	2,70	7,00	4,00	10,18	5,18	13,00	6,40	15,82
1,60	4,27	2,80	7,24	4,10	10,42	5,20	13,03	6,47	16,00
1,68	4,50	2,89	7,50	4,13	10,50	5,30	13,26	6,50	16,05
1,70	4,52	2,90	7,51	4,20	10,65	5,40	13,50	6,60	16,28
1,80	4,77	3,00	7,76	4,30	10,90	5,50	13,73	6,69	16,50
1,88	5,00	3,10	8,00	4,34	11,00	5,60	13,96	6,70	16,51
1,90	5,02	3,20	8,24	4,40	11,13	5,61	14,00	6,80	16,74
2,00	5,27	3,30	8,50	4,50	11,37	5,70	14,20	6,90	16,97
2,08	5,50	3,40	8,73	4,55	11,50	5,80	14,43		

Спиртомеры. Наиболее употребляемые спиртомеры Гей-Люссака указывают объемы безводного спирта, содержащегося в 100 объемах раствора.

Определения производят при температуре 15° С.

Точка 0 соответствует чистой воде, а точка 100 — безводному спирту.

Если определение было сделано не при температуре 15° С, то следует внести в результат поправку по таблице Гей-Люссака (табл. 75).

В этой таблице приведены также поправки объема. В ней можно найти фактический объем, занимаемый 1000 *л* спиртового раствора и приведенный к температуре определения, т. е. 15° С.

Для получения массы спирта, содержащегося в 100 *см*^{3}, следует умножить цифру крепости на объемную массу безводного спирта при $\frac{15}{15}$ °С, т. е. на 0,79425.

Таблица 75

Фактическая плотность спиртовых жидкостей по Гей-Люссаку

Температура, °С	Плотность при 15° С, % об.																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
16	1000 0,9	1,9	2,9	3,9	4,9	5,9	6,9	7,9	8,9	9,9	10,9	11,9	12,9	13,9	14,9	15,9	16,9	17,8	18,7	19,7
17	1000 0,8	1,8	2,8	3,8	4,8	5,8	6,8	7,8	8,8	9,8	10,8	11,7	12,7	13,7	14,7	15,6	16,6	17,5	18,4	19,4
18	1000 0,7	1,7	2,7	3,7	4,7	5,7	6,7	7,7	8,7	9,7	10,7	11,6	12,5	13,5	14,5	15,4	16,3	17,3	999 18,2	19,1
19	1000 0,6	1,6	2,6	3,6	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5	11,4	999 12,4	13,3	14,3	15,2	16,1	17,0	17,9	18,8
20	999 0,5	1,5	2,4	3,4	4,4	5,4	6,4	7,3	8,3	9,3	10,3	11,2	12,2	13,1	14,0	14,9	15,8	16,7	17,6	18,5
21	999 0,4	1,4	2,3	3,3	4,3	5,2	6,2	7,1	8,1	9,1	10,1	11,0	11,9	12,8	13,7	14,6	15,5	16,4	17,3	18,2
22	999 0,3	1,3	2,2	3,2	4,1	5,1	6,1	7,0	7,9	8,9	9,9	10,8	11,7	12,6	13,5	14,4	998 15,3	16,2	17,0	17,9
23	999 0,1	1,1	2,1	3,1	4,0	4,9	5,9	6,8	7,8	8,7	9,7	10,6	11,5	998 12,4	13,3	14,1	15,0	15,9	16,7	17,6
24	999	1,0						998												
25	—	999 0,8	1,9	2,9	3,8	4,8	5,8	6,7	7,6	8,5	9,5	10,4	11,3	12,2	13,1	13,9	14,8	15,7	16,5	17,4
	—	998	1,7	2,7	3,6	4,6	5,5	6,5	7,4	8,3	9,3	10,2	11,1	12,0	12,8	13,6	14,5	15,4	997 16,2	17,1
																	997			

Примечание. Спиртомер Траллеса, используемый в США, совсем незначительно отличается от спиртомера Гей-Люссака. Определения там ведутся при 15,56° С.

pH — водородный показатель, равный логарифму концентрации водородных ионов раствора, взятому с обратным знаком. pH выражает степень кислотности или щелочности.

Например, раствор с pH 6,45 имеет фактическую концентрацию ионов водорода, равную $10^{-6,45}$, т. е. $10^{-7} \cdot 10^{+0,55} = 3,55 \cdot 10^{-7} = 0,000355$ *мг* S в 1 *л*.

Если у воды при 22° С $[H^+] + (OH^-)$ равны 10^{-14}, раствор будет:
нейтральным, если $[H^+] = (OH^-) = 10^{-7}$, т. е. если pH 7;
кислым, если $[H^+] > 10^{-7}$, т. е. если pH < 7;
щелочным, если $[H^+] < 10^{-7}$, т. е. если pH > 7.

Различные значения pH сырья и полуфабрикатов в пивоварении даны в табл. 76

Таблица 76

Различные величины pH

Продукты	Величина pH	Автор
Холодная вытяжка		
из ячменя	6,3—6,0	
из солода	6,2—5,8	
Несоложеные материалы	6,3—5,9	
Сусло плотностью 8° Плато	6,0—5,7	Кольбах
Затор		
в начале осахаривания	5,9—5,6	
в конце осахаривания	6,0—5,8	
Оптимальная величина в заторном чане	5,5—5,4	
Сусло		
неохмеленное	6,0—5,7	
охмеленное	5,6—5,2	Фертиг
Дрожжи, оптимальная величина		
для роста	6,0	
при броженин	5,0—4,5	
для флокуляции	4,5—4,3	
Пиво		
к концу брожения	4,4—4,2	
готовое	4,6—4,1	Де Клерк
кислое (Ламбик и др.)	4,0—3,5	
Дистиллированная вода		
обычная	6,4—5,8	Кольбах
особо чистая	7,07	

Колориметрическое определение pH. Метод основан на цветном индикаторе, внутреннее строение которого зависит от pH среды, в которой они растворены. Эта структура соответствует окраске, уловимой простым глазом. «Зона перемены окраски» соответствует модификации структуры индикатора (табл. 77).

Таблица 77

Основные цветные индикаторы

Индикатор	Окраска	
	кислота	основание
Бромфеноловый синий 3—4,6	Желтый	Синий
Метиловый красный 4,4—6	Красный	Желтый
Бромкрезоловый пурпуровый 5,2—6,8 . .	Желтый	Пурпурный
Бромтимоловый синий 6—7,6	»	Синий
Крезоловый красный 7,2—8,8	»	Красный

Измерение pH бесцветного раствора:

1) определение на глаз: определение зоны двух величин pH, между которыми лежит искомое pH;

2) использование цветного индикатора, «зона изменения окраски» которого соответствует двум определенным единицам.

Пример. Бромтимоловый синий: зона изменения окраски 6—7,6.

Приготовить ряд буферных растворов с pH от 6; 6,2; 6.4; 6,6 до 7,6 в одинаковых пробирках, одной и той же серии и точно калиброванных:

добавить одинаковое количество (например, 5 капель) цветного индикатора для получения серии оттенков от желтого до синего;

затем влить в аналогичные пробирки 10 *см*^{3} раствора, лишенного CO_2 в результате бурного встряхивания, и 5 капель цветного индикатора.

Содержимое пробирок приобретает известную окраску, которую можно сравнить с цветом на шкале. Цвет может быть идентичным или оказаться между двух делений шкалы. Этот метод называется методом буферных растворов: по Соренсену он позволяет определить pH с точностью до 0,1.

Измерение pH цветного или мутного раствора. В этом случае следует брать буферный эталон с индикатором и пробирку с неизвестным раствором без индикатора и, кроме того, неизвестный раствор с индикатором и пробирку с дистиллированной водой (колориметр Вальполя).

Таким образом, получают явно одинаковый цвет с сравниваемыми растворами.

Приготовление буферных растворов. При приготовлении основных буферных растворов SPL по Соренсену сначала готовят следующие основные растворы:

1) 0,1 н. соляной кислоты (HCl);

2) 0,1 н. едкого натра каустической соды (NaOH);

3) состоящий из $^1/_{15}$ *моль/л* однозамещенного фосфорнокислого калия (9,078 *г/л* KH_2PO_4);

4) состоящий из $^1/_{15}$ *моль/л* двухзамещенного фосфорнокислого натрия (11,876 *г/л* $Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$);

5) состоящий из 0,1 *моль* двунатриевого цитрата, приготовленного путем растворения 21,008 *г* кристаллической лимонной кислоты в 200 *см*^{3} нормального натрия и разбавления до 1 *л*.

Перемешав соответствующие количества этих растворов, можно приготовить буферные растворы с различными pH.

В табл. 78 даны соотношения объемов растворов для смесей и дозы для получения раствора с pH заданных величин (в случае необходимости можно интерполировать).

Таблица 78

Соотношения объемов растворов для смесей

Смеси HCl — цитрат по Соренсену (pH не зависит от температуры между 10 и 70° С по Вальбуму)			Смеси цитрат — NaOH по Соренсену (pH по Вальбуму)			Смеси фосфатов по Соренсену (pH не зависит от температуры между 10 и 70° С по Вальбуму)		
цитрат, *см*³	HCl, *см*³	pH	цитрат, *см*³	NaOH, *см*³	pH при 20° С	$NaHPO_4$, *см*³	KH_2PO_4, *см*³	pH
0	10	1,04	10	0	4,96	0,25	9,75	5,29
1	9	1,17	9,5	0,5	5,02	0,5	9,5	5,59
2	8	1,42	9	1	5,11	1	9	5,91
3	7	1,93	8	2	5,31	2	8	6,24
3,33	6,67	2,27	7	3	5,57	3	7	6,47
4	6	2,97	6	4	5,98	4	6	6,64
4,5	5,5	3,36	5,5	4,5	6,34	5	5	6,81
4,75	5,25	3,53	2,25	4,75	6,69	6	4	6,98
5	5	3,69				7	3	7,17
5,5	4,5	3,95				8	2	7,38
6	4	4,16				9	1	7,73
7	3	4,45				9,5	0,5	8,04
8	2	4,65						
9	1	4,83						
9,5	0,5	4,89						

ОПРЕДЕЛЕНИЕ rH

rH представляет логарифм с обратным знаком мнимого давления водорода в окислительно-восстановительной системе.

rH выражает уровень окисления.

Шкала rH распространяется от 0 до ±42, без указания абсолютных величин, для того чтобы подчеркнуть, что речь идет о газообразном водороде H_2, а не об ионах [H+]. Вюрмсер предложил выражение

Нейтральная жидкость
↓

0 Зона восстановления 28 Зона окисления 42

Колориметрическое измерение rH. Можно использовать реактивы бесцветные в восстанавливающей среде и окрашенные в окисленной среде.

Они представляют «зону изменения окраски».

Основные реактивы:

метиленовый синий	— 13 — 17	— бесцветный при слабом rH, синий при сильном rH
фиолетовый	— 14 — 18	— бесцветный при слабом rH, фиолетовый при сильном rH
2,6-дихлорфенол индофенол синий	— 18 — 22,5	— бесцветный при слабом rH, синий при сильном rH

Техника определений заключается в подсчете времени, необходимого для достижения обесцвечивания.

Величина rH в производственных условиях. rH довольно изменчив. Сусло, охлажденное барботированием (по Кетельбанду):

Воздуха при температуре ниже 80° С в течение 1 *ч*	21,11
Азота в течение 1 *ч*	16,95
Тонкий слой сусла, охлажденный при контакте с воздухом в течение 2 *ч* (по Кетельбанду)	26,24
Во время брожения rH непрерывно снижается, достигая предела, который к концу брожения составляет (Ван Лаер)	11—12
Предельный rH пива, выдерживаемого без доступа воздуха (Кетельбанд)	9
Суспензия низовых дрожжей в воде	
аэрированная воздухом	17—20
без доступа воздуха	8—9

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ITT

ITT — сокращенное от Indicator—Time—Test (тест времени изменения окраски индикатора).

ITT означает время, необходимое для обесцвечивания индикатора на 80%.

Этот показатель колеблется от нуля, когда пиво содержит много редуктонов, до нескольких тысяч, когда пиво окислено.

Применяется метод определения редуктонов, образовавшихся во время кипячения сусла, использованный Гартонгом (Hartong) и затем разработанный Греем и Стоном.

Различные величины ITT. Они должны быть:

в кипящем сусле	ниже 500
в готовом пиве	не выше 500—600

Раздел V. СЛУЖБА ХОЛОДА

1. ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ПРИНЯТЫЕ ВО ФРАНЦИИ ОБОЗНАЧЕНИЯ В СЛУЖБЕ ХОЛОДА

Большая калория (килокалория). Количество тепла, которое необходимо затратить для нагревания на 1° С 1 *кг* воды, взятой при 15° С и нормальном атмосферном давлении.

В том случае, когда необходимо отвести тепло, существует понятие фригория *fg* — количество тепла, которое необходимо отвести от 1 *кг* воды, взятой при 15° С для охлаждения ее на 1° С.

Теплота испарения *r* — количество тепла, необходимого для превращения в пар 1 *кг* жидкости при данном давлении и неизменной температуре.

Теплота испарения зависит от природы и температуры кипения жидкости.

Теплота жидкости *q* — количество тепла, необходимого для нагревания 1 *кг* жидкости с 0° С до заданной температуры.

Удельный объем насыщенного пара *S* — объем (в $м^3$), занимаемый 1 *кг* пара при данной температуре и давлении насыщенного пара.

Удельный объем жидкости σ — объем (в $м^3$), занимаемый 1 *кг* жидкости при данной температуре и давлении насыщенного пара.

Давление насыщенного пара — давление, производимое на поверхность испаряющейся жидкости.

Скрытая теплота сжижения — количество тепла, которое необходимо отвести от 1 *кг* пара для превращения его в жидкость без изменения температуры во время процесса конденсации.

Скрытая теплота плавления — количество тепла, необходимого для превращения 1 *кг* твердого вещества при постоянной температуре в жидкое состояние.

Абсолютный нуль. Установлено, что температура 273° С — самая низкая из достижимых. Этой точке характерно отсутствие какой-либо теплоты. Называется она абсолютным нулем.

Удельная теплоемкость — количество тепла, необходимого для нагревания 1 *кг* вещества на 1° С без изменения его физического состояния.

Удельную теплоемкость воды при 15° С принимают равной 1.

Измерение количества теплоты. Количество теплоты, поглощаемой или выделяемой телом, зависит от его удельной теплоемкости, перепадов температуры и массы.

Количество тепла равно удельной теплоемкости, умноженной на разницу температур и массу.

Единица BTU. Английская единица BTU (Британская термическая единица) представляет количество тепла, которое необходимо затратить для того, чтобы нагреть 1 фунт воды (английский фунт равен 453 *г*) на 1° F.

1 BTU $= 0{,}453 \cdot \frac{100}{180} = 0{,}252$ *ккал* $\left(\frac{100}{180}\right.$ — соотношение шкал стоградусной и Фаренгейта).

Нормальные условия работы:

1. Температуры, характеризующие внутренний режим:
   температура парообразования . . . . $t_v = -10°$ C
   температура конденсации . . . . . $t_c = +25°$ C
   температура переохлаждения (измеряемая перед регулирующим вентилем) . . $t_r = +15°$ C

2. Температуры, характеризующие наружный режим:
   средняя температура при контакте с испарителем
   охлажденного рассола . . . . . 5° C
   охлажденного воздуха . . . . . 0° C
   температура воды
   у входа в конденсатор . . . . . +12° C
   у выхода из конденсатора . . . . . +20° C

Средняя температура конденсационной воды $\frac{20 + 12}{2} = 16°$ C.

Холодопроизводительность машины Q_0 — количество калорий, вырабатываемое машиной за час.

Теоретическая удельная объемная производительность — количество калорий, выделяемых 1 $м^3$ насыщенного пара, полученного в испарителе при температуре t_v и под давлением P_v.

Действительная удельная объемная производительность — количество калорий, фактически выработанных в испарителе на 1 $м^3$ объема, описываемого поршнем.

Нормальный объемный к. п. д. — отношение количества калорий, фактически выработанных на 1 $м^3$ объема, описываемого поршнем, к числу калорий, выделенных 1 $м^3$ насыщенного пара, образовавшегося в испарителе.

Действительная удельная объемная производительность — это теоретическая удельная объемная производительность.

Экономическая удельная производительность $\frac{Q_0}{N_i}$ — это количество калорий, выработанных на единицу индикаторной работы сжатия (*л. с. ч* или *кв · ч*).

Теоретическая удельная производительность — количество калорий, выработанных на единицу индикаторной работы сжатия, в результате теоретического действия машины согласно циклу Карно.

Удельный, или экономический, к. п. д. — отношение экономической удельной производительности к теоретической удельной производительности.

2. ХЛАДАГЕНТЫ

Температуры изменения состояния хладагентов, применяемых на пивоваренных заводах.

Температура парообразования . . . . . —15° C
Температура конденсации . . . . . +30° C

Характеристика хладагентов приведена в табл. 79—83.

Таблица 79

Характеристика хладагентов

(по данным Американского общества холодильного дела)

Показатели	Аммиак	Бутан	Углекислота	Этан	Хлористый этил	Изобутан	Хлористый метил	Пропан	Сернистый ангидрид	Дихлорфторметан
Химическая формула	NH_3	C_4H_{10}	CO_2	C_2H_6	C_2H_5Cl	$(CH_3)_3CH$	CH_3Cl	C_3H_8	SO_2	CCl_2F_2
Молекулярный вес	17,032	58,10	44,005	30,058	64,51	58,10	50,489	14,079	64,06	121
Цвет	Бесцветный	Бесцветный	Бесцветный	Бесцветный	Бесцветный	Бесцветный	Бесцветный	Бесцветный	Бесцветный	Бесцветный
Запах	Резкий	Слабый	Без запаха	Слабый	Резкий	Слабый	Сладковатый	Слабый	Острый	Без запаха
Воспламеняемость	—	Воспламеняемый	—	Воспламеняемый	Воспламеняемый	Воспламеняемый	Воспламеняемый	Воспламеняемый	—	Невоспламеняемый
Объемная масса жидкости, *кг/л* (объемная масса воды равна 1)	0,6818	0,60	Не жидкая при 1 *кгс/см*^{2}	0,5459	0,9232	0,6	0,998	0,5853	1,4601	1,445
при °С	—33,35	0,0	—	—88,3	0,0	—	—24,09	—44,5	—10,0	+6
Объемная масса газа, *г/л**	0,7708	2,6726	1,9768	1,3565	2,64	—	2,3045	2,020	2,9267	4,96

Показатели	Аммиак	Бутан	Углекислота	Этан	Хлористый этил	Изобутан	Хлористый метил	Пропан	Сернистый ангидрид	Дихлорфторметан
Объемная масса газа (объемная масса воздуха равна 1)	0,5962	2,0671	1,529	1,0492	2,31	—	1,7824	1,5624	2,2636	4,18
Точка кипения при 1 *кгс/см*², °С	—33,35	0,6	—	—88,3	13,1	—13,3	—24,09	—44,5	—10,0	—29,8
Точка плавления, °С . .	—77,7	—135	—78,52	—172,0	—138,7	—145	—91,5	—189,9	—75,2	—150
Критическая температура, °С	132,9	150,8	31,0	32,1	182,8	133,7	143,12	95,6	157,12	111,5
Критическое давление, *кгс/см*²	112,3	37,5	72,85	48,85	53,3	36,54	65,93	45	77,65	39,5
Удельная теплоемкость на 1 *кг* при постоянном давлении *ср* . . .	0,5202	0,351	0,2025	0,397	0,273	—	0,24	0,365	0,1511	0,144
Удельная теплоемкость на 1 *кг* при постоянном объеме *cv*	0,4011	0,3165	0,1558	0,324	0,2425	—	0,20	0,316	0,12	0,127

Продолжение табл. 79

Показатели	Аммиак	Бутан	Углекислота	Этан	Хлористый этил	Изобутан	Хлористый метил	Пропан	Сернистый ангидрид	Дихлорфторметан
Соотношение удельных теплоемкостей *ср/cv*	1,2969	1,108	1,3003	1,224	1,1257	1,11	1,199	1,153	1,256	1,13
при 0° С	—	—	0,0	10	73	—	66—86	—	16—34	—
Теплота парообразования при 0° С, *ккал/кг*	300,2	92,7	55,19	78,4	95,8	92,7	97,0	89,9	91,87	37,0
Давление всасывания при —10° С, *кгс/см²*	2,93	0,738	27,1	18,8	0,411	1,15	1,785	3,59	1,039	2,235
Давление конденсации при 30° С, *кгс/см²*	11,8	3,02	73,1	47,7	1,905	4,60	6,72	11,19	4,635	7,57
Соотношение рабочего давления при +30° С в конденсаторе и при —10° С в испарителе	4,03	4,09	2,7	2,54	4,63	4,0	3,76	3,11	4,46	3,38

* Объемная масса газа при 0° С и 760 *мм рт. ст.* (1 *кг/см²*), за исключением хлористого этила и дихлорфторметана.

Таблица 80

Характеристика насыщенных паров аммиака NH_3

Температура, °С	Давление насыщенного пара, *кгс/см²*	Удельный объем насыщенного пара, *м³/кг*	Теплоемкость жидкости, *ккал/кг*	Скрытая теплота парообразования, *ккал/кг*
—30	1,219	0,9630	—32,58	324,49
—25	1,546	0,7712	—27,22	320,94
—20	1,940	0,6236	—21,83	317,29
—19	2,027	0,5983	—20,75	316,55
—18	2,117	0,5742	—19,67	315,80
—17	2,211	0,5513	—18,59	315,05
—16	2,309	0,5295	—17,50	314,29
—15	2,410	0,5087	—16,41	313,53
—14	2,514	0,4889	—15,32	312,76
—13	2,621	0,4700	—14,24	311,99
—12	2,732	0,4520	—13,15	311,21
—11	2,847	0,4348	—12,06	310,43
—10	2,966	0,4184	—10,97	309,64
— 9	3,089	0,4028	— 9,88	308,85
— 8	3,216	0,3878	— 8,19	308,05
— 7	3,347	0,3735	— 7,70	307,25
— 6	3,481	0,3599	— 6,60	306,45
— 5	3,619	0,3469	— 5,50	305,64
0	4,379	0,2897	0,00	301,52
+ 5	5,259	0,2435	+ 5,54	297,26
+10	6,271	0,2058	+11,11	292,84
+11	6,490	0,1992	+12,23	291,94
+12	6,715	0,1927	+13,35	291,03
+13	6,946	0,1866	+14,47	290,12
+14	7,183	0,1806	+15,59	289,20
+15	7,477	0,1749	+16,72	288,27
+16	7,627	0,1694	+17,85	287,34
+17	7,933	0,1642	+18,98	286,40
+18	8,196	0,1591	+20,11	285,46
+19	8,465	0,1542	+21,24	284,51
+20	8,741	0,1494	+22,38	283,55
+21	9,024	0,1449	+23,52	282,58
+22	9,314	0,1405	+24,66	281,61
+23	9,611	0,1363	+25,80	280,63
+24	9,915	0,1322	+26,94	279,65
+25	10,225	0,1283	+28,09	278,66
+30	11,895	0,1107	+33,84	273,59
+35	13,365	0,0959	+39,65	268,32

Таблица 81

Характеристика насыщенных паров сернистого ангидрида SO_2

Температура, °С	Давление насыщенного пара, *кгс/см²*	Объемная масса насыщенного пара, *м³/кг*	Теплоемкость жидкости, *ккал/кг*	Скрытая теплота парообразования, *ккал/кг*
—30	0,389	0,822	—9,05	97,77
—25	0,505	0,643	—7,62	96,91
—20	0,648	0,513	—6,15	95,92
—15	0,823	0,410	—4,66	94,82
—10	1,033	0,330	—3,14	93,60
— 5	1,283	0,270	—1,58	92,27
0	1,580	0,223	0,00	90,82
+ 5	1,93	0,184	+1,61	89,25
+10	2,34	0,152	+3,25	87,56
+15	2,81	0,127	+4,92	85,76
+20	3,35	0,107	+6,62	83,85
+25	3,97	0,090	+8,35	81,82
+30	4,67	0,076	+10,11	79,67
+35	5,46	0,064	+11,90	77,40

Таблица 82

Характеристика насыщенных паров фреона-12 CCl_2F_2

Температура, °С	Давление насыщенного пара, *кгс/см²*	Удельный объем насыщенного пара, *м³/кг*	Скрытая теплота парообразования, *ккал/кг*
—40	0,655	0,2442	40,83
—30	1,025	0,1633	39,99
—20	1,540	0,1106	39,08
—10	2,236	0,0781	38,09
— 5	2,663	0,0663	37,56
0	3,149	0,0566	37,01
+ 5	3,699	0,0486	36,44
+10	4,318	0,0420	35,84
+20	5,785	0,0317	34,56
+30	7,592	0,0243	33,14
+40	9,784	0,0188	31

Таблица 83

Свойства растворов хлористого натрия и хлористого кальция

Объемная масса при +15° С		Хлористый кальций				Хлористый натрий			
				масса безводного хлорида, *кг*				масса безводного хлорида, *кг*	
по ареометру	° Ве	точка замерзания, °С	удельная теплоемкость	на 1 *кг* раствора	на 1 *м*³	точка замерзания, °С	удельная теплоемкость	на 1 *кг* раствора	на 1 *м*³
1,00	0	0	1,00	0	0	0	1,00	0	0
1,01	1,5	—0,5	0,981	0,012	13	—0,9	0,980	0,016	16
1,02	2,9	—0,9	0,963	0,024	25	—1,7	0,963	0,030	31
1,03	4,3	—1,4	0,946	0,036	38	—2,4	0,948	0,044	46
1,04	5,6	—2	0,930	0,048	50	—3,2	0,933	0,058	61
1,05	6,9	—2,6	0,914	0,060	63	—3,9	0,919	0,071	75
1,06	8,2	—3,3	0,899	0,071	75	—4,7	0,906	0,085	90
1,07	9,5	—4	0,884	0,082	88	—5,5	0,893	0,098	105
1,08	10,7	—4,8	0,870	0,093	101	—6,4	0,881	0,111	121
1,09	11,9	—5,7	0,856	0,104	114	—7,3	0,870	0,124	136
1,10	13,1	—6,6	0,843	0,115	127	—8,4	0,859	0,137	151
1,11	14,3	—7,6	0,830	0,126	140	—9,5	0,849	0,149	167
1,12	15,5	—8,6	0,817	0,137	153	—10,8	0,840	0,162	183
1,13	16,6	—9,8	0,805	0,147	167	—12,2	0,831	0,174	198
1,14	17,7	—11	0,794	0,157	180	—13,8	0,823	0,187	214
1,15	18,8	—12,3	0,783	0,167	193	—15,5	0,815	0,200	230
1,16	19,9	—13,7	0,772	0,178	207	—17,4	0,808	0,212	247
1,17	21,0	—15,2	0,762	0,188	221	—19,5	0,801	0,224	264
1,18	22,0	—16,8	0,752	0,198	235	—21,7	0,795	0,236	281
1,19	23,0	—18,4	0,742	0,208	249	—22,2	0,790	0,248	297
1,20	24,0	—20,2	0,732	0,218	263				
1,21	25,0	—22,1	0,723	0,227	277				
1,22	26,0	—24	0,715	0,237	291				
1,23	27,0	—26,1	0,707	0,247	306				
1,24	27,9	—28,3	0,699	0,257	320				
1,25	28,8	—30,6	0,691	0,266	334				

Взрывной предел для хладагентов

Хладагенты	% об. газа в воздухе
Аммиак	13,1—26,8
Этан	3,1—10,7
Хлористый этил	4,3—14,0
Хлористый метил	8,9—15,6
Пропан	2,5—8,4
Бутан	1,7—5,7
Осветительный газ	7,1—21,0

Хладагенты вредно действуют на человеческий организм, некоторые данные приведены в табл. 84.

Таблица 84

Действие хладагентов на организм человека

Хладагенты	Количество, вызывающее скорую смерть		Количество, вызывающее после вдыхания в течение 30—60 *мин*			
			серьезные расстройства организма		легкие расстройства организма	
	% об.	*г/м³*	% об.	*г/м³*	% об.	*г/м³*
Углекислота	30	528	6—8	112—144	4—6	72—112
Аммиак . . .	0,5—1	4	0,35	2	0,03	0,2
Сернистый ангидрид . . .	0,2	—	0,04	1,3	0,005	0,1
Хлороформ . .	7	352	1,4—3	69—149	0,5	25
Хлористый этил	15—30	320—640	6—7	112	2	41
Хлористый метил	15—30	320—640	6—8	96—208	2—3	41—64
Фреон	—	—	80	—	28—30	1440—1520

Помощь при несчастных случаях, вызванных аммиаком:

при ожоге глаз — обильно промыть теплой водой с добавлением 1%-ного раствора борной кислоты; веки немедленно смазать вазелином;

при ожоге кожи — промыть пораженный участок и смазать вазелином;

при вдыхании паров — раздеться для облегчения дыхания; к носу и рту приложить тампоны, пропитанные слабым уксусом; принять таблетку кодеина (0,03 *г*);

при попадании жидкого аммиака внутрь организма — выпить разбавленный уксус или лимонный сок. Вызвать рвоту, затем выпить растительное масло или молоко.

3. ОХЛАЖДАЮЩИЕ РАССОЛЫ

Рассолы — это соляные растворы, служащие для передачи холода.

Вода для рассолов. Если возможен выбор источника, следует отдать предпочтение воде с меньшим содержанием сульфатов, а затем бикарбонатов. Исключается использование воды, содержащей сульфат кальция (селенистой воды).

При использовании жестких вод рассол следует приготовлять в баках, не сообщенных с системой, по которой он циркулирует во избежание образования осадков. Это еще важно и потому, что растворение соли в воде сопровождается сильным выделением тепла, и повышение температуры рассола увеличивает коррозию.

Если нельзя избежать употребления воды, содержащей сульфат кальция, поступают следующим образом. Соль растворяют в баке вне циркуляционной системы, затем нейтрализуют рассол соляной

кислотой, после чего оставляют для отстаивания на несколько дней, чтобы осел гипс, и декантируют. Раствор заливают в холодильную систему.

Раствор можно оставить таким, какой он есть, или добавить щелочь в зависимости от свойства металла, из которого изготовлена установка. Смягчение селенистой воды при помощи карбоната натрия в данном случае неэффективно.

Применяемые соли. Для приготовления рассолов пользуются следующими солями: хлористым кальцием ($CaCl_2$), хлористым натрием ($NaCl$), хлористым магнием ($MgCl_2$). Характеристики растворов хлористого кальция и хлористого натрия даны в табл. 83.

Выбор рассола. При выборе солевого раствора учитывают его термические свойства (теплопроводность, удельную теплоемкость и т. д.), коррозионное действие на металлы установки, концентрацию, ядовитость, цену.

Концентрация рассола. Слабая концентрация имеет следующие преимущества: низкую себестоимость, меньшую массу и вязкость, а следовательно, и меньшее потребление энергии, слабую и редко наблюдаемую коррозию, вызываемую гальваническими явлениями.

Сильная концентрация дает рассол менее аэрированный и поэтому менее коррозионный.

Следует выбирать концентрацию рассола, нейтрализующую эти противоречивые явления и во всяком случае с точкой замерзания на 5—10° ниже самой низкой температуры, достигаемой рассолом. Точка замерзания служит показателем, позволяющим наиболее просто определять концентрацию (см. табл. 87).

Реакция рассола. Рассолы должны быть щелочными или нейтральными, но ни в коем случае не кислыми: их pH всегда должен быть выше 7, а лучше 7,5. Выбор щелочного или нейтрального рассола зависит от природы металлов, с которыми он соприкасается. Можно пользоваться табл. 85.

Если в установке есть металлические части из оцинкованного железа, то этот цинковый покров со временем исчезает. Пока он существует хотя бы частично, можно пользоваться нейтральным рассолом, но как только он окончательно исчезнет, рассол должен быть щелочным.

Исключения. Если охлаждающие рассолы предназначаются для использования на пивоваренных заводах или для получения льда, то в первом случае контактирующие с раствором части установки должны быть неоцинкованные, а во втором — железные баки (тоже неоцинкованные), в которые погружают формы,— изготовлены из оцинкованного железа.

Вопреки указаниям табл. 85 в таких случаях следует придерживаться щелочного режима. Кроме того, если располагают составом против коррозии или ржавчины, отвечающим определенным требованиям, то его применяют для внешних поверхностей форм и металлических подставок для форм, за исключением всех остальных металлических частей.

Для **определения реакции рассола** пользуются индикаторами.

1. Фенолфталеином или метилоранжем:

налить сразу же после отъема в два сосуда по 50 *см*^{3} рассола, профильтрованного при низкой температуре; добавить в каждый по 100 *см*^{3} дистиллированной воды; нагреть до 15° С.

Таблица 85

Показатели для подбора рассола в зависимости от природы металла

Металлы, соприкасающиеся с раствором	Необходимая реакция в растворе	Рекомендуемый pH	Окраска, которую должен принять		Фенолфталеин		Метилоранж	
			фенолфталеин	метилоранж	реакция	мероприятия	реакция	мероприятия
При отсутствии цинка или оцинкованного железа: Железо, Сталь, Чугун; Медь, Латунь, Бронза	Щелочная	9—10	Красная или розоватая	Желтая	Остается бесцветным	Щелочность рассола увеличивают добавлением извести		
Цинк или оцинкованное железо: В присутствии черных или цветных металлов или без них	Нейтральная с тенденцией к щелочной	7,5—8	Остается бесцветным	Желтая или желто-оранжевая	Принимает красную или розовую окраску	Рассол нейтрализуют соляной кислотой	Принимает оранжево-розовую окраску	Щелочность рассола увеличивают добавлением извести

В первый сосуд добавить пять капель раствора 1 *г* фенолфталеина в 100 *см*³ 94°-ного спирта.

Во второй сосуд добавить пять капель раствора 0,05 *г* метилоранжа в 100 *см*³ дистиллированной воды.

По окрашиванию определять реакцию рассола при помощи табл. 86.

Таблица 86

Определение реакции рассола по окрашиванию

Реакция раствора	Окрашивание	
	в 1-м сосуде (фенолфталеин)	во 2-м сосуде (метилоранж)
Щелочная	Розово-красное	Желтое
Нейтральная	Бесцветное	Желто-оранжевое
Кислая	»	Оранжево-красное

2. Индикаторной бумагой: применение индикаторной бумаги позволяет быстро определять pH (при высокой концентрации рассола бумагу нужно предварительно смачивать дистиллированной водой).

Корректирование реакции рассола. Возможны два случая:

а) наиболее частый в практике случай, когда щелочность рассола, ставшую слишком слабой, нужно увеличить. Повышение pH достигается умеренным увеличением щелочности путем внесения извести или каустической соды;

б) если слишком высокую щелочность рассола нужно понизить почти до нейтральной, используют соляную кислоту.

Увеличение щелочности слишком кислого рассола. Обычно достигается прибавлением извести. Негашеную известь из расчета 1,2 *кг* на 1 *м*³ рассола размешивают в четырехкратном количестве воды, нагретой до 50° С. Полученное известковое молоко постепенно вливают в рассол предпочтительно снизу, в месте сильного движения рассола и вблизи мешалки, избегая попадания известкового молока на поверхность жидкости. Можно также применять каустическую соду из расчета 1,7 *кг* на 1 *м*³ рассола.

Нейтрализация рассола повышенной щелочности. Необходимое количество соляной кислоты определяют следующим образом: 100 *см*³ профильтрованного рассола наливают в сосуд и нагревают до 15° С; добавляют пять капель спиртового раствора фенолфталеина, а затем *n* *см*³ 0,1 н. раствора соляной кислоты — количество, необходимое для обесцвечивания розовой окраски фенолфталеина. Эти *n* *см*³ представляют алкалиметрический титр рассола и количество, необходимое для нейтрализации. Кислоту следует вводить постепенно и равномерно в месте сильного движения раствора и вблизи мешалки. Действовать нужно осторожно во избежание образования кислой реакции в конце процедуры.

Периодический контроль реакции рассола. Рекомендуется периодически проверять реакцию рассола. Можно пользоваться диаграммой, нанеся на абсциссе время, а на ординате алкалиметрические титры или соответствующие значения pH (рис. 22).

Удаление аммиака из рассола достигается прибавлением формалина, образующего с аммиаком гексаметилентетрамин.

Скорость движения хладагента во всасывающих и нагнетательных трубах компрессорных установок дана в табл. 87 (по Готше).

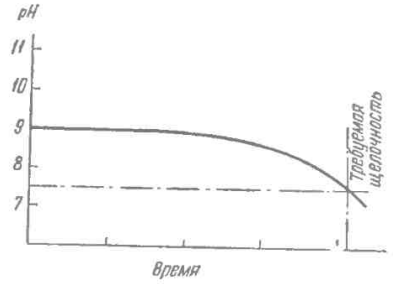


Рис. 22. Периодический контроль реакции рассола.

Изменение объемной массы рассола из хлористого кальция под действием температуры. Диаграмма такого измечения представлена на рис. 23.

Объемная масса раствора хлористого кальция изменяется одновременно с температурой. Приведенная диаграмма позволяет вычислить объемную массу рассола при какой-нибудь температуре по объемной массе при другой температуре. Для этого известную объемную массу находят на горизонтальной шкале и проводят вертикальную линию; находят температуру на вертикальной линии и проводят соответствующую горизонтальную линию; через точку пересечения этих двух линий методом интерполирования между двумя кривыми постоянной концентрации проводят параллельную им кривую до точки встречи ее с горизонтальной линией, соответствующей той температуре, до которой хотят довести рассол.

Таблица 87

Скорость движения хладагента (в *м/сек*)

Хладагент	Всасывающая сторона	Нагнетающая сторона
Газ аммиак	15—20	20—25
Углекислота газообразная	5—6	5—6
Сернистая кислота газообразная	20—25*	25—30
То же	5—10**	10—12,5
Хлористый метил газообразный	15—20*	20—25
То же	5—10**	10—12,5
Фреон (F-12) газообразный	13—18*	18—22
То же	4—9**	8—11
Вода	0,3—1	0,5—1,25
Рассол	0,3—0,75	0,5—1,0

* В больших установках.
** Для домашних холодильников.

По вертикали, построенной из этой точки встречи, находят на горизонтальной шкале объемную массу рассола.

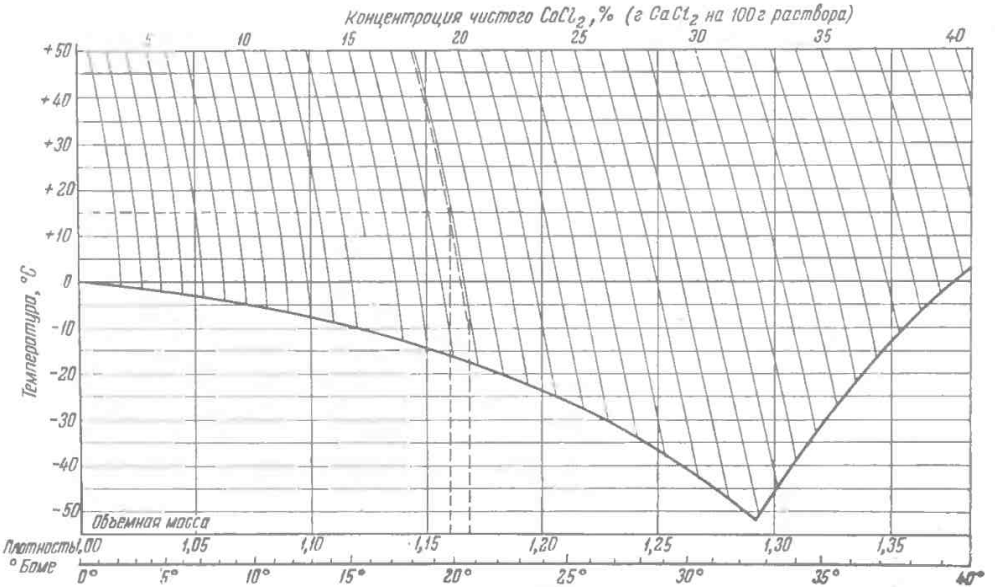


Рис. 23. Изменение объемной массы рассола из хлористого кальция в зависимости от температуры.

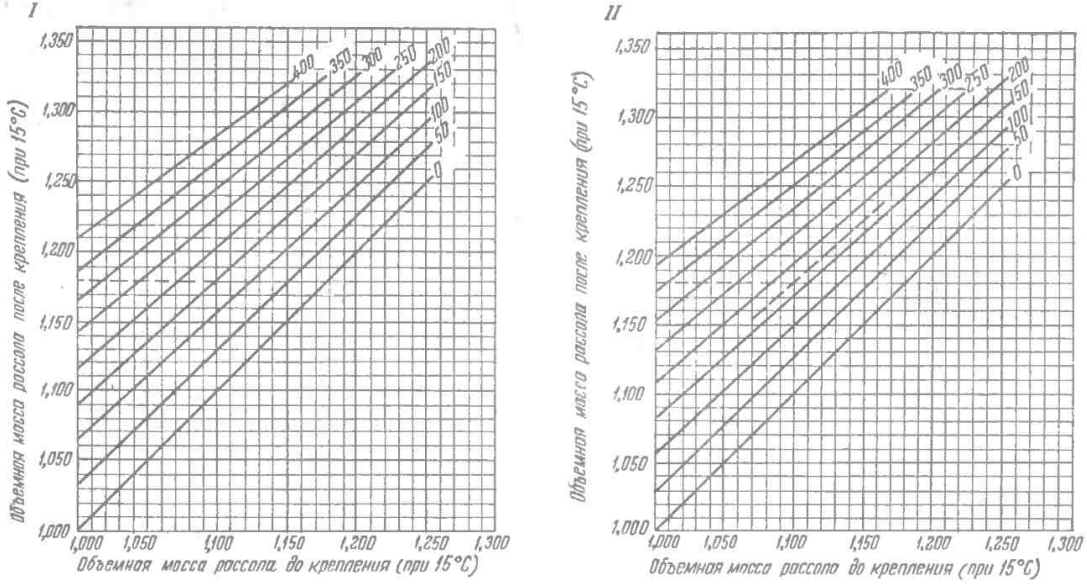


Рис. 24. Определение количества хлористого кальция, которое следует добавить в $кг/м^3$ рассола:

I — 77—80%-ный, *II* — 72—75%-ный.

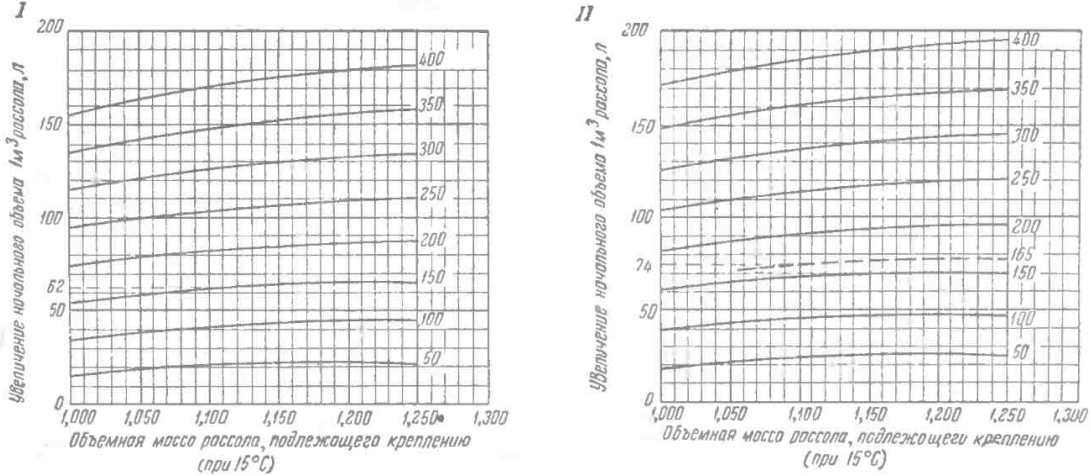


Рис. 25. Определение увеличения объема в результате добавления хлористого кальция:
I — 77—80%-ного, *II* — 72—75%-ного.

Пример. При 15° С объемная масса рассола 1,160; соответствующая концентрация 17,7%; при 10° С ниже нуля объемная масса этого рассола будет 1,168.

Определение количества хлористого кальция, добавляемого в 1 $м^3$ имеющегося раствора, приведено на рис. 24.

Деления сетки на кривых показывают количество хлористого кальция в $кг/м^3$, которое следует прибавлять к рассолу, подлежащему креплению.

Метод определения следующий. На горизонтальной шкале находят объемную массу имеющегося рассола. Затем проводят соответствующую вертикальную линию. На вертикальной шкале находят искомую объемную массу и проводят соответствующую горизонтальную линию. На точке пересечения этих двух линий методом интерполирования между двумя соседними кривыми находят число $кг$ $CaCl_2$, которое следует прибавить к 1 $м^3$ рассола.

Пример. Чтобы довести до 1,18 объемную массу рассола с начальной объемной массы 1,10, следует прибавить примерно 150 $кг$ 77—80%-ного $CaCl_2$ на 1 $м^3$ имеющегося рассола или 165 $кг$ 72—75%-ного $CaCl_2$.

Определение увеличения объема в результате добавления $CaCl_2$. Прибавление к имеющемуся рассолу $CaCl_2$ приводит к увеличению его объема, которое можно определить по диаграммам (рис. 25).

Деления сетки кривых показывают количество хлористого кальция, добавленного в 1 $м^3$ рассола, подлежащего креплению.

Способ определения. На горизонтальной шкале найти объемную массу рассола, подлежащего креплению. Провести соответствующую вертикаль до точки, показывающей количество добавленного $CaCl_2$ и определяемой интерполированием между двумя кривыми диаграммы. На соединении горизонтали, проведенной из этой точки, с вертикальной шкалой найти увеличение объема.

Пример. Если добавить 150 $кг$ 77—80%-ного $CaCl_2$ к раствору объемной массы 1,10, объем увеличится примерно на 62 $л$ на 1 $м^3$ первоначального рассола. Если к рассолу объемной массы 1,10 добавить 165 $кг$ 72—75%-ного $CaCl_2$, то увеличение объема составит примерно 74 $л$ на 1 $м^3$ первоначального рассола.

КОРРОЗИЯ В ХОЛОДИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Коррозия атмосферного происхождения:

Причины. Установка аппаратуры в атмосфере более или менее влажного воздуха.

Действие обычно слабое, так как при низких температурах диффузия кислорода сквозь пленку окисла ограничена. В сухом воздухе разъедание прекращается и окисный слой становится невидимым. Кроме того, в нормальных условиях изоляция труб также защищает металл. Наконец, большая часть аппаратуры бывает окрашенной, лакированной или эмалированной и, следовательно, защищенной от атмосферной коррозии.

Коррозионное действие холодильных рассолов:

Причины. Соприкосновение рассола с металлическими частями установки, вызывающее появление электродвижущей силы, или между двумя разными металлами, погруженными в рассол (гальваническая пара), или между разными частями одной металлической детали, образующими анод и катод вследствие какого-либо местно-

го различия (примеси, внутреннее напряжение, поры в поверхностном слое и т. п.). Эта электродвижущая сила увеличивает подверженность металла электрохимической коррозии.

Результат. Активное воздействие на металл в местах, служащих анодом, проявляется в более или менее глубоком разъедании. В местах, служащих катодом, также наблюдаются коррозионные явления, хотя и более слабые, под действием образующейся щелочи.

Способы борьбы с коррозией зависят от причин, влияющих на скорость поражения металла.

1. **Влияние металла**. Следует принять меры:

противодействовать образованию большой электродвижущей силы, избегая одновременного использования двух металлов разной степени очистки (одинаково для металлов, сплавов и припоев);

изолировать железные трубопроводы от медных;

создать на металле защитный слой окраской, или покрытием лаком (битумным, металлическим или целлюлозным), или металлизацией (электролитическое осаждение, механическое распыление, гальванизация, покрытие свинцом и т. п.), или анодированием, или образованием изолирующего слоя, или погружением в раствор фосфорной кислоты и другими способами фосфатирования;

пользоваться соединениями со слабыми или совсем не имеющими коррозионных свойств (сталь с 13% хрома или лучше хромоникелевая сталь типа 18/8 с содержанием 0,1% углерода).

2. **Влияние рассола**. Влияние рассола может быть прямым и косвенным. При прямом влиянии необходимо:

дезактивировать воду или растворенный в ней воздух, т. е. кислород рассола (благоприятствующий коррозии), кипячением, или выдерживанием воды при температуре 90° С под давлением при соприкосновении с большими поверхностями железа;

избегать всякого излишнего движения рассола и образования воздушных карманов в трубопроводе;

удостовериться в том, что обратная труба погружена в бак;

применять самую сильную концентрацию рассола из допустимых для получения желаемого эффекта;

поддерживать pH рассола близким к 7 или даже слабощелочным (7,5—8 для латуни, меди и ее сплавов и 8—9 для железа и стали);

при регулировании pH следить за непрерывным поглощением из воздуха углекислоты, вызывающей медленное окисление;

использовать ингибиторы, задерживающие эффект коррозии. Для этой цели можно прибавить примерно 5,6 *кг/м*³ двунатрийфосфата, особенно при рассоле из NaCl; прибавить кремнекислый натрий (0,8—1,4 *кг/м*³), вызывающий выпадение мелкого студенистого осадка (эту обработку часто комбинируют с поддержанием pH между 7 и 8,3 действием CO_3 на рассол из NaCl); прибавить бихромат натрия или соду при кислых рассолах из расчета 1,6 *кг/м*³ рассола из $CaCl_2$ и 27% 76%-ного раствора соды или примерно 0,43 *кг* для нейтральных рассолов (удвоить эти дозы для рассола из NaCl).

Бихромат действует как ингибитор и для анода и для катода.

Можно снижать коррозионное действие употреблением специальных рассолов: рейнхартин, антикора, хлорин, фригозол, фрижидин специальный, кристаллин, айссол, кюльсолин, термолит, специальный $CaCl_2$ и др.

Косвенное влияние рассола. В конденсаторах с водяным охлаждением или в испарителях, погруженных в воду, можно рассматривать воду как рассол.

Косвенное действие воды на коррозию в трубопроводе холодильного агента особенно опасно при SO_2, CH_3Cl и других веществах, образующих кислоты. В таких случаях надо применять водоотнимающие вещества ($CaCl_2$, активированный алюминий, кремнегель и др.) или при отсутствии опасности образования кислоты механически удалять воду через коллектор, помещенный в газопроводе или чаще в специальном масляном коллекторе.

3. **Влияние соприкосновения с пищевыми продуктами.** В таких случаях следует широко пользоваться цинком и оловом для увеличения стойкости стали к коррозии, вызываемой пищевыми продуктами, особенно пивом.

ОКРАСКА И УСЛОВНЫЕ ЗНАКИ, ПРИНЯТЫЕ В ХОЛОДИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ФРАНЦИИ

Условная окраска труб, по которым перемещаются хладагенты, представлена определенными цветами, характеризующими виды хладагентов.

Физическое состояние хладагентов определяется по нанесенным на поверхность труб цветным кольцам. Между кольцами всегда оставляют просвет в 3 раза шире самих колец.

Качество хладагента различают по белой букве, нанесенной поверх цветного кольца.

Указанные на чертежах и схемах условные цвета должны быть идентичными с цветами, нанесенными на трубопроводах.

Стационарные трубопроводы отмечают условным окрашиванием, за исключением мест соединения.

При длине трубы до 0,5 *м* наносится одно кольцо посередине; при длине от 0,5 до 3 *м* кольца наносят с двух концов трубы около соединений.

На трубах, проходящих сквозь перегородку, кольца наносят с одной и другой стороны перегородки.

Употребление условных цветных обозначений обязательно лишь в том случае, если оно обусловлено в налоговых или торговых проспектах по соглашению с потребителем.

Электропроводка. Если электрическая проводка, заключенная в трубки, находится по соседству с трубопроводом хладагента, то она должна быть окрашена в белый цвет с нанесенными сверху молниями в форме Z желтого цвета для постоянного тока и красного — для переменного тока.

Сборники. Резервуары. Употребление условной окраски обязательно. На них должен быть нанесен хорошо видный прямоугольник, окрашенный в белый цвет. Вид хладагента обозначается условным знаком.

Состояние можно отмечать центральным кольцом или секторами круга, а качество — принятыми знаками.

Манометры. В центре прямоугольника, окрашенного в белый цвет, помещают цветную кокарду по размерам в 4 раза меньше основания прямоугольника.

Аппараты автоматического контроля. Условное окрашивание обязательно для некоторых аппаратов: редукционных клапанов, термостатов и регуляторов давления.

Окраска, применяемая для обозначения вида хладагента, приведена в табл. 88.

Таблица 88

Обозначение вида хладагента

Хладагент	Формула	Окраска
Аммиак	NH_3	Белая (51% цинковых белил + 49% растворителя)
Углекислота	CO_2	Серая (51,7% цинковых белил +0,3% голландской сажи +48% растворителя)
Сернистый ангидрид	SO_3	Темно-красная (25% красной +7% ультрамариновой +68% растворителя)
Хлористый этил Хлористый метил Хлористый метилен	C_2H_5Cl CH_3Cl CH_2Cl_2	Зеленая веронская (30% изумрудно-зеленой +20% белой + +50% растворителя) с нанесением сверху знаков 4, 5 или 6 в соответствии с обозначениями, принятыми Кодом безопасности
Фреон-11 Фреон-12 Фреон-21 Фреон-114	CCl_3F CCl_2F_2 $CHCl_2F$ $C_2Cl_2F_4$	Оранжевая яффская (12% красной +32% хромовой желтой +56% растворителя) с нанесением сверху на резервуар с агентом черной краской отчетливых знаков номеров по номенклатуре фреонов
Этан Пропан *н*-Бутан Изобутан	C_2H_6 C_3H_8 C_4H_{10} $(CH_3)_3CH$	Охра светлая (44% желтой охры +9% белой +47% растворителя) с нанесением сверху на главном резервуаре черной краской первой большой буквы названия продукта

Продолжение табл. 88

Хладагент	Формула	Окраска
Рассолы		Черная чистая (16% голландской сажи +84% растворителей)
Вода для охлаждения а) входящая в конденсатор (холодная) б) выходящая из конденсатора (горячая)		Синяя (34% синей ультрамариновой +18% цинковых белил +48% растворителя). Кольцо светло-зеленое или оранжевое

Окраска, применяемая для обозначения физического состояния хладагента, представлена в табл. 89.

Таблица 89

Физическое состояние хладагента и его окраска

Физическое состояние хладагента	Окраска
Газы горячие сжатые и перегретые	Оранжевая светлая (9% красной +35% желтого хрома +56% растворителя) с белой буквой V сверху
Жидкость очищенная (или обезжиренная)	Цвет замазки (43% цинковых белил +8% желтой охры +49% растворителя)
Насыщенный пар, конденсирующийся в жидкость в конденсаторе (высокое давление)	Розовая (10% красной + 39% цинковых белил +51% растворителя)
Сгущенная жидкость под давлением	Красная (58% красной +5% цинковых белил +37% растворителя)
Конденсат (переохлажденная жидкость)	d_0 с буквой R на поверхности
Жидкость, охлажденная под разрежением	Фиолетовая (19% красной +10% синей ультрамариновой +26% цинковых белил +45% растворителя)
Насыщенный пар в испарителе (низкое давление)	Голубая (12% синей ультрамариновой + +40% цинковых белил +48% растворителя) с белой буквой S сверху

Физическое состояние хладагента	Окраска
Пар при холодном перегреве (при низком давлении)	Голубая (без букв на поверхности)
Жидкость, насыщенная маслом (или загрязненная)	Коричневая (44% красной охры +9% цинковых белил +47% растворителя)
Слабый раствор аммиака	Ультрамариновая синяя (34% синей +18% цинковых белил +48% растворителя)
Крепкий раствор аммиака	Красная полоса, ультрамариновая синяя, затем красная полоса

Условные знаки, определяющие качество холодильных жидкостей:

перегретый пар . . . . . буква V
жидкость переохлажденная . . . буква R
насыщенный агент . . . . . буква S

Расход хладагентов — результат потерь на утечку (табл. 90).

Таблица 90

Расход NH_3, SO_2 и CO_2 в компрессорных машинах

Производительность установки, *ккал/ч*	Годовой расход хладагента, *кг*		
	NH_3	SO_2	CO_2
5 000	—	—	80
10 000	—	—	120
20 000	40	30	160
50 000	50	40	400
80 000	80	80	600
120 000	100	100	1000
200 000	140	170	—
500 000	300	300	—

4. ХОЛОДИЛЬНЫЕ МАШИНЫ

КОМПРЕССОРЫ

Температуры нагнетания в одноступенчатом компрессоре и характеристики разных компрессоров даны в табл. 91—95.

Таблица 91

Температуры нагнетания в зависимости от температур конденсации и испарения NH_3 в одноступенчатом компрессоре

нагнетания	Температура в °С на стороне всасывания																						
	+5	+4	+3	+2	+1	0	−1	−2	−3	−4	−5	−6	−7	−8	−9	−10	−11	−12	−13	−14	−15	−16	−17
+50	108	110	112	113	116	117	118	120	122	124	126	128	131	133	135	137	139	142	143	145	147	150	152
+49	106	108	110	111	113	115	117	118	120	122	124	125	128	130	132	134	136	139	140	143	145	147	149
+48	104	105	107	109	111	113	115	116	118	120	122	123	125	127	130	132	134	136	138	140	143	145	147
+47	101	103	105	106	109	110	112	114	116	118	119	121	123	125	127	130	131	134	136	138	140	142	145
+46	98	100	102	104	106	108	110	112	114	116	117	119	121	123	125	127	129	132	134	136	138	140	142
+45	96	98	99	101	103	105	107	110	111	114	115	117	118	120	123	125	126	129	131	134	135	138	140
+44	94	95	97	99	100	103	105	107	109	111	113	115	116	118	120	123	124	126	129	131	133	135	137
+43	92	93	95	97	98	100	103	105	106	108	110	112	114	116	118	120	122	124	126	129	131	133	135
+42	89	91	93	95	96	98	100	102	104	106	108	110	112	114	116	118	120	122	124	126	128	130	133
+41	87	89	90	92	94	96	98	100	101	104	105	107	110	111	114	116	117	120	121	124	125	128	130
+40	85	86	88	90	92	94	95	97	99	101	103	105	107	109	111	113	115	118	119	121	123	125	127
+39	83	84	86	88	90	91	93	95	96	98	100	103	104	106	108	110	113	115	116	119	120	123	125
+38	81	82	84	86	87	89	91	93	94	96	98	100	102	104	106	108	110	113	114	116	118	120	123
+37	79	80	82	84	85	87	89	90	92	94	96	98	99	101	103	105	108	110	111	114	115	118	120
+36	77	78	80	81	83	85	86	88	90	92	94	95	97	98	101	103	105	107	109	111	113	115	117
+35	75	76	77	79	81	82	84	86	87	89	91	93	95	96	98	100	102	104	106	108	110	113	115
+34	73	74	75	77	78	80	82	84	85	87	89	91	92	94	96	98	100	102	104	106	108	110	112
+33	69	71	73	75	76	78	80	81	83	84	86	88	90	91	94	95	97	99	101	103	105	108	110
+32	67	68	70	72	74	76	77	79	81	82	84	86	88	89	91	93	95	97	98	100	103	105	107
+31	65	66	68	70	72	74	75	77	78	80	82	84	85	87	89	91	93	95	95	98	100	102	104
+30	63	64	66	67	69	71	73	75	76	78	80	82	83	85	87	89	90	93	94	96	97	100	102

+29	60	61	63	65	67	68	70	72	74	76	77	79	81	83	84	86	88	90	91	93	95	97	99
+28	57	59	60	63	64	66	67	69	71	74	75	77	78	80	82	84	85	87	89	91	93	94	96
+27	54	56	58	60	62	64	65	67	69	71	73	75	76	78	80	81	83	85	87	89	90	92	94
+26	52	54	55	57	60	61	63	65	66	68	70	72	74	75	78	79	81	83	84	87	88	90	92
+25	50	52	53	55	56	58	60	63	64	66	68	70	71	73	75	77	79	80	82	84	86	87	90
+24	48	49	51	53	54	55	58	60	61	64	65	67	69	70	73	74	76	78	80	82	84	85	87
+23	46	47	49	50	52	53	55	57	59	61	63	65	67	68	70	72	74	76	77	80	81	83	84
+22	44	45	47	48	50	51	53	54	56	58	60	62	64	66	67	69	71	73	75	77	78	80	82
+21	42	43	45	46	48	49	50	52	54	55	58	60	61	64	65	67	69	71	73	75	76	78	80
+20	39	40	42	44	45	47	48	50	51	53	55	57	59	61	63	65	66	68	70	72	74	76	77
+19	36	38	40	41	43	45	46	47	49	50	53	54	56	58	60	63	64	66	68	70	71	73	75
+18	34	35	37	39	40	42	44	45	47	48	50	51	53	55	57	60	61	63	65	67	69	71	73
+17	32	33	35	36	38	40	42	43	44	46	48	49	51	53	54	56	58	61	63	65	66	68	70
+16	29	31	32	34	35	37	39	40	42	43	45	47	48	50	52	54	55	57	60	62	64	66	68
+15	27	29	30	32	33	35	36	38	40	41	43	45	46	48	50	52	53	55	57	59	61	63	65
+14	25	26	28	29	31	32	34	35	37	39	40	43	44	46	47	49	50	53	54	56	58	60	62
+13	23	24	25	27	28	30	32	33	35	36	38	40	42	44	45	47	48	50	51	53	55	57	60
+12	21	22	22	25	26	27	29	30	32	34	35	37	39	41	42	44	46	47	49	51	53	54	56
+11	18	20	21	23	24	25	27	29	30	32	33	35	36	38	40	42	44	45	47	48	50	52	53
+10	16	18	19	20	22	23	25	26	28	29	31	33	34	36	38	40	41	43	45	46	47	49	51
							171	173	176	179	182	185	187	191	195	198	201	205	208	211	215	220	223
+50	155	157	160	163	165	168	168	170	173	176	179	182	185	188	191	195	198	201	205	208	211	215	220
+49	151	154	157	160	162	165	165	168	170	173	176	179	182	185	188	192	195	198	201	205	208	212	216
+48	149	151	154	156	160	163	162	165	168	171	174	176	179	183	185	189	192	195	198	202	205	209	213
+47	147	149	151	154	156	160	160	163	165	168	171	174	177	180	183	186	189	193	196	199	203	206	210
+46	145	147	149	151	154	157	157	160	163	165	169	172	174	177	181	184	186	190	193	196	200	203	207
+45	142	145	147	149	152	154	155	158	160	163	167	169	172	175	178	181	184	187	190	194	197	200	204

Продолжение табл. 91

нагнетания	Температура в °С на стороне всасывания																							
	−18	−19	−20	−21	−22	−23	−24	−25	−26	−27	−28	−29	−30	−31	−32	−33	−34	−35	−36	−37	−38	−39	−40
+44	140	142	145	147	149	152	153	155	158	160	164	167	169	173	175	178	181	185	188	191	195	197	201
+43	138	140	143	144	147	149	150	153	155	158	161	164	167	170	173	175	178	182	185	188	192	195	198
+42	135	137	140	142	144	147	148	150	152	155	158	162	165	167	170	173	176	180	182	185	189	192	195
+41	133	135	138	140	142	145	145	147	149	153	155	158	162	165	167	170	174	177	180	182	186	190	193
+40	130	133	135	137	140	142	142	145	147	150	153	155	158	162	165	168	171	175	177	180	183	187	190
+39	128	130	133	135	137	140	140	142	145	147	150	153	155	159	162	165	168	173	175	178	180	184	187
+38	125	127	130	132	135	137	139	140	142	145	147	150	152	156	159	163	165	171	172	175	178	181	185
+37	123	124	127	130	132	135	135	137	139	142	145	147	150	153	156	159	163	166	169	172	175	179	182
+36	120	122	124	126	130	132	132	135	136	139	142	145	147	150	153	156	160	163	166	170	172	176	179
+35	117	119	122	124	126	129	129	133	134	137	139	143	145	148	150	154	157	160	164	167	170	173	176
+34	115	117	119	122	124	126	126	130	131	134	137	140	143	145	148	150	154	158	160	164	167	170	174
+33	112	114	116	119	122	124	124	126	129	131	134	137	140	143	145	148	151	155	157	161	165	167	171
+32	109	111	114	116	119	121	121	124	126	128	132	135	137	140	143	145	148	151	153	158	162	165	168
+31	106	109	111	113	116	118	118	121	123	126	129	132	135	138	140	143	146	148	151	155	158	162	165
+30	104	106	108	111	113	115																	
+29	101	104	105	108	110	113	115	118	121	123	126	129	132	135	137	140	143	146	149	152	155	159	163
+28	98	101	103	105	108	110	113	115	118	120	123	126	129	132	135	138	140	144	146	148	153	156	159
+27	96	98	101	103	105	108	110	113	115	118	121	124	126	129	132	135	138	141	144	146	150	153	156
+26	94	96	98	100	103	105	108	110	113	115	118	121	124	126	129	132	135	138	141	144	147	150	154
+25	92	93	95	98	100	102	105	108	110	113	115	118	121	124	126	128	133	135	139	142	145	148	150
+24	89	91	93	95	98	100	102	105	107	110	113	115	118	121	124	126	130	133	135	139	143	145	148

+23	86	89	91	93	95	98	100	103	104	107	110	113	115	119	121	124	127	130	133	136	140	143	145
+22	84	86	88	90	92	95	97	100	102	104	107	110	113	116	118	121	124	127	130	134	137	140	143
+21	82	84	86	88	90	92	95	97	99	101	104	108	110	113	115	119	121	125	127	131	135	138	140
+20	80	82	83	85	87	90	92	95	96	99	102	105	107	110	113	116	119	123	125	128	132	135	138
+19	77	79	81	83	85	87	90	93	94	96	99	102	104	108	110	113	116	120	123	125	129	132	135
+18	75	77	78	81	83	85	87	90	91	94	96	100	102	105	107	110	114	117	120	123	126	130	133
+17	72	74	76	78	80	83	85	88	88	91	94	97	99	102	104	108	111	114	117	120	123	127	130
+16	69	71	73	75	77	80	82	85	86	88	91	93	96	99	101	105	108	111	114	117	120	124	127
+15	67	69	71	73	75	78	80	84	83	85	88	91	93	96	99	102	104	108	111	115	118	120	125
+14	65	66	68	70	73	75	77	82	81	83	85	88	90	93	95	98	101	105	108	111	114	117	121
+13	62	64	66	68	70	72	75	79	78	80	83	85	87	90	93	95	98	102	104	108	111	115	118
+12	59	61	64	65	67	69	72	76	75	78	80	82	85	87	90	93	95	98	101	106	108	112	115
+11	56	58	61	63	65	67	69	74	73	75	78	81	83	85	87	90	93	95	98	102	105	109	112
+10	53	55	58	60	62	64	67	71	70	73	75	78	80	83	85	87	90	93	95	98	102	105	109

Примечание. Показание термометра на стороне нагнетания должно быть равным (отклонения не более $\pm 10^\circ$ С) температуре, указанной в таблице и выведенной в зависимости от температур испарения и конденсации.

Пример. Термометры показывают -10° С для всасывания и $+25^\circ$ С для нагнетания. Температура на стороне нагнетания должна быть $+77^\circ$ С, если же она ниже 67° С или выше 87° С, то значит установка работает неиормально.

Таблица 92

Характеристика горизонтальных компрессорных установок, работающих на NH_3

Производительность, *ккал/ч*	Скорость вращения, *об/мин*	Диаметр маховика, *мм*	Мощность, потребляемая маховиком, *квт*	Конденсационная вода, $м^3$		Диаметр труб, *мм*	Производство льда, *кг/ч*
				при +10° С	при +20° С		
16 500	230	1200	6,1	2,1	2,8	40	137
45 000	210	1600	13,3	5,6	7,8	50	375
65 000	210	1600	19,4	7,9	10,2	50	540
115 000	190	2000	33,1	13,6	19,2	66	960
125 000	165	2500	35,6	15,1	20,8	80	1040
165 000	165	2500	46,0	21,2	28,8	80	1380
255 000	145	3000	68,8	32,5	45,3	90	2125
380 000	135	3500	100,0	49,3	68,8	102	3300
500 000	132	4000	128,8	64,0	89	127	4350
650 000	130	4500	161,9	85,5	119	152	5650
760 000	130	4500	189,9	98,5	138	152	6600

Таблица 93

Характеристика вертикальных компрессорных установок, работающих на NH_3

Производительность, *ккал/ч*	Скорость вращения, *об/мин*	Диаметр маховика, *мм*	Мощность, потребляемая маховиком, *квт*	Конденсационная вода, $м^3$		Диаметр труб, *мм*	Производство льда, *кг/ч*
				при +10° С	при +20° С		
Одноцилиндровые компрессоры							
50 000	250	1200	14,7	6,2	8,6	50	415
75 000	250	1500	22,1	8,6	12,9	66	625
100 000	250	1800	28,7	12	16,7	66	830
150 000	250	2200	42,7	19,2	26,2	80	1250
Двухцилиндровые компрессоры							
60 000	250	1500	18,0	7,3	9,4	50	500
100 000	250	1800	28,7	12	16,7	66	830
150 000	250	2200	42,7	19,2	26,2	80	1250
200 000	250	2500	54,5	25,4	35,5	90	1680
300 000	250	3000	79,5	39,5	54,5	102	2600

Таблица 94

Характеристика горизонтальных компрессоров, работающих на SO_2

Производительность (температура —10° С), *ккал/ч*	Скорость вращения, *об/мин*	Диаметр цилиндра, *мм*	Ход поршня, *мм*	Мощность, потребляемая маховиком, *квт*	Масса SO_2, *кг*
1 000	100	75	160	0,4	15
3 000	100	110	200	1,1	20
7 500	100	150	220	1,8	35
15 000	85	210	300	3,7	50
30 000	75	250	350	6,6	110
50 000	70	320	460	11,0	220
100 000	60	500	700	33,1	570
200 000	60	540	750	44,2	650

Таблица 95

Характеристика компрессоров, работающих на CO_2

Производительность (температура —10° С), *ккал/ч*	Скорость вращения, *об/мин*	Диаметр цилиндра, *мм*	Ход поршня, *мм*	Мощность, потребляемая маховиком, *квт*
Горизонтальный тип				
35 000	150	80	180	11,8
50 000	150	85	220	16,2
75 000	135	95	275	22,1
125 000	115	120	350	36,8
150 000	115	130	350	44,2
200 000	100	135	450	55,2
Вертикальный тип				
3 000	180	40	110	1,8
5 000	160	50	150	2,6
10 000	150	60	160	4,4
15 000	150	60	160	5,9

КОНДЕНСАТОРЫ

Конденсатор — это часть холодильной установки, которая, получая от компрессора горячие пары хладагента, охлаждает их и превращает в жидкость. В конденсаторе хладагент отдает содержащееся в нем тепло. Роль его противоположна роли испарителя.

Конденсатор может охлаждаться воздухом или чаще водой.

Он может быть снабжен системой переохлаждения, позволяющей понижать температуру охлаждающей жидкости перед поступлением ее в регулирующий вентиль.

Типы конденсаторов. Различают три типа конденсаторов:
с погружением (иммерсией);
работающие на принципе противотока;
с воздушным охлаждением.

В конденсаторах двух первых типов — с иммерсией и противотоком — обмен теплотой происходит по общей формуле обмена

$$Q = kS(t_2 - t_1),$$

где S — поверхность обмена, $м^2$;
$t_2 - t_1$ — разница температур, °С;
k — коэффициент теплопередачи, $ккал/(м^2 \cdot ч \cdot град)$.

В конденсаторе третьего типа — с воздушным охлаждением — испарение поглощает бо́льшую часть теплоты. Интенсивность этого испарения зависит не только от поверхности контакта, но в равной степени и от гигрометрических условий и силы воздушного потока, воздействующего на аппарат. Таким образом, атмосферные условия оказывают большое влияние на работу конденсатора с воздушным охлаждением.

В заключение следует заметить, что циркуляция хладагента в конденсаторе с воздушным охлаждением может быть равномерной и неравномерной, это легко определить, так как конец змеевика у конденсатора с равномерной циркуляцией слегка приподнят.

Коэффициент теплопередачи для конденсаторов $ккал/(м^2 \cdot ч \cdot град)$:

с иммерсией	$k = 150 \div 200$
с противотоком	$k = 700 \div 1200$
с неравномерным охлаждением	$k = 300 \div 320$
с равномерным охлаждением	$k = 600 \div 900$

Расход воды в конденсаторе. На 1000 *ккал*, получаемых в испарителе, расход воды в конденсаторах с погружением и с противотоком вычисляется по формуле

$$E = \frac{(Q_0 + 635)\,1000}{Q_0 (t_2 - t_1)},$$

где E — расход воды, *л*;
Q_0 — производительность, *л. с.*;
$t_2 - t_1$ — средняя разница температур двух жидкостей, °С;
635 — калорийный эквивалент, *л. с. ч* (1 *л. с. ч* $= 75 \cdot 3600 = 270\,000$ *кг·м*. Так как калорийный эквивалент работы, обратный механическому эквиваленту калории равен 425 *кг·м*, то калорийный эквивалент *л. с ч* $= 270\,000 : 425 = 635$ *ккал*).

Расход воды в конденсаторах с воздушным охлаждением вычисляется при тех же условиях по формуле

$$E = \frac{(Q_0 + 635)\,1000}{Q_0 \cdot 600},$$

где 600 — количество тепла, израсходованного на испарение 1 *кг* воды, *ккал*.

ИСПАРИТЕЛИ

Испаритель — это часть холодильной установки, в которой хладагент поддерживается в состоянии кипения при низкой температуре посредством всасывания образующихся паров компрессором.

Помещенный в охлаждаемую среду испаритель непрерывно отнимает у среды ее теплоту.

Испаритель может иметь сосуд для «перегрева», который играет роль отделителя жидкости, что позволяет подавать в компрессор сжатую и перегретую жидкость.

Способы охлаждения. Испарители, изготовляемые обычно из стальных трубок, могут быть разной формы в зависимости от того, что должны они охлаждать — воздух или жидкости.

Охлаждение воздуха. Эти испарители представляют собой батарею трубок, вокруг которых циркулирует охлаждаемый воздух. Разница температур воздуха и хладагента может быть 10° С и даже более.

Охлаждение жидкостей. Испарители имеют форму змеевиков, погруженных непосредственно в охлаждаемую жидкость, находящуюся в баке: мешалки заставляют жидкость циркулировать по поверхности обмена. Жидкость эта может быть обыкновенной водой, если температура не должна опускаться ниже 0°, или так называемый «незамерзающей» жидкостью, если, наоборот, нужно перейти этот температурный предел.

Типы испарителей. Служащие для охлаждения жидкостей испарители можно подразделить в зависимости от расположения их змеевиков (горизонтально или вертикально) на два типа.

Способы использования охлажденной жидкости. Жидкость, охлажденная при контакте с испарителем, может быть использована как хладагент путем непосредственного контакта с охлаждаемым телом (формы для льда) или отвода ее по трубам к аппаратам, поглощающим холод, на пивоваренных заводах, в подвалах и т. п.

РАСЧЕТЫ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН

Приблизительный расчет поверхности испарителя производится по следующей формуле:

$$S = \frac{Q_0 + t_s}{100\,(t_s - t_s')},$$

где S — поверхность испарителя, $м^2$;

Q_0 — количество получаемого в испарителе холода, *ккал/ч*;

t_s — температура рассола на входе в испаритель, °С;

t_s' — температура рассола на выходе из испарителя, °С.

1. **Расчет активной индикаторной мощности компрессора N_i.** Активная индикаторная мощность компрессора N_i вычисляется для компрессора простого действия по формуле

$$N_i = P_m \frac{\pi D^2}{4} L \frac{N}{60} \cdot \frac{1}{75},$$

для компрессора двойного действия по формуле

$$N_i = P_m \frac{\pi}{4} (2D^2 - d^2) L \frac{N}{60} \cdot \frac{1}{75},$$

где N_i — активная индикаторная мощность, *л. с.*;
D — внутренний диаметр цилиндра, *см*;
d — диаметр штока поршня, *см*;
L — длина хода поршня, *м*;
N — скорость вращения компрессора, *об/мин*;
P_m — среднее давление (в *кгс/см²*), выдерживаемое лобовой поверхностью поршня при прямом и обратном ходе для компрессора простого действия, или сумма средних давлений на обе торцовые поверхности поршня для компрессора двойного действия.

Выражение

$$K_1 = \frac{\pi D^2}{4} L \frac{1}{60} \cdot \frac{1}{75}$$

или

$$K_2 = \frac{\pi}{4} (2D^2 - d^2) L \frac{1}{60} \cdot \frac{1}{75}$$

называется константой компрессора.

N определяют тахиметром.

Расчет N_i приводит к расчету P_m, которое эквивалентно высоте прямоугольника, высота и поверхность которого равны высоте и поверхности активной индикаторной диаграммы. Эта высота называется средней ординатой и обычно определяется при помощи планиметра или методом 10 ординат.

а) Метод с использованием планиметра. Средняя ордината O_m вычисляется по формуле

$$O_m = (l_1 - l_2) k \text{ мм},$$

где l_1 — первое показание счетчика;
l_2 — второе показание счетчика;
k — коэффициент планиметра.

б) Метод 10 ординат. Среднюю ординату вычисляют по формуле

$$O_m = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \ldots + P_{10}}{10} \text{ мм},$$

где P_1 — длина перпендикуляра, восстановленного в середине первого из 10 равных отрезков, на которые разделена общая длина диаграммы, *мм*;
P_2 — длина перпендикуляра, восстановленного в середине второго из 10 равных отрезков;
P_3 — длина перпендикуляра, восстановленного в середине третьего из 10 равных отрезков;
P_{10} — длина перпендикуляра, восстановленного в середине 10-го из 10 равных отрезков, на которые разделена общая длина диаграммы, *мм*.

В обоих случаях среднее давление получают из средней ординаты по формуле

$$P_m = \frac{O_m}{R},$$

где P_m — среднее давление, *кгс/см²*;
O_m — средняя ордината, *мм*;
R — шкала пружины индикатора, служившего для вычерчивания диаграммы, *мм/(кгс·см²)*.

II. **Расчет теоретической объемной удельной производительности** P_{vt}. Теоретическую объемную удельную производительность вычисляют по формуле

$$P_{vt} = \frac{C_{ve} - (Cl_r - Cl_e)}{V_{se}},$$

где P_{vt} — теоретическая удельная объемная производительность, *ккал/м³*;
C_{ve} — скрытая теплота парообразования хладагента при температуре парообразования, *ккал/кг*;
Cl_r — теплота хладагента при температуре переохлаждения, *ккал/кг*;
Cl_e — теплоемкость хладагента при температуре парообразования, *ккал/кг*;
V_{se} — удельный объем насыщенного пара при температуре парообразования, *м³/кг*.

III. **Расчет теоретического объема компрессоров** V_t. Теоретический часовой объем компрессора вычисляют по формуле

$$V_t = \frac{Q_0}{P_{vt}},$$

где V_t — теоретический часовой объем компрессора, *м³/ч*;
Q_0 — холодопроизводительность компрессора, *ккал/ч*;
P_{vt} — теоретическая объемная удельная производительность, *ккал/ч*.

IV. **Расчет истинного объема, описываемого поршнем компрессора** V_r. Истинный объем, описываемый поршнем компрессора в час, вычисляется для компрессора двойного действия по формуле

$$V_r = \frac{\pi}{4}(2D^2 - d^2LN \cdot 60),$$

где V_r — истинный часовой объем, описываемый поршнем компрессора, *м³/ч*;
D — внутренний диаметр цилиндра, *м*;
d — диаметр штока поршня, *м*;
L — длина хода поршня, *м*;
N — скорость вращения компрессора, *об/мин*.

V. **Расчет объемного к. п. д.**

К. п. д. вычисляют по формуле

$$\lambda = \frac{V_t}{V_r},$$

где V_t — теоретический объем компрессора, *м³/ч*;

V_r — истинный объем компрессора, $м^3/ч$,
или по формуле

$$\lambda = \frac{P_{vr}}{P_{vt}},$$

где P_{vr} — истинная удельная объемная производительность, *ккал/м³*;
P_{vt} — теоретическая удельная объемная производительность, *ккал/м³*.

VI. **Расчет истинной удельной объемной производительности** R_{vr}. Если известен λ, то по приведенной выше формуле имеем

$$P_{vr} = P_{vt}\lambda \text{ ккал/м}^3.$$

VII. **Расчет экономической удельной производительности** P_{se}. Экономическая удельная производительность вычисляется по формуле

$$P_{se} = \frac{Q_0}{N_i},$$

где P_{se} — экономическая удельная производительность, *ккал/(л. с. ч)*;
Q_0 — холодопроизводительность компрессора, *ккал/ч*;
N_i — активная индикаторная мощность компрессора, *л. с.*

VIII. **Расчет теоретической удельной производительности** P_{st}. Теоретическую удельную производительность вычисляют по формуле

$$P_{st} = 635 \cdot \frac{T_0}{T - T_0},$$

где P_{st} — теоретическая удельная производительность, *ккал/(л. с. ч)*;
T_0 — абсолютная температура парообразования;
T — абсолютная температура конденсации;
635 — калорийный эквивалент, *л. с. ч.*

Выражение $\frac{T_0}{T-T_0}$ неправильно называют к. п. д. цикла Карно, хотя дело идет о числе больше единицы.

IX. **Расчет экономического к. п. д.** η. Экономический к. п. д. рассчитывают по формуле

$$\eta = \frac{P_{se}}{P_{st}},$$

где η — экономический к. п. д.;
P_{se} — экономическая удельная производительность, *ккал/(л. с. ч)*;
P_{st} — теоретическая удельная производительность, *ккал/(л. с. ч)*.

X. **Расчет количества теплоты** Q, **выделяемой в конденсаторе**, рассчитывается по формуле

$$Q = Q_0 + \frac{1}{E} T_i,$$

где Q — количество теплоты, выделяемой в конденсаторе, *ккал*;
Q_0 — количество килокалорий, образующихся в испарителе;

$\frac{1}{E} T_i$ — калорийный эквивалент индикаторной работы при соответствующем сжатии.

XI. **Расчет необходимого количества воды, которое нужно подать в конденсатор для получения 1000 *ккал* в испарителе** Q_e.

а) Аппараты с погружением или противотоком

$$Q_e = 1000 \frac{Q_0 + 635}{Q_0 (t_s - t_e)},$$

б) Аппараты с воздушным охлаждением

$$Q_e = 1000 \frac{Q_0 + 635}{Q_0 \cdot 600},$$

где Q_e — количество воды, необходимое в конденсаторе, *л*;
Q_0 — холодопроизводительность, *ккал/(л. с. ч)*;
t_e — температура воды у входа в конденсатор, °С;
t_s — температура воды у выхода из конденсатора, °С;
635 — калорийный эквивалент, *л. с. ч*;
600 — колнчество теплоты, поглощаемое при испарении 1 *кг* воды, *ккал*.

XII. **Приблизительный расчет холодопроизводительности при изменении режима работы.** Этот расчет при недостатке некоторых данных все же пригоден для практического применения, поэтому и приведен здесь.

Допустим, что Q_0 — холодопроизводительность установки с режимами работы t_e, t_c и t_r. Какова будет холодопроизводительность при изменении режимов работы на t'_e, t'_c и t'_r?

а) Объем, описываемый поршнем, за 1 *ч*.

$$V_r = \frac{\pi}{4} (2D^2 - d^2) LN \cdot 60 \ м^3.$$

б) Объемный к. п. д. необходимо уточнить. Для холодопроизводительности, изменяющейся от 80 000 до 300 000 *ккал/ч* при неизменных условиях работы, объемный к. п. д. изменяется от 65 до 80%. Поскольку известна холодопроизводительность Q_0 при t_e, t_c и t_r, то интерполяцией уже можно вывести величину λ. С другой стороны, λ меняется вместе с условиями работы, так как изменяется разница температур $t_c - t_v$. Можно считать, что при увеличении этой разницы на 3° С объемный к. п. д. уменьшается на 1 единицу. Таким образом, зная условия работы (t_e, t_c и t_r, t'_e, t'_c и t'_r), можно довольно точно определить λ.

в) Теоретическая удельная объемная производительность

$$P_{vt} = \frac{C'_{ve} - (Cl'_r - Cl'_e)}{V'_{se}} \ ккал/м^3.$$

г) Таким образом, новая холодопроизводительность установки приблизительно будет равна

$$Q'_0 = P_{vt} \lambda V_r \ ккал/ч.$$

XIII. **Приблизительный расчет холодопроизводительности компрессора при известных характеристиках и режимах работы установки.** Этот расчет производят в тех же целях, что и предыдущий.

Предположим, что компрессор двойного действия работает при N *об/мин* при внутреннем диаметре цилиндра D *м*, диаметре штока поршня d *м*, ходе поршня L *м* и при температурных режимах t_e, t_c и t_r. Какова его холодопроизводительность Q_0?

а) Часовой объем, описываемый поршнем:

$$V_r = \frac{\pi}{4}\ (2D^2 - d^2)\, LN \cdot 60\ м^3.$$

б) Объемный к. п. д. λ вычисляют, как указано выше.

в) Теоретическая удельная объемная производительность

$$P_{vt} = \frac{C_{ve} - (Cl_r - Cl_e)}{V_{se}}\ ккал/м^3.$$

г) Таким образом, холодопроизводительность установки будет равна приблизительно $Q_0 = P_{vt}\lambda V_r$ *ккал/ч*.

Мощность индикаторная и эффективная. К. п. д. механический

В холодильной машине 1 *л. с. ч* на оси равна 0,9 *л. с. ч* на поршне или эффективная мощность равна 0,9 мощности индикаторной. Таким образом, индикаторная мощность составляет лишь часть мощности эффективной.

Механический к. п. д.— это отношение индикаторной мощности к эффективной. Для машин, производящих от 100 до 300 000 *ккал/ч*, этот коэффициент достигает 91—91,5%. В принципе его принимают равным 90%.

Общий к. п. д. установки, приводимой в действие электродвигателем

Пусть R_0 — механический к. п. д. компрессора;

R_c — к. п. д. ременной передачи;

R_m — к. п. д. электродвигателя.

Общий к. п. д. установки будет равен

$$R_g = R_0 R_c R_m,$$

так как 1 *л. с. ч*, потребленная на зажимах электродвигателя, соответствует R_g *л. с. ч* на торцовой поверхности поршня, а 1 *л. с. ч* на торцовой поверхности поршня соответствует $\frac{1}{R_g}$ *л. с. ч* на зажимах электродвигателя.

К. п. д. хорошей передачи близок к 97%; к. п. д. электродвигателя колеблется от 87 до 92%. Если механический к. п. д. равен 91%, а к. п. д. электродвигателя равен 90%, то мы имеем

$$R_g = 0{,}91 \cdot 0{,}97 \cdot 0{,}90 = 0{,}79.$$

Общий к. п. д. установки равен 79%. Таким образом, потреблению 1 *л. с. ч* на зажимах электродвигателя соответствует 0,79 *л. с. ч* на торцовой поверхности поршня, а 1 *л. с. ч* на торцовой поверхно-

сти поршня соответствует $\frac{1}{0{,}79} = 1{,}26$ *л. с. ч* на зажимах электродвигателя. Эти условия чаще всего встречаются на пивоваренных заводах.

Холодопроизводительность и потребляемая мощность

Разница между температурой конденсации t_c и температурой парообразования или испарения t_v должна быть возможно меньшей. Действительно, количество получаемого холода при одинаковом количестве затраченной работы тем больше, чем меньше разница температур $t_c - t_v$.

При увеличении разницы $t_c - t_v$ на 1° С количество *ккал/л. с. ч* уменьшается на 3—4%.

Приведенная ниже диаграмма показывает зависимость:
экономичности работы от разницы $t_c - t_v$;
холодопроизводительности от температуры парообразования;
потребляемой мощности от температуры конденсации.

Для довольно точных определений производительности и потребляемой мощности холодильных установок, встречающихся на пивоваренных заводах, может быть использована диаграмма контроля работы компрессорной холодильной установки, работающей на аммиаке (рис. 26).

Диаграмма позволяет определять:

1. **Мощность,** расходуемую на оси компрессора (в *л. с.*), и часовой объем (в $м^3$), описываемый компрессором, если известны холодопроизводительность (в *ккал/ч*) и температуры испарения и конденсации (в °С).

Пример. Производительность 50 000 *ккал/ч*, тогда

температура парообразования	—15° С
температура конденсации	+25° С

а) Отметить на горизонтальной оси нижней диаграммы температуру испарения, т. е. —15° С; провести вверх вертикальную линию; пересечение с наклонной кривой температуры конденсации, т. е. +25° С, дает точку *B*.

б) На горизонтальной оси верхней диаграммы отметить холодопроизводительность, т. е. 50 000 *ккал/ч* и следовать по соответствующей кривой; пересечение с горизонтальной осью температуры испарения, т. е. —15° С, дает точку *C*.

в) От точки *C* провести вертикальную линию к нижней диаграмме до встречи с горизонтальной, проходящей через точку *B*, т. е. до точки *A*.

Эта точка *A* дает расходуемую мощность для 1000 *ккал/ч*, а именно: 0,471 *л. с.*

Таким образом, данный компрессор расходует приблизительно 23,5 *л. с.* (0,471·50).

г) На верхней диаграмме та же вертикальная линия, проходящая через *C*, пересекает наклонную кривую температуры конденсации +25° С в точке *D*. Эта точка дает на вертикальной оси часовой объем, описываемый компрессором, т. е. 131 $м^3$.

2. **Холодопроизводительность** (в *ккал/ч*) и **мощность,** расходуемую на оси компрессора в *л. с.*, если известен часовой объем, опи-

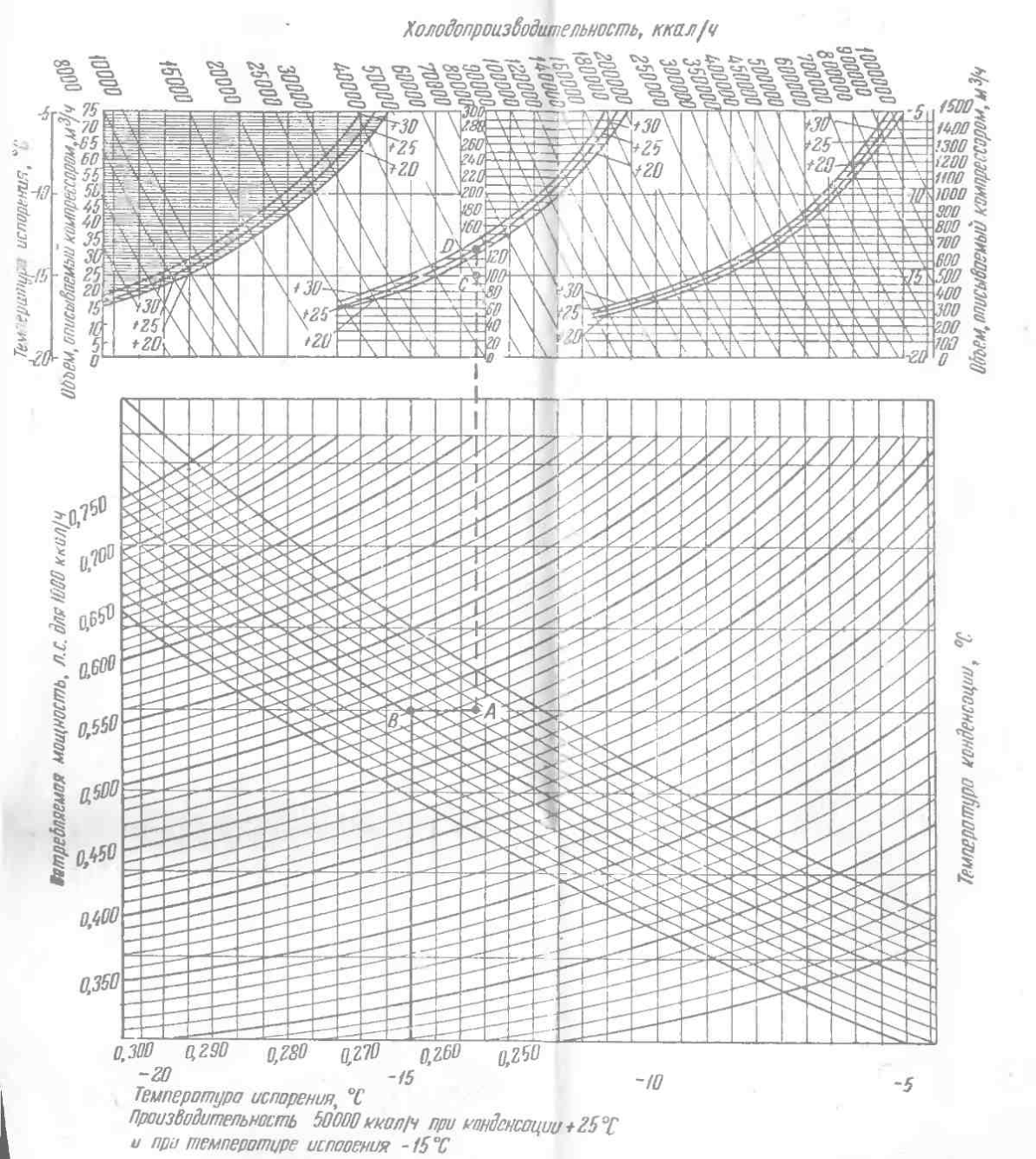


Рис. 26. Диаграмма контроля работы компрессорной холодильной установки.

Зак. 3196

сываемый компрессором, в $м^3$ и температура испарения и конденсации в °С.

Пример. Данные предыдущего примера, т. е. часовой объем, описываемый компрессором, равен 131 $м^3$, тогда

температура испарения	—15° С
температура конденсации	+25° С

Надо поступать следующим образом:

а) определить точку B по предыдущему способу;

б) определить точку D — пересечение вертикали 131 $м^3$ с наклонной кривой +25° С;

в) опустить перпендикуляр из D; пересечение с горизонталью —15° С дает точку C и тут же показывает холодопроизводительность, т. е. 50 000 *ккал/л*.

Та же вертикаль, проходящая через точку D, пересекает горизонталь, проходящую через точку B, в точке A, которая дает потребляемую мощность 0,471 для 1000 *ккал/ч*, или $0{,}471 \cdot 50 = 23{,}5$ *л. с.* для 50 000 *ккал/ч*.

3. **Холодопроизводительность** (в *ккал/ч*) и **описываемый объем,** если известны потребляемая мощность в *л. с.* и температуры испарения и конденсации в °С.

Задача решается тем же способом.

Примечание. Потребляемыми называются мощности, измеряемые на оси компрессора, выраженные в *л. с.*; однако практически полученная цифра в значительной степени соответствует числу киловатт, измеренных счетчиком, что дает возможность пользоваться разными коэффициентами механическими и электрическими.

Анализ диаграмм неправильной работы компрессора приведен на рис. 27.

ПУСК, РЕГУЛИРОВАНИЕ И ОСТАНОВКА ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ, РАБОТАЮЩЕЙ НА АММИАКЕ

Пуск установки. Перед пуском установки нужно убедиться в том, что все краны открыты, за исключением расположенного на трубе всасывания компрессора и крана перед регулирующим клапаном. В многоступенчатых компрессорах необходимо проверить, закрыты ли изоляционные клапаны первой ступени и ресивера. Ручка компрессора должна находиться на верхней мертвой точке у вертикальной машины и на стороне поршня у горизонтальной машины. Устройство для смазки необходимо контролировать и наполнять по следующей инструкции.

Масляный насос, как правило, должен подавать 10—20 капель в минуту через клапан (кроме исключительных случаев). Подачу масла регулируют в соответствии с размерами машины и условиями ее работы, ее изменяют пропорционально перегреву. Масляные резервуары следует регулярно наполнять. Уровень масла обычно указывается поплавком с наружным измерительным прибором.

Для обеспечения правильной работы установки необходимо точно и в указанном порядке выполнять следующие операции.

1. Открыть смазочные клапаны и проверить их действие.

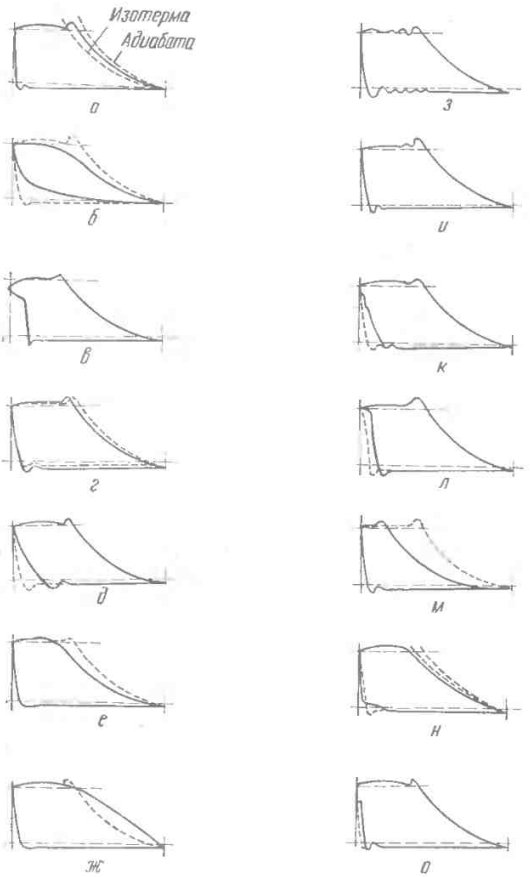


Рис. 27. Анализ диаграмм неправильной работы компрессора: *а* — нормальная работа, *б* — кран индикатора открыт не полностью, нет сообщения между цилиндром компрессора и индикатором, *в* — поршень компрессора закрывает отверстие, соединяющее цилиндр с индикатором, *г* — ненормальное сопротивление в трубах всасывания и нагнетания, *д* — слишком большое вредное пространство; всасывание слишком влажного пара, *е* — клапаны негерметичны, *ж* — клапаны неплотные; кривая сжатия почти прямая, *з* — пружины клапанов повреждены, *и* — клапаны открываются с трудом; пружины слишком жесткие, *к* — клапан нагнетания заклинен, *л* — клапан нагнетания закрывается с опозданием; высота его подъема слишком велика, *м* — всасывающий клапан заклинивается и остается открытым в течение определенной части хода, *н* — поршень компрессора не обеспечивает компрессии; часть хладагента проникает с одной стороны цилиндра на другую, *о* — поршень индикатора заклинивается.

2. Пустить в ход вспомогательные аппараты установки — мешалки, вентиляторы и т. д.

3. Обеспечить циркулирование конденсационной воды.

4. Открыть перепускной клапан компрессора.

5. Пустить в ход компрессор, наблюдая за манометрами, особенно за нагнетательным.

6. По достижении нормальной скорости компрессора проверить давление масла в маслопроводе. Это давление должно быть 1—1,5 *кгс/см*^{2}. Если оно иное, нужно немедленно остановить компрессор, залить маслом насос, обеспечивающий смазку подшипников, а если этого недостаточно — проверить циркуляцию масла.

7. По достижении компрессором нормальной скорости открыть всасывающий клапан на $^1/_2$ или на $^1/_4$ оборота и закрыть перепускной клапан. Всасывающий клапан должен быть слегка открыт во избежание образования в компрессоре вакуума, что может привести к поступлению воздуха в аппаратуру.

8. Как только температура нагнетательной трубки достигнет 30—40° С (при многоступенчатых компрессорах это относится к ступеням высокого и низкого давления), медленно открыть всасывающий клапан; температура на термометре нагнетания должна подниматься равномерно (то же относится к нагнетанию низкого давления в многоступенчатых компрессорах). Резкое и длительное падение этой температуры указывает на присутствие жидкости во всасывающем трубопроводе и на опасность прорыва жидкости. В сложных компрессорах та же опасность может возникнуть при случайном переполнении ресивера. Поэтому необходимо следить за всеми четырьмя термометрами, помещенными на всасывании и нагнетании. Нужно также удостовериться, что термометры исправны.

Следует заметить, что после некоторого периода эксплуатации можно несколько уменьшить смазывание компрессора, однако делать это нужно осторожно.

Регулирование машины. 1. Как только термометр на стороне нагнетания после запуска покажет 40—60° С, нужно открыть кран, расположенный перед регулирующим клапаном. При сложном компрессоре нужно через некоторое время открыть клапан впуска аммиака в ресивер. Насколько это возможно, следует избегать сдвига регулирующих клапанов, наиболее благоприятное расположение которых устанавливается на практике. Может случиться, что из-за очень небольших отверстий в них накапливаются загрязнения, которые мешают прохождению аммиака. В результате понижается температура испарения, что видно по манометру всасывания, а при сложных компрессорах — по ненормальному понижению уровня ресивера. В таком случае достаточно несколько раз подряд быстро открыть и закрыть регулирующие клапаны, чтобы сильный поток аммиака унес эти загрязнения.

2. Действовать согласно специальным инструкциям, приложенным к каждой установке.

3. Не рекомендуется часто и быстро открывать и закрывать регулирующий клапан или клапаны, так как после бывает очень трудно наладить их работу. Между каждым изменением их положения нужно выдерживать промежутки в 15—30 *мин* для установок малого и среднего размера, а для остальных — еще большие.

Остановка. 1. Закрыть кран, расположенный перед регулирующим вентилем, а в установках со сложным компрессором предвари-

тельно закрыть аналогичным способом нагнетание в ресивер.

Рекомендуется дать машине вращаться еще несколько минут после закрытия крана, чтобы уменьшить находящееся в испарителе количество аммиака и этим облегчить следующий пуск.

Результат можно проконтролировать по уровню в разных аппаратах.

2. Закрыть почти совсем (приблизительно до $^1/_2$ оборота) всасывающий клапан компрессора.

3. Остановить компрессор и совсем закрыть всасывающий клапан (все остальные клапаны должны все время оставаться открытыми, за исключением случаев починки или длительной остановки).

4. Ручку поместить в верхней мертвой точке у вертикальных машин и со стороны поршня для горизонтальных машин.

5. Прекратить циркуляцию воды охлаждения.

6. Закрыть счетчик капель масла.

7. Остановить вспомогательные аппараты.

8. Тщательно почистить все наружные части машины.

ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

За сальниками следует вести наблюдение с особым вниманием. Они должны быть совершенно непроницаемы для аммиака и для масла.

Цилиндр, поршень, шток поршня и клапаны, а также набивку сальника необходимо осматривать по крайней мере 1 раз в год. Когда машина хорошо смазывается и хорошо содержится, поршень и цилиндр долгое время остаются гладкими и изнашиваются очень незначительно.

Поломки клапанов, случающиеся крайне редко, обычно вызываются следующими причинами.

1. Прорывы жидкости в цилиндр. Они бывают следствием неправильного регулирования, недостаточного наблюдения за установкой или значительных колебаний температуры в испарителе.

2. Неправильная установка тарелок клапана. Клапаны должны слегка смазываться автоматически. Контакт тарелок с седлами при этом улучшается и увеличивается холодильная эффективность компрессора. Возможны случаи, когда клапаны и седла клапанов подвергаются коррозии. Причиной этого бывает употребление кислого масла или плохого качества аммиака, в частности с содержанием воды.

Плохая работа клапанов обнаруживается по снижению холодопроизводительности машины и по показаниям манометров.

При хорошем содержании машины шток поршня изнашивается очень мало. За штоком поршня и набивкой сальника надо внимательно следить и заменить частично или полностью запасным штоком, если, несмотря на осторожное прижимание гнезда сальника, последний оказывается проницаемым.

Если машина должна оставаться некоторое время в покое, следует тщательно смазать шток.

Перед пуском компрессора в действие можно проверить вредные пространства у крышек цилиндра. Обычно считают передней или нижней крышку со стороны сальника и задней или верхней проти-

воположную крышку. Зазор между поршнем и задней крышкой должен быть на 0,1—0,3 *мм* больше зазора между поршнем и передней крышкой в расчете на удлинение штока поршня во время хода.

Зазор этот измеряют следующим образом. Клапаны нагнетания снимают, чтобы можно было ввести в компрессор свинцовую проволоку толщиной 2—3 *мм* в зависимости от размеров компрессора. Затем осторожно поворачивают маховик рукой, чтобы раздавить свинцовую проволоку между крышкой и поршнем, когда он проходит у мертвой точки. После этого достаточно измерить толщину свинцовой проволоки, чтобы определить зазор. Эту операцию следует повторять всякий раз при каких-либо изменениях в штоке или ползуне поршня. Необходимо уничтожить зазоры в подшипниках оси у основания и ползуна, чтобы размеры, получаемые на проволоке, точно соответствовали действительности.

Прежде чем снова запустить машину, следует сделать несколько оборотов вручную, чтобы удостовериться в том, что между поршнем и крышками достаточный зазор.

Для проверки непроницаемости поршня и клапанов нужно провернуть компрессор при совершенно закрытом всасывающем клапане и удостовериться в образовании вакуума.

Манометры. Каждая установка имеет два манометра при простом компрессоре и три при сложном (с нагнетанием аммиака между фазами сжатия). Во всех случаях один манометр расположен на всасывающей стороне, а другой — на стороне нагнетания. В сложных компрессорах третий манометр служит для измерения промежуточного давления в ресивере.

Эти приборы позволяют контролировать работу установки. Наблюдая за колебаниями манометров, можно обнаружить плохую работу клапанов, если частота их нерегулярна.

Если манометр на нагнетании показывает давление, большее, чем обозначено в инструкции, то при правильном снабжении аммиаком и определенной температуре воды весьма вероятно, что установка содержит чрезмерное количество воздуха, который необходимо удалить или через самые высокие точки, или через трубопровод, нагнетания, или же при помощи аппарата методического дезаэрирования.

Разница между температурой воды, используемой для охлаждения после конденсатора, и температурой, показываемой термометром на стороне нагнетания, должна составлять 5—6° С для конденсатора с водяным охлаждением и 2—3° С для конденсатора с двойной трубкой или каландром. Такая разница свидетельствует о правильном нагнетании аммиака при нормальном положении регулирующих клапанов и о достаточном количестве воды для охлаждения.

Перепускной и предохранительный клапаны. На цилиндре каждого компрессора установлен предохранительный клапан. Главный предохранительный клапан расположен на трубопроводе, соединяющем нагнетающую и всасывающую стороны, и может служить перепускным клапаном, если он снабжен маховым колесом. В сложных компрессорах второй клапан предохраняет от излишнего давления на ступени низкого давления. Главный клапан должен вступить в действие, когда давление превышает примерно 15 *кгс/см*^{2}. В сложных компрессорах второй клапан отрегулирован для меньшего давления. Ненормальное давление в цилиндре может происходить по следующим причинам:

1) клапан, расположенный на трубе нагнетания компрессора или перед конденсатором, закрыт;

2) регулирующий или смежные с ним клапаны закрыты;

3) недостаточно воды для охлаждения;

4) трубопроводы или аппараты засорены.

Наполнение установки. Перед присоединением к трубопроводу с аммиаком баллон рекомендуется держать по крайней мере в течение часа в наклонном положении с краном, обращенным вниз, чтобы имеющиеся в баллоне случайные загрязнения и воду можно было собрать в нижней части и легко удалить. Кран, расположенный между конденсатором и трубой для наполнения, должен быть закрыт. Затем осторожно открывают кран на баллоне. Поступающий в испаритель аммиак нужно время от времени нагнетать в компрессор для равномерной нагрузки. Для окончательного опорожнения баллона достаточно нагреть его, полив горячей водой. Пользование паяльной лампой запрещается.

Если аммиака нужно ввести меньше, чем его имеется в баллоне, то кран следует лишь приоткрыть на самое короткое время. Введенное количество определяют взвешиванием баллона до и после операции.

Для отъема аммиака поступают аналогичным способом. Перед присоединением баллона к питательной трубе его нужно возможно больше охладить. Это легко сделать, поместив баллон в холодную баню из рассола (кран обращен вверх), или, если это невозможно, обложив его кусками льда. Далее цикл идет обратно наполнению, т. е. краны испарителя закрыты, а краны конденсатора открыты. Давление в конденсаторе перегоняет аммиак в баллон, если он достаточно охлажден. Как и в предыдущем случае, баллон взвешивают для определения взятого количества.

Полные баллоны должны храниться в сухом холодном помещении и ни в коем случае не подвергаться действию ржавчины.

Употребляемый аммиак должен быть химически чистым и лишенным воды. Во всяком случае содержание воды в нем не должно превышать 1—2%. Определение делают в пробирке Рихтера. Пробирка в нижней части градуирована, а в верхней — есть отверстие, до которого ее наполняют. Введенный аммиак испаряется, а вода и загрязнения собираются в нижней части. Процент указывается прямо на шкале. Он не должен быть выше 0,5%. Во время этой процедуры руки нужно защищать от жидкого аммиака во избежание ожогов кожи.

Аммиак следует вводить только в том случае, если его недостаточно; всякая перегрузка вредна — она увеличивает не холодопроизводительность, а потребляемую мощность компрессора.

Удаление масла. Масло, введенное в сальник и в цилиндр, во время работы машины увлекается в трубопровод нагнетания. Чтобы оно не проникло в аппараты, в каждой установке перед конденсатором помещают маслоотделитель. В небольших установках ресивер служит одновременно и маслоотделителем.

Незначительные количества масла, увлеченные за маслоотделитель, собираются вместе с жидким аммиаком в ресивере и расслаиваются вследствие разной объемной массы. Масло собирается в нижней части; время от времени по мере надобности его удаляют через спускные краны (по крайней мере раз в неделю).

Выпускать масло следует всегда перед пуском установки, так как во время работы масло и аммиак смешиваются в той или иной степени.

В больших установках между испарителем и компрессором предусмотрен отделитель жидкости. Если отделение масла не произошло полностью в маслоотделителе, оно завершается в жидкостном отделителе. Так как известно, что масло постоянно захватывает немного аммиака, в больших установках за маслоотделителем помещают маслоуловитель, из которого оно потом извлекается. Для полного отделения масла от аммиака через водяную рубашку уловителя пропускают горячую воду. Аммиак испаряется и направляется вновь в отделитель жидкости по особому трубопроводу. При выпуске масла из уловителя оба крана его должны быть закрыты.

Масло, извлеченное из отделителей, нельзя употреблять для смазки цилиндра и сальника без предварительной фильтрации. Одно и то же масло можно подвергать фильтрации не больше 2 раз, так как при этом оно всегда теряет свои смазывающие свойства.

Опорожнение цилиндра. Для осмотра цилиндра требуется прежде всего его предварительное опорожнение.

В установках с компрессорами простого сжатия нужно заставить компрессор некоторое время работать при закрытом всасывающем клапане, пока мановакуумметр не покажет умеренный вакуум. Тогда машину останавливают и закрывают нагнетательный клапан. Оставшийся еще в цилиндре аммиак поглощается водой при помощи устройства для дезаэрации.

Во многоступенчатых компрессорах, имеющих ресивер с впуском аммиака между фазами сжатия, для получения эффективного вакуума в компрессоре и ресивере нужно прекратить впуск жидкости в первую ступень за некоторое время до остановки машины. Затем следует полностью отключить ресивер от трубопровода с аммиаком и заставить компрессор работать с закрытым всасывающим клапаном, пока манометры на стороне всасывания и в ресивере не покажут образования умеренного вакуума. После этого нужно остановить машину, полностью опорожнить ее при помощи устройства для дезаэрации и извлечь масло из ресивера. Очень важно следить за тем, чтобы при абсорбции вода не проникла ни в цилиндр, ни в ресивер, если компрессор ступенчатый. Патрубок для дезаэрации нужно закрыть немедленно вслед за тем, как прекратится потрескивание, характерное для растворения аммиака в воде. По окончании этой операции можно открыть цилиндр и сальник. Всегда нужно соблюдать следующую предосторожность: развинчивая крышки, ни в коем случае не следует полностью снимать с них гайки, а лишь немного отвинтить их и сделать маленький зазор, чтобы можно было удостовериться, что эта часть аппарата не содержит больше аммиака.

Опорожнение испарителя. Для опорожнения испарителя нужно перекрыть трубопровод, подводящий жидкость. Имеющийся в испарителе аммиак всасывается компрессором и нагнетается в конденсатор. Как только манометр испарителя покажет вакуум (черные цифры), удерживающийся при длительной остановке компрессора, нужно закрыть клапан, расположенный между испарителем и отделителем жидкости.

В таких установках, где конденсатор слишком мал для принятия всей загрузки испарителя, часть аммиака нужно удалить. Перед пуском собранной вновь установки нужно сначала удалить проник-

ший в нее воздух, выкачав его компрессором через отделитель жидкости и удалив через кран дезаэрации.

Опорожнение отделителей масла и жидкости. Опорожнение каждого из этих отделителей производится очень редко, чаще всего при реконструкции или увеличении установки. Опорожнение должно всегда выполняться слесарем.

Опорожнение конденсатора. При опорожнении конденсатора прежде всего нужно насколько возможно понизить температуру испарителя в генераторах большой холодопроизводительности (льдогенераторы или большие охладители воздуха).

При одноступенчатых компрессорах надо поступать следующим образом: после остановки компрессора полностью открыть трубу между конденсатором и испарителем, чтобы находящийся в конденсаторе аммиак мог быстро перейти в испаритель.

При многоступенчатых компрессорах следует поступать иначе: перед остановкой компрессора опорожнить конденсатор насколько это возможно, собрав излишки жидкости в имеющиеся в установке ресиверы-антиобледенители или в баллоны для хранения. Затем остановить компрессор, окончательно опорожнить ресивер и испаритель, оставив открытым сообщение между высоким и низким давлением.

Таким образом, бо́льшая часть жидкости и имеющийся в конденсаторе газ переходят в ступень низкого давления. В обоих случаях небольшое количество аммиака, случайно оставшегося в конденсаторе, быстро может быть поглощено водой при выпуске через трубку для дезаэрации после предварительного отключения конденсатора.

Воздух в машине. Аппараты и трубопроводы содержат воздух, если после открытия в них не был создан вакуум перед новым пуском. То же может наблюдаться при неправильных действиях во время пуска или остановки компрессора. Присутствие воздуха неблагоприятно влияет на к. п. д.

Воздух можно удалить, выпуская его в воду через кран, специально для этой цели устроенный в верхней части конденсатора или трубопровода нагнетания. Эта операция дает лучшие результаты после длительной остановки. Выделение воздуха легко обнаруживается по поднимающимся на поверхность пузырям и по бульканью. Когда начинает выходить аммиак, бульканье переходит в характерное сухое потрескивание и вода принимает цвет молока. Конденсаторы, расположенные на открытом воздухе (обычно оросительные конденсаторы), можно опорожнить, выпуская газ в атмосферу. Если конденсатор находится в жилом помещении, воздух нужно выпускать исключительно в воду с соблюдением необходимых предосторожностей.

Аппарат методической дезаэрации позволяет без потери аммиака удалять воздух из установки.

Загрязнение конденсаторов и их восстановление. На наружных стенках змеевиков конденсаторов с водяным охлаждением образуется отложение загрязнений при использовании нечистой воды или накипь при сильно известковой воде. То же бывает в конденсаторах с двойной трубой. Эти отложения и осадки мешают обмену тепла между аммиаком и водой, в результате чего образуется высокое давление в конденсаторе. Змеевики нужно очищать снаружи металлической щеткой. Кроме того, для лучшей сохранности необходимо время от

времени после очистки и просушки покрывать их суриком, асфальтовым лаком или краской, защищающей от коррозии. Конденсаторы с двойными трубами нужно осматривать и чистить внутри с помощью соответствующего приспособления. Нужно следить за тем, чтобы слой защитной краски не был слишком толстым, так как это может уменьшить передачу тепла.

Загрязнение и засорение трубчатых аппаратов. В установках, работающих с компрессорами старых систем, в которых для сальников применяют набивки из мягких материалов, кусочки этих материалов могут попадать в цилиндр, а оттуда в трубопровод и аппараты и вызывать частичное или полное их засорение. Такое же явление может быть вызвано кусочками оловянного припоя или железа, оставшимися после припаивания фланцев к трубам и аппаратам. Если, например, трубопровод для жидкости сравнительно малого диаметра засорен, в испаритель поступает мало или совсем не поступает жидкости, вследствие чего давление в нем падает, а давление в конденсаторе, наоборот, повышается.

Засорение змеевика испарителя проявляется следующим образом. Если испаритель состоит из одной спирали, давление в испарителе падает ниже нормального; если он служит охладителем воздуха, засорение проявляется в том, что змеевик не покрывается шубой; если испаритель состоит из нескольких элементов, давление испарения также падает несколько ниже нормального. Такое частичное засорение определяют по уменьшению производительности.

Если конденсатор состоит из нескольких элементов и один из них засорен, давление конденсации поднимается выше нормального, а вместе с этим поднимается и температура сжижения. Охлаждающая вода нагревается больше, чем при нормальной работе других элементов (засоренный же остается холодным).

Контроль подобных засорений и работы по их ликвидации должны производиться монтером или компетентным лицом.

Образование льда на змеевиках испарителя. В установке, работающей на недостаточно насыщенном рассоле (точка его замерзания выше температуры аммиака, циркулирующего в змеевиках испарителя), змеевики покрываются слоем льда, вследствие чего затрудняется передача холода и снижается холодопроизводительность. При этом происходит понижение давления испарения. Нормально разница между температурой рассола и температурой на стороне всасывания должна быть приблизительно 5° С. Змеевики охладителя воздуха также могут покрываться шубой и вызывать те же отрицательные явления. Нормальная разница температур аммиака и воздуха составляет приблизительно 10° С.

Генератор льда. Уровень рассола в генераторе льда всегда должен быть выше угольников, на которых стоят формы. В случае необходимости отбор охлаждающего рассола, предназначенного, например, для охлаждения подвалов, следует производить всегда с той стороны, где рассол выходит из отделения испарителей, а возврат рассола — с противоположной стороны.

Если механизм подачи тяжело работает, причиной часто бывает, исключая случаи неисправности самого механизма, отложение льда на рейках или угольниках. Ясно, что в таких случаях лед нужно удалить. Ролики у рамок форм должны быть смазаны машинным «незамерзающим» маслом. Густой смазкой нужно смазывать также и сальник циркуляционного винта.

Через некоторое время после остановки температура генератора начинает подниматься выше нуля; при этом лед, образовавшийся на стенках форм, отстает и поднимается на поверхность. Генератор нельзя снова запускать, прежде чем весь этот лед не выйдет, иначе все формы, в которых он останется, лопнут при новом замораживании.

Если производство льда прекращают на продолжительное время, рекомендуется вынуть формы из генератора, очистить их и покрыть составом против ржавчины.

Понижением уровня рассола при выемке форм следует воспользоваться также для очистки и покраски частей бака и испарителей, соприкасающихся со свободной поверхностью рассола во время эксплуатации.

Плохая работа компрессора. Если поршень не создает компрессии или клапаны плохо притерты, уменьшается производительность компрессора. При этом следует уменьшить отверстие регулировочного вентиля. Кроме того, становится трудным или просто невозможным создание в компрессоре вакуума. Для того чтобы устранить эти явления, нужно осмотреть поршень и клапаны, заменить изношенные части, притереть или сменить клапаны. Уменьшение производительности происходит также в случае, когда из-за какого-нибудь недостатка клапаны работают плохо или вовсе не работают, биение клапанов неравномерно, слышны стуки. Последние могут произойти также от ослабления гайки поршня. В таком случае машину нужно немедленно остановить и проверить, так как продолжение ее работы в этих условиях опасно.

Смазочные масла. Для смазки сальника и цилиндра можно пользоваться лишь специальным маслом. Обычное машинное масло непригодно, так как застывает при низких температурах, теряет свои смазывающие свойства и загрязняет аппараты.

Масло для компрессора должно еще оставаться жидким при 25° С и во всяком случае при температуре на 5° ниже желаемой температуры испарения.

Если после повторной фильтрации цилиндровое масло больше непригодно для смазки цилиндра, то его можно употребить на смазывание других машин установки.

Характеристики незамерзающего масла для компрессоров. (Температура испарения от —10 до —15° С в работе)

Содержание воды	нет
Содержание омыляющих веществ	нет
Содержание асфальта (метод Гольда)	нет
Объемная масса	0,905

Вязкость	Английские градусы	*ccm* (сантистокс)
при 20° С	24,5—30	185—225
при 50° С	4,3—5	31—37,5
при 100° С	1,4—1,5	5—6,5

Точка замерзания	—25° С
Точка воспламенения Люшера	190° С
Температура горения	200° С
Кислотность минеральная	нет
Кислотность органическая (в олеиновой кислоте)	0,1%
Содержание золы	нет
Дезэмульгация с раствором аммиака объемной массы 1,24 при 15° С (28° Bé)	5 *мин*

Предохранение от мороза. Если холодильную установку приходится останавливать на продолжительное время зимой, нужно опорожнить все аппараты и трубопроводы, доступные действию холода, в особенности насос циркуляции воды в конденсаторе. Помещение для машин нужно отапливать и поддерживать температуру выше нуля для предохранения фундаментов и других частей от мороза.

Запасные части. Необходимо хранить в сухом месте все запасные части. Время от времени их нужно также осматривать, чтобы удостовериться в их хорошей сохранности, и особое внимание уделять рабочим частям (штоки поршня, клапаны и т. п.), периодически смазывать их для предохранения от ржавчины.

Набивка сальников клапанов при работе с аммиаком. 1. Никогда не следует пользоваться клещами или ключом для открытия или закрытия вентиля.

2. Надежную непроницаемость сальника можно получить, умеренно затянув колпачковую гайку. Для этого следует часто вводить несколько капель незамерзающего масла между штоком вентиля и колпачковой гайкой.

Необходимо заставить вентиль работать между двумя крайними положениями — закрытым и открытым.

Утечка аммиака. Утечку обнаруживают: по запаху; по горению серного фитиля, дающего при NH_3 белый дым; при помощи кусочка бумаги, намоченной в фенолфталеине и принимающей розовую окраску в присутствии паров аммиака.

В воде аммиак обнаруживают реактивом Несслера. В присутствии аммиака образуется желто-коричневый осадок, темнеющий с увеличением количества аммиака (определение нужно делать в атмосфере, лишенной паров аммиака).

Реактив Несслера. Растворяют 35 *г* йодистого калия в 100 *см*³ воды и отдельно 17 *г* хлористой ртути в 300 *см*³ горячей воды. Второй раствор осторожно приливают к первому до появления легкого красного нерастворимого осадка. Смесь растворов переливают в мерную литровую колбу, прибавляют 200 *см*³ 25%-ного раствора стиральной соды (50 *г* KOH) и доводят водой до 1 *л*. Реактив этот хранят без доступа воздуха и света.

Утечка сернистого ангидрида. Обнаруживают утечку по острому запаху. В воде узнают о присутствии SO_2, если не происходит окрашивания при прибавлении раствора йода.

Утечка углекислого газа. Обнаруживают утечку: по шипению CO_2 при выходе; по пене, которую CO_2 образует с мыльной водой, если ею обмазать трубопровод в сомнительном месте.

Неполадки в работе холодильных установок (табл. 96).

Таблица 96

НЕПОЛАДКИ В РАБОТЕ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Затруднения, возникающие во время работы	Признаки	Причины	Способы устранения
1. Недостаточная загрузка хладагента	Снижение к. п. д. Слишком низкая потребляемая мощность Незначительная разница между температурой конденсации и температурой воды или воздуха, используемых для охлаждения Большая разница между температурой испарения и температурой охлажденной жидкости Слишком высокая температура нагнетания	Утечка в сальнике компрессора, кранов и т. п. Потери при удалении воздуха и масла	Выявить место утечки и обеспечить герметизацию Пополнить загрузку хладагента
2. Чрезмерная загрузка хладагента	Снижение к. п. д. Слишком высокая потребляемая мощность. Большой разрыв между температурой конденсации и температурой воды и воздуха, используемых для охлаждения Слишком низкая температура нагнетания. Образование «шубы». Гидравлические удары	Переполнение при загрузке	Перекачать излишки хладагента в баллоны или выпустить их просто в воздух или воду
3. Присутствие в трубопроводе несконденсированного газа	Слишком большая потребляемая мощность, большая разница между температурой конденсации и темпе-	Впуск воздуха при загрузке через сальник во время пуска компрессора	Прочистить конденсатор и резервуар с жидкостью

Продолжение табл. 96

Затруднения, возникающие во время работы	Признаки	Причины	Способы устранения
	ратурой воды или воздуха, используемых для охлаждения. Очень высокая температура нагнетания	или при утечке, когда давление испарения ниже атмосферного давления	
4. Отсутствие компрессии поршня в цилиндре	Снижение к. п. д. Слишком низкая потребляемая мощность	Овальная форма цилиндра. Изношенные или поломанные поршневые кольца либо чрезмерно смазанные маслом	Поставить новый цилиндр, или надеть в кожух старый, или выправить его. Сменить кольца
5. Поршень или цилиндр заедает	Слишком высокая потребляемая мощность Нагревание цилиндра	Смазка плохого качества (см. дальше п. 14) Посторонние тела в цилиндре	Разобрать компрессор. Устранить заедание. Выправить или поставить новый цилиндр. В случае необходимости заменить изношеиные кольца
6. Слишком большое вредное пространство	Снижение к. п. д. Слишком низкая потребляемая мощность. Слишком низкая температура нагнетания	Неправильный монтаж. Одна из частей механизма недостаточно плотно укреплена	Разобрать и отрегулировать компрессор
7. Слишком малое вредное пространство	Слишком низкая потребляемая мощность. Удары поршня о крышку цилиндра	То же, что и в п. 6	Такие же, как и в п. 6

Продолжение табл. 96

Затруднения, возникающие во время работы	Признаки	Причины	Способы устранения
8. Неправильная работа клапана нагнетания	Снижение к. п. д. Слишком низкая температура нагнетания. Неравномерное биение клапана	Поломка или износ одной из частей. Засорение маслом или посторонними телами	Разобрать клапан. Исправить его, отшлифовать, очистить
9. Неправильная работа всасывающего (впускного) клапана	Снижение к. п. д. Слишком большая разница между температурой парообразования и температурой охлаждающей жидкости. Неравномерное биение клапана	Те же, что указаны в п. 8	Такие же, как в п. 8
10. Отсутствие герметичности крышки	Те же, что указаны в п. 8	Плохая опорная (рабочая) поверхность. Износ. Неправильный монтаж	Разобрать компрессор, прочистить, отшлифовать
11. Проницаемость (негерметичность) сальника	Утечка хладагента или масла	а) Горизонтальные или вертикальные компрессоры с открытым картером: износ штока, цилиндра, набивки; неправильный монтаж; плохо выполнена смазка (см. п. 14) б) Компрессор с закрытым картером: износ	Заменить или исправить шток Привести в порядок сальник Улучшить смазку

Продолжение табл. 96

Затруднения, возникающие во время работы	Признаки	Причины	Способы устранения
		оси, набивки; неправильный монтаж; плохо выполнена смазка (см. п. 14)	
12. Слишком большой зазор между движущимися частями (шток, подшипники, шатун, ось, кривошип, ползун и т. д.)	Нагревание и перебои	Плохая регулировка и монтаж. Износ. Плохо выполнена смазка (см. п. 14)	Уменьшить зазоры Улучшить смазку
13. Засорение в движущихся частях (штоки, подшипники, шатун, ось, кривошип, ползун и т. п.)	Слишком высокое потребление мощности. Нагревание	Те же, что и в п. 12	Отрегулировать неисправные части, а в случае необходимости заменить. Улучшить смазку
14. Смазка не обеспечивает устранения трения между движущимися частями машины	Нагревание, износ, заедание, засорение регулирующего вентиля, загрязнение изнутри конденсатора или испарителя	а) Использование масла, не соответствующего условиям работы б) Неправильное распределение масла	а) Использовать соответствующее масло б) Проверить масляный насос, масленки, трубопроводы, смазочные канавки

Продолжение табл. 96

Затруднения, возникающие во время работы	Признаки	Причины	Способы устранения
		в) Загрязненное масло	в) Переменить масло и прочистить соответствующие части
		г) Слишком высокая температура нагнетания	г) Недостаточное давление, присутствие неконденсируемого газа, неправильная регулировка
15. Недостаточное поступление воды в конденсатор	Слишком высокое потребление мощности, большой разрыв между температурой конденсации и температурой охлаждающей воды; слишком высокая температура нагнетания	Засорение водяной трубы Закрыт водяной клапан Недостаточный напор воды Ненормальный расход воды в трубе перед конденсатором *Оросительный конденсатор* Плохое поступление воды для орошения На трубах осадок накипи	Принимать меры, соответствующие каждому отдельному случаю

Продолжение табл. 96

Затруднения, возникающие во время работы	Признаки	Причины	Способы устранения
16. Повышение температуры воды в конденсаторах	Те же, что в п. 15	Согревание летом воды в реках, водоемах или резервуарах *Оросительный конденсатор* Недостаточный запас свежей воды Неправильная циркуляция воздуха Недостаточное предохранение аппаратуры от солнечных лучей	Увеличить запас свежей воды Освободить окружающее пространство Построить защитный навес из планок в виде жалюзи
17. Загрязнение конденсатора снаружи	Те же, что в п. 15	Отложение накипи, грязи, водорослей и т. п. на наружной стороне аппаратуры	Очистить аппаратуру
18. Засорение внутри конденсатора	Те же, что в п. 15	Плохо выполнена смазка (см. п. 14). Плохая работа маслоотделителя. Отложение масла на	Очистить аппарат, а если представляется возможным, то освободить аппарат и очистить его

Продолжение табл. 96

Затруднения, возникающие во время работы	Признаки	Причины	Способы устранения
		внутренней поверхности аппарата	паром или сжатым воздухом
19. Засорение регулирующего клапана (или трубы для жидкости перед клапаном или за ним)	Снижение к. п. д. Слишком большой разрыв между температурой испарения и температурой охлажденного агента (воздуха, воды, рассола и т. п.) Слишком большая разница между температурой конденсации и охлаждающей воды Слишком высокая температура нагнетания	Присутствие твердых посторонних примесей (загрязнений) Вода или масло вовлечены в циркуляцию	Клапан следует разобрать и прочистить
20. Загрязнение испарителя снаружи	Снижение к. п. д. Слишком большая разница между температурой испарения и температурой охлажденного агента (воздуха, воды, рассола и т. д.) Слишком высокая температура нагнетания	*Воздушный теплообменник* Чрезмерное обледенение на наружной стороне аппарата	Освободить аппарат от льда снаружи

Продолжение табл. 96

Затруднения, возникающие во время работы	Признаки	Причины	Способы устранения
		Жидкостный теплообменник	
		Образование льда, присутствие посторонних веществ, недостаточная циркуляция	Увеличить концентрацию рассола за счет добавления соли
21. Загрязнение испарителя с внутренней стороны	Те же, что в п. 20	Те же, что в п. 18	Такие же, как в п. 18

Примечание. Эта таблица составлена для установок средней и большой мощности, работающих на аммиаке. Однако большинство из приведенных соображений относится в равной мере и к установкам, применяющим другие хладагенты.

5. ПРОИЗВОДСТВО ЛЬДА

Температура рассола, °С

для непрозрачного льда	до —10
для прозрачного льда	от —5 до —7
для кристаллического льда	от —4 до —6

Время, необходимое для замерзания воды. Обычно принимают для блоков:

кг	*ч* (примерно)	*кг*	*ч* (примерно)
12—13	8—9	70	45
15	12	90	50
25	16—20	135	55
50	40	185	60

Планк дает следующие формулы:

а) для квадратной секции

$$Z = \frac{3120}{t_s} b_0 (b_0 + 0{,}036);$$

б) для прямоугольной секции

$$Z = \frac{3120}{t_s} b_0 (b_0 + 0{,}026),$$

где Z — продолжительность замерзания, *ч*;

t_s — средняя температура рассола, °С;

b_0 — длина меньшей стороны секции, *м*.

Для больших американских брусков применяют формулу:

$$Z = \frac{d^2 \cdot 7}{32 - t},$$

где t — температура рассола, °F;

d — толщина блока, дюймы.

Количество калорий, необходимое для изготовления льда. Пусть нужно превратить 1 *кг* воды t °С в 1 *кг* льда t' °С (температура рассола). Необходимое число килокалорий:

а) для охлаждения воды до температуры замерзания (приблизительно 10—15) — t;

б) для превращения 1 *кг* воды в 1 *кг* льда при 0° С — 80;

в) для охлаждения льда до температуры рассола (3—4) — t'.

В общем это составит $t + 80 + t'$ *ккал* на 1 *кг* льда.

На практике эта цифра должна быть увеличена на 25—30% в расчете на разные потери (выемка из формы, доставка и т. д.).

Нужно считать примерно 110—150 *ккал* на 1 *кг* льда.

При выемке из форм следует избегать слишком горячей воды, для чего предусматривается бак, вмещающий два ряда форм.

Расчет дневной потребности в формах для изготовления определенного количества льда. Потребность в формах рассчитывается по формуле

$$N = \frac{Pnt}{24},$$

где N — число форм, необходимое ежедневно;

P — масса льда, вырабатываемого ежедневно, *т*;

n — число форм, необходимое для производства 1 *т* льда;

t — время замерзания, *ч*.

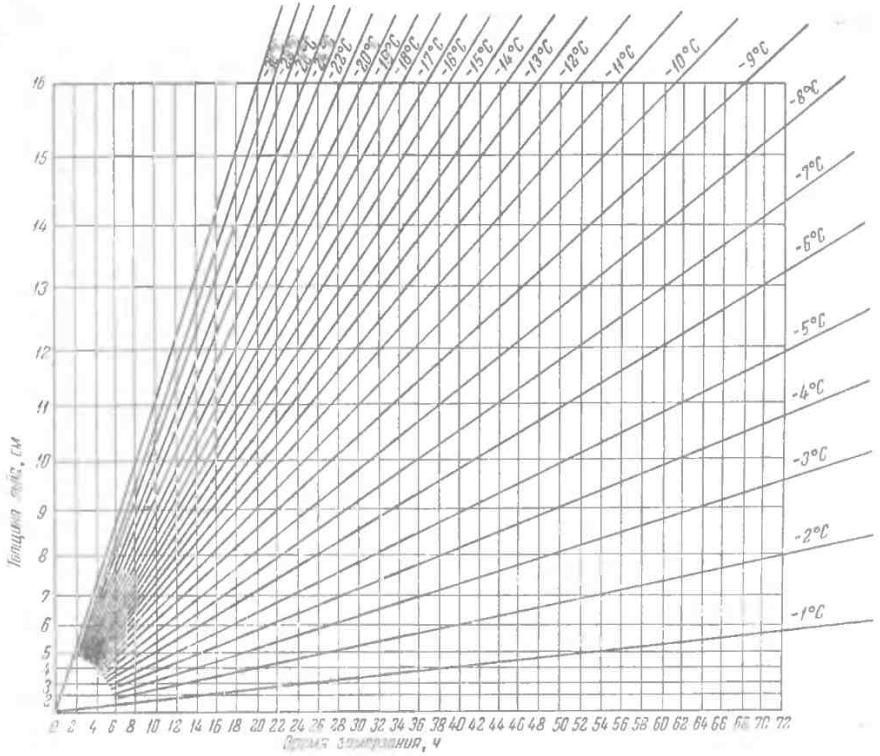


Рис. 28. Диаграмма определения времени замерзания воды при производстве льда.

Приведенная на рис. 28 диаграмма позволяет рассчитать время, необходимое для замерзания воды при производстве льда, если известны толщина льда и температура рассола. Найденная на вертикальной оси толщина льда для температуры рассола указанной наклонной линией дает на горизонтальной оси время замерзания.

Пример 1. Сколько времени требуется для получения льда толщиной 7,5 *см* при температуре рассола — 10°С?

Найдя 7,5 *см* на вертикальной оси, определяют точку пересечения горизонтали в 7,5 *см* с наклонной линией в —10° С. Проекция этой точки на горизонтальную ось дает непосредственное время замерзания, т. е. 13 *ч*.

И, наоборот, по этой же диаграмме можно рассчитать толщину льда или температуру рассола в зависимости от двух других данных.

Пример 2. Какая должна быть температура рассола для получения за 18 *ч* льда толщиной 9 *см*?

Действуя приведенным выше способом, т. е. найдя точку пересечения горизонтали в 9 *см* и вертикали в 18 *ч*, на наклонной линии узнают температуру рассола, а именно: —11° С.

Примечание. Толщина льда представлена толщиной до стенки, передающей холод (т. е. половиной ширины формы).

Принятые формы для приготовления льда указаны в табл. 97.

Таблица 97

Размеры форм для приготовления льда

Верхнее основание	Нижнее основание	Высота	Масса льда, *кг*
мм			
Формы, принятые в Европе			
370×180	340×150	1115	50
190×190	160×160	1115	25
245×150	217×137	1115	25
190×110	160×80	1115	12,5
190×110	160×80	850	10
200×80	190×70	665	7
190×85	160×55	630	5
180×80	160×60	515	5
Формы, принятые в США			
203×203	190×190	787	25
406×203	387×184	787	45
648×292	546×267	787	90
648×292	546×267	1118	125
648×292	546×267	1448	180

6. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ РАСХОДА ХОЛОДА НА ПИВОВАРЕННОМ ЗАВОДЕ (табл. 98)

Таблица 98

Расчет расхода холода

Помещение	Размеры, *м*			Температура, °С
	длина	ширина	высота	
Лагерный подвал А	25	16	5,2	1
Б (над подвалом А)	25	16	5,2	1
Бродильный цех В (над подвалом Б)	16	15	4,5	5
Хмелехранилище Г	8	4	3,5	1
Разливочный цех Д	16	8	3	8

Все стены и потолок подвала В и часть потолка подвала Б, не покрытая подвалом В, имеют следующую тепловую изоляцию:

цементное покрытие в 2 *см*;

прессованная пробка толщиной 15 *см*;

стенка из битого камня 45 *см*.

Все строение, образованное подвалами А, Б и В, лишь одной стороной (в 16 *м*) соприкасается с крытым помещением.

Хмелехранилище Г всеми сторонами соприкасается с крытыми помещениями. Разливочный цех Д расположен следующим образом: меньшие стороны соприкасаются с крытыми помещениями, одна из больших сторон частично соприкасается с помещением подвалов, а другая выходит на загрузочную платформу.

Температура крытых строений 18° С, наружного воздуха 22° С, почвы 12° С.

Расчеты расхода холода при производстве пива

Ежедневная выработка продукции составляет 320 *гл*.

Продолжительность брожения 10 дней.

Подвал В вмещает 20 чанов по 160 *гл*.

Сусло охлаждают до 12° С обыкновенной водой, а затем — с 12 до 5° С рассолом.

I. **Расчет холода, необходимого для подвала А.** Принимаем поверхность пола

$$25 \cdot 16 = 400 \ м^2;$$

поверхность, соприкасающуюся со смежным строением,

$$16 \cdot 5{,}20 = 83{,}20 \ м^2;$$

поверхность, соприкасающуюся с наружным воздухом,

$$2 \cdot 5{,}2 \cdot 25 = 260 \ м^2.$$

Расчет коэффициента теплопередачи стен

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{10} + \frac{0,02}{0,85} + \frac{0,15}{0,06} + \frac{0,45}{1,4} + \frac{1}{10} = \frac{1}{3,04},$$

где 10 — коэффициент теплопередачи поверхности;
0,85 — коэффициент теплопередачи цементного покрытия,
0,06 — коэффициент теплопередачи пробки;
1,4 — коэффициент теплопередачи каменной стенки.

Таким образом, общий коэффициент теплопередачи $k = 0,328$; принимаем 0,33.

Допустим, что все стены подвалов А, Б и В, как и потолок подвала Б, соприкасающийся с наружным воздухом, одинаковы по конструкции и имеют одинаковый коэффициент теплопередачи.

а) Потери через почву. Считают, что на 1 $м^2$ поверхности, соприкасающейся с почвой, уходит 1,5 *ккал/(ч · град)*, откуда общие потери

$$400\,(12 - 1)\,1,5 \cdot 24 = 158\,400 \text{ } ккал/день.$$

б) Потери через потолок равны нулю, так как над потолком находится подвал Б, температура которого одинакова с подвалом А.

в) Потери через стены, соприкасающиеся с наружным воздухом,

$$260\,(22 - 1)\,0,33 \cdot 24 = 43\,240 \text{ } ккал/день.$$

г) Потери через стену, соприкасающуюся со смежным строением,

$$83,20\,(18 - 1)\,0,33 \cdot 24 = 11\,200 \text{ } ккал/день.$$

д) Потери через стену, соприкасающуюся с разливочным цехом,

$$83,20\,(8 - 1)\,0,33 \cdot 24 = 4610 \text{ } ккал/день.$$

Таким образом, общие потери за день составляют

$$158\,400 + 43\,240 + 11\,200 + 4610 = 217\,450 \text{ } ккал/день.$$

е) Количество килокалорий, необходимых для охлаждения пива, вычисляется следующим образом.

Предположим, что:

в подвале находится на хранении 12 000 *гл* пива плотностью 12,5° Блг при среднем сроке хранения 70 дней;

при дображивании сбраживается 1 *кг* экстракта на 1 *гл*;

брожение протекает в течение всего времени хранения.

В связи с этим количество тепла, подлежащее удалению за день, будет равно

$$\frac{12\,000 \cdot 178}{70} = 30\,510 \text{ } ккал/день.$$

Известно, что при брожении 1 *кг* экстракта выделяется 178 *ккал*.

ж) Прочие потери. К теплу, подлежащему удалению, нужно прибавить тепло, образующееся от присутствия рабочих, освещения, плохо закрытых дверей и т. п. Количество этого тепла принимаем равным 4 *ккал/(день · гл)*, или

$$12\,000 \cdot 4 = 48\,000 \text{ } ккал/день.$$

Таким образом, общее количество тепла, подлежащее удалению за день для подвала А, составит

$$217\,450 + 30\,510 + 48\,000 = 295\,950, \text{ или } 296\,000 \text{ } ккал/день.$$

II. **Расчет холода, необходимого для подвала Б.** Принимаем поверхность, соприкасающуюся со смежным строением,

$$16 \cdot 5{,}2 = 83{,}2 \ м^2;$$

поверхность стен, соприкасающихся с наружным воздухом,

$$5{,}2\,[(2 \cdot 25) + 16] = 343{,}2 \ м^2;$$

поверхность потолка, соприкасающуюся с бродильным цехом,

$$16 \cdot 15 = 240 \ м^2;$$

поверхность потолка, соприкасающуюся с наружным воздухом,

$$16 \cdot 10 = 160 \ м^2.$$

а) Потери тепла через почву равны нулю, так как пол подвала Б находится над подвалом А с температурой, равной подвалу Б.

б) Потери тепла через стену, смежную с другим строением,

$$83{,}2\,(18 - 1)\,0{,}33 \cdot 24 = 11\,200 \ ккал/день.$$

в) Потери тепла через часть потолка, соприкасающуюся с бродильным цехом,

$$240\,(5 - 1)\,1{,}5 \cdot 24 = 34\,560 \ ккал/день.$$

Коэффициент теплопроводности мы берем равным 1,5, так как эта часть потолка не имеет тепловой изоляции.

г) Потери тепла через стену, соприкасающуюся с наружным воздухом,

$$(160 + 343{,}20)\,(22 - 1)\,0{,}33 \cdot 24 = 83\,690 \ ккал/день.$$

Общие потери тепла через стены, потолок и пол

$$11\,200 + 34\,560 + 83\,690 = 129\,450 \ ккал/день.$$

д) Количество килокалорий, необходимых для охлаждения пива. Предположим, что:

в подвале находится 15 000 *гл* пива плотностью 12,5° Блг при средней продолжительности хранения 70 дней;

во время дображивания перебраживается 1 *кг* экстракта на 1 *гл*;

брожение протекает в течение всего времени хранения.

Теплота, которую нужно будет отвести в день, составит

$$\frac{15\,000 \cdot 178}{70} = 38\,140 \ ккал/день.$$

Кроме того, в подвал ежедневно поступает 320 *гл* пива при 5° С после главного брожения. Пиво варят 5 дней в неделю. Предположим, что охлаждение пива с 5 до 1° С требует 5 дней.

Тепло, которое необходимо отвести от этого количества пива за 24 *ч*, составит

$$\frac{32\,000\,(5 - 1)\,5}{5} = 128\,000 \ ккал/день.$$

е) Прочие потери холода, расходуемые для отвода тепла, образующегося от присутствия рабочих, освещения и т. д., можно принять равными 4 *ккал/(гл·день)* или

$$15\,000 \cdot 4 = 60\,000 \text{ ккал/день}.$$

Общее количество тепла, которое необходимо отвести за день из подвала Б, составит

$$129\,450 + 38\,140 + 128\,000 + 60\,000 = 355\,600 \text{ ккал/день}.$$

III. **Расчет холода, необходимого для бродильного отделения В.** Принимаем

поверхность, соприкасающуюся с наружным воздухом,

$$4,5\,[(2 \cdot 15) + 16] + 15 \cdot 16 = 447 \text{ м}^2;$$

поверхность, соприкасающуюся со смежным строением,

$$16 \cdot 4,5 = 72 \text{ м}^2;$$

поверхность соприкасающуюся с лагерным подвалом,

$$15 \cdot 16 = 240 \text{ м}^2.$$

а) Потери через стенки, соприкасающиеся с наружным воздухом,

$$447\,(22 - 5)\,0,33 \cdot 24 = 60\,200 \text{ ккал/день}.$$

б) Потери через стены, соприкасающиеся со смежным строением,

$$72\,(18 - 5)\,0,33 \cdot 24 = 7420 \text{ ккал/день}.$$

в) Возврат через пол, соприкасающийся с подвалом Б. Дело идет об обратном получении холода, так как температура бродильного цеха выше температуры лагерного подвала. Это обратное получение доходит до

$$240\,(5 - 1)\,1,5 \cdot 24 = 34\,560 \text{ ккал/день}.$$

Общие потери

$$60\,200 + 7420 - 34\,560 = 38\,100 \text{ ккал/день}.$$

г) Прочие потери холода, расходуемого для отвода тепла, получающегося от присутствия рабочих, освещения и т. п.

Можно считать, что они составляют 4 *ккал/(гл·день)* или

$$2240 \cdot 4 = 8960 \text{ ккал/день}.$$

д) Тепло, образующееся при брожении. Если взять по одной варке в день в течение 5 дней недели и 10 дней главного брожения, то максимальное количество бродящего пива составит $320 \cdot 7 = 2240$ *гл*.

Если плотность пива 12,5° Блг, а основное уменьшение составляет 65% и, кроме того, количество перебраживаемого экстракта за день постоянно, то количество выделяющегося тепла будет равно

$$\frac{2240 \cdot 12,5 \cdot 65 \cdot 178}{100 \cdot 10} = 324\,000 \text{ ккал/день}.$$

Принимая, что на каждый бродильный чан расходуется 6 $м^3$ воздуха в час, то для обновления воздуха при температуре подвала 5° С следует для восстановления температуры воздуха отобрать тепла:

$$20 \cdot 6 \cdot 24\,(22 - 5)\,0{,}3 \pm 29\,000 \text{ } ккал/день.$$

Тепло, которое нужно отнять в течение дня из бродильного цеха В, составит

$$33\,100 + 8960 + 324\,000 + 49\,000 = 415\,060 \text{ } ккал/день;$$

принимаем 415 100 *ккал/день*.

IV. **Расчет тепла, подлежащего отводу при охлаждении сусла.** Предполагаем, что в день производится одна варка.

Температура сусла, прошедшего между трубами с циркуляцией воды, 12° С, а дрожжевая разводка вносится при 5° С.

Количество отводимого тепла будет равно

$$32\,000\,(12 - 5) = 224\,000 \text{ } ккал/день.$$

V. **Расчет холода, необходимого для охлаждения хмелехранилища Г.** Поверхность, соприкасающаяся со смежным строением, равна

$$2\,(8 \cdot 4) + 3{,}5 \cdot 2\,(8 + 4) = 148 \text{ } м^2.$$

а) Потери через стены

$$148\,(18 - 1)\,0{,}33 \cdot 24 = 19\,930 \text{ } ккал/день.$$

б) Прочие потери (охлаждение хмеля, присутствие персонала, освещение и т. д.) можно считать равными 10 000 *ккал/день*.

Тепло, подлежащее отводу в течение дня из подвала Г, составляет

$$19\,930 + 10\,000 \approx 30\,000 \text{ } ккал/день.$$

VI. **Расчет холода, необходимого для разливочного отделения Д.** Принимаем

поверхность стен, соприкасающихся с подвалом А,

$$16 \cdot 3 = 48 \text{ } м^2;$$

поверхность стен с тепловой изоляцией, соприкасающихся со смежными строениями,

$$2 \cdot 8 \cdot 3 + 16 \cdot 8 = 176 \text{ } м^2;$$

поверхность стены подвала, выходящей на платформу,

$$16 \cdot 3 = 48 \text{ } м^2;$$

поверхность пола

$$16 \cdot 8 = 128 \text{ } м^2.$$

а) Поступление холода через стену, соприкасающуюся с подвалом А, равно

$$48 \cdot 0{,}33\,(8 - 1)\,24 = 2\,660 \text{ } ккал/день.$$

б) Потери тепла через стены с тепловой изоляцией, соприкасающиеся с наружным воздухом,

$$176 \cdot 0{,}33\,(18 - 8)\,24 = 13\,940 \text{ ккал/день}.$$

в) Потери тепла через стену подвала, выходящую на платформу,

$$48 \cdot 1\,(22 - 8)\,24 = 16\,130 \text{ ккал/день}.$$

г) Потери тепла через пол. Принимаем, что через 1 $м^2$ поверхности, соприкасающейся с полом, проходит 1,5 $ккал/(ч \cdot град)$, откуда общие потери в день

$$128 \cdot 1{,}5\,(12 - 8)\,24 = 18\,430 \text{ ккал/день}.$$

д) Прочие потери (рабочие, освещение и т. д.) можно считать равными 120 $ккал/(м^2 \cdot день)$, или $128 \cdot 120 = 15\,360$ $ккал/день$.

Общее количество тепла, подлежащее отводу из разливочного цеха Д, за день составит

$$13\,940 + 16\,130 + 18\,430 + 15\,360 - 2660 = 61\,200 \text{ ккал/день}.$$

Общее число килокалорий, теоретически необходимых в течение 24 $ч$ для рассмотренного примера, составит

$$296\,000 + 355\,600 + 115\,100 + 224\,000 + 30\,000 + 61200 = 1\,381\,900 \text{ ккал/день}.$$

Если известна производительность холодильной установки, можно определить число часов ее работы. И, наоборот, если назначают число часов работы, то можно определить необходимую мощность машины.

Потребление холода на пивоваренном заводе может быть выражено следующими цифрами:

	Температура, °С	Потребление, $ккал/день$
Бродильное отделение на 1 $м^2$ поверхности	4—6	1100
Лагерный подвал на 1 $м^2$ поверхности	0—2	800
На 1 $гл$ бродящего сусла	—	1400
На 1 $гл$ сусла, охлаждаемого для внесения дрожжевой разводки	—	1400
Разливочное отделение на 1 $м^2$ поверхности	6—9	600
Хмелехранилище на 1 $м^2$ поверхности	0—2	1000

Раздел VI. НАСОСЫ И ТРУБОПРОВОДЫ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Принцип работы насоса. Обычная перекачка воды заключается в подъеме ее с уровня *2* до уровня *3* (рис. 29).

Это может быть достигнуто:

а) путем помещения жидкости в какую-то емкость и подъема этой емкости: черпачное колесо, водоподъемное колесо, черпаковая цепь и т. п.;

б) путем изменения объема содержимого емкостей, поочередно всасывающих и нагнетающих жидкость. К этим установкам, именуемым «объемными», относятся поршневые насосы и ротационные объемные насосы;

в) путем изменения давления за счет изменения скорости. Эти установки называются центробежными насосами.

Производительность насоса. Производительность насоса Q — это объем жидкости, подаваемой к выходному отверстию насоса за единицу времени. Она выражается в кубических метрах в час ($м^3/ч$) или в литрах в секунду ($л/сек$).

Скорость жидкости в трубопроводе v выражается в метрах в секунду ($м/сек$).

Ускорение силы тяжести g выражается в метрах на секунду в квадрате. В наших широтах оно равно 9,81 $м/сек^2$.

Геометрическая высота всасывания h_a — это расстояние по вертикали, отделяющее уровень всасываемой воды:

от оси насоса в случае применения горизонтального центробежного или объемного насоса;

от средней плоскости входных кромок лопаток первого лопастного колеса в случае применения вертикального центробежного насоса;

от оси штока поршня в случае применения горизонтального поршневого насоса;

от верхней границы хода поршня в случае применения вертикального поршневого насоса;

от самой высокой точки рабочих элементов в случае применения вертикального объемного насоса.

Геометрическая высота подпора h_e. Этот подпор представляет собой расстояние по вертикали от уровня воды в питающем резервуаре, из которого вода подается самотеком к всасывающему отверстию насоса:

до оси насоса в случае применения горизонтального центробежного или объемного насоса;

до средней плоскости входных кромок лопаток первого лопастного колеса в случае применения вертикального центробежного насоса;

до оси штока поршня в случае применения горизонтального поршневого насоса;

до верхней границы хода поршня в случае применения вертикального поршневого насоса;

до самой высокой точки рабочих элементов в случае применения вертикального объемного насоса.

Геометрическая высота нагнетания h_r — это расстояние по вертикали от уровня воды в наполняемом резервуаре:

до оси насоса в случае применения горизонтального центробежного или объемного насоса;

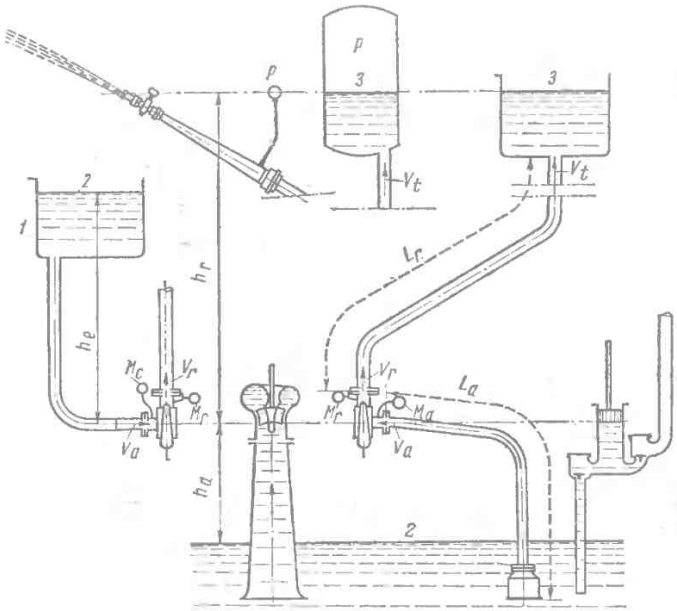


Рис. 29. Схема установки насоса:

1 — питающий резервуар, из которого вода подается к насосу самотеком, *2* — уровень жидкости в питательных резервуарах, *3* — уровень жидкости в наполняемом сборнике.

до средней плоскости входных кромок лопаток первого лопастного колеса в случае применения вертикального центробежного насоса;

до оси штока поршня в случае применения горизонтального поршневого насоса;

до верхней границы хода поршня в случае применения вертикального поршневого насоса;

до самой высокой точки рабочих элементов в случае применения вертикального объемного насоса.

Развернутая длина всасывания L_a — это общая длина всасывающего трубопровода, измеренная по его оси.

Развернутая длина нагнетания L_r — это общая длина нагнетательного трубопровода, измеренная по его оси.

Потери напора. Геометрические высоты, приведенные выше, не соответствуют точно практическим высотам, которые насос должен

преодолеть: к их величинам необходимо прибавить (или вычесть при наличии подпора) значение сопротивлений, которые испытывает жидкость при ее движении.

При движении жидкости с определенной скоростью возникают трение о стенки и потери энергии в коленах, тройниках, клапанах, вентилях, в местах с измененным сечением.

Это трение и потери энергии выражаются в потерях высоты, которые насос должен компенсировать. Потери высоты, изменяющиеся так же, как и производительность, называются потерями напора.

Общие потери напора для производительности Q обозначаются при всасывании через J_a, при нагнетании — через $J_г$ и выражаются в метрах.

Манометрическая высота всасывания M_a. Эта высота при работе насоса на всасывание — есть показание манометра, градуированного в высотах всасывания, с поправкой на расстояние по вертикали между осью насоса и той точкой трубопровода, куда присоединяется манометр. Она представляет собой сумму геометрической высоты всасывания, потерь напора для производительности Q во всасывающем трубопроводе и высоты, обусловленной скоростью жидкости в сечении трубопровода в месте присоединения манометра:

$$M_a = h_a + J_a + \frac{v_a^2}{2g}.$$

Манометрическая высота подпора M_c. Этот подпор при работе насосов на нагнетание — есть показание манометра, градуированного в высотах напора, с поправкой на расстояние по вертикали между осью насоса и центром шкалы манометра.

Манометрическая высота подпора равна геометрической его высоте минус потери напора для производительности Q во всасывающем трубопроводе и высоте, обусловленной скоростью жидкости в сечении трубопровода в месте присоединения манометра:

$$M_c = h_c - J_a - \frac{v_a^2}{2g}.$$

Сумма двух членов J_a и $\frac{v_a^2}{2g}$ может быть больше, чем h_c. Тогда M_c будет отрицательной величиной. Это означает, что хотя насос геометрически находится под подпором, тем не менее манометрически он находится в состоянии разрежения на всасывающем отверстии.

Практически высота всасывания H_a. Это высота всасывания, которая практически зависит только от условий установки насоса и не зависит от его типа. Она представляет собой сумму геометрической высоты всасывания h_a и потерь напора для производительности Q во всасывающем трубопроводе:

$$H_a = h_a + J_a.$$

Практическая высота подпора H_c. Аналогично практической высоте всасывания этот подпор равен геометрическому подпору h_c

минус потери напора для производительности Q во всасывающем трубопроводе:

$$H_c = h_e - J_a.$$

Сухой вакуум — это вакуум, который может создавать в закрытой емкости объемный насос, работающий всухую.

Влажный вакуум — это вакуум, который может создавать в закрытой емкости объемный насос, предварительно залитый жидкостью.

Практическая способность всасывания насоса C_a — одна из характеристик насоса, определяемая максимальной практической высотой всасывания, которую рассматриваемый насос может преодолеть без кавитаций при заданной скорости и производительности.

Из этого определения вытекает, что для заданной производительности и при отсутствии кавитации практическая высота всасывания H_a должна всегда быть меньше практической способности всасывания ($H_a < C_a$).

Для определения этой способности рассматриваемый насос устанавливают на какой-либо платформе, заставляют вращаться с постоянной скоростью и посредством соответствующей регулировки поддерживают постоянную производительность (у объемных насосов постоянная скорость автоматически обеспечивает постоянную производительность), затем увеличивают практическую высоту всасывания путем увеличения геометрической высоты всасывания либо путем искусственного увеличения потерь напора (при помощи регулировочного вентиля, включенного в систему всасывания).

Вначале эта регулировка не оказывает ощутимого эффекта — работа насоса остается нормальной.

После достижения практической высоты всасывания при применении:

центробежного насоса — слышится треск и полный напор, который до сих пор оставался постоянным, резко падает;

объемного насоса — производительность при постоянной скорости уменьшается; при этом появляются толчки и сотрясения.

Вакуумметр показывает предельное значение M_a, непосредственно предшествующее нарушению режима работы.

Вычисляют C_a по следующей формуле:

$$C_a = M_a - \frac{v_a^2}{2g}.$$

Следует заметить, что при использовании центробежного насоса и при заданной скорости эта величина C_a в значительной мере зависит от производительности: насос, обладающий практической способностью всасывания 7 *м* при малой производительности, может всосать жидкость не более чем на 2 *м* при большой производительности.

При использовании объемного насоса практическая способность всасывания, как правило, ниже влажного вакуума и колеблется для некоторых типов насосов в зависимости от скорости жидкости.

Манометрическая высота нагнетания M_r — это показание на манометре, градуированном в высотах давления и установленном на стороне нагнетания насоса, с поправкой на расстояние по вертикали между осью насоса и центром шкалы манометра.

Эта высота представляет собой сумму следующих слагаемых:

а) геометрической высоты нагнетания h_r;

б) потерь напора в нагнетательном трубопроводе J_r;

в) давления в резервуаре, куда насос накачивает жидкость, если этот резервуар неоткрытый, p;

г) высоты, обусловленной скоростью v_t жидкости на входе в наполняемый резервуар $\frac{v_t^2}{2g}$;

с вычетом высоты, обусловленной скоростью v_r жидкости в сечении трубопровода, в месте присоединения манометра $\frac{v_r^2}{2g}$;

$$M_r = h_r + J_r + p + \frac{v_t^2}{2g} - \frac{v_r^2}{2g}.$$

Практическая высота нагнетания H_r — это высота нагнетания, которая практически зависит только от условий установки.

Она представляет собой сумму следующих слагаемых:

а) геометрической высоты нагнетания h_r;

б) потерь напора в нагнетательном трубопроводе J_r;

в) давления в резервуаре, куда насос накачивает жидкость, если этот резервуар неоткрытый, p;

г) высоты, обусловленной скоростью v_t жидкости на входе в наполняемый резервуар $\frac{v_t^2}{2g}$, т. е.

$$H_r = h_r + J_r + p + \frac{v_t^2}{2g}.$$

Отсюда

$$H_r = M_r + \frac{v_r^2}{2g}.$$

Полный напор H_t. а) Когда насос работает с разрежением, этот напор представляет собой сумму практической высоты всасывания и практической высоты нагнетания

$$H_t = H_a + H_r = M_a + M_r + \frac{v_r^2 - v_a^2}{2g}.$$

б) Когда насос работает с подпором, то высота напора представляет собой разность между практической высотой нагнетания и практическим подпором, взятым с его знаком,

$$H_t = H_r - H_c = M_r - M_c + \frac{v_r^2 - v_a^2}{2g}.$$

У ротационных объемных насосов и у поршневых насосов диаметры всасывающего и нагнетательного отверстий, как правило, равны: $v_r = v_a$. В этом случае полный напор измеряется путем сложения показаний манометров.

Внутренняя утечка. У объемного насоса это — разница между теоретической и практической производительностью; она зависит от зазоров, от полного напора и от вязкости перекачиваемой жидкости.

Практически достижимая высота полного напора центробежного насоса — это полный напор, который насос может создать при заданной производительности. Этот напор существенно изменяется в зависимости от производительности. Например, насос, нагнетающий 25 $м^3/ч$ при напоре 18 $м$, будет перекачивать вдвое меньше жидкости при напоре 25 $м$.

Напротив, для заданных производительности и скорости указанный напор не зависит от практической высоты всасывания, пока ее величина не достигнет практической способности всасывания.

Максимально достижимый полный напор объемного насоса. Этот напор для определенной скорости есть полный напор, который не может быть превышен, так как соответствующая внутренняя утечка равна производительности всасывания (производительность нулевая), или который не должен быть превышен за счет механического сопротивления.

Практически достижимый полный напор объемного насоса. Этот напор для определенной скорости есть полный напор, который может создать насос при непрерывной эксплуатации. Пока эта величина не превышается, производительность колеблется незначительно в зависимости от полного напора, так как в таком случае внутренняя утечка составляет лишь весьма малую часть производительности. Например, насос, нагнетающий 25 $м^3/ч$ на высоту 18 $м$, будет нагнетать 24,5 $м^3/ч$ на 25 $м$, причем к. п. д. останется почти одинаковым в обоих случаях.

Единица высоты и давления m. Обычно высоты и давления выражаются в $м$ *вод. ст.*

Мощность. Мощность P, развиваемая насосом, равна работе, совершаемой за единицу времени для создания производительности при напоре, равном полному напору:

$$P = \frac{QH_t}{270} \text{ л. с.},$$

где Q — производительность, $м^3/ч$;

H_t — полный напор, $м$ *вод. ст.*

Мощность P_1, потребляемая этим насосом,— та, которая необходима для механического приведения насоса в действие. Она измеряется на валу насоса и выражается в *л. с.* или *квт.*

К. п. д. насоса ρ представляет собой отношение развиваемой мощности к мощности потребляемой:

$$\rho = \frac{P}{P_1}.$$

Номинальный диаметр трубопровода d — это тот диаметр, который обычно приводится в каталогах.

Фактический внутренний диаметр трубопровода часто отличается от номинального диаметра. Это диаметр, используемый фактически.

Пример. Труба цельнотянутая, газовая, обычная, двухдюймовая.

Номинальный диаметр	50—60
Фактический диаметр	52

Направление вращения рассматривается наблюдателем, находящимся на стороне электродвигателя или приводного шкива и смотрящим на насос. Оно будет:

прямое, если с точки зрения этого наблюдателя насос вращается в направлении часовой стрелки;

обратное, если он вращается в противоположном направлении.

У центробежных насосов обычного типа направление вращения указывается положением выпускного патрубка.

2. ИЗМЕРЕНИЯ

ДАВЛЕНИЕ И РАЗРЕЖЕНИЕ

Приводится описание только общих методов контроля. Производительность небольших установок рекомендуется измерять расходом жидкости путем наполнения измеренного резервуара с хронометрированием времени, необходимого для закачки в него определенного объема жидкости (рис. 30).

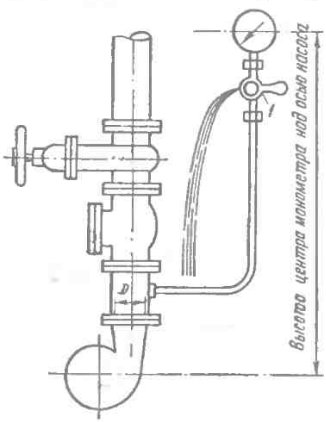


Рис. 30. Измерение давления и разрежения:

1 — насечки на трехходовом кране, показывающие положение проходного отверстия пробкового крана.

Наилучший метод измерения объема резервуара состоит в наполнении его пресной водой порциями по 10 *кг* и отметке уровня заливки каждой порции.

Необходимо тщательно удостовериться, что нет утечки между насосом и измеренным резервуаром.

Манометры давления. Шкала манометров может градуироваться в *м вод. ст.* или в *кгс/см²*. Можно переходить с одной единицы измерения на другую, имея в виду, что давление в 1 *кгс/см²* соответствует 10 *м вод. ст.* (например, давление 2,5 *кгс/см²* соответствует 25 *м вод. ст.*).

Для получения правильных показаний необходимо, чтобы манометр был оборудован легкодоступным трехходовым краном.

До снятия показаний необходимо продуть патрубок, соединяющий манометр с трубопроводом, пока из него не выйдет небольшая струйка воды без пузырьков воздуха. После закрытия крана не должно наблюдаться никакой утечки.

При поставке манометров должны быть указаны единицы измерений (*м* или *кгс/см²*), а также внутренний диаметр *D* трубопровода в месте отбора показаний, высота положения центра манометра выше (или ниже) оси насоса и производительность в момент снятия показаний.

Вакуумметры (или мановакуумметры). Эти приборы можно градуировать в *м вод. ст.* или в *см рт. ст.*

Можно переходить от одной единицы измерения к другой, имея в виду, что 1 *см рт. ст.* соответствует 0,136 *м вод. ст.* (например, 25 *см рт. ст.* равнозначны 25 · 0,136 = 3,40 *м вод. ст.*).

Следующие данные, показывающие соответствие обеих единиц измерения, могут облегчить пересчет вакуума, выраженного в *см рт. ст.*, в *м вод. ст.*:

см рт. ст.	*м вод. ст.*	*см рт. ст.*	*м вод. ст.*
10	1,36	40	5,44
15	2,04	45	6,12
20	2,72	50	6,80
25	3,40	55	7,48
30	4,08	60	8,16
35	4,76		

Для обеспечения правильности показаний вакуумметр, как и манометр для измерения давлений, должен быть оборудован легкодоступным трехходовым краном.

Перед снятием показаний при работе насоса в трехходовой кран впускается небольшое количество воздуха.

Герметичность прибора должна проверяться путем сообщения давления при остановке насоса.

Во время этой операции вакуумметр заменяется манометром давления, так как приложение давления может повредить прибор.

При поставке вакуумметра должны быть указаны применяемые единицы измерения (*см рт. ст.* или *м вод. ст.*), диаметр D трубопровода в точке снятия показаний, высота положения выше или ниже оси насоса и производительность насоса в момент снятия показаний.

Часто случается, что в некоторых установках всасывающий трубопровод при остановке насоса находится под действием давления нагнетания. Особенно это относится ко всем автоматическим установкам.

Так как вакуумметр не рассчитан на выдерживание давлений, он должен быть постоянно изолирован от трубопровода трехходовым краном и подсоединяться лишь в момент снятия показаний, пока работает насос.

Если хотят, чтобы вакуумметр работал постоянно, в установках указанного типа его необходимо заменять мановакуумметром — прибором, способным выдерживать давление без повреждений.

3. МОНТАЖ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НАСОСОВ

При проектировании установок принимаются производительность, практическая высота всасывания, практическая высота нагнетания и полный напор.

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ

Производительность выражается в $м^3/ч$; ее всегда необходимо выбирать с запасом. В случае недооценки потребной производительности существует риск выбора насоса недостаточной мощности, который при эксплуатации в режиме, превышающем нормальный, быстро изнашивается и вызовет перегрузку двигателя.

Так как потребление жидкости неравномерно в течение дня, принято считать, если нет точных указаний, что оно происходит приблизительно в течение 3 *ч*.

Отсюда примерная величина производительности насоса: производительность ($м^3/ч$) $= \dfrac{\text{ежедневное потребление (в } л)}{3000}$.

Запас воды — минимальный объем открытого резервуара или полезный объем (в *л*) резервуара, находящегося под давлением воздуха, должен соответствовать примерно $^1/_{20}$ части ежедневного потребления при минимуме 20 *л*.

Следовательно, запас воды в $л = \dfrac{\text{ежедневное потребление в } л}{20}$

Если в электроснабжении существуют перерывы, продолжающиеся до полусуток, следует увеличить запас и довести его до половины суточного потребления.

Для определения расхода кранов и распределительных трубопроводов можно пользоваться следующими данными.

Нормальные расходы кранов, установленные II Международным конгрессом по кровельному и водопроводному делу (Брюссель, 1928 г.)

Тип	Расход
Умывальный кран	0,6
Ванночка для обмывания	0,6
Пункт водоснабжения, сточный, желобопереливная труба	0,6—0,9
Ванна для стирки (прачечная)	1,5
Ванна (система из двух кранов с трубопроводом горячей воды в помещении)	1,5
Ванна (подача воды через колонку)	0,9
Уличный умывальный кран	1,8
Поливальный садовый кран	2,4
Небольшой пожарный кран	7,2

Всасывающее действие насоса. При дальнейшем рассмотрении заранее допускается, что насос может иметь только один всасывающий трубопровод, т. е. всасывает из одного колодца, а если есть несколько насосов, то подразумевается, что каждый из них оборудован своим всасывающим трубопроводом

Если оба указанных условия не могут быть выполнены, т. е. если один насос всасывает одновременно из нескольких колодцев или если несколько насосов имеют общий всасывающий трубопровод, следует принять специальные меры предосторожности, устраняющие перерыв в питании насосов.

ТРЕБОВАНИЯ К РАСПОЛОЖЕНИЮ ВСАСЫВАЮЩИХ ТРУБОПРОВОДОВ

Расположение насоса. Всасывающий трубопровод должен по возможности максимально отвечать следующим условиям:

небольшая длина;

малая разница в высоте между уровнем перекачиваемой воды и осью насоса.

Следовательно, насос должен быть расположен близко к отбору воды и на низком уровне.

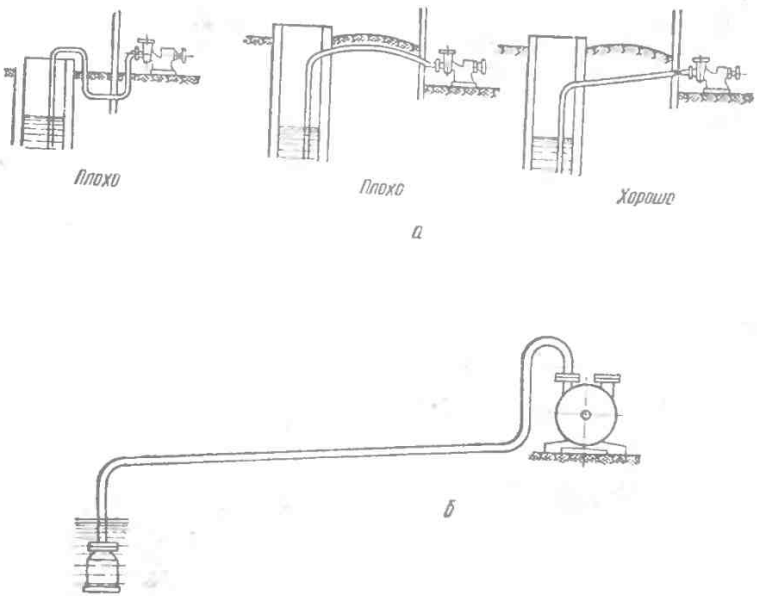


Рис. 31. Расположение всасывающего трубопровода:
а — правильное и неправильное расположение, *б* — положение и рекомендуемая форма.

Однако место, где установлен насос, должно быть защищено от проникновения влаги, что обеспечит сохранность электродвигателя.

Уклон. Всасывающий трубопровод должен устанавливаться с уклоном, восходящим в направлении от колодца к насосу; минимальный требуемый уклон 2%.

Необходимо тщательно избегать всяких обратных уклонов, которые могут повлечь за собой образование воздушных пробок в верхней точке изгиба (рис. 31).

Тем не менее для некоторых типов объемных насосов необходимо предусматривать на питательном трубопроводе изгиб с верхней точкой для того, чтобы в этом месте трубопровод был плавно изогнут (колено), с тем чтобы в момент пуска насос всегда был залит водой

и никогда не работал всухую, поэтому входной и выходной патрубки насосов указанного типа должны быть направлены вверх.

Меры предосторожности против замерзания трубопровода. Во избежание замерзания трубопровод должен прокладываться в земле на глубине 0,5—1 *м* (в условиях Франции) в зависимости от климатических условий района.

Спускной кран должен устанавливаться на части трубопровода, погруженной в колодец, на глубине не менее 1 *м* ниже уровня грунта.

Входной переходник. Если диаметр всасывающего отверстия горизонтального насоса меньше диаметра всасывающего трубопровода, необходимо предусмотреть специальный входной переходник, верхняя образующая которого должна быть горизонтальной (рис. 32).

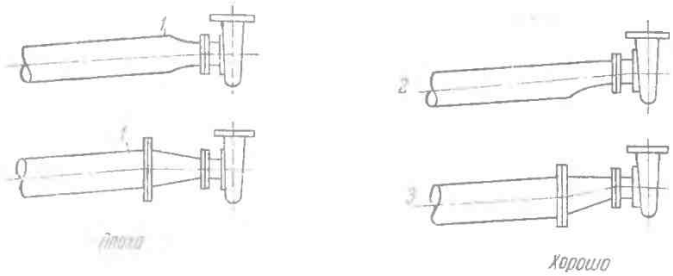


Рис. 32. Плохое и хорошее расположение входного переходника:

1 — верхняя точка на изгибе, *2* — свинцовый трубопровод; *3* — чугунный трубопровод.

Применение обычного входного конического переходника повлечет за собой образование верхней точки на изгибе, где будет скапливаться воздух, что может привести к неисправности.

При использовании объемных насосов верхняя образующая входного переходника необязательно должна быть горизонтальной.

Заборный клапан. На конце всасывающего трубопровода необходимо установить заборный клапан. Клапан должен обеспечивать плотное перекрытие всасывающего трубопровода. Диаметр отверстия клапана должен быть, по крайней мере, равен диаметру всасывающего трубопровода.

При установке клапана необходимо позаботиться, чтобы:

соединительный фланец трубопровода находился не менее чем на 0,3 *м* ниже минимального уровня воды;

основание клапана отстояло от дна колодца не менее чем на 0,5 *м*; если это условие не может быть выполнено, необходимо следить за тем, чтобы насос не захватывал песок;

расстояние от оси сетки до стенки колодца было не менее двух диаметров этой сетки.

Все эти рекомендации относятся к вычищенному колодцу, свободному от мусора и водорослей (рис. 33).

Приемный клапан с сеткой-фильтром и всасывающий трубопровод должны быть рассчитаны на давление, соответствующее полному геометрическому напору с запасом 20 *м*.

Если у насоса нет обратного клапана в нагнетательном трубопроводе, то приемному клапану сообщается это давление, которое он испытывает в течение всего времени, пока насос не работает.

Если же насос снабжен обратным клапаном, этот клапан должен быть обычно оборудован байпасом; при таких условиях давление,

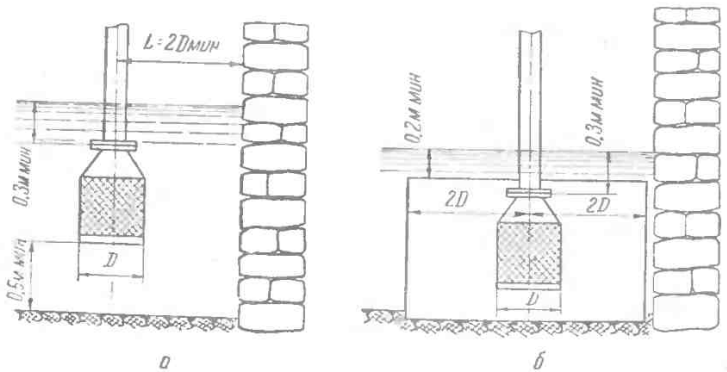


Рис. 33. Расположение заборного клапана в колодце:
а — без резервуара, *б* — с резервуаром.



Рис. 34. Установка предохранительного клапана на всасывающем трубопроводе:
1 — вентиль, *2* — клапан с байпасом, *3* — нижний уровень воды, *4* — предохранительный клапан.

соответствующее полному геометрическому напору, прикладывается к всасывающему клапану во время включения.

Если полный геометрический напор слишком велик, чтобы его могли выдержать стандартные приемные клапаны с сеткой, то всасывающий трубопровод оборудуется предохранительным (обратным) клапаном, который должен находиться в воде во избежание проникновения воздуха. Этот клапан должен быть соответствующим образом отрегулирован.

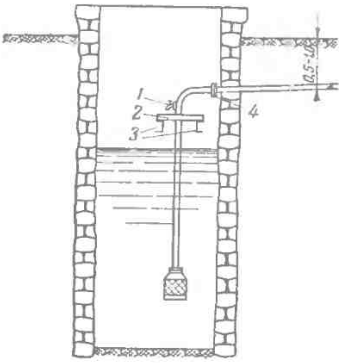


Рис. 35. Демонтаж всасывающего трубопровода:

1 — продувочный кран, *2* — зажимный хомут, *3* — металлические консоли, заделанные в кирпичную стену колодца, *4* — соединение, позволяющее демонтировать трубопровод.

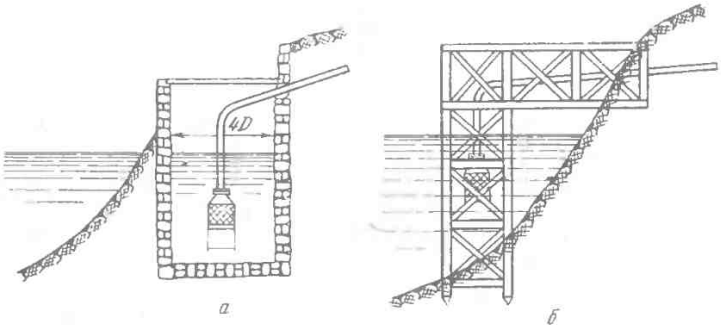


Рис. 36. Стационарный водозабор:
а — колодец, *б* — эстакада.

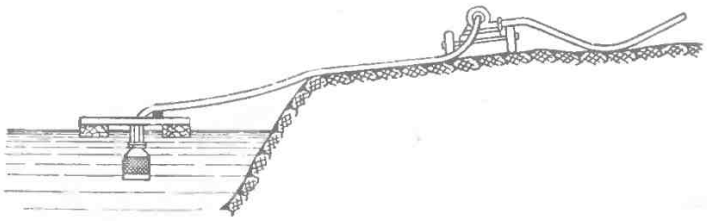


Рис. 37. Подвижной водозабор.

Присутствие обратного клапана в нагнетательном трубопроводе обязательно во избежание опорожнения трубопровода во время остановки (рис. 34).

Демонтаж всасывающего трубопровода. На выходе из колодца необходимо предусмотреть фланцевое соединение для легкого демонтажа всасывающего трубопровода, погруженного в колодец, с целью осмотра и очистки приемного клапана с сеткой (рис. 35).

Погруженная часть всасывающего трубопровода поддерживается с помощью хомута, опирающегося на консоль.

Всасывание из реки или из водоема. 1. Стационарный водозабор: вблизи от берега вырыть колодец (рис. 36) или же построить эстакаду.

2. Подвижной водозабор: прикрепить сетку-фильтр с нижней стороны деревянного плота или жестяного поплавка (рис. 37).

ВЫБОР ДИАМЕТРА ВСАСЫВАЮЩЕГО ТРУБОПРОВОДА

Выбор диаметра всасывающего трубопровода — очень важный момент.

Было бы ошибкой выбирать трубопровод диаметром, равным диаметру всасывающего отверстия насоса.

Диаметр нужно выбирать сначала по табл. 99, в которой указана максимально допустимая производительность при всасывании трубопровода заданного диаметра.

Таблица 99

Диаметр трубопровода и производительность насоса

Внутренний диаметр трубопровода, *мм*	Максимально допустимая производительность, *м³/ч*	
	насосы	
	кроме поршневых тихоходных	поршневые тихоходные
21 ($^3/_4$ дюйма), т. е. 21/27	0,7	0,7
27 (1 дюйм), т. е. 26/34	1,4	1,4
35 ($1^1/_4$ дюйма), т. е. 33/42	2,7	2,7
41 ($1^1/_2$ дюйма), т. е. 40/49	4,2	4,2
52 (2 дюйма), т. е. 50/60	7,3	7
60	10	10
70	14,5	14,5
80	21	20
100	36	30
125	60	47
150	91	67
175	140	92
200	185	120

ПРАКТИЧЕСКАЯ ВЫСОТА ВСАСЫВАНИЯ

После примерного выбора диаметра всасывающего трубопровода согласно табл. 99 определяется соответствующая практическая высота всасывания, представляющая собой сумму четырех слагаемых:

а) Геометрическая высота всасывания (h_a), т. е. расстояние по вертикали, отделяющее уровень воды в резервуаре от оси насоса.

При этом берется самый низкий уровень воды в колодце во время перекачки. Во избежание осложнений рекомендуется определить этот уровень предварительным испытанием: с помощью вспомогательного насоса при самом низком уровне воды пробуют в течение 1 или 2 *ч* достигнуть расхода воды, равного тому, на который рассчитана установка, и отмечают достигаемый уровень. Непроведение такого испытания связано с риском обнаружения уже после установки насоса, что водоем не в состоянии обеспечить то количество воды, на подачу которого рассчитан насос.

б) Потери напора в приемном клапане с сеткой.

в) Потери напора во всасывающем трубопроводе.

г) Потери напора в коленах труб.

После выбора насоса проверяют величину практической способности всасывания, которая должна быть ниже гарантируемой изготовителем для выбранного насоса и предусмотренной производительности.

В обратном случае необходимо уменьшить практическую высоту всасывания следующими способами:

а) опусканием насоса, однако без погружения его в колодец (это может быть сделано только при согласовании с изготовителем, так как электродвигатели не рассчитаны на работу в условиях влажного воздуха);

б) увеличением диаметра всасывающего трубопровода. Для этого берется диаметр такой величины, которая непосредственно следует за величиной, выбранной по таблице, и вычисления проводятся снова

Если, несмотря на увеличение диаметра трубопровода, практическая высота всасывания остается слишком большой, значит, перед нами случай «глубокого колодца». Тогда необходимо специально проконсультироваться с изготовителем.

Из этих соображений вытекает, что для уменьшения потерь напора при всасывании рекомендуется, чтобы длина всасывающего трубопровода была как можно меньше.

При применении центробежных насосов это соображение имеет весьма важное значение, так как на их работу неблагоприятно влияет присутствие воздуха, выделяющегося из воды, когда она находится под разрежением. На практике рекомендуется, чтобы горизонтальная длина трубопровода между насосом и колодцем не превышала 10 *м*.

Объемные насосы могут работать нормально при гораздо большей длине трубопровода и более высоких вакуумах.

1. Практическая способность всасывания, установленная изготовителем, существенно изменяется в зависимости от производительности для одного и того же насоса. Насос, способный при малой производительности всасывать жидкость на высоту 7 *м*, при более высокой поднимает ее на высоту до 2 *м*.

2. Практическая способность всасывания рассматривается:

а) для воды, 1 *л* которой весит 1 *кг*, при температуре 20° С;

б) для установки, расположенной на уровне моря.

Если температура воды, подлежащей перекачиванию, превышает 20° С или насос используется для подачи жидкости, более тяжелой или более легкой, чем вода, то практическая способность всасывания будет соответственно меняться.

Если установка расположена выше уровня моря, практическая способность всасывания, установленная изготовителем, должна быть уменьшена на 0,12 *м* на каждые 100 *м* высоты выше уровня моря.

ТРЕБОВАНИЯ К РАСПОЛОЖЕНИЮ НАГНЕТАТЕЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Уклон. Рекомендуется, чтобы нагнетательный трубопровод имел непрерывный уклон, восходящий от насоса к наполняемому резервуару. Это требование, однако, не так обязательно, как для всасывающего трубопровода.

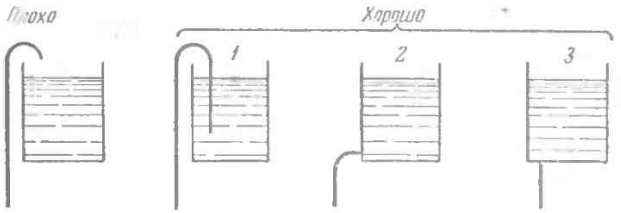


Рис. 38. Способ присоединения нагнетательного трубопровода к наполняемому резервуару.

В тех случаях, когда невозможно избежать воздушных карманов на верхних точках изгибов, на них следует предусмотреть продувочные воздушные краны.

Вход трубопровода в резервуар. Нагнетательный трубопровод должен входить в резервуар снизу или в крайнем случае через сифон, причем конец сифона должен быть всегда затоплен *1* (рис. 38); для установок с автоматическим управлением предпочтительно пользоваться расположением *2* и *3*.

Вспомогательное оборудование. На нагнетательном отверстии насоса или в непосредственной близости от него рекомендуется установить для **центробежных насосов:**

1) обратный клапан с байпасом для пуска всегда, когда статическое давление при остановке на приемном клапане с сеткой выше давления, которое может выдержать этот клапан или всасывающий трубопровод. В этом случае на всасывающем трубопроводе необходимо установить предохранительный клапан;

2) запорный вентиль, позволяющий производить непосредственную регулировку расхода и изолировать насос от нагнетательного трубопровода при его осмотре и ремонте деталей уплотнения.

Установка этого вентиля обязательна для расходов свыше 10 $м^3/ч$.

Для **поршневых насосов объемного типа** установка на нагнетательном отверстии насоса обратного клапана и запорного вентиля не обязательна, так как поршневые насосы начинают работать при полном открытии вентиля. Единственным назначением указанных вентилей является изоляция трубопровода во время осмотра корпуса

насоса. В этом случае гораздо проще установить на нагнетательном трубопроводе близко от насоса спускной кран и выпускать воду из трубопровода.

Если вентиль установлен на нагнетательном трубопроводе, его необходимо открыть полностью и снять с него маховичок во избежание неприятных последствий от несвоевременных перекрытий этого вентиля.

В некоторых случаях во избежание опасных избыточных давлений, которые может создать поршневой или объемный насос во время пуска, рекомендуется в начале нагнетательного трубопровода установить разгрузочный клапан, если у насоса нет своего байпаса.

Если на нагнетательном трубопроводе имеется вентиль, применение байпаса или разгрузочного клапана обязательно.

ВЫБОР ДИАМЕТРА НАГНЕТАТЕЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА

На выбор диаметра нагнетательного трубопровода влияют два противоречивых условия:

а) стремление к уменьшению потерь напора и, следовательно, мощности, потребляемой насосом, что заставляет выбирать трубопровод по возможности максимального диаметра;

б) стремление уменьшить затраты на установку, что заставляет выбирать трубопровод по возможности минимального диаметра в ущерб снижению потерь напора.

Поэтому выбор диаметра нагнетательного трубопровода должен быть целесообразным и учитывать эти соображения.

Таблица 100

Диаметр трубопровода и производительность насоса

Внутренний диаметр трубопровода, *мм*	Максимально допустимая производительность, $м^3/ч$	
	насосы	
	кроме поршневых тихоходных	поршневые тихоходные
15 (1/2 дюйма), т. е. 15/21	0,35	0,35
21 (3/4 дюйма), т. е. 21/27	0,8	0,8
27 (1 дюйм), т. е. 26/34	1,4	1,4
35 ($1^1/_4$ дюйма), т. е. 33/42	3	3
41 ($1^1/_2$ дюйма), т. е. 40/49	4,5	4,5
52 (2 дюйма), т. е. 50/60	8	7
60	12	10
70	18	14,5
80	25	20
100	46	30
125	80	47
150	130	67
175	200	92
200	275	120

На практике диаметры, приведенные в табл. 100, увеличивают либо уменьшают сообразно с тем, предпочтительнее ли после вычисления потерь напора и установления покупной цены трубопровода уменьшить мощность, потребляемую насосом, в ущерб производительности, или наоборот.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ВЫСОТА НАГНЕТАНИЯ

Выбранный диаметр трубопровода должен в любом случае обеспечивать условия, при которых потери напора не превышали бы геометрическую высоту более чем на 10%.

После предварительного выбора диаметра нагнетательного трубопровода по табл. 100 определяется соответствующая практическая высота нагнетания, представляющая собой сумму следующих слагаемых:

а) геометрической высоты нагнетания, т. е. расстояния по вертикали, отделяющего ось насоса от уровня воды в наполняемом резервуаре или от выпускного отверстия;

б) потерь напора в нагнетательном трубопроводе;

в) потерь напора в коленах;

г) потерь напора в обратном клапане;

д) потерь напора в вентиле;

е) давления в резервуаре, когда насос накачивает жидкость в закрытый резервуар;

ж) либо напора $\frac{v_t^2}{2g}$, обусловленного скоростью на выходе из трубопровода в наполняемый резервуар (обычно эта величина не превышает нескольких сантиметров и при нормальных условиях ею можно пренебречь);

з) либо давления в насадке, если это противопожарный или поливочный насос.

Итак, практическая высота нагнетания

$$H = а + б + в + г + д + е + \begin{cases} ж \text{ (резервуар под давлением);} \\ з \text{ (насадка).} \end{cases}$$

ПОЛНЫЙ НАПОР

Полный напор достигается при сложении **практической высоты всасывания и практической высоты нагнетания.**

Все расчеты, приводившиеся выше и относящиеся к определению полного напора, должны быть выполнены с максимальной тщательностью.

При использовании центробежного насоса занижение величины полного напора связано с риском выбора установки без должного запаса. Завышение этой величины может повлечь за собой установку насоса чрезмерной производительности, который, работая с полным напором меньше номинального, будет иметь тенденцию к подаче слишком большого количества жидкости в единицу времени и к быстрому износу; кроме того, такая работа насоса повлечет за собой перегрузку электродвигателя.

При использовании объемных насосов занижение результата связано с риском перегрузки двигателя и насоса, а завышение — с выбором насоса чрезмерной производительности и в особенности — двигателя завышенной мощности. Двигатель будет потреблять больше электроэнергии, чем это необходимо.

ДАННЫЕ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ВЫБОРА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

При выборе электродвигателя для насоса необходимо иметь следующие данные:

во-первых, о характере тока:

ток постоянный — напряжение в вольтах;

ток однофазный — напряжение в вольтах и частота в периодах в секунду;

ток двухфазный — рабочее напряжение в вольтах и частота в периодах в секунду;

ток трехфазный — напряжение между фазами в вольтах и частота в периодах в секунду.

В случае применения трехфазного тока следует знать, что требуемое напряжение является напряжением между фазами, а не между нулем и фазой.

Если (как это выполняется во многих сетях) осветительная нагрузка подключается между нулем и фазой, величина напряжения между фазами получается при умножении величины напряжения между нулем и фазой на 1,73;

во-вторых, особых указаний относительно максимально допустимой величины мощности для электродвигателей с короткозамкнутым ротором или с так называемой двойной беличьей клеткой, включающихся напрямую или через соединения звезда — треугольник.

ВЫБОР НАСОСА

Имея на руках все данные, о которых говорилось выше: производительность, практическую высоту всасывания, практическую высоту нагнетания, полный напор и данные электрического отдела, можно заказать соответствующий насос или выбрать его по каталогу.

При выборе насоса необходимо обратить внимание:

1. На скорость вращения:

Если применяется электродвигатель однофазного тока (без коллектора), двухфазного тока, трехфазного тока, скорость может быть примерно равна

2900, 1450, 960, 720 *об/мин* при частоте 50 *пер/сек*

1450, 720 *об/мин* при частоте 25 *пер/сек*,

исключая всякую другую промежуточную скорость.

Если применяется двигатель:

электрический:

однофазного тока (с коллектором);

постоянного тока;

бензиновый или на тяжелом топливе,

скорости не определяются.

Выбор насоса и выбор двигателя связаны между собой.

2. На производительность и на полный напор.

3. На практическую высоту всасывания, которая позволит проверить соответствие выбранного насоса, т. е. удостовериться в том, что его практическая способность всасывания выше расчетной практической высоты всасывания.

В случае установки поршневого насоса рекомендуется использование воздушных колпаков для предотвращения пульсаций при всасывании и нагнетании.

При выборе электродвигателя мощность его несколько завышается с учетом возможного увеличения мощности, потребляемой насосом, вследствие ненормальной затяжки сальника, или ошибки в определении потерь напора, или уменьшения полезной мощности двигателя вследствие снижения напряжения.

Потребляемая мощность насоса должна быть увеличена не менее чем на 30%, если она меньше 3,7 *квт*, на 20%, если она равна 3,7—18 *квт*, на 10%, если она выше 18 *квт*.

Если насос предназначен только для периодического использования, причем интервалы его включения длятся менее часа, а интервалы выключения более часа, можно выбирать электродвигатель меньших габаритов и, следовательно, получить экономию на этой статье расходов.

Пусковой момент. Электродвигатель должен иметь пусковой момент выше момента сопротивления насоса при номинальной нагрузке.

При использовании центробежных насосов это условие всегда удовлетворяется с помощью обычных серийных электродвигателей.

Следует учесть, что при использовании ротационных объемных насосов момент сопротивления при пуске обычно выше момента при номинальной нагрузке, а в некоторых моделях даже вдвое.

Совершенно необходимо обеспечить защиту электродвигателя установкой выключателя с термомагнитными реле. Эти реле гораздо более чувствительны и практичны, чем плавкие предохранители.

При использовании электродвигателя трехфазного тока в случае возможной работы на двух фазах такой выключатель позволит предотвратить повреждение двигателя. В подобном случае защита, обеспечиваемая плавкими предохранителями, была бы совершенно недостаточной.

Применение неэлектрических двигателей. Помимо электродвигателей, с насосами применяются только бензиновые двигатели и двигатели, работающие на тяжелом топливе.

Главные особенности, связанные с применением таких насосных агрегатов, относятся к способу их пуска и охлаждения.

4. МОНТАЖ УСТАНОВОК

НАСОСНОЕ ПОМЕЩЕНИЕ

Желательно, чтобы насосное помещение было расположено вблизи от заборного колодца и на возможно более низком уровне.

Пол помещения, предназначенного для установки насоса или насосного агрегата, должен быть зацементирован (или выложен плиткой) с равномерным уклоном 1 *см* на 1 *м* в направлении к водосточному желобу или к канализационному трапу, если речь идет о подземной установке.

Кроме того, необходимо предусмотреть небольшой желобок (или лоток) для стока капель, обычно собирающихся на сальнике центробежного насоса.

Следует избегать влажных и пыльных помещений, а также таких, в которые проникают пары кислот или воспламеняемые пары.

ФУНДАМЕНТ НАСОСНОГО АГРЕГАТА

Вообще рекомендуется применять кирпичную кладку, уровень которой должен быть выше уровня грунта не менее чем на 10 *см*, однако фундамент не должен быть слишком высоким, чтобы не увеличивать высоту всасывания. В кладке следует предусмотреть отверстия для фундаментных болтов насосного агрегата.

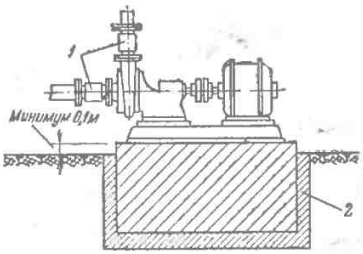


Рис. 39. Фундамент насосного агрегата:
1 — резиновые фитинги, *2* — изоляция.

Фундамент должен соответствовать общему весу установки: для небольших бытовых агрегатов можно ограничиться одним слоем цемента, но для мощных необходим фундамент, достаточно глубоко уходящий в грунт.

Там, где требуется бесшумная работа агрегата, фундамент следует строить в котловане с изоляцией из соответствующего изолирующего материала, предотвращая распространение вибраций через грунт (рис. 39).

При подземной установке агрегата его необходимо располагать выше уровня возможного затопления.

Общая схема установки центробежных насосов представлена на рис. 40.

КРЕПЛЕНИЕ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ

Агрегаты, смонтированные на станине или плите. Если насос и двигатель поставляются уже смонтированными на станине (установки малой и средней производительности), их не следует демонтировать. Такой агрегат устанавливают на фундамент и приступают к его закреплению, обращая внимание на то, чтобы не деформировать станину чрезмерной затяжкой гаек на установочных болтах. Плита, на которой установлены двигатель и насос, не рассчитана на сопротивление повышенным нагрузкам.

Крепление агрегата надо производить следующим образом:

прежде всего удостовериться в том, что валы и муфты не получили искривления во время транспортировки;

после ввода фундаментных болтов в отверстия фундамента и плиты выравнять положение плиты таким образом, чтобы она была совершенно горизонтальной (применение уровня обязательно);

залить цемент в отверстия фундамента и промежуток между станиной и фундаментом (рис. 41);

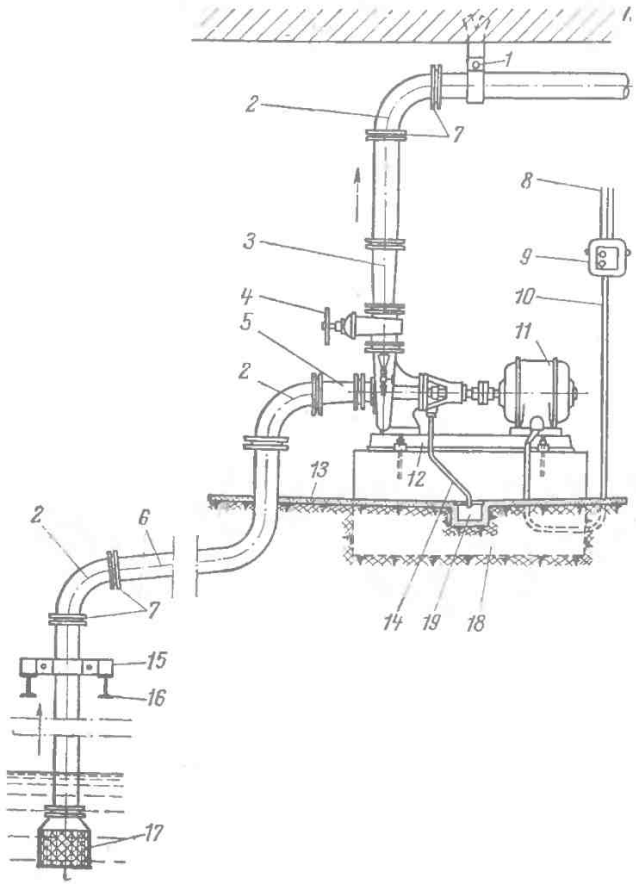


Рис. 40. Общая схема установки центробежного насоса:

1 — хомут для крепления нагнетательного трубопровода, *2* — колено большого радиуса, *3* — расширяющаяся часть нагнетательного трубопровода, *4* — запорный вентиль, *5* — сужающаяся часть всасывающего трубопровода со смещенным центром, *6* — всасывающий трубопровод с равномерным уклоном (2 *см* на 1 *м*) вверх в направлении насоса, *7* — разборные соединения, *8* — провода электропитания, *9* — магнитный пускатель с кнопками «Пуск» и «Стоп», *10* — бронированный герметизированный кабель в трубе, *11* — электродвигатель, *12* — чугунная станина, *13* — уклон пола 1 *см* на 1 *м*, *14* — труба для отвода стока от сальника, *15* — хомут для крепления всасывающего трубопровода, *16* — опоры из профилированного железа, находящиеся на достаточном расстоянии одна от другой, чтобы могла пройти сетка-фильтр, *17* — сетка-фильтр, *18* — бетонный фундамент, *19* — канава для отвода вод, собирающихся на желобе.

после схватывания цемента удалить установочные клинья, заделать зазоры и умеренно затянуть фундаментные гайки (рис. 42);

удостовериться в том, что станина не деформировалась, проверив с помощью линейки совпадение осей соединительных муфт, которое должно быть безупречным (см. рис. 42);

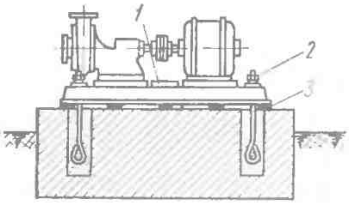


Рис. 41. Крепление насосных агрегатов:
1 — нивелир, *2* — незатянутые гайки, *3* — установочные клинья

закончить отделку фундамента.

Насосный агрегат с плитой или станиной, поставляемый отдельно. Крупные установки поставляются в нескольких ящиках, и их монтаж и крепление необходимо производить весьма тщательно. Чем больше размер плиты, тем меньше ее жесткость, поэтому следует избегать всякой деформации, обусловленной неправильной затяжкой гаек на фундаментных болтах.

При установке крупных насосных агрегатов надо производить крепление следующим путем:

прежде всего удостовериться в том, что валы и муфты не погнулись во время транспортировки;

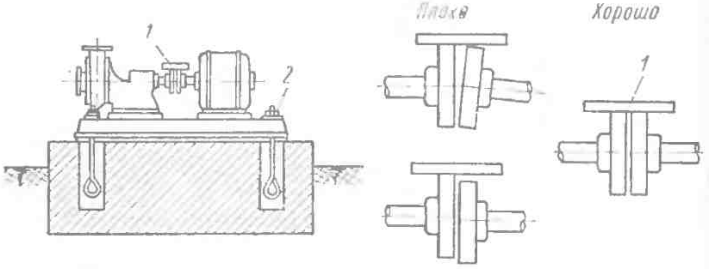


Рис. 42. Крепление насосных агрегатов и выверка осей:
1 — линейка, *2* — затянутые гайки.

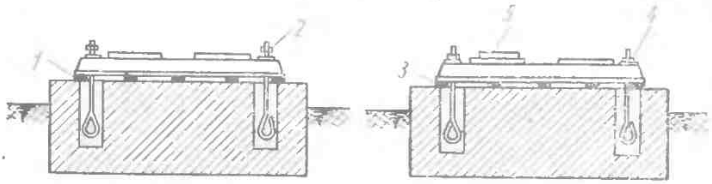


Рис. 43. Крепление и выверка плиты:
1 — временные клинья, *2* — незатянутые гайки, *3* — установочные клинья, *4* — затянутые гайки, *5* — нивелир.

ориентировочно выверить плиту при помощи клиньев и залить цемент только в отверстия под анкерные болты (рис. 43);

после схватывания цемента тщательно выверить с помощью уровня или нивелира плиту, расположив ее абсолютно горизонтально и слегка затянуть гайки анкерных болтов (см. рис. 43);

установить на плиту насос и двигатель, точно определяя их местонахождение на плите с помощью ориентировочных штырей, обычно предусматриваемых в подобных случаях (рис. 44);

при помощи линейки, установленной параллельно валу, проверить соединительную муфту сверху, снизу и с обеих сторон с целью удостовериться, что обе полумуфты центрированы правильно;

после окончания выверки всех частей установки залить цемент под плиту через отверстия в ней, если таковые имеются, при этом по возможности заполнить все зазоры между плитой и станиной;

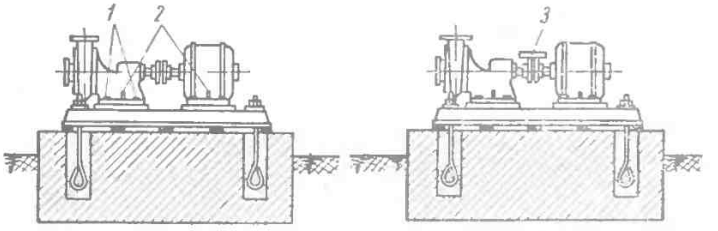


Рис. 44. Установка насосных агрегатов на плите:
1 — установочный винт, *2* — ориентировочные штыри, *3* — линейка.

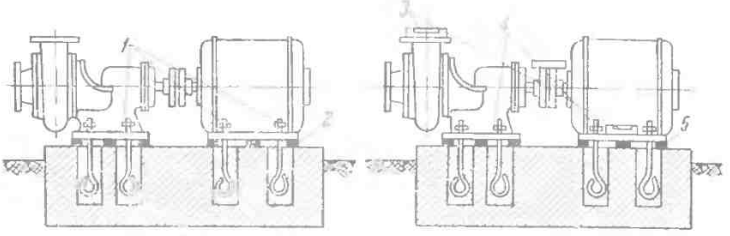


Рис. 45. Крепление насосных агрегатов, не имеющих станин:
1 — незатянутые гайки, *2* — временные клинья, *3* — нивелиры, *4* — слегка затянутые гайки, *5* — подогнанные клинья.

затем заново проверить центровку соединительной муфты, как было сказано выше;

после этого закончить отделку фундамента.

Насосный агрегат поставляемый без плиты и без чугунной станины. Такая установка рекомендуется только для малых агрегатов. Тем не менее в случае вынужденного крепления без станины или плиты необходимо принять следующие меры предосторожности для достижения точной центровки обеих полумуфт при сохранении между ними небольшого зазора:

прежде всего нужно удостовериться в том, что валы и муфты не погнулись во время транспортировки. Приступить к предварительной выверке насоса и двигателя и залить цемент только в отверстия под анкерные болты (рис. 45);

после схватывания цемента окончательно выверить положение насоса и двигателя и слегка затянуть гайки болтов (см. рис. 50);

при помощи линейки, установленной параллельно валу, проверить соединение сверху, снизу и с обеих сторон с тем, чтобы удостовериться, что обе соединительные полумуфты правильно сцентрированы одна относительно другой;

окончательно выверив положение всех частей установки, залить цемент под основание насоса и двигателя. После схватывания цемента равномерно и до конца затянуть гайки на анкерных болтах;

затем заново проверить центровку соединения, как было сказано выше, и закончить отделку фундамента.

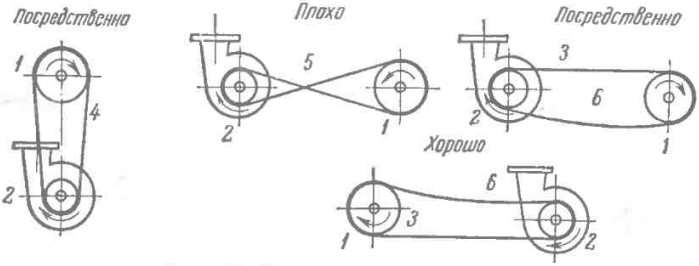


Рис. 46. Виды ременных передач:

1 — двигатель, *2* — насос, *3* — натянутая ветвь ремня, *4* — вертикальные ремни, *5* — перекрестные ремни, *6* — горизонтальные ремни.

Насосы с ременным приводом. Вычисляют следующим образом диаметр ведущего шкива:

$$\text{диаметр шкива двигателя} = \frac{\text{скорость вращения насоса (в об/мин)} \times \text{диаметр шкива} \times 1{,}03}{\text{скорость вращения двигателя (в об/мин)}}.$$

Во всех случаях ремень должен быть не менее чем на 10 *мм* уже шкива и изготовлен из мягкой кожи хорошего качества толщиной 3—4 *мм* со скошенными кромками и склеенными концами. При использовании во влажных условиях ремень следует сшивать тонкими ремешками. Не натягивать ремень чрезмерно и периодически покрывать специальной смазкой. Избегать применения металлических сцепок из-за шума и ударов, которые они производят.

После монтажа надо провернуть шкив вручную в прямом направлении, чтобы удостовериться, что ремень натянут правильно по центру обода шкива.

а) Горизонтальные насосы. Необходимо установить вал двигателя (или трансмиссии) строго параллельно валу насоса, чтобы ремень не соскакивал или не оказывал на вал чрезмерных нагрузок.

Рекомендуется полностью отказаться от применения перекрестных ремней, избегать вертикальных ремней и устанавливать двигатель на направляющих, обеспечивающих возможность натяжения ремня.

Желательно, чтобы натянутая ветвь ремня находилась снизу.

Не превышать передаточного отношения более 6—7; расстояние между осями шкивов должно быть не меньше трехкратного диаметра наибольшего шкива и не меньше 1,5 *м* (рис. 46).

Центровка борта обода шкивов производится с помощью шнура; крепление осуществляется так же, как описано в предыдущем примере.

б) Вертикальные насосы. Вертикальный насос, приводящийся в движение двигателем с горизонтальной осью, требует применения «полускрещенного» ремня, исключающего использование холостого шкива.

Приступить к подгонке, согласно рис. 47, т. е. установить шкивы таким образом, чтобы ремень подходил к ним перпендикулярно оси. Соответственно ремень будет сходить со шкивов под косым углом.

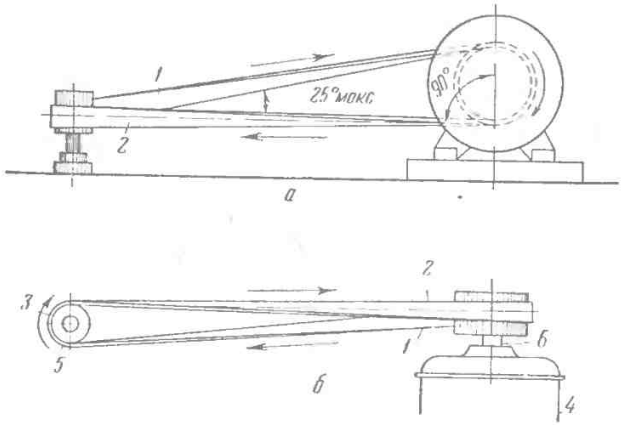


Рис. 47. Передача с полускрещенными ремнями:
а — вид спереди, *б* — вид в плане, *1* — сход ремня, *2* — вход ремня, *3* — насос, *4* — двигатель, *5* — вертикальная ось, *6* — горизонтальная ось.

МОНТАЖ ТРУБОПРОВОДОВ

Диаметры трубопроводов определяются расчетным путем.

Необходимо обратить внимание на то, чтобы во время монтажа трубопровода в трубы не попали никакие инородные тела — гравий, земля, волокна или тряпки, которые могут вызвать аварию при включении насоса.

Трубы могут соединяться между собой посредством:

фланцевых соединений;

муфт на резьбе и соединений «Юнион»;

раструбных соединений;

сварки (для свинцовых и стальных труб).

а) Фланцевые соединения (рис. 48). Фланцы могут быть:

приваренными или привинченными к трубе, для железных или стальных труб;

отлитыми заодно с чугунными или стальными трубами;

свободно сидящими на трубах и закрепляемыми на них при развальцовке краев свинцовых, медных или оцинкованных труб.

Во всех случаях поверхность фланца должна быть совершенно плоской и по возможности точно перпендикулярной оси.

В поверхности фланца могут быть предусмотрены круговые канавки, улучшающие плотность соединения.

Для герметичности в стыках соединений устанавливают прокладку из кожи, резины или из специального листового материала (клингериты, фибры).

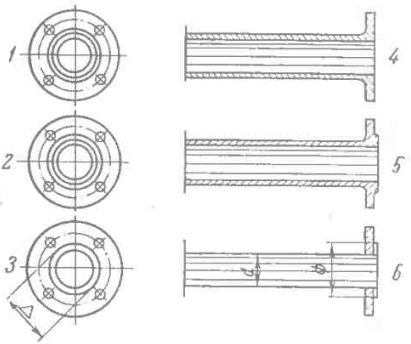


Рис. 48. Трубы и соединения:

1 — трубы железные и стальные, *2* — трубы чугунные, *3* — трубы свинцовые или из оцинкованного листового металла, *4* — торец, перпендикулярный оси, с вытачками для уплотнения, *5* — фасонный торец с вытачками для уплотнения, *6* — край, развальцованный перпендикулярно оси.

Необходимо, чтобы прокладки были правильно установлены, т. е. чтобы они частично не закрывали проходной канал. Для этого, если фланец круглый (рис. 49), надо вырубить прокладку так, чтобы она наружным диаметром касалась болтов (для обеспечения центровки) и чтобы ее внутренний диаметр был на 3—4 *мм* больше диаметра трубы (зазор делается на случай некоторого расплющивания прокладки без уменьшения проходного сечения трубопровода).

Если фланец имеет овальную форму (рис. 50), необходимо придать прокладке форму фланца, предусмотрев выемки для болтов (для обеспечения центровки); вырубить внутреннее отверстие диаметром, превышающим диаметр трубы на 3—4 *мм*.

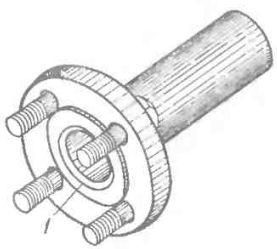


Рис. 49. Круглый фланец:

1 — круглая прокладка, касающаяся стяжных болтов.

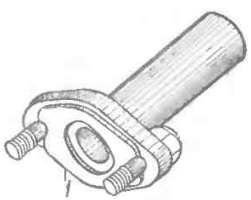


Рис. 50. Овальный фланец:

1 — прокладка с выемками для прохода стяжных болтов.

При сборке установить прокладку, завинтить все болты вручную и продолжать их равномерную затяжку ключом в несколько приемов сначала слегка, а затем все сильнее с тем, чтобы ко всем болтам было приложено одинаковое усилие.

Фланцевые соединения хорошо выдерживают гидравлические давления, герметичны и могут использоваться как для соединения всасывающих, так и нагнетательных трубопроводов.

б) Муфтовые соединения на резьбе и соединения «Юнион». При соединении трубопроводов муфтами на резьбе герметичность обеспечивается с помощью пакли и цинковых белил.

Муфтовые соединения на резьбе сами по себе выдерживают гидравлическое давление, но их труднее герметизировать, чем фланцевые соединения (рис. 51).

Обычно они применяются только для труб малого размера.

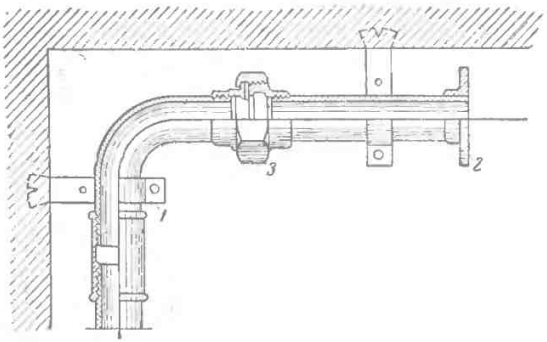


Рис. 51. Муфтовое соединение:
1 — один хомут через каждые 2,5 *м* и на изгибах, *2* — фланец для возможности последующего соединения, *3* — соединение «Юнион».

Не рекомендуется применять муфтовые соединения на всасывающих трубопроводах, но они вполне пригодны для использования на нагнетательных трубопроводах.

в) Скользящие соединения в раструб. Соединения в раструб, «точные» соединения, соединения «Жибо» и т. п. часто очень удобны для использования, так как не требуют строгой центровки, исключают необходимость очень точной пригонки и облегчают монтаж и демонтаж. Они применяются для соединения стандартных чугунных труб (рис. 52).

При использовании соединений в раструб следует соблюдать меры предосторожности. На всасывающем трубопроводе ни в коем случае не должно быть скользящих соединений в раструб с заливкой свинцом и уплотнений на пакле. Скользящие соединения на резиновых прокладках допустимы.

На нагнетательных трубопроводах раструбные соединения можно использовать с учетом того, что под действием давления они могут расходиться. Поэтому на всех изгибах и на всех отводах необходимо предусмотреть опоры (рис. 53).

Трубопроводы с фланцевыми или муфтовыми соединениями не нуждаются в опорах.

г) Сварные соединения. Соединение посредством сварки применяется для свинцовых трубопроводов, медных (пайка) и стальных (автогенная сварка) (рис. 54). Эти способы соединений доста-

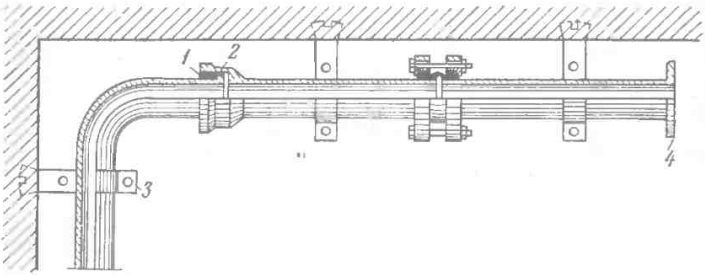


Рис. 52. Чугунный трубопровод с раструбом (избегать на всасывании):

1 — свинец, *2* — просмоленная пакля, *3* — хомуты, *4* — фланец для последующего монтажа.

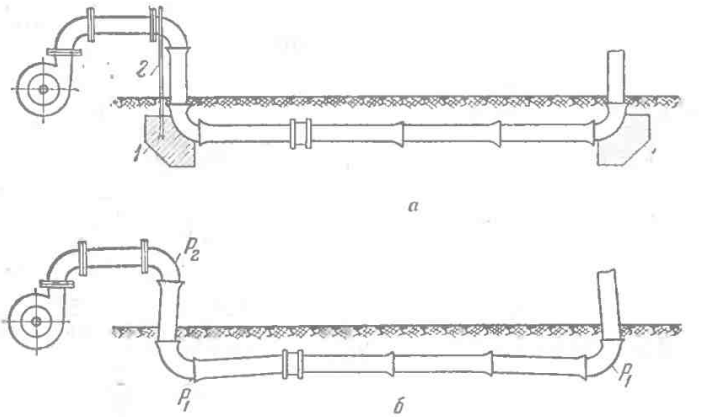


Рис. 53. Трубопроводы с опорами на изгибах и отводах:

а — правильно смонтированный трубопровод:

1 — опоры, *2* — тяж для крепления изогнутого колена;

б — неправильно смонтированный трубопровод:

P_1 — усилие, действующее под углом (определяется по формуле $\frac{D^2H}{9}$ *кг*, где D — внутренний диаметр трубопровода, *см*; H — давление, *м вод. ст.*);

P_2 — усилие в месте изгиба трубопровода над поверхностью почвы (определяется по формуле $\frac{D^2H}{12,7}$ *кг*).

точно хорошо известны, в связи с этим на них не следует останавливаться.

д) Хомуты. Для подвесных трубопроводов необходимо предусмотреть хомуты через каждые 2,5 *м* трубы и на каждом колене, для свинцовых — через каждые 1,5 *м*.

Замечания относительно прокладки свинцовых трубопроводов. Ни в коем случае нельзя крепить свинцовый трубопровод с помощью цемента.

Не следует крепить трубопровод к штукатурке.

Обращать внимание на то, чтобы во время гнутья не расплющить трубопровод.

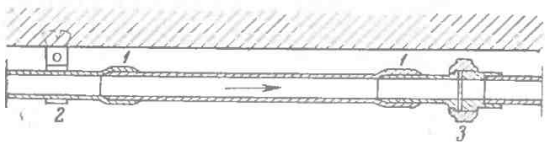


Рис. 54. Сварные соединения:
1 — сварные швы, *2* — хомуты, *3* — соединение «Юнион».

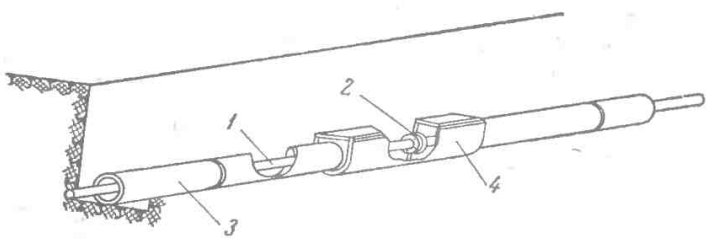


Рис. 55. Монтаж свинцовых трубопроводов:
1 — свинцовый трубопровод, *2* — соединение, *3* — керамическая труба, *4* — закрытый желоб.

Если свинцовые трубы предназначены для прокладки в земле, для них следует предусмотреть защитные закрытые желоба или керамические трубы. Закрытые желоба позволяют предотвратить утечку жидкости и должны применяться в обязательном порядке по крайней мере в местах соединений (рис. 55).

Меры предосторожности против замерзания. Во избежание замерзания рекомендуется:

а) прокладывать трубопровод в земле на глубине от 0,5 до 1 *м* в зависимости от климатических условий района Франции;

б) устанавливать на всех нижних точках трубопроводов (как и на всасывающем трубопроводе, так и на части трубопровода, погруженной в колодец) сливной кран или пробку на высоте не менее чем на 1 *м* ниже уровня грунта (рис. 56).

Присоединение к насосу. Подогнать трубы к всасывающему и нагнетательному отверстиям насоса таким образом, чтобы к насосу не прикладывалось никакого чрезмерного усилия как с точки зрения веса труб, так и напряжений, появляющихся из-за возможного рас-

ширения. Кроме того, насос должен быть легкодоступный при обслуживании.

С этой целью следует сначала собрать всасывающий и нагнетательный трубопроводы, укрепить их в земле или на стенах; **соединительные элементы на патрубках насоса установить в последнюю очередь**. Эти элементы должны точно совпадать с соответствующими патрубками насоса.

Во избежание напряжений, возникающих от тепловых расширений, необходимо установить на трубопроводе одно жесткое крепление вблизи от насоса в сочетании с коленом большого радиуса.

Там, где требуется бесшумная работа установки, необходимо предусмотреть на патрубках насоса антивибрационное подсоедине-

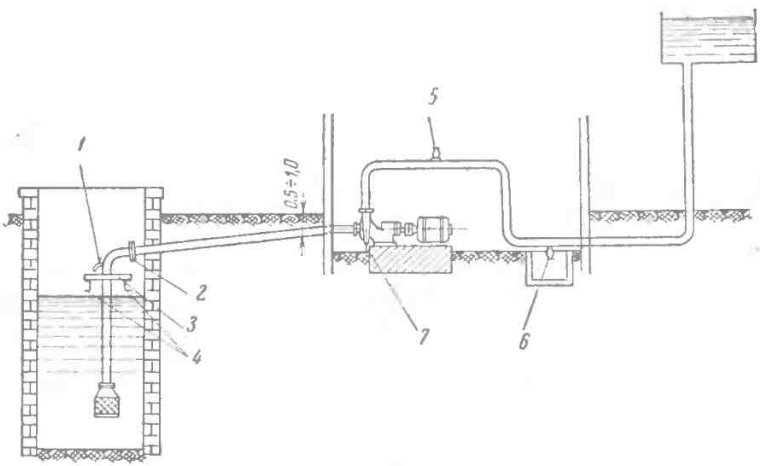


Рис. 56. Схема монтажа трубопроводов с установкой спускных кранов:

1 — спускной кран, *2* — разборное соединение, *3* — зажимный хомут, *4* — опорные балки, *5* — вентиль удаления воздушных пробок в верхней точке изгиба, *6* — спускной кран в нижней точке изгиба, *7* — сливная пробка в нижней точке корпуса насоса.

ние, например, с помощью резиновых манжет, обладающих достаточной прочностью, чтобы одновременно выдерживать разрежение всасывания и давление нагнетания.

По окончании монтажа трубопроводов к патрубкам насоса необходимо убедиться с помощью линейки, что полумуфты находятся точно одна против другой и что ротор насоса свободно вращается от руки

Для нормальной работы **приемного клапана** необходимо проверить его исправность. Для этого наполняют его водой и удостоверяются, что он не дает течи. Если клапан имеет кожаные прокладки, не следует смягчать их твердой жировой смесью, так как тогда тарелка клапана может приклеиться; желательно для этой цели пользоваться смазкой на основе говяжьего жира.

Обеспечить возможность легкодоступного демонтажа той части трубопровода, которая спускается в колодец. Для этого в верхней

части следует поставить разборное соединение. Закрепить висящую часть трубопровода с помощью зажимного хомута, опирающегося на балки. Предусмотреть для всего всасывающего трубопровода минимальный уклон 2%. При монтаже не допускать образования воздушных мешков, в связи с чем чрезвычайно важно тщательно выверить уклон по уровню (рис. 57).

Закрыть траншею, в которую укладывается всасывающий трубопровод лишь после пробного пуска насоса, так как только при пуске насоса можно убедиться, что включение установки производится легко и что под вакуумом обеспечивается полная герметичность.

Если при включении насоса испытываются затруднения, необходимо сейчас же устранить дефекты, которые чаще всего обусловливаются утечкой в местах соединений, применением трубопроводов несоответствующих сечений или другими причинами.

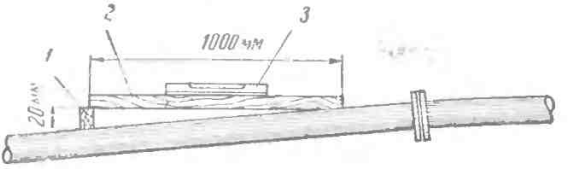


Рис. 57. Выверка уклона трубопровода:
1 — регулировочная прокладка толщиной не менее 2 *см*, *2* — линейка, *3* — уровень.

При монтаже **нагнетательных трубопроводов** следует:

установить воздушные продувочные краны в верхних точках трубопровода и сливные краны на всех нижних точках;

если на нагнетательной стороне насоса имеется клапан, его надо поставить перед вентилем с тем, чтобы иметь возможность проверить его, не спуская воду из трубопровода. Следует обратить внимание на правильную установку клапана; проверить действие тарелки клапана;

проверить герметичность соединения до закрытия траншеи, в которую укладывается нагнетательный трубопровод, путем наполнения всего трубопровода жидкостью, а лучше — опрессовав его на давление, превышающее нормальное на 50%.

После этого испытания можно закрыть траншею, даже не прибегая к пуску насоса.

САЛЬНИК

Так как бóльшая часть насосов, изготовляемых в настоящее время, поставляется с сальниками с набивкой, то при пуске установки достаточно проверить их, как будет указано ниже.

Для некоторых насосов набивка сальников поставляется отдельно, тогда ее устанавливают на место.

В подобном случае, когда изготовитель рекомендует воспользоваться упругой набивкой, эта набивка вводится в сальниковую коробку в необходимом количестве с таким расчетом, чтобы крышка сальника вошла в коробку только на несколько миллиметров, причем прижимать ее следует лишь умеренно.

Эта упругая набивка, как правило, вводится между двумя шнуровыми кольцами, из которых одно укладывается на дно коробки, а второе под крышкой.

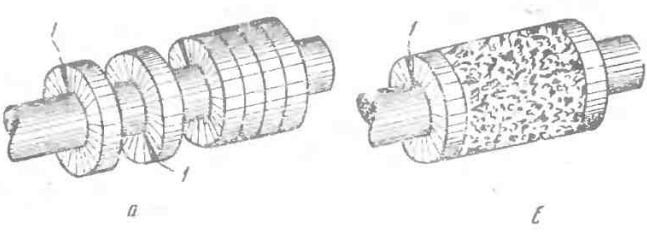


Рис. 58. Сальник:
а — с шнуровой набивкой, *б* — с упругой набивкой, *1* — прокладки.

Если изготовитель предусматривает исключительно применение шнура для набивки сальника, следует выбирать шнур квадратного сечения, точно соответствующий размерам сальника.

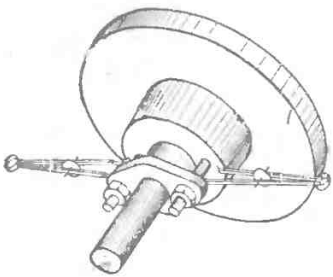


Рис. 59. Проверка равномерности затяжки обеих гаек сальника.

В любом случае эти шнуры вырубаются кольцами, размеры которых определяются по размерам вала; концы колец срезаются с зазором около 1 *мм*. Последовательные кольца устанавливаются **поочередно с прокладками в верхней и нижней части сальника** (рис. 58).

Ни в коем случае не рекомендуется обвивать шнур спирально вокруг вала и пользоваться набивкой низкого качества.

Перед пуском затянуть гайки уплотнения только вручную или весьма осторожно ключом.

Позаботиться о равномерном затягивании гаек уплотнения, чтобы не произошло перекоса (рис. 59).

Удостовериться с помощью метра или кронциркуля, что расстояние между сальником и корпусом насоса везде одинаково.

ПОДСОЕДИНЕНИЕ МАНОМЕТРОВ

На стороне всасывания установить мановакуумметр:

либо на специальном приливе, если он имеется на фланце или на всасывающем патрубке (рис. 60, *а* и *б*);

либо на всасывающей трубе в нескольких сантиметрах перед входным переходником (рис. 60, *в*).

На стороне нагнетания. На центробежном насосе устанавливать манометр следует не на улитке (рис. 61, *а*), а в специальном отверстии, которое делается рядом с фланцем нагнетательного патрубка, или на манжете на выходе насоса (см. рис. 61, *б*).

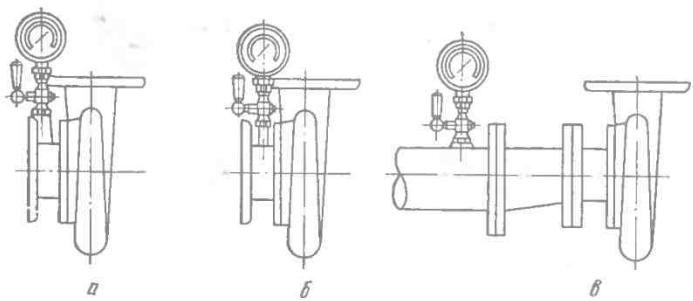


Рис. 60. Подсоединение манометров на всасывающей стороне.

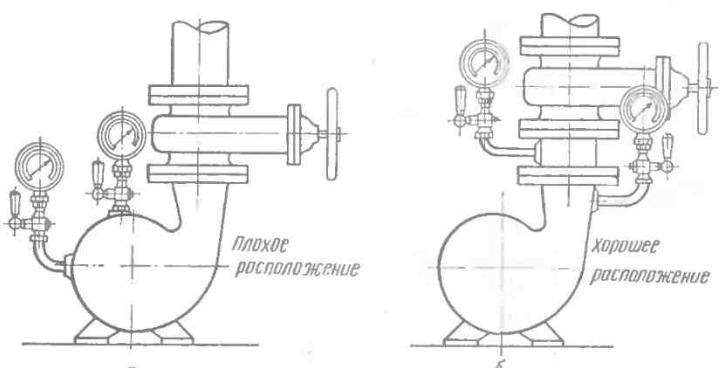


Рис. 61. Подсоединение манометров на нагнетательной стороне.

На ротационном объемном насосе манометр и вакуумметр могут, как правило, устанавливаться соответственно на нагнетательном и на всасывающем патрубках. В противном случае их следует установить на трубопроводе как можно ближе к насосу.

5. ПУСК НАСОСА

ПРОВЕРКА СМАЗКИ

Подшипники с кольцевой смазкой. Проверить, не засорились ли подшипники во время транспортировки и монтажа и в случае необходимости тщательно промыть их керосином. Затем залить их маслом до отмеченного уровня.

Убедиться, что кольца погружены в масло и не зажаты и не смещены в результате толчков во время транспортировки.

Подшипники, смазываемые с помощью колпачковой масленки. Наполнить масленки смазкой до вытекания при завинчивании крышки.

Шарикоподшипники должны смазываться в соответствии с указаниями изготовителя. Их должны поставлять со специальной смазкой, обновляемой каждые шесть месяцев.

Основное назначение смазки — не допустить окисления. Смазку не следует наносить в чрезмерных количествах — избыток ее может привести к перегреву подшипников.

Перед включением насоса необходимо убедиться, что набивка сальников произведена правильно и что сальник затянут не сильно и без перекоса.

ВКЛЮЧЕНИЕ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

Залить насос следует через кран-воронку или через нагнетательный трубопровод, открыв воздушные краны, которые должны быть на всех высоких точках изгиба трубопровода.

Вода должна вытеснить воздух, однако не через то место, куда наливают ее.

При заливке насоса через нагнетательный трубопровод воздух должен выйти через воздушные краны и через кран-воронку.

При заливке через воронку воздух должен выйти через нагнетательный трубопровод, оставленный открытым, и через воздушные краны.

Повернуть от руки рабочее колесо насоса в прямом направлении для удаления воздуха, который может собраться в углублениях лопаток.

Операция подготовки к включению будет закончена, когда из всех воздушных кранов покажется вода или в воронке больше не будут показываться пузырьки воздуха.

Закрыть все продувочные краны и воронку. Закрыть регулировочный вентиль и байпас на обратном клапане, если он имеется.

ВКЛЮЧЕНИЕ ОБЪЕМНЫХ НАСОСОВ

Объемные насосы, как правило, включаются сами, однако рекомендуется залить в насос некоторое количество воды или перекачиваемой жидкости во избежание нагрева и для увеличения всасывающей способности насоса, так как влажный вакуум выше вакуума сухого. Это требование иногда является обязательным, и в таком случае изготовитель дает соответствующие указания в специальной табличке или отмечает в инструкции по пуску.

Перед пуском надо проверить, нет ли на нагнетательном трубопроводе закрытых вентилей, особенно если насос не оборудован байпасом.

В некоторых установках байпас снабжен приспособлением для подъема клапана, что позволяет уменьшить пусковой момент и разгрузить двигатель в момент пуска.

ПРОВЕРКА НАПРАВЛЕНИЯ ВРАЩЕНИЯ

Убедившись, что агрегат свободно вращается от руки, сообщить двигателю несколько оборотов, чтобы проверить правильность направления вращения. Обычно это направление указывается стрелкой.

В большинстве случаев это прямое направление, т. е. направление вращения часовой стрелки для наблюдателя, стоящего со стороны двигателя и глядящего на насос.

Если направление вращения окажется неправильным, следует:

для трехфазного двигателя поменять местами два из трех подводящих проводов;

для двухфазного двигателя поменять местами оба провода одной и той же обмотки;

для однофазного двигателя без коллектора поменять местами оба провода вспомогательной обмотки;

для двигателя постоянного тока с шунтовой обмоткой возбуждения поменять местами оба провода возбуждения.

Вообще в этом случае следует обратиться к инструкции, прилагаемой изготовителями.

Если насос центробежный и имеет манометр, надо убедиться, что давление нагнетания нарастает одновременно с увеличением скорости вращения.

По достижении нормальной скорости медленно открыть вентиль на нагнетательной стороне, зафиксировать производительность насоса и отрегулировать открытие вентиля, убедившись с помощью амперметра, что не превышена максимально допустимая сила тока, указанная на табличке.

После этой первичной регулировки отметить величину открытия вентиля или отметить силу тока двигателя и основываться на этих данных для открытия вентиля при последующих пусках.

В случае неудачного пуска следует остановить агрегат, спустить воду, а затем заново включить его, так как возможно, что во время первоначального включения в насосе оставалось немного воздуха.

При повторном пуске центробежного насоса необходимо выполнять те же операции, что и для первого пуска: включение, вращение от руки, пуск двигателя, открытие вентиля.

Если насос объемный, тотчас же после пуска надо удостовериться, что смазочные кольца вращаются свободно и что сальники пропускают капли воды.

Во время первых часов работы истечение воды через сальник должно быть довольно значительным; его следует уменьшить путем умеренной затяжки сальника лишь после того, как набивка сальника притрется в значительной мере.

Важно проследить за равномерностью затяжки гаек сальника, чтобы расстояние между ним и корпусом насоса было везде одинаковым.

При повторном пуске объемного насоса достаточно подать электрический ток к двигателю.

ОСТАНОВКА АГРЕГАТА

При остановке центробежного насоса медленно закрыть вентиль до полного перекрытия проходного сечения.

Остановить двигатель в соответствии с инструкциями по электрической части.

При остановке объемного насоса достаточно остановить двигатель.

В случае остановки агрегатов на длительное время, в течение которого возможны морозы, следует выпустить воду из насоса и труб для предотвращения их разрыва.

АВТОМАТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

Для первого пуска следует выполнить те же операции, что и для установок с ручным управлением. При использовании центробежных насосов ограничить таким же способом отверстие вентиля до величины, которая не вызывала бы перегрузки двигателя.

Остановка и последующие пуски производятся путем простого воздействия автоматического выключателя на включение и отключение двигателя: вентиль остается постоянно открытым при одной и той же настройке.

Во время остановок насос и всасывающий трубопровод должны всегда оставаться под наливом, чтобы в них не мог проникнуть воздух.

6. ТЕХНИЧЕСКИЕ НЕПОЛАДКИ

НЕВОЗМОЖНОСТЬ ПУСКА

При заливке воды в насос никак не достигается его наполнение или, если оно достигается, вода моментально исчезает из воронки.

Эта неисправность объясняется либо утечкой через всасывающий трубопровод, которая легко обнаруживается ввиду значительности, либо поведением приемного клапана, тарелка которого плохо закрыта. Иногда можно устранить эту неисправность путем постукивания молотком по всасывающему трубопроводу, тогда постороннее тело, мешающее закрыванию тарелки клапана, может исчезнуть. Если эта мера не помогает, следует демонтировать сетку с приемным клапаном.

ОТСУТСТВИЕ ВСАСЫВАНИЯ ЖИДКОСТИ ПРИ ПУСКЕ

Это — случай, присущий всем типам насосов (центробежных или объемных).

Такая неисправность объясняется следующими причинами:

А. Засасывание воздуха на стороне всасывания (см. рис. 62). Оно может происходить вследствие:

плохой герметизации соединений;

недостаточной затяжки крепежа из-за небрежно установленных прокладок;

образования свищей или повреждения трубопровода;

недостаточной подтяжки сальника;

отсутствия смазки в масленках на всасывающей стороне.

Для определения места неисправности следует остановить насос. Поставить насос и всасывающий трубопровод под напор, залив воду в нагнетательный трубопровод, и особенно внимательно проследить за утечкой. Кроме сальника, в котором должна быть капельная утечка, все другие точки, указанные выше, совершенно герметичны. Для то-

го чтобы иметь возможность произвести подобную проверку, приходится оставлять открытым всасывающий трубопровод, пока насос не включен.

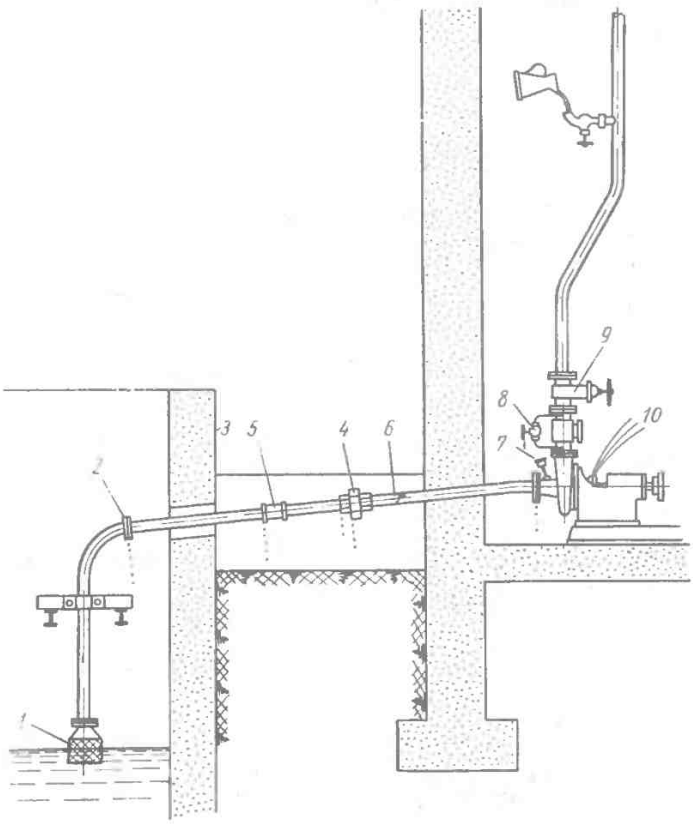


Рис. 62. Места возможного засасывания воздуха при выключенном насосе:

1 — приемный клапан не полностью погружен в воду, *2* — утечка через фланцевые соединения, *3* — траншею оставить открытой до пуска, *4* — муфта «Юнион», *5* — муфта, *6* — поврежденная труба, *7* — утечка через колпачковую масленку, не заправленную маслом, *8* — байпас открытого клапана, *9* — открытый вентиль, *10* — утечка через сальник.

Чаще всего засасывание воздуха встречается у центробежных насосов (рис. 62).

Б. Чрезмерная практическая высота всасывания. Практическую высоту всасывания можно проверить с помощью вакуумметра.

Если при пуске насоса отмечается, что эта величина, исчисляемая в метрах водяного столба, выше величины, гарантируемой изготови-

телем, следует найти причину несоответствия. Необходимо по очереди удостовериться в том, что:

действительные величины геометрической высоты всасывания и диаметры трубопровода таковы, какие были взяты при проектировании;

вычисления, сделанные во время проектирования, точны;

трубопровод не расплющен (особенно, если он выполнен из свинца);

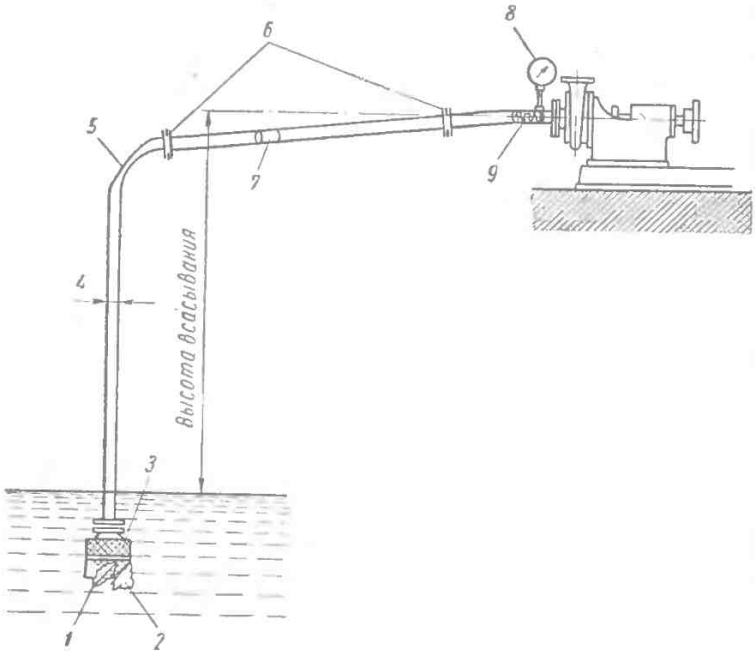


Рис. 63. Возможные причины чрезмерной манометрической высоты всасывания:

1 — листья, *2* — прилипшая тряпка, *3* — залипший клапан, *4* — слишком малые диаметры, *5* — сплющенная труба, *6* — плохо выполненные соединения, *7* — земляная пробка, *8* — вакуумметр, *9* — тряпка.

кожаная прокладка не сместилась;

трубу не забило какими-либо предметами;

тарелка приемного клапана функционирует нормально;

всасывающая сетка не забита (рис. 63).

В. Всасывающая сетка находится над уровнем воды или недостаточно погружена в воду. Обычно всасывающая сетка при пуске насоса находится ниже уровня воды, но может случиться, что по истечении какого-то периода эксплуатации колодец истощится и сетка выйдет из воды.

Если поступление воды окажется систематически недостаточным, необходимо установить в колодце поплавковое устройство, которое

будет заставлять двигатель останавливаться в случае спада воды ниже предельного уровня, или частично перекрывать вентиль на нагнетательном трубопроводе до установления нормального уровня в колодце.

Г. Неправильное направление вращения. Особый случай при использовании центробежных насосов:

всасывающий трубопровод имеет обратные уклоны или верхняя образующая входного переходника негоризонтальна. Единственным средством при этом является переделка установки на правильную, т. е. с уклоном не менее 2%, восходящим в направлении от колодца к насосу без **всякого обратного уклона,** каким бы коротким он ни был.

Особые случаи при использовании объемных насосов:

1) неудовлетворительное предпусковое состояние байпаса — следует удостовериться, что на седле клапана байпаса нет инородного тела и клапанная пружина не ослабла;

2) отсутствие воды в насосе — для некоторых типов объемных насосов предварительная заливка водой обязательна.

ВСАСЫВАНИЕ ПРОИЗОШЛО, НО ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ РАВНА НУЛЮ ИЛИ НЕДОСТАТОЧНА

При пуске насос включается хорошо и создает давление, но вода не поступает в наполняемый резервуар или поступает в недостаточном количестве.

Подобные нарушения могут быть обусловлены следующими причинами:

А. Геометрическая высота всасывания или нагнетания выше предусмотренных. Необходимо заново проверить высоты и сравнить их с величинами, полученными при предварительном проектировании.

Б. Недостаточные диаметры всасывающего или нагнетательного трубопровода. Следует убедиться, что **внутренние диаметры** установленных трубопроводов вполне соответствуют запроектированным диаметрам; затем удостовериться, что расчеты, произведенные во время проектирования, точны и привод установлен в соответствии с результатами этих расчетов.

В. Чрезмерные потери напора при всасывании. Эти потери напора обнаруживаются для всасывающего трубопровода с помощью вакуумметра, подсоединенного к всасывающему патрубку насоса; для нагнетательного трубопровода — с помощью манометра, подсоединенного к нагнетательному патрубку насоса.

Если вакуумметр показывает разрежение, величина которого превышает предусмотренную, убедиться, что на всасывающем трубопроводе:

труба не расплющена (особенно, если она выполнена из свинца);

соединения не нарушены;

трубопровод не забит посторонними предметами;

тарелка приемного клапана функционирует нормально;

всасывающая сетка не забита листьями или тряпками.

Г. Чрезмерные потери напора при нагнетании. Если манометр на нагнетательной стороне насоса указывает давление, величина которого превышает предусмотренную, необходимо проверить на нагнетательном трубопроводе:

полностью ли открыт вентиль;

правильно ли установлен обратный клапан;

не расплющился ли трубопровод (особенно, если он выполнен из свинца);

не сместилась ли прокладка;

не забит ли трубопровод посторонними предметами.

Д. Недостаточное давление. Если манометр на нагнетательной стороне показывает давление, величина которого ниже, чем было предусмотрено, то следует проверить:

а) правильно ли вращается насос, т. е. в направлении, указанном стрелкой на крышке подшипника или на корпусе насоса. Следует помнить, что выходной патрубок указывает своим положением направление вращения. Если насос вращается в обратную сторону, изменить направление вращения;

вращается ли насос с нужной скоростью, что делается с помощью счетчика числа оборотов.

Часто у насосов с ременным приводом причиной недостаточной скорости является то, что при расчете шкивов не учитывается скольжение ремня (около 3%), или ремень недостаточно натянут и буксует (увеличить сцепление с помощью специальной смазки), или передаточное отношение слишком велико (максимум 1—7).

При работе с насосами с электродвигателем прежде всего проверить:

соответствует ли напряжение указанному на паспортной табличке;

соответствует ли частота предусмотренной величине (например, что она не равна 25 *пер/сек* вместо 50 *пер/сек*);

правильно ли подсоединен двигатель (звезда вместо треугольника);

не имеется ли избыточной мощности.

Если ток постоянный, скорость можно увеличить посредством реостата возбуждения (в этом случае надо убедиться с помощью амперметра, что потребляемая мощность не превышает номинальной мощности двигателя);

б) удовлетворительно ли включение; может оказаться, что на входе насоса остались пузырьки воздуха; остановить насос, заново удалить воздушные пробки и снова произвести пуск;

не попали ли во всасывающие (входные) патрубки насоса инородные тела (тряпки, деревяшки, ключи и т. п.).

Особые случаи при использовании объемных насосов: нарушения нормального режима работы могут вызываться следующими причинами:

а) недостаточной скоростью;

б) негерметичностью всасывающего трубопровода;

в) негерметичностью байпаса:

пружина байпаса ослабла,

инородное тело препятствует перекрытию клапана;

г) практическая высота нагнетания выше предусмотренной.

ПУСК НОРМАЛЬНЫЙ, НО ЗАТЕМ НАСОС СИЛЬНО СНИЖАЕТ СКОРОСТЬ ИЛИ ЗАТОРМАЖИВАЕТСЯ

В случае применения центробежных насосов возможны нарушения со стороны электрической части.

Наблюдаемые неполадки в случае применения объемных насосов:

А. **Полный напор слишком велик** по одной из следующих причин:
слишком большая геометрическая высота;
слишком большое давление в воздушном колпаке;
слишком малый диаметр оросительной насадки;
чрезмерные потери напора на нагнетании.
Б. **Плохое или неудовлетворительное подсоединение двигателя.**

НЕРАВНОМЕРНАЯ РАБОТА НАСОСА

Насос работает неравномерно: производительность колеблется — то высокая, то низкая; стрелки манометра резко дергаются; временами шум двигателя изменяется. Стрелка амперметра, подключенного в цепь двигателя, колеблется неравномерно.

Эти нарушения указывают на засасывание воздуха.

Проверить следует:

а) герметичность всасывающего трубопровода;

б) работу сальника. Сальник должен показывать утечку как во время остановки, так и в процессе работы. Если во время остановки насоса капельная утечка через сальник имеется, а во время работы насоса отсутствует, значит, воздух засасывается через сальник. В этом случае проверить, не закупорен ли канал, подводящий воду под давлением, если такой имеется.

У поршневых насосов неравномерная производительность обычно происходит из-за зависания клапанов или попадания инородного тела. В таком случае необходимо проверить клапаны через отверстия, предусмотренные с этой целью в корпусе насоса.

ЧРЕЗМЕРНАЯ УТЕЧКА ЧЕРЕЗ САЛЬНИК

Обычно через сальник вода должна просачиваться по капле или даже, если насос большой, вытекать тоненькой струйкой.

Если утечка слишком велика, можно умеренно затянуть сальник, причем всегда стараться все гайки затягивать одновременно, чтобы их затяжка была равномерной и параллельной.

О величине затяжки можно судить, заставив насос вращаться от руки. Сальник не должен заметно увеличивать сопротивления вращению.

Если оказывается, что утечка продолжает оставаться чрезмерной даже после затяжки, необходимо заменить набивку. Никогда не следует слишком сильно затягивать сальник, так как в этом случае возрастет нагрузка на двигатель и вал быстро износится.

У тихоходных поршневых насосов набивка сальника, наоборот, должна быть тугой настолько, чтобы исключить всякую утечку жидкости и засос воздуха.

При такой затяжке проверяют, не происходит ли нагрев.

ЧРЕЗМЕРНЫЙ ШУМ НАСОСА

Нормально работающий агрегат должен производить определенный шум, обусловленный качением шариков, вибрациями и истечением воды через узлы насосной установки. Однако существуют случаи, когда этот шум становится чрезмерным. Причины такого шума могут быть следующие.

а) **Кавитация.** Слышен весьма характерный шум насоса, напоминающий производимый галечником или даже в некоторых случаях циркулярной пилой. Говорят, что в этом случае насосу не хватает питания и в потоке образуются разрывы. Кавитация может быть обусловлена слишком большими высотой всасывания или производительностью, превышающими величины, предусмотренные поставщиком.

В подобном случае необходимо принять должные меры для восстановления высоты всасывания до предусмотренной величины или для снижения производительности (частично перекрывают регулировочный вентиль, если это центробежный насос, или соответственно изменяют скорость вращения, если насос объемный).

Уменьшение производительности приведет к увеличению всасывающей способности насоса.

б) **Присутствие инородного тела** — попадание его внутрь насоса.

в) **Причины механического происхождения:**

1) насос установлен на резонирующей опоре, например на полу, перегородке, постройке из армированного цемента;

2) всасывающий и нагнетательный трубопроводы плохо закреплены и вибрируют при соприкосновении с металлическими элементами;

3) в дисках муфты сцепления применяются кожаные или каучуковые кольца;

4) диски муфт сцепления не сцентрированы (проверить с помощью линейки);

5) в креплении муфты или шкиве ослаб винт;

6) заклинен подшипник;

7) клапаны (у поршневого насоса) заклинились в направляющих или им мешает инородное тело. Проверить клапаны через отверстия, предусмотренные с этой целью на корпусе насоса.

НАРУШЕНИЯ СО СТОРОНЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЧАСТИ

Во всех случаях, когда наблюдаются нарушения со стороны электрической части, необходимо обратить внимание на следующие моменты.

а) **Двигатель не запускается.** При этом возможны два случая.

Двигатель не производит никакого шума — ток не доходит до клемм — следует:

проверить, не разомкнут ли выключатель;

проверить цепь питания.

Двигатель гудит — проверить, нет ли недостатка тока на одной фазе. Для этого:

отсоединить подводящие провода и «прозвонить» фазы по отдельности;

проверить, хорошо ли подсоединен выключатель;

убедиться, что агрегат легко вращается от руки.

Сопротивление вращению может быть вызвано:

чрезмерной затяжкой сальника;

давлением труб на насос;

деформацией основания вследствие неравномерной затяжки болтов;

инородным телом, попавшим в насос;

присутствием накипи в насосе.

б) **Двигатель включается, но не достигает нормальной скорости.** Необходимо в этом случае:

проверить соединение на клеммах (звезда или треугольник при трехфазном токе), а также напряжение, которое должно отклоняться не более чем на 5% от величины, указанной в паспортной табличке;

убедиться, что агрегат легко вращается от руки;

проверить, не потребляет ли насос избыточной мощности, вследствие того что он работает под полным напором, величина которого ниже предусмотренной. В результате этого увеличивается производительность насоса, а следовательно, и потребляемая мощность — следует отрегулировать производительность, закрыв регулировочный вентиль настолько, чтобы восстановилась нормальная скорость. В этом случае необходимо подсоединить амперметр для точного определения оптимального положения вентиля;

проверить, если передача ременная — не вращается ли насос слишком быстро (вследствие ошибочного выбора шкивов).

в) **Выключатель срабатывает от перегрузки.** Двигатель чрезмерно перегревается (избыток мощности).

Произвести ту же проверку, что и в предыдущем случае (пункт «б»), и, кроме того, проверить, соответствует ли мощность выключателя напряжению и мощности двигателя.

Примечание. В случае применения объемных насосов отключение от избытка потребляемой мощности может происходить вследствие:

чрезмерного полного напора;

чрезмерной производительности, вызванной слишком высокой скоростью.

ПЕРЕГРЕВ ПОДШИПНИКОВ

Подшипники скольжения или кольцевые. Рекомендуется, особенно во время пуска, проверить подшипники на нагрев. Эта проверка производится погружением термометра в масляную ваину таким образом, чтобы он не соприкасался ни с самой втулкой, ни с корпусом подшипника.

При нормальной работе подшипника его температура начинает возрастать довольно быстро, затем постепенно стабилизируется и через несколько часов начинает снова медленно подниматься.

Максимальная температура масла может достигать 65—70° С. Так как втулка находится у источников выделения тепла, она нагревается значительно сильнее масла, даже настолько, что в обычных случаях часто невозможно дотронуться до нее рукой.

Если сразу после пуска отмечается быстрое возрастание температуры, то при 65° С следует остановить установку и найти причину этого (плохо отрегулированы осевые линии валов, насос перекосился из-за нагрузок на трубопроводы, вибрация, давление из-за отсутствия зазора в соединении).

Если температура достигает 65° С медленно, работа установки должна продолжаться и остановить насос следует лишь в том случае, если она превысит 70° С.

Само собой разумеется, что необходимо немедленно выключить насос в случае появления дыма.

Часто причиной значительного нагрева является притирание деталей вновь собранного агрегата. В случае нагрева по этой причине че-

рез первые полчаса работы необходимо сменить масло, которое в результате трения будет содержать металлические частицы.

Подпятники или упорные шарикоподшипники не должны сильно нагреваться при пуске.

7. УХОД

ПОДШИПНИКИ

Каждый конструктор должен указать, какие именно узлы установки подлежат смазке. Однако можно пользоваться следующими общими правилами.

Подшипники с кольцевой смазкой (жидким маслом) или шарикоподшипники с запасом масла. Обновлять смазку подшипников надо при следующих обстоятельствах и всегда до того, как она потемнеет.

В случае чрезмерного нагрева подшипников:
первый раз — через полчаса работы;
второй раз — через следующие 8 *ч* работы;
третий раз — через следующие 24 *ч* работы;
далее — через каждые 300 *ч* работы.

В случае умеренного нагрева подшипников:
первый раз — через 24 *ч* работы;
затем — через каждые 300 *ч* работы.

Подшипники заливаются маслом до специальной отметки.

Подшипники с густой смазкой. Наполнить колпачковые масленки смазкой, проворачивать крышку два-три оборота каждые 50 *ч* работы. Каждый раз заканчивать вращение крышки, ослабляя ее на $^1/_8$ поворота.

Если подшипники промываются водой, эту операцию следует проделывать каждые 10 *ч* работы.

Герметические шарикоподшипники без запаса масла (например, в электродвигателях). Через каждые 50 *ч* работы необходимо заливать несколько капель жидкого масла или при применении консистентной смазки — менять ее каждые 6 месяцев (не заправлять слишком большим количеством).

САЛЬНИК

Набивку следует обновлять или пополнять до того, как она начнет отвердевать.

Сальник должен всегда пропускать воду по капле или, если насос достаточно большой, даже небольшую струйку воды.

В случае чрезмерной утечки можно умеренно затянуть сальник. О величине затяжки можно судить, заставив насос вращаться от руки. Затяжка не должна заметно увеличивать сопротивление насоса вращению.

Если утечка продолжает оставаться чрезмерной даже после умеренной затяжки, следует заменить набивку.

Если сальник во время работы насоса совсем не дает утечки, надо попытаться его немного ослабить. Если, несмотря на это, утечки все же не будет, значит, сальниковая коробка пропускает воздух.

В этом случае необходимо проверить, не закупорен ли канал подвода воды под давлением.

Приведенные выше указания не относятся к тихоходным поршневым насосам. Набивка сальников у этих насосов, наоборот, должна быть как следует затянута во избежание всякого просачивания жидкости и засоса воздуха. Однако необходимо проверить, нет ли нагрева.

МЕРЫ ПРЕДОСТОРОЖНОСТИ ПРОТИВ ЗАМЕРЗАНИЯ

Когда температура падает ниже нуля, а насос в течение какого-то времени должен оставаться в нерабочем состоянии (несколько часов и особенно ночью), необходимо спустить воду из всасывающего трубопровода, насоса и нагнетательного трубопровода. Во время этой операции воздух должен впускаться через краны на верхних точках изгибов: например, для спуска воды из распределительного трубопровода открыть все краны.

ВЫКЛЮЧЕНИЕ НА ДЛИТЕЛЬНЫЙ ПЕРИОД

Спустить воду из насоса всасывающего и нагнетательного трубопроводов. Не рекомендуется извлекать набивку из сальника (не забыть заново сменить набивку во время последующего пуска). Слегка смазать металлические детали, периодически проворачивая насос от руки, чтобы убедиться, что никаких неполадок нет.

Кроме того, рекомендуется залить масло в насос и заставить его вращаться от руки, чтобы обеспечить смазку внутренних механизмов и предупредить окисление. Однако эту операцию следует проделать лишь в том случае, если масло не оказывает агрессивного действия на насос и если оно не может загрязнить перекачиваемую жидкость.

ПУСК ПОСЛЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОГО ВЫКЛЮЧЕННОГО СОСТОЯНИЯ

При необходимости включить насос после длительного бездействия его следует залить водой и убедиться, что он легко вращается от руки; в противном случае попытаться стронуть его с помощью рычага, опираясь на пальцы соединительной муфты и легко постукивая справа и слева.

Если эта мера не окажет действия на механизмы насоса или протекающие жидкости (питьевую воду, вино и т. п.), залить насос смесью из масла и керосина; оставить эту смесь в насосе на несколько часов, после чего возобновить операцию.

Независимо от того, удалялась ли набивка из сальника или нет, если насос выключался на длительное время, при пуске следует набить ее заново.

Если насос во время выключения заправлялся маслом, а перекачиваемая вода служит для приготовления напитков, надо разобрать насос и прочистить детали во избежание смешения масла с водой.

ОЧИСТКА ПРИЕМНОГО КЛАПАНА

Всякий раз при закупорке приемного клапана, на что указывает кавитация насоса, увеличение вакуума, показываемого всасывающим манометром, или уменьшение производительности, необходимо про-

чистить сетку клапана. Периодичность очистки зависит от свойств воды и часто от времени года (листопад).

ДЕМОНТАЖ

Раз в год следует разбирать насос и проверять степень его износа, чтобы в случае износа деталей произвести их замену.

ЗАПАСНЫЕ ЧАСТИ

Рекомендуется иметь в распоряжении следующие запасные части:
1 вал;
1 лопастное колесо;
1 комплект кольцевых компенсаторов (для насосов, в которых они имеются);
1 комплект шарикоподшипников или вкладышей;
1 сальниковую набивку.
Для поршневых насосов нужны следующие запасные части:
поршневые уплотнения (кожаные манжеты и т. п.);
1 комплект клапанов;
1 комплект прокладок.

1. ХАРАКТЕРИСТИКИ

Приводные ремни — это гибкие связи, соединяющие два шкива, контакт с которыми обеспечивается путем сцепления. Шкивы, закрепленные на валу двигателя и на ведомом валу, называются соответственно ведущий шкив и ведомый шкив.

Ремень надевается на шкивы в состоянии покоя с натяжением T, называемым предварительным натяжением. Вращение

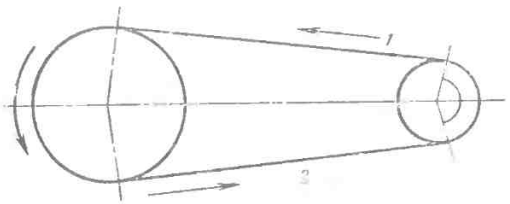


Рис. 64. Ветви ремня:
1 — ведущая, *2* — ведомая.

ведущего шкива увеличивает натяжение одной ветви ремня — ведущей, или натянутой, и ослабляет другую ветвь — ведомую, или ненатянутую (рис. 64).

На заводах встречается различное расположение ремней (табл. 101):

открытое или прямое, при котором связываемые оси вращаются в одном направлении, валы параллельны, направление вращения можно изменять;

перекрестное, при котором связываемые оси вращаются в различных направлениях, валы параллельны, направление вращения можно изменять;

полуперекрестное, при котором связываемые оси непараллельны, движение не всегда можно изменять.

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ ДЛЯ РАСЧЕТА ПРИВОДНЫХ РЕМНЕЙ

Тангенциальное усилие ведомого шкива и натяжение ведущей ветви определяются по двум осиовным формулам;

$$P = T_1 - T_2, \tag{1}$$

$$T_1 = T_2 e^{f\alpha}, \tag{2}$$

где P — тангенциальное усилие ведомого шкива;

f — коэффициент трения ремня;
T_1 — натяжение ведущей ветви;
T_2 — натяжение ведомой ветви;
α — угол охвата, *рад*.

Соотношения формул (1) и (2), показывающие, что $T_1 > P$ при $T_2 < T_1$, дают после алгебраических преобразований

$$T_2 = \frac{P}{l^{f\alpha} - 1},$$

или

$$\frac{P}{T_2} = l^{f\alpha} - 1.$$

Эта формула называется формулой Ранкина.

Отношение $\frac{P}{T_2}$ называется модулем натяжения и обозначается буквой m (см. табл. 101). Таким образом,

$$m = l^{f\alpha} - 1,$$

следовательно, m зависит:

от коэффициента трения f;

от угла охвата α, который равен минимально 30%, или $\frac{2\pi}{3}$ (120°; величины меньше этого угла нельзя применять), и максимально 50%, или π (180°), так как речь идет об угле охвата на меньшем из шкивов.

Огибающая дуга или угол охвата. Угол охвата есть часть круга, огибаемого ремнем на шкиве минимального диаметра. Он выражается в радианах или в процентах полной окружности. При использовании открытого ремня и шкивов приблизительно равного диаметра угол охвата равен примерно π *рад*, или 50%.

Величина угла охвата зависит от соотношения между диаметрами шкивов и от расстояния между их осями (рис. 65).

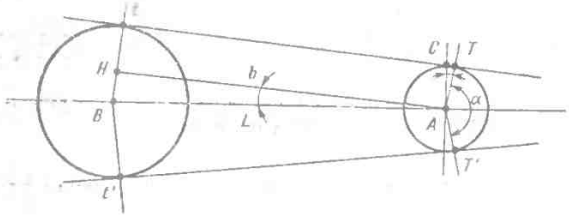


Рис. 65. Угол охвата.

Пусть шкивы A и B передачи имеют радиусы R и r; AB — их межцентровая линия; Tt и $T't'$ — общие касательные; AH — параллельная Tt и проходящая через A; AC — радиус, перпендикулярный AB; AT и AT' — радиусы, перпендикулярные общим касательным; L — расстояние между центрами.

Натяжение T натянутой ветви ремня и значение $e^{f\alpha}-1$

Угол охвата		Коэффициент трения													
		$f=0,20$		$f=0,25$		$f=0,30$		$f=0,35$		$f=0,40$		$f=0,45$		$f=0,50$	
град	*рад*	$e^{f\alpha}-1$	T *кг*	$e^{f\alpha}-1$	T *кг*	$e^{f\alpha}-1$	T *кг*	$e^{f\alpha}-1$	T *кг*	$e^{f\alpha}-1$	T *кг*	$e^{f\alpha}-1$	T *кг*	$e^{f\alpha}-1$	T *кг*
						Прямые ремни									
180	3,14	0,87	215	1,19	184	1,56	164	2,00	150	2,51	140	3,11	132	3,81	126
178	3,10	0,86	216	1,17	186	1,53	165	1,96	151	2,45	141	3,04	133	3,72	127
176	3,07	0,84	219	1,15	187	1,51	166	1,93	152	2,41	142	2,98	134	3,64	127
174	3,03	0,83	220	1,13	188	1,48	167	1,89	153	2,35	143	2,92	134	3,56	128
172	3,00	0,82	222	1,11	190	1,46	168	1,86	154	2,30	144	2,86	135	3,48	129
170	2,96	0,80	225	1,09	191	1,43	170	1,82	155	2,27	144	2,80	136	3,40	129
168	2,93	0,79	227	1,08	192	1,41	171	1,79	156	2,22	145	2,74	136	3,33	130
166	2,89	0,78	228	1,06	194	1,38	172	1,75	157	2,17	146	2,68	137	3,25	131
164	2,86	0,77	230	1,04	196	1,36	174	1,72	158	2,13	147	2,62	138	3,18	132
162	2,82	0,75	233	1,02	197	1,33	175	1,69	159	2,08	148	2,56	139	3,11	132
160	2,79	0,74	235	1,01	200	1,31	176	1,65	160	2,04	149	2,51	140	3,04	133
158	2,75	0,73	237	0,99	201	1,28	178	1,62	162	2,00	150	2,45	141	2,97	134
156	2,72	0,72	239	0,97	203	1,26	180	1,59	163	1,97	151	2,40	141	2,90	135
154	2,68	0,71	241	0,95	204	1,24	181	1,56	164	1,93	152	2,35	142	2,83	135
152	2,65	0,69	245	0,94	206	1,21	183	1,53	165	1,89	153	2,29	144	2,76	136
150	2,61	0,68	247	0,92	208	1,19	184	1,50	167	1,84	154	2,24	145	2,70	137
145	2,53	0,65	254	0,88	213	1,13	188	1,42	170	1,76	157	2,12	147	2,54	139
140	2,44	0,63	259	0,84	218	1,08	192	1,35	174	1,65	160	2,00	150	2,39	142
135	2,35	0,60	267	0,80	225	1,02	197	1,28	178	1,56	164	1,89	153	2,25	144
130	2,26	0,57	276	0,76	230	0,97	203	1,21	183	1,47	168	1,77	156	2,11	147
125	2,18	0,54	285	0,72	238	0,92	208	1,14	187	1,39	172	1,66	160	1,97	151

Продолжение табл. 101

Угол охвата		Коэффициент трения													
		$f = 0{,}20$		$f = 0{,}25$		$f = 0{,}30$		$f = 0{,}35$		$f = 0{,}40$		$f = 0{,}45$		$f = 0{,}50$	
град	*рад*	$e^{f\alpha}-1$	*Т кг*	$e^{f\alpha}-1$	*Т кг*	$e^{f\alpha}-1$	*Т кг*	$e^{f\alpha}-1$	*Т кг*	$e^{f\alpha}-1$	*Т кг*	$e^{f\alpha}-1$	*Т кг*	$e^{f\alpha}-1$	*Т кг*
						Перекрестные ремни									
185	3,23	0,91	210	1,24	181	1,64	161	2,04	149	2,64	138	3,27	131	4,02	126
190	3,31	0,94	206	1,29	178	1,70	159	2,17	146	2,76	136	3,42	129	4,23	124
195	3,40	0,98	202	1,34	175	1,77	156	2,29	144	2,89	135	3,62	127	4,58	123
200	3,49	1,01	199	1,39	172	1,85	154	2,39	142	3,03	133	3,79	126	4,72	122
202	3,52	1,02	198	1,42	170	1,88	153	2,43	141	3,10	132	3,87	126	4,82	121
204	3,56	1,04	196	1,44	169	1,90	152	2,48	140	3,16	131	3,95	125	4,92	120
206	3,59	1,05	195	1,46	168	1,93	151	2,52	140	3,22	131	4,03	125	5,03	120
208	3,63	1,07	193	1,48	167	1,97	150	2,57	139	3,27	130	4,11	124	5,14	119
210	3,66	1,08	192	1,50	167	2,00	150	2,61	138	3,32	130	4,19	124	5,24	119
212	3,70	1,10	191	1,52	166	2,04	149	2,65	138	3,38	129	4,27	123	5,36	119
214	3,73	1,11	190	1,54	165	2,07	148	2,69	137	3,44	129	4,35	123	5,47	118
216	3,76	1,13	189	1,56	164	2,10	147	2,74	136	3,49	128	4,43	123	5,57	118
218	3,80	1,14	188	1,59	163	2,13	147	2,79	136	3,55	128	4,51	122	5,68	118
220	3,84	1,16	186	1,61	162	2,16	146	2,84	135	3,63	127	4,60	122	5,80	117
222	3,87	1,17	185	1,64	161	2,19	145	2,88	135	3,72	127	4,69	121	5,92	117
224	3,90	1,18	184	1,66	160	2,23	145	2,93	134	3,77	126	4,79	121	6,04	116
226	3,94	1,20	183	1,68	159	2,26	144	2,98	134	3,85	126	4,88	121	6,16	116
228	3,98	1,22	182	1,71	158	2,29	144	3,03	133	3,90	125	4,98	120	6,31	116
230	4,01	1,23	181	1,73	158	2,32	143	3,08	132	3,99	125	5,07	120	6,43	115

Угол охвата измеряется углом TAT', т. е. α. Если угол TAC назвать b, тогда

$$\alpha = 180° - 2b.$$

Отсюда

$$BAH = b.$$

В треугольнике BAH можно записать

$$\sin b = \frac{R - r}{L},$$

или, обозначив отношение $\frac{R}{r}$ диаметров шкивов через p:

$$\sin b = \frac{pr - r}{L} = \frac{r(p-1)}{L},$$

или же, если диаметр малого шкива принять за d,

$$\sin b = \frac{\alpha(p-1)}{2L};$$

b определяется по таблице синусов, а угол охвата α выводится по формуле

$$\alpha = 180° - 2b.$$

Таблица, составленная на основе указанного выше расчета, дает углы охвата (см. табл. 112).

Коэффициент трения. Коэффициент трения f равен тангенсу угла, определяющего скольжение. Он возрастает с увеличением тангенциальной скорости и упругого скольжения ремня на шкиве; величина же упругого скольжения тем больше, чем больше разность натяжения обеих ветвей ремня и чем больше сцепление и упругое растяжение ремня.

Средние величины коэффициентов трения при использовании различных ремней:

Новые из сухой кожи по чугунному шкиву	0,12
Бывшие в употреблении из жирной кожи	0,15—0,18
Кожаные	
по стальному шкиву	0,18—0,2
по деревянному шкиву	0,2—0,28
Резиновые	0,2—0,3
Из обычной верблюжьей шерсти	0,2—0,23
Из жирной кожи, плоские, специальные	0,3
Из сыромятной кожи	
по чугунному шкиву	0,3
по стальному шкиву	0,35—0,4
по деревянному шкиву	0,4—0,45
Текстильные с пропиткой	
без пазов	0,2—0,25
с пазами (верблюжья шерсть)	0,4—0,45
Текстропные резиновые	0,5
Из верблюжьей шерсти	
без брекерной резины	0,3
с брекерной резиной	0,45

Прочность. Ремни должны быть достаточно прочными, чтобы выдерживать натяжение в ведущей ветви. Однако нельзя переоценивать значение прочности, которую следует рассматривать только в сочетании с хорошей упругостью. Нельзя превышать предел прочности ремней, качество которых несколько снижается при изменении атмосферных условий, влияющих на контактную поверхность, эластичность и т. п. Поэтому рекомендуется выбирать коэффициенты прочности с некоторым запасом (табл. 102).

Таблица 102

Коэффициент прочности ремней

Ремни	Коэффициент прочности при скорости движения ремня, *м/сек*								
	0—10	10—14	14—18	18—20	20—22	22—24	24—26	26—28	28—30
Резиновые	25	23,5	22,5	21,5	20,5	19,5	18,5	17,5	16
Из верблюжьей шерсти	25	23,5	22,5	21,5	20,5	19,5	18,5	17,5	16
Плоские	22,5	21	19,5	19	18	17	16	15	13

Упругость. Обеспечивает возможность изменения натяжения при переходе ремня из верхнего положения в нижнее, и наоборот, а также позволяет установить равновесие сил T_1, T_2 и P.

Ремни сжимаются при переходе ведущей ветви в ведомую и растягиваются при обратном переходе. Это сжатие и растяжение происходят вдоль угла охвата на шкивах и вызывают появление упругого скольжения (или функционального скольжения), которое тем больше, чем больше тангенциальное усилие и упругость.

Упругость является одним из важнейших качеств ремней, ибо упругие ремни:

легче навиваются на шкивы малых диаметров;

сохраняют натяжение без частых подтягиваний, даже при коротком межцентровом расстоянии и при использовании в вертикальном положении;

обеспечивают плавность хода при работе машин;

выдерживают резкие толчки, не растягиваясь;

позволяют соединять шкивы, находящиеся на близком расстоянии один от другого.

С точки зрения упругости ремни распределяются в следующем нисходящем порядке: из верблюжьей шерсти, кожаные, резиновые, матерчатые.

Сцепление. Формула Ранкина показывает, что для снижения максимального натяжения и, следовательно, увеличения сцепления необходимо увеличить угол охвата α или коэффициент трения f.

Целесообразно использовать второй способ, ибо угол охвата можно увеличить лишь с помощью натяжного ролика; этот метод требует дополнительных устройств и вызывает более быстрый износ ремней вследствие двойного изгиба, которому они подвергаются.

Наоборот, увеличение коэффициента трения f имеет преимущества, так как позволяет:

уменьшить межосевое расстояние и увеличить передаточное отношение;

снизить натяжение ремня и уменьшить его сечение для той же нагрузки;

уменьшить нагрузку на шкивы;

увеличить к. п. д. в результате уменьшения потерь на трение.

ПОТЕРИ В РЕМЕННОЙ ПЕРЕДАЧЕ

Основные причины потерь в ременной передаче вызываются:

скольжением (смещением или перемещением), которое обусловлено мгновенным растяжением или сжатием ремня в тот момент, когда ведомая ветвь становится ведущей или, наоборот, ведущая становится ведомой. Эти последовательные растяжения и сжатия, пропорциональные модулю упругости ремня, приводят к некоторому смещению ремня на шкивах. Ремень должен обладать такой упругостью, чтобы снижение к. п. д. за счет функционального проскальзывания не превышало 1,5—2%;

сопротивлением воздуха движению ремня и шкивов. Этими потерями при больших скоростях нельзя пренебрегать. Следует избегать таких условий, которые способствуют захвату воздуха ремнем (шероховатая поверхность, выемки и т. п.);

жесткостью ремня. Эти потери проявляются в виде работы, идущей на набегание ремня на шкивы или сбегание с них. Они тем больше, чем толще ремень и чем меньше диаметры шкивов;

случайным проскальзыванием, которое, как правило, является следствием плохой установки или низкого качества ремня, а при больших скоростях может также быть обусловлено попаданием воздуха между шкивами и ремнем. Снижение к. п. д. вследствие случайного проскальзывания может быть весьма большим;

трением в подшипниках, обусловленным нагрузками, которым подвергаются подшипники под действием ремня.

МАТЕРИАЛЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РЕМНЕЙ

На изготовление ремней идут следующие материалы: кожа растительного или хромового дубления, хлопчатобумажные шитые и цельнотканые материалы, пропитанные балатой или резиной, верблюжья шерсть, сталь и в последнее время синтетические материалы (найлон и т. п.)

Ремни из дубленой кожи. Это наиболее распространенные ремни. Они изготовляются из кожи толщиной 4—7 *мм* и могут соединяться в «бесконечные» ленты, т. е. в ленты без видимого шва, склеиваемые встык. Предел прочности этих ремней колеблется от 250 до 300 $г/мм^2$.

Толщина промышленных ремней, как правило, зависит от их ширины (табл. 103).

Эти ремни портятся под действием влаги, кислых паров и тепла, но они хорошо себя зарекомендовали при частых пусках и в передачах со ступенчатыми шкивами. Попадания масла на ремни следует избегать. В месте контакта со шкивом рекомендуется укладывать ремень мездряной стороной к шкиву.

Ремни из сыромятной кожи обладают примерно такой же предельной прочностью, как и ремни из дубленой кожи; они, как прави-

ло, подвергаются хромовому дублению. Наиболее известным из ремней этого типа является ремень «Титан», состоящий из множества полосок кожи, соединенных на заклепках.

Таблица 103

Толщина ремней в зависимости от их ширины (в *мм*)

Ремни	Ширина	Толщина
Простые	20—30	3,75
	35—45	4
	50—60	4,25
	65—75	4,5
	80—95	4,75
	110—115	5
	120—130	5,25
	140—150	5,5
	160—500	6—7
Двойные	Меньше 135	8
	135—250	9
	Больше 250	10—14

Эти ремни лучше противостоят воздействию кислых паров и трению, пригодны для машин, требующих частых пусков и выключений.

Цельнотканые хлопчатобумажные ремни изготовляются из хлопчатобумажной ткани толщиной 1,2 *мм*, пропитанной составом на основе льняного масла, который делает их гибкими и прочными. Качество хлопчатобумажных ремней в большой степени зависит от условий влагосодержания в тех местах, где они используются.

Они пригодны для всех видов передач.

Ремни из прорезиненной хлопчатобумажной ткани изготовляют так же, как и описанные выше; они достигают предельной прочности 400 *г/мм*^{2}, толщина слоев колеблется от 1,3 до 1,4 *мм*. Эти ремни лучше выдерживают влажные условия, но портятся при температурах выше 40° С. Они особенно пригодны для шкивов малых диаметров и для больших скоростей (в вентиляционных установках, центробежных насосах и т. п.). В случае частых пусков и выключений посредством вилки эти ремни применять не рекомендуется. Они выпускаются в виде «бесконечных» лент.

Шитые прорезиненные ремни обладают такими же характеристиками, как и бесконечные прорезиненные ремни. Они менее чувствительны к кислым парам, влажности (могут работать в воде — в этом случае снижается коэффициент трения), но боятся попадания масла.

Эти ремни рекомендуются для средних межосевых расстояний.

Ремни из верблюжьей шерсти изготовляют одинаковой толщины, причем основная нить делается из верблюжьей шерсти, а уточная — из хлопка. Основные характеристики этих ремней такие же, как и ремней из прорезиненной хлопчатобумажной ткани, но они стойки против всех химических веществ, могут использоваться в условиях высоких температур (80—85° С) и повышенной влажности. Их можно

рекомендовать для ременных передач, рассчитанных на неравномерную работу (толчки и т. п.), они не боятся попадания масла.

Стальные ремни, при использовании которых требуется, чтобы шкивы были снабжены плитами из пробки, позволяют достигать скорости порядка 60 *м/сек*. Их слабым местом является трудность соединения.

Кроме описанных выше ремней, употребляются и другие виды.

1. Ремни из верблюжьей шерсти, внутренняя поверхность которых имеет специальное покрытие, улучшающее сцепление. Эти ремни стойки против всех химических реактивов и особенно пригодны для передач, подверженных толчкам и рывкам.

2. Ремни из хлопчатобумажной ткани, состоящие из нескольких рабочих слоев, воспринимающих растягивающее усилие. Края ремня армированы. Эти ремни стойки против воды, масла, различных абразивов, действия температуры (до 90° С), кислых паров, но боятся сильных щелочей.

3. Ремни, состоящие из рабочей полосы, прочной и гибкой, к внутренней поверхности которой полыми заклепками крепятся ремешки. Эти ремни особенно пригодны для малых межосевых расстояний и больших скоростей.

СООТНОШЕНИЕ МЕЖДУ РАЗЛИЧНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ПЕРЕДАЧИ

Соотношение между скоростями и диаметрами шкивов. Угловые скорости двух шкивов, соединенных одним ремнем, обратно пропорциональны диаметрам этих шкивов:

$$\frac{d}{d_1} = \frac{n_1}{n},$$

где d и d_1 — диаметры шкивов;

n и n_1 — число оборотов в минуту.

Это соотношение позволяет вычислить одну из величин, если известны три остальные. Например, очень часто нужно определить скорость ведомого шкива:

$$n_1 = \frac{nd}{d_1}.$$

Вследствие скольжения необходимо уменьшить скорость ведомого шкива на 1—2% в зависимости от натяжения ремня.

Тогда соотношение, приведенное выше, выражается так:

$$n_1 = (0{,}98 - 0{,}99)\frac{nd}{d_1}.$$

Диаметр шкивов. Во избежание быстрого износа ремней минимальный диаметр шкивов может быть вычислен по следующей эмпирической формуле:

$$D \geqslant \sqrt[3]{\frac{P}{n}},$$

где D — диаметр шкива, *м*;

P — передаваемая мощность, *л. с.*;
n — скорость вращения, *об/мин*.

Межцентровое расстояние не должно быть чрезмерным во избежание биения ремня. Однако допускается, что оно может быть не меньше двух или двух с половиной диаметров большого шкива.

Следующая формула позволяет определить это расстояние:

$$E = \frac{L - 1{,}57\,(d_1 + d_2) + \sqrt{[L - 1{,}57\,(d_1 + d_2)]^2 - 2\,(d_1 - d_2)^2}}{4},$$

где E — межцентровое расстояние, *мм*;
L — длина ремня, *мм*;
d_1 — диаметр большого шкива, *мм*;
d_2 — диаметр малого шкива, *мм*.

РАСЧЕТ ПЕРЕДАТОЧНЫХ ВАЛОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МОЩНОСТИ И СКОРОСТИ

Приводимый ниже график позволяет определить диаметр вала в зависимости от мощности и скорости (рис. 66).

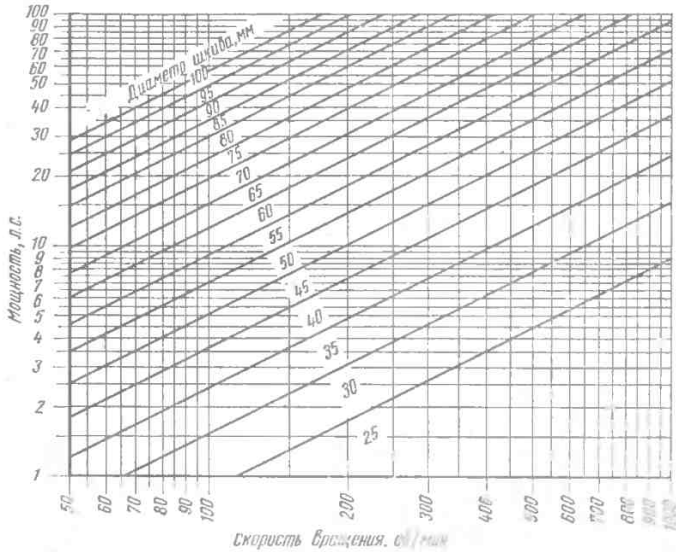


Рис. 66. Расчет валов.

Для определения мощности, передаваемой шкивами, пользуются диаграммами.

1. Диаграмма для шкивов диаметром от 150 до 600 *мм*.

Пример. Шкив диаметром 150—600 *мм*, установленный на 700-миллиметровом валу, может передавать при 800 *об/мин* 30 *л. с.* без опасения, что шкив будет смещаться на валу (рис. 67).

2. Диаграмма для шкивов диаметром 650—1000 *мм* (рис. 68).

Мощности (в *л. с.*) для плоских ремней прямых передач на 1 см ширины ремня даны в табл. 104.



Рис. 67. Диаграмма определения мощности для шкивов диаметром 150—600 *мм*.

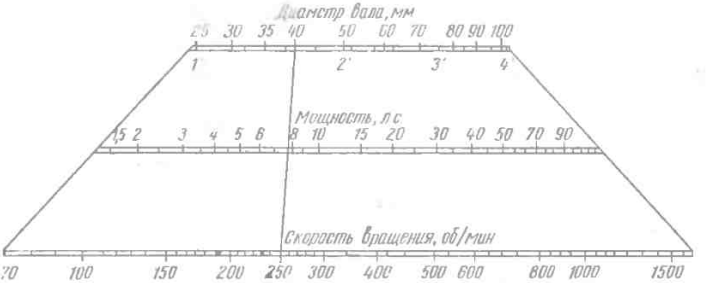


Рис. 68. Диаграмма определения мощности для шкивов диаметром 650—1000 *мм*.

3. РАСЧЕТ РЕМНЕЙ

Расчет ремня заключается главным образом в определении его сечения, зависящего от величины натяжения T_1, которое должна выдержать ведущая ветвь. Величина сечения зависит от коэффициента трения, угла охвата и нагрузки. Затем определяется ширина ремня, для чего нужно знать только поверхность контакта.

Расчет скорости движения ремня. Этот расчет дает возможность вычислить тангенциальное усилие и определить необходимость учета в последующих расчетах центробежной силы.

Скорость движения ремня — это окружная скорость шкива, а именно:

$$V = \frac{\pi D n}{60},$$

где V — скорость движения ремня, *м/сек*;

D — диаметр шкива, *м*;

n — скорость вращения шкива, *об/мин*.

Таблица 104

Мощности для плоских ремней

Диаметр малого шкива, *мм*	При скорости, *об/мин*									
	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
50					0,07	0,08	0,09	0,11	0,13	0,16
63				0,09	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20
80			0,08	0,12	0,14	0,16	0,19	0,22	0,25	0,30
90			0,10	0,14	0,17	0,19	0,23	0,26	0,30	0,35
100			0,11	0,15	0,19	0,22	0,26	0,30	0,34	0,40
112		0,08	0,14	0,18	0,23	0,26	0,32	0,36	0,42	0,49
125		0,09	0,16	0,21	0,26	0,32	0,38	0,45	0,51	0,58
140		0,12	0,18	0,27	0,33	0,40	0,47	0,57	0,64	0,73
160	0,08	0,15	0,22	0,33	0,42	0,53	0,62	0,74	0,84	0,98
180	0,09	0,17	0,27	0,41	0,52	0,67	0,80	0,95	1,10	1,26
200	0,10	0,20	0,33	0,49	0,66	0,83	1,01	1,20	1,40	1,60
225	0,12	0,24	0,40	0,60	0,81	1,03	1,27	1,55	1,85	
250	0,14	0,30	0,50	0,75	1,00	1,29	1,62	1,49		
280	0,16	0,37	0,63	0,97	1,32	1,68	2,05	2,70		
320	0,20	0,48	0,82	1,25	1,74	2,23	2,69			
360	0,26	0,62	1,06	1,55	2,16	2,80				
400	0,33	0,77	1,28	1,88	2,63	3,38				
450	0,42	0,95	1,55	2,30	3,20					
500	0,50	1,15	1,86	2,75	3,93					
560	0,58	1,36	2,25	3,36						

Крайние допустимые значения для линейных скоростей: минимально 7 *м/сек*, максимально 30 *м/сек*.

Табл. 105 дает линейную скорость в *м/сек*: найти число оборотов в столбце, соответствующем диаметру шкива. Прочесть скорость в крайнем столбце слева.

Расчет тангенциального усилия. Для вычисления нагрузок, обусловленных натяжением ремней, фактическое натяжение ремня берется равным примерно пятикратному тангенциальному усилию T:

$$T = \frac{N \cdot 75 \cdot 60 \cdot 100}{\pi D n} \text{ кг},$$

где N — мощность, *л. с.*;

D — диаметр шкива, *см*;

n — скорость вращения, *об/мин*.

Эта величина $5T$, которая выбирается непосредственно из графика (рис. 69), в зависимости от мощности, диаметра шкива и скорости является основой расчета. Если ремень оборудован натяжным роликом, получаемое усилие можно уменьшить наполовину.

Пример. 3,68 *квт* (5 *л. с.*) при 350 *об/мин*; шкив 350 *мм*; усилие: 300 *кгс·м* для работы без натяжного ролика, 150 *кгс·м* для ремня с натяжным роликом.

Таблица 105

Линейная скорость в зависимости от диаметра шкива (в *м/сек*)

Скорость, *м/сек*	Линейная скорость при диаметре шкива, *мм*																	
	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600	1800
0,50	96	64	48	38	32	27	24	21	19	16	14	12	10	9	8	7	6	5
0,75	144	96	72	58	48	41	36	32	29	24	21	18	16	14	12	10	9	8
1,00	192	128	96	76	64	55	48	42	38	32	28	24	21	19	16	14	12	10
1,25	240	160	120	96	80	68	60	53	48	40	34	30	26	24	20	17	15	13
1,50	288	192	144	116	96	82	72	64	58	48	41	36	32	29	24	20	18	16
1,75	336	224	168	134	112	96	84	74	67	56	48	42	37	33	28	24	21	19
2,00	384	256	192	154	128	110	96	84	77	64	55	48	43	38	32	28	24	21
2,50	480	320	240	192	160	136	120	106	96	80	68	60	53	48	40	34	30	27
3,00	576	384	288	230	192	165	144	128	115	96	83	72	64	57	48	42	36	32
3,50	672	448	336	268	224	192	168	148	134	112	96	84	75	67	56	48	42	37
4,00	768	512	384	308	256	220	192	168	154	128	110	96	84	77	64	55	48	42
4,50	864	576	432	344	288	246	216	190	172	144	123	108	96	86	72	62	54	48
5,00	960	640	480	384	320	272	240	212	192	160	136	120	106	96	80	68	60	53
5,50	1056	704	528	420	352	301	264	234	210	176	150	132	117	105	88	75	66	58
6,00	1152	768	576	460	384	330	288	256	230	192	165	144	128	115	96	82	72	64
6,50	1248	832	624	496	416	357	312	276	248	208	178	156	138	124	104	89	78	69
7,00	1344	896	672	536	448	384	336	296	268	224	192	168	149	134	112	96	84	75
7,50	1440	960	720	580	480	412	360	316	288	240	206	180	160	144	120	103	90	80
8,00	1536	1024	768	612	512	440	384	338	306	256	220	192	170	153	128	110	96	85
8,50	1632	1088	816	652	544	466	408	362	326	272	233	204	182	163	136	116	102	91
9,00	1728	1152	864	688	576	492	432	385	344	288	246	216	192	172	144	123	108	96
9,50	1824	1216	912	728	608	518	456	402	364	304	259	228	201	182	152	130	114	100

Продолжение табл. 105

Скорость, *м/сек*	Линейная скорость при диаметре шкива, *мм*																	
	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600	1800
10,00	1920	1280	960	768	640	544	480	424	384	320	272	240	212	192	160	136	120	106
11,00	2112	1408	1056	844	704	602	528	468	422	352	301	264	234	211	176	150	132	117
12,00	2304	1516	1152	920	768	660	576	512	460	384	330	288	256	230	192	165	144	128
13,00	2496	1664	1248	1000	832	714	624	553	500	416	357	312	276	250	208	178	156	138
14,00	2688	1792	1344	1080	896	768	672	596	540	448	384	336	298	268	224	192	168	149
15,00	2880	1920	1440	1160	960	824	720	640	580	480	412	360	316	288	240	206	180	158
16,00	3072	2048	1536	1228	1024	880	768	680	614	512	440	384	340	307	256	220	192	170
17,00	3264	2176	1632	1304	1088	932	816	724	652	544	466	408	362	326	272	233	204	181
18,00	3456	2304	1728	1380	1152	984	864	770	690	576	492	432	384	345	288	246	216	192
19,00	3648	2432	1824	1456	1216	1036	912	810	728	608	518	456	402	364	304	259	228	201
20,00	3840	2560	1920	1536	1280	1088	960	850	768	640	544	480	424	384	320	272	240	212
21,00	4032	2688	2016	1612	1344	1146	1008	895	806	672	578	504	446	403	336	289	252	223
22,00	4224	2816	2112	1688	1408	1204	1056	940	844	704	602	528	468	422	352	301	264	234
23,00	4416	2924	2208	1764	1472	1262	1104	980	882	736	631	552	490	441	368	316	276	245
24,00	4608	3032	2304	1840	1536	1320	1152	1024	920	768	660	572	512	460	384	330	288	256
25,00	4800	3180	2400	1920	1600	1374	1200	1065	960	800	687	600	532	480	400	344	300	266
26,00	4992	3328	2496	2000	1664	1428	1248	1106	1000	832	714	624	553	500	416	357	312	277
27,00	5184	3456	2592	2072	1728	1482	1296	1150	1036	864	741	648	575	518	432	370	324	288
28,00	5376	3584	2683	2148	1792	1536	1344	1194	1074	896	768	672	597	537	448	384	336	299
29,00	5568	3712	2784	2224	1856	1592	1392	1236	1112	928	796	696	618	556	464	398	348	309
30,00	5760	3840	2880	2304	1920	1648	1440	1280	1152	960	824	720	640	576	480	412	360	320
31,00	5952	3968	2976	2380	1984	1704	1488	1324	1190	992	852	744	662	595	496	426	372	331
32,00	6144	4096	3072	2456	2048	1760	1536	1364	1228	1024	880	768	682	614	512	440	384	341

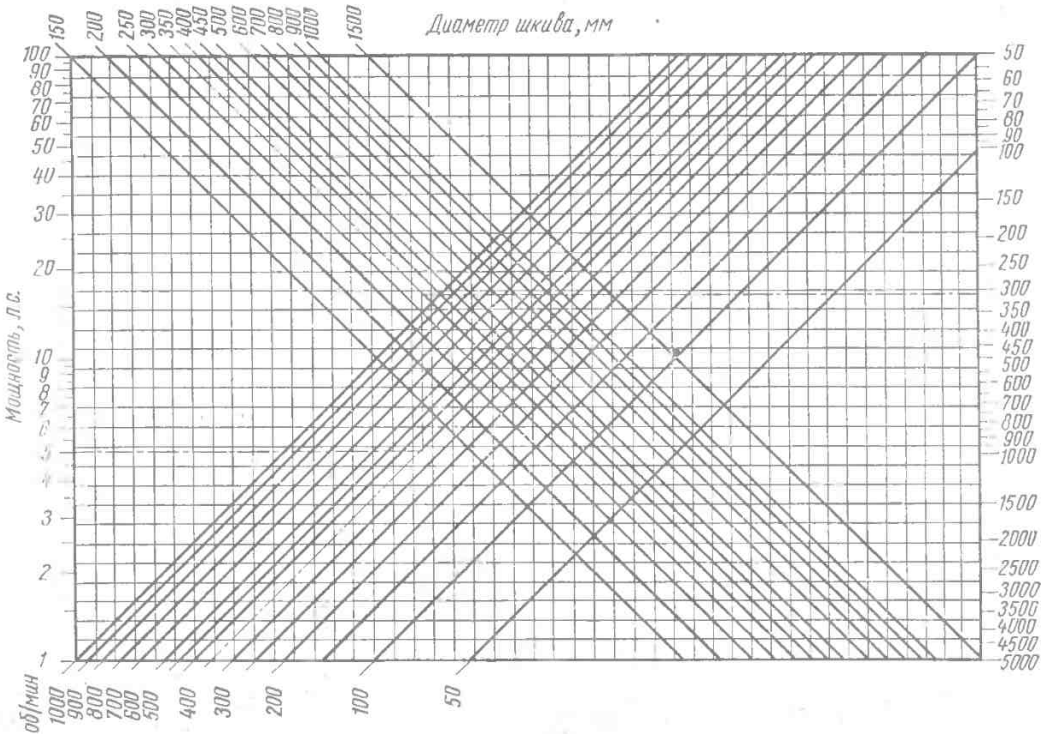


Рис. 69. Диаграмма для расчета тангенциального усилия.

Нагрузку $5T$ в некоторых особых случаях, когда натяжение ремня слишком велико, следует увеличить, а именно в случае уменьшенного расстояния между осями шкивов или повышенного отношения между диаметрами связанных шкивов, а также использования канатного привода.

Если привод осуществляется через цилиндрическую зубчатую передачу, соответствующая практическая нагрузка принимается равной трехкратному тангенциальному усилию. Этот коэффициент 3 берется для учета толчков, вызываемых зацеплением.

В случае конических зубчатых передач радиальная нагрузка $3T$ является такой же, как и для цилиндрических передач того же начального диаметра, но существует дополнительная аксиальная нагрузка, которая, как правило, требует специальных устройств с упорными шарикоподшипниками.

В случае применения очень массивных передач необходимо учитывать также массу вращающихся деталей.

Определяя полную нагрузку на подшипники, необходимо учитывать также паразитные усилия, сотрясения, производимые ремнями в местах соединений, вибрации, обусловленные дефектами равновесия, и т. п.

После определения всех существующих усилий вычисляется нагрузка на подшипники разложением усилий в соответствии с их расстоянием от подшипников.

Расчет угла охвата определяется отдельно для каждого вида передачи в зависимости от расположения ремней (табл. 106).

а) При прямом расположении. Вычислить разность радиусов $R - r$ в *мм*. Установить величину угла охвата по левой колонке против разности $(R - r)$, читаемой в колонке межцентрового расстояния E.

б) При перекрестном расположении. Вычислить сумму радиусов $R + r$ в *мм*. Установить искомый угол по правой колонке напротив суммы $(R + r)$, читаемой в колонке межцентрового расстояния E.

в) При полуперекрестном расположении. Вычислить разность $R - r$ в *мм*. Установить искомый угол в левой колонке напротив разности $(R - r)$, читаемой в колонке межцентрового расстояния E, и уменьшить найденный угол на 15%.

Расчет сечения ремня. Когда скорость ремня превышает 10 *м/сек*, необходимо принимать во внимание центробежную силу.

Таким образом, различают два случая:

1. Скорость меньше 10 *м/сек*. Сечение ремня определяется по формуле

$$S = \frac{T_1}{U},$$

где S — сечение, *см*^{2};

U — предел прочности на усталость, *кгс/см*^{2};

T_1 — натяжение ведущей ветви; выражается соотношением $T_1 = P + T_2$, *кгс·м*;

T_2 — то же для ведомой ветви; выражается соотношением

$$T_2 = \frac{P}{e^{i\alpha} - 1} = \frac{P}{m}.$$

Таблица 106

Угол охвата

Угол охвата для прямого расположения, *град*	Величины $R-r$ или $R+r$ для межцентрового расстояния, *м*																		Угол охвата для перекрестного расположения, *град*
	0,5	1	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	8	9	
180																			181
179	7,3	14,6	18,2	21,8	25,5	29	36,4	43,6	51	58	65,5	73	80	87,5	95	102	116	131	181
178	8,4	17	21,8	26,2	30,5	35	43,6	52,3	61	70	78,4	87	96	105	113	122	139	157	182
177	13,1	26,1	32,7	39	46	52	65,5	78,5	91,5	105	118	131	144	157	170	183	210	235	183
176	17	35	43,5	52,5	61	70	87,5	105	122	140	157	175	192	210	227	245	280	314	184
175	22	43	54	65	76	88	108	131	153	175	197	218	240	262	284	305	348	382	185
174	26	52	65	78	81	105	131	157	183	210	236	262	288	314	350	366	418	472	186
173	30	61	76	91	107	122	153	184	214	245	275	306	336	367	398	428	490	550	187
172	35	70	87	105	123	140	175	210	245	280	314	350	385	420	455	490	560	630	188
171	39	78	98	118	137	157	196	236	275	314	353	392	432	472	510	550	628	705	189
170	43	87	108	131	153	175	218	262	306	350	394	435	480	525	568	612	700	785	190
169	48	96	120	144	168	192	240	288	336	384	432	480	528	575	643	672	768	864	191
168	52	104	130	157	183	209	261	314	366	417	470	522	575	626	678	730	836	940	192
167	56	113	141	170	198	226	283	340	396	453	510	566	623	680	736	792	905	1020	193
166	61	122	152	182	213	243	304	365	426	486	547	608	670	730	782	852	974	1096	194
165	65	130	163	196	228	261	326	392	456	533	586	652	718	782	849	914	1042	1200	195
164	69	139	174	209	244	278	348	418	487	556	626	695	766	835	905	975	1103	1250	196
163	74	148	185	222	259	296	370	443	517	581	665	740	812	886	960	1035	1180	1330	197
162	78	156	195	235	274	313	391	479	547	625	704	781	860	938	1030	1095	1245	1410	198
161	82	165	206	247	289	330	412	495	576	660	741	825	906	990	1070	1155	1320	1485	199
160	87	173	217	260	304	347	434	520	608	694	780	868	955	1040	1130	1215	1390	1565	200
159	91	182	228	273	319	364	456	546	638	730	820	910	1000	1090	1185	1275	1455	1640	201

Продолжение табл. 106

Угол охвата для прямого расположения, *град*	Величины $R-r$ или $R+r$ для межцентрового расстояния, *м*																		Угол охвата для перекрестного расположения, *град*
	0,5	1	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	8	9	
158	95	191	239	286	334	382	477	572	667	764	860	955	1050	1145	1240	1335	1525	1720	202
157	100	200	250	295	349	395	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1600	1800	203
156	104	208	260	312	364	415	520	625	727	832	935	1040	1145	1250	1350	1455	1665	1870	204
155	108	216	271	325	379	434	540	650	760	865	970	1080	1190	1295	1400	1510	1725	1940	205
154	112	225	281	337	394	450	561	675	786	900	1012	1125	1235	1350	1460	1575	1800	2025	206
153	117	233	292	350	408	466	583	700	817	935	1050	1170	1285	1450	1520	1635	1870	2100	207
152	121	242	302	363	423	483	605	725	845	965	1090	1210	1330	1450	1570	1690	1935	2180	208
151	125	250	313	376	438	502	626	751	877	1004	1130	1250	1380	1500	1630	1750	2000	2260	209
150	129	259	324	388	454	518	646	775	905	1035	1160	1290	1415	1545	1675	1805	2060	2320	210
149	133	267	335	402	467	535	669	802	935	1070	1200	1335	1470	1600	1735	1870	2130	2400	211
148	138	276	344	413	483	552	690	828	965	1100	1240	1380	1515	1655	1790	1930	2202	2480	212
147	142	284	355	426	497	567	710	852	995	1135	1275	1420	1560	1705	1845	1985	2270	2550	213
146	146	292	366	438	512	585	730	877	1020	1170	1315	1465	1610	1760	1900	2050	2340	2630	214
145	150	300	375	450	525	600	750	900	1050	1200	1350	1500	1650	1800	1950	2100	2400	2700	215
144	154	310	387	465	542	620	775	930	1080	1235	1390	1545	1700	1855	2000	2160	2470	2780	216
143	158	318	397	476	555	635	795	952	1110	1270	1430	1585	1745	1900	2060	2220	2540	2850	217
142	163	326	408	489	570	652	815	975	1140	1300	1465	1630	1790	1950	2120	2280	2600	2930	218
141	167	334	418	501	585	668	835	1000	1170	1335	1500	1670	1835	2000	2170	2340	2670	3000	219
140	171	342	428	512	600	685	855	1025	1200	1370	1540	1710	1880	2025	2220	2390	2740	3080	220
139	175	350	438	525	614	700	875	1050	1225	1400	1575	1750	1925	2100	2275	2450	2800	3145	221
138	179	358	448	536	626	715	895	1075	1255	1435	1610	1790	1970	2150	2330	2505	2870	3230	222
137	183	366	458	550	642	732	915	1100	1280	1465	1650	1830	2010	2200	2380	2560	2930	3300	223
136	188	375	468	562	656	750	935	1125	1315	1500	1690	1880	2070	2250	2440	2615	3000	3380	224

2. Скорость, превышающая 10 *м/сек*. Необходимо учитывать центробежную силу, которая определяется выражением

$$\frac{PV^2}{g},$$

где P — масса 1 *м* ремня сечением 1 *см*², *кг*;
g — ускорение силы тяжести, *м/сек*²;
V — скорость, *м/сек*.

Объемная масса ремней мало отличается от единицы. Для упрощения расчетов можно принять ее равной 0,981. Тогда масса 1 *м* ремня P сечением 1 *см*² будет равна 0,0981 *кг* и центробежная сила будет выражена

$$\frac{PV^2}{g} = \frac{0{,}0981V^2}{9{,}81} = 0{,}01V^2.$$

Центробежные силы имеют следующее значение:

V	$\frac{PV^2}{g}$	V	$\frac{PV^2}{g}$	V	$\frac{PV^2}{g}$
10	1	15	2,3	24	5,9
11	1,2	16	2,6	25	6,4
12	1,4	18	3,3	28	8
13	1,7	20	4,1	30	9,2
14	2	22	5	40	16,3

Сечение ремня определяется по формуле

$$S = \frac{T_1}{U - 0{,}01V^2},$$

причем T, U и V вычисляются аналогично описанному выше.

Расчет ширины и толщины ремней. Ширина и толщина ремня выбираются в зависимости от его сечения, размеров шкивов, линейной скорости, условий работы и т. п.

Для передач, подверженных частым пускам и остановкам, следует выбирать узкие и толстые ремни.

Для скоростей выше 20 *м/сек* предпочтительно пользоваться узкими и толстыми ремнями с большим моментом инерции сечения и меньшей вибрацией по сравнению с широкими тонкими ремнями.

Определив ширину и толщину ремня, необходимо убедиться в том, что ремень плотно прилегает к шкиву и условия его набегания приемлемы.

Иногда для определения ширины ремня пользуются эмпирической формулой

$$l = \frac{10N}{V},$$

где l — ширина ремня, *см*;
N — мощность, *л. с.*;
V — скорость ремня, *м/сек*.

(Ширина ремня l должна быть такова, чтобы 1000 *см*² этого ремня проходила за секунду при мощности 1 *л. с.*).

Развернутая длина ремня определяется при помощи:
нерастяжимой мерной ленты непосредственно на месте;

курвиметра на масштабном чертеже;
следующей формулы:

$$L = 3{,}14\,(R + r) + cE,$$

где L — развернутая длина ремня;
R и r — радиусы шкивов;
E — межцентровое расстояние, *м*;
c — коэффициент, зависящий от угла охвата и положения ремня (табл. 107).

Таблица 107

Коэффициент c в зависимости от угла охвата

Угол охвата при положении ремня, *град*		Коэффициент c
прямом	перекрестном	
180	180	2
170	190	2,008
160	200	2,03
150	210	2,07
140	220	2,12
130	230	2,18
120	240	2,26

Расчет клиноременной передачи. Рекомендуются следующие способы расчета.

Способ расчета	Пример
1. *Необходимые данные*	*Дано*
Мощность двигателя	Мощность двигателя 25 *л. с.*
Скорость вращения двигателя	Скорость вращения двигателя 1440 *об/мин*
Скорость вращения установки	Скорость вращения установки 540 *об/мин*
Требуемое межцентровое расстояние	Требуемое межцентровое расстояние 640 *мм*
Вид двигателя	Двигатель асинхронный с короткозамкнутым ротором
Установка, приводимая в движение	Центробежный вентилятор
2. *Выбор сечения ремня*	
Выбирать сечение ремня в соответствии с мощностью и скоростью вращения двигателя (табл. 108)	В табл. 108 указывается, что для мощности 25 *л. с.* и скорости 1440 *об/мин* рекомендуется сечение 22·14 *мм*
3. *Определение эффективной мощности для передачи*	
При расчете передачи необходимо принимать во внимание вид двигателя и установки, которая приводится в движение, т. е. характер работы, которую должна обеспечить передача	Для вентилятора, приводимого в действие электродвигателем с короткозамкнутым ротором, дается коэффициент вида работы 1,2 (см. стр. 389).

Эффективной мощностью называется произведение мощности двигателя и коэффициента вида работы. Эта эффективная мощность должна использоваться для расчета передач

Следовательно, эффективная мощность равна:
$25 \cdot 1{,}2 = 30$ *л. с.*, или
22,08 *квт*

4. Определение передаточного отношения

Отношение равно

$$R = \frac{\text{скорость вращения двигателя}}{\text{скорость вращения установки}}$$

или обратное отношение, если установка вращается быстрее двигателя (повышающая передача)

Для выбранного примера отношение R равно

$$\frac{1400}{540} = 2{,}67$$

5. Выбор диаметра шкивов

А. Определить примерную величину диаметра D большого шкива, учитывая число оборотов и линейную скорость

$$V = 0{,}5233DN \begin{cases} V, \text{ м/сек;} \\ D, \text{ м;} \\ N, \text{ об/мин.} \end{cases}$$

Следовательно,

$$D = \frac{V}{0{,}0523N},$$

V — по возможности 15—20 *м/сек* при максимуме 25 *м/сек*.

Определить примерную величину диаметра d малого шкива

$$d = \frac{D}{R}.$$

Б. Выбрать шкивы, диаметры которых максимально приближаются к вычисленным диаметрам, сохраняя при этом требуемое отношение

$$R = \frac{D}{d}.$$

Диаметр D большого шкива для выбранной скорости V, равной 20 *м/сек*,

$$D = \frac{20}{0{,}0523 \cdot 540} = 0{,}710 \text{ м}.$$

Диаметр d малого шкива

$$d = \frac{0{,}710}{2{,}67} = 0{,}265 \text{ м}.$$

Наиболее близкие сочетания, существующие в стандартизованных шкивах, таковы:
$D = 716$ и 616 *см*,
$d = 266$ и 231 *см*;
для этих шкивов:
$R = 2{,}69$ и $2{,}66$,
$V = 20$ и $17{,}50$ *м/сек*.

Если должно быть точно соблюдено требуемое отношение 2,67, оставляется сочетание:

$D = 616$ *см*,
$d = 231$ *см*, что дает
$R = 2{,}66$.

Если $R > 3$ или работа неравномерная, d должен быть больше минимального диаметра

Примечание. d должен быть выше или равен минимальному диаметру, указанному в таблице каталога.

Вместо того чтобы сначала определять D, иногда может оказаться необходимым выбрать d, равное минимальному диаметру (в случае больших отношений или больших скоростей)

6. Определение длины ремней

Начальная длина ремней определяется по формуле

$$L = 2E + 1{,}57\,(D + d) + \frac{(D-d)^2}{4E}, \qquad (1$$

где L — начальная длина ремня;

D — диаметр большого шкива;

d — диаметр малого шкива;

E — межцентровое расстояние.

Вычислить межцентровое расстояние для заданного ремня с достаточной точностью можно следующим образом.

Формулу (1) можно записать

$$L = 2E + A + \frac{B}{E}$$

при

$$A = 1{,}57\,(D + d)$$

и

$$B = \frac{(D-d)^2}{4}.$$

Вычислить

$$E' = \frac{L - A}{2}.$$

Затем межцентровое расстояние

$$E'' = E' - \frac{B}{2E'}.$$

Начальная длина ремня для требуемого межцентрового расстояния 640 *мм* такова:

$$L = 2 \cdot 640 + 1{,}57\,(616 + 231) + \frac{(616-231)^2}{4 \cdot 640} = 2667 \text{ мм}$$

Выбрать в каталоге ремень, причем наиболее близким к полученной величине окажется ремень с начальной длиной $L = 2719$ *мм*.

Вычисление межцентрового расстояния для этого ремня

$$A = 1{,}57\,(616 + 231) = 1329.$$

$$B = \frac{(616-231)^2}{4} = 37\,056,$$

$$E' = \frac{2719 - 1329}{2} = 695.$$

Межцентровое расстояние

$$E'' = 695 - \frac{37\,056}{2 \cdot 695} = 668 \text{ мм}$$

Оптимальное межцентровое расстояние: один-полтора диаметра большого шкива

7. Определение мощности, передаваемой ремнем

А. Вычислить линейную скорость

$V = 0{,}0523dn$ (см. п. 5А)

$V = 0{,}0523 \cdot 0{,}231 \cdot 1450 =$

$= 17{,}50$ *м/сек*.

Табл. 109 указывает для каждого сечения ремня примерную мощность p, передаваемую ремнем в зависимости от линейной скорости и от диаметра малого шкива для угла охвата 180°

В табл. 109 дается для скорости 17,5 *м/сек* и диаметра 231 $p = 9{,}7$ *л. с.*

$$\frac{D-d}{E} = \frac{616-231}{668} = 0{,}57$$

Б. Поправка на угол охвата

Вычислить $\dfrac{D-d}{E}$.

В табл. 110 приводится величина поправочного коэффициента f угла охвата в зависимости от указанного выше отношения

Табл. 110 рекомендует для наиболее близкого отношения (0,6)

$f = 0{,}91$

В. Вычислить чистую мощность, передаваемую ремнем

Чистая мощность = номинальная мощность $p \times$ коэффициент f

Чистая мощность, передаваемая ремнем:

$pf = 9{,}7 \cdot 0{,}91 = 8{,}8$ *л. с.*

или 6,5 *квт*

Г. Проверить число пробегов в секунду

Убедиться, что $\dfrac{V}{L}$ меньше 10

$\dfrac{V}{L} = \dfrac{17{,}50}{2{,}719} = 6{,}5$ пробегов в секунду

8. Число приводных ремней

$$\text{Число приводных ремней} = \frac{\text{эффективная мощность } TR \text{ (вычисления в п. 3)}}{\text{чистая мощность на 1 ремень (вычисления в п. 7}}$$

Для заданной передачи необходимо предусмотреть

$$\frac{30}{8{,}8} = 3{,}4 \text{ ремня},$$

т. е. 4 ремня с начальной длиной 2719 *мм*

Применять число ремней, равное или ближайшее большее по величине, чем полученное

Таблица 108

Сечение ремня в зависимости от передаваемой мощности и скорости вращения малого шкива

Мощность, *л. с.*	При скорости вращения, *об/мин*									
	500	600	720	960	1200	1440	1800	2000	2400	2880
2	—	—	13×8	13×8	13×8	13×8	13×8	13×8	13×8	13×8
3	—	—	13×8	13×8	13×8	13×8	13×8	13×8	13×8	13×8
5	17×11	17×11	17×11	17×11	13×8	13×8	13×8	13×8	13×8	13×8
7,5	22×14	22×14	17×11	17×11	17×11	17×11	17×11	13×8	13×8	13×8
10	22×14	22×14	22×14	17×11	17×11	17×11	17×11	17×11	17×11	17×11
15	22×14	22×14	22×14	22×14	22×14	22×14	22×14	17×11	17×11	17×11
20	22×14	22×14	22×14	22×14	22×14	22×14	22×14	17×11	17×11	17×11
25	32×19	22×14	22×14	22×14	22×14	22×14	22×14	22×14	22×14	17×11
30	32×19	32×19	22×14	22×14	22×14	22×14	22×14	22×14	22×14	22×14
40	32×19	32×19	32×19	22×14	22×14	22×14	22×14	22×14	22×14	22×14
50	32×19	32×19	32×19	32×19	32×19	22×14	22×14	22×14	22×14	22×14
60	32×19	32×19	32×19	32×19	32×19	32×19	22×14	22×14	22×14	22×14
75	32×19	32×19	32×19	32×19	32×19	32×19	22×14	22×14	22×14	—
100	38×25	38×25	32×19	32×19	32×19	32×19	22×14	22×14	22×14	—
125	38×25	38×25	38×25	32×19	32×19	32×19	22×14	22×14	—	—
150	38×25	38×25	38×25	38×25	38×25	32×19	22×14	—	—	—
200	38×25	38×25	38×25	38×25	38×25	32×19	—	—	—	—
250	38×25	38×25	38×25	38×25	38×25	—	—	—	—	—

Таблица 109

Полная мощность, передаваемая ремнем (в *л. с.*) для угла охвата 180°
Сечение 10×6 *мм*

Линейная скорость, *м/сек*	Мощность (в *л. с.*) при диаметре малого шкива, *мм*				
	50	55	60	65	70 и выше
5	0,34	0,37	0,39	0,41	0,43
5,5	0,37	0,4	0,43	0,45	0,47
6	0,41	0,44	0,46	0,49	0,51
6,5	0,44	0,47	0,5	0,53	0,55
7	0,47	0,51	0,53	0,57	0,59
7,5	0,5	0,54	0,57	0,6	0,63
8	0,53	0,57	0,6	0,64	0,66
8,5	0,56	0,6	0,63	0,67	0,7
9	0,58	0,63	0,66	0,71	0,73
9,5	0,6	0,66	0,7	0,74	0,77
10	0,63	0,69	0,73	0,77	0,8
10,5	0,66	0,72	0,76	0,8	0,83
11	0,68	0,75	0,78	0,83	0,87
11,5	0,7	0,78	0,82	0,86	0,9
12	0,72	0,8	0,84	0,89	0,93
12,5	0,75	0,82	0,87	0,92	0,96
13	0,77	0,84	0,89	0,95	0,99
13,5	0,79	0,86	0,91	0,97	1,02
14	0,8	0,88	0,93	1	1,04
14,5	0,82	0,9	0,96	1,02	1,07
15	0,83	0,91	0,98	1,04	1,09
15,5	0,85	0,93	1	1,06	1,11
16	0,86	0,94	1,02	1,08	1,13
16,5	—	0,96	1,04	1,1	1,15
17	—	0,97	1,05	1,12	1,17
17,5	—	0,98	1,06	1,13	1,18
18	—	—	1,07	1,14	1,19
18,5	—	—	1,07	1,15	1,21
19	—	—	1,08	1,16	1,22
19,5	—	—	—	1,16	1,22
20	—	—	—	1,17	1,23

Сечение 13×8 *мм*

Линейная скорость, *м/сек*	Мощность (в *л. с.*) при диаметре малого шкива, *мм*								
	70	75	80	85	90	95	100	110	120 и выше
5	0,63	0,7	0,76	0,81	0,86	0,91	0,93	1	1,05
5,5	0,69	0,77	0,84	0,89	0,94	1	1,02	1,1	1,15
6	0,75	0,84	0,91	0,96	1,02	1,08	1,11	1,19	1,25
6,5	0,81	0,9	0,97	1,04	1,1	1,16	1,2	1,2	1,36
7	0,87	0,98	1,04	1,12	1,18	1,25	1,28	1,38	1,45
7,5	0,92	1,03	1,11	1,19	1,26	1,32	1,37	1,47	1,55
8	0,98	1,08	1,17	1,26	1,34	1,4	1,46	1,56	1,65
8,5	1,03	1,15	1,24	1,34	1,42	1,49	1,54	1,65	1,75
9	1,08	1,2	1,31	1,41	1,49	1,56	1,62	1,74	1,84
9,5	1,13	1,26	1,37	1,48	1,56	1,64	1,7	1,83	1,94
10	1,18	1,32	1,43	1,54	1,63	1,71	1,78	1,91	2,02
10,5	1,23	1,37	1,49	1,6	1,7	1,78	1,85	2	2,11
11	1,28	1,42	1,55	1,66	1,78	1,85	1,92	2,08	2,19
11,5	1,32	1,47	1,6	1,72	1,84	1,92	2	2,15	2,28
12	1,36	1,52	1,65	1,78	1,9	1,98	2,07	2,23	2,36
12,5	1,39	1,56	1,7	1,84	1,96	2,05	2,14	2,3	2,45
13	1,43	1,6	1,75	1,89	2,02	2,11	2,2	2,37	2,53
13,5	1,46	1,65	1,8	1,94	2,08	2,17	2,27	2,44	2,6
14	1,50	1,68	1,84	1,99	2,13	2,24	2,33	2,52	2,68
14,5	1,52	1,72	1,88	2,04	2,18	2,29	2,39	2,58	2,74
15	1,55	1,75	1,92	2,08	2,23	2,34	2,45	2,65	2,81
15,5	1,57	1,78	1,96	2,12	2,28	2,39	2,5	2,71	2,87
16	1,59	1,81	1,99	2,16	2,31	2,44	2,55	2,76	2,93
16,5	1,61	1,84	2,02	2,2	2,35	2,49	2,6	2,82	2,99
17	1,62	1,86	2,05	2,23	2,39	2,53	2,64	2,87	3,05
17,5	1,64	1,88	2,08	2,26	2,42	2,57	2,68	2,92	3,1
18	1,65	1,89	2,1	2,29	2,45	2,6	2,72	2,96	3,15
18,5	1,65	1,9	2,12	2,31	2,48	2,64	2,76	3	3,2
19	1,66	1,91	2,14	2,33	2,5	2,66	2,79	3,04	3,24
19,5	1,65	1,91	2,15	2,35	2,53	2,68	2,82	3,08	3,28
20	1,64	1,92	2,15	2,36	2,55	2,71	2,84	3,11	3,32
21	1,62	1,91	2,15	2,37	2,57	2,74	2,88	3,15	3,37
22	1,59	1,89	2,14	2,37	2,58	2,76	2,91	3,18	3,42
23	1,53	1,85	2,11	2,35	2,57	2,76	2,92	3,2	3,44
24	1,46	1,8	2,06	2,32	2,54	2,74	2,9	3,2	3,45
25	1,37	1,72	2	2,27	2,5	2,7	2,87	3,18	3,44

Сечение 17×11 *мм*

Линейная скорость, *м/сек*	Мощность (в *л. с.*) при диаметре малого шкива, *мм*							
	108	118	128	138	148	158	168	178 и выше
5	1,02	1,2	1,34	1,45	1,56	1,64	1,72	1,85
5,5	1,12	1,31	1,46	1,59	1,7	1,78	1,88	2,04
6	1,23	1,42	1,6	1,73	1,84	1,96	2,03	2,19
6,5	1,32	1,54	1,72	1,88	1,98	2,11	2,2	2,34
7	1,41	1,64	1,84	2	2,12	2,27	2,47	2,5
7,5	1,56	1,75	1,96	2,13	2,26	2,43	2,52	2,64
8	1,58	1,85	2,08	2,25	2,39	2,58	2,69	2,81
8,5	1,67	1,95	2,2	2,38	2,53	2,73	2,84	2,97
9	1,76	2,04	2,3	2,5	2,66	2,86	3	3,12
9,5	1,84	2,14	2,41	2,63	2,8	3	3,15	3,31
10	1,92	2,25	2,53	2,75	2,93	3,13	3,29	3,46
10,5	2	2,32	2,62	2,87	3,05	3,27	3,45	3,59
11	2,07	2,42	2,72	2,97	3,18	3,41	3,58	3,74
11,5	2,13	2,5	2,83	3,08	3,29	3,54	3,72	3,87
12	2,2	2,58	2,92	3,2	3,43	3,67	3,86	4,04
12,5	2,25	2,66	3,02	3,3	3,53	3,78	4	4,15
13	2,3	2,74	3,12	3,4	3,65	3,82	4,11	4,3
13,5	2,36	2,8	3,2	3,5	3,75	4,02	4,23	4,44
14	2,4	2,86	3,28	3,57	3,87	4,12	4,36	4,55
14,5	2,44	2,94	3,36	3,67	3,98	4,22	4,46	4,66
15	2,48	3	3,43	3,75	4,07	4,34	4,58	4,78
15,5	2,51	3,05	3,5	3,81	4,15	4,4	4,67	4,88
16	2,55	3,1	3,54	3,9	4,25	4,5	4,77	5
16,5	2,57	3,13	3,6	3,96	4,34	4,54	4,87	5,1
17	2,6	3,17	3,65	4,02	4,42	4,67	4,96	5,2
17,5	2,62	3,21	3,69	4,08	4,47	4,75	5,05	5,3
18	2,63	3,22	3,72	4,12	4,52	4,8	5,13	5,4
18,5	2,64	3,24	3,75	4,17	4,58	4,89	5,2	5,49
19	2,64	3,26	3,78	4,22	4,63	4,95	5,3	5,58
19,5	2,63	3,28	3,82	4,25	4,67	5	5,34	5,63
20	2,61	3,3	3,85	4,3	4,72	5,02	5,39	5,72
21	2,57	3,29	3,88	4,35	4,77	5,15	5,49	5,84
22	2,51	3,26	3,86	4,36	4,81	5,21	5,55	5,91
23	2,41	3,2	3,86	4,35	4,84	5,25	5,6	6
24	2,28	3,12	3,8	4,31	4,82	5,23	5,64	6,07
25	2,12	3,02	3,7	4,25	4,75	5,2	5,6	6,07

Сечение 22×14 *мм*

Линейная скорость, *м/сек*	Мощность (в *л. с.*) при диаметре малого шкива, *мм*							
	180	192	204	221	231	241	253	266 и выше
5	2,28	2,55	2,78	3,06	3,21	3,35	3,5	3,63
5,5	2,52	2,76	3,03	3,35	3,51	3,65	3,8	4
6	2,74	3,02	3,31	3,66	3,85	4	4,15	4,35
6,5	2,96	3,28	3,6	3,97	4,15	4,3	4,5	4,65
7	3,17	3,52	3,86	4,25	4,45	4,6	4,8	5
7,5	3,36	3,75	4,11	4,52	4,75	4,95	5,12	5,38
8	3,57	4	4,36	4,8	5	5,25	5,5	5,7
8,5	3,78	4,23	4,63	5,08	5,3	5,55	5,85	6,05
9	3,97	4,45	4,87	5,33	5,6	5,85	6,15	6,4
9,5	4,16	4,66	5,1	5,61	5,9	6,15	6,5	6,7
10	4,33	4,86	5,33	5,88	6,18	6,46	6,77	7,03
10,5	4,5	5,07	5,57	6,15	6,45	6,75	7,1	7,4
11	4,67	5,26	5,8	6,4	6,7	7	7,4	7,7
11,5	4,87	5,46	6,03	6,65	6,95	7,3	7,7	8
12	5,01	5,65	6,24	6,87	7,2	7,6	8	8,3
12,5	5,15	5,82	6,45	7,1	7,45	7,85	8,3	8,6
13	5,32	6	6,65	7,34	7,7	8,1	8,55	8,9
13,5	5,47	6,18	6,86	7,56	7,9	8,35	8,85	9,2
14	5,61	6,36	7,04	7,77	8,15	8,6	9,1	9,5
14,5	5,76	6,53	7,23	8	8,4	8,85	9,4	9,75
15	5,9	6,7	7,4	8,2	8,65	9,1	9,6	10
15,5	6,01	6,85	7,57	8,4	8,85	9,3	9,9	10,2
16	6,13	6,99	7,75	8,58	9,1	9,5	10,2	10,5
16,5	6,24	7,13	7,91	8,8	9,3	9,75	10,4	10,8
17	6,34	7,26	8,06	9	9,5	9,95	10,6	11
17,5	6,44	7,38	8,2	9,2	9,7	10,1	10,8	11,2
18	6,51	7,48	8,33	9,35	9,9	10,3	11	11,4
18,5	6,58	7,58	8,45	9,52	10,1	10,5	11,15	11,6
19	6,65	7,67	8,55	9,67	10,2	10,7	11,3	11,8
19,5	6,7	7,73	8,65	9,8	10,3	10,9	11,5	12
20	6,74	7,8	8,7	9,92	10,5	11	11,7	12,2
21	6,8	7,9	8,88	10,1	10,7	11,3	12	12,5
22	6,83	8	9	10,3	10,9	11,5	12,2	12,8
23	6,81	8,04	9,1	10,4	11,1	11,7	12,5	13,1
24	6,74	8,04	9,15	10,5	11,2	11,9	12,6	13,3
25	6,62	7,97	9,1	10,5	11,3	11,9	12,7	13,4

Сечение 32×19 *мм*

Линейная скорость, *м/сек*	Мощность (в *л. с.*) при диаметре малого шкива, *мм*							
	300	310	320	340	360	380	400	430 и выше
5	4,6	4,8	5,3	5,7	6,1	6,4	6,7	7,1
5,5	5,1	5,3	5,8	6,3	6,7	7	7,4	7,8
6	5,5	5,8	6,4	6,8	7,2	7,5	8,1	8,5
6,5	6	6,3	6,7	7,4	7,9	8,2	8,7	9,2
7	6,4	6,7	7,3	7,9	8,4	8,7	9,3	9,8
7,5	6,7	7,1	7,8	8,4	8,9	9,4	10	10,5
8	7,1	7,5	8,3	8,9	9,5	9,9	10,7	11,2
8,5	7,6	8	8,8	9,4	10,1	10,4	11,2	11,8
9	8	8,4	9,2	9,9	10,6	11	11,8	12,4
9,5	8,4	8,7	9,7	10,4	11,2	11,6	12,5	13,1
10	8,7	9	10,2	10,8	11,6	12,2	13	13,7
10,5	9,1	9,6	10,5	11,3	12,2	12,6	13,6	14,3
11	9,5	10	11,4	11,8	12,8	13,1	14,2	14,9
11,5	9,8	10,4	11,3	12,3	13,2	13,7	14,8	15,5
12	10,2	10,7	11,8	12,8	13,7	14,2	15,3	16,1
12,5	10,6	11,1	12,2	13,2	14,1	14,8	15,8	16,6
13	10,8	11,4	12,6	13,6	14,6	15,2	16,5	17,3
13,5	11	11,8	13,1	14	15,1	15,8	17	17,8
14	11,4	12,2	13,3	14,4	15,5	16,2	17,5	18,4
14,5	11,7	12,5	13,6	14,7	15,9	16,7	18	18,9
15	12	12,7	14	15,1	16,3	17,1	18,4	19,4
15,5	12,2	13	14,4	15,5	16,8	17,5	18,8	19,8
16	12,5	13,3	14,6	15,8	17	18	19,4	20,3
16,5	12,7	13,6	15	16,2	17,4	18,4	19,8	20,8
17	13	13,8	15,2	16,5	17,8	18,7	20,3	21,3
17,5	13,2	14	15,5	16,8	18	19,1	20,5	21,5
18	13,3	14,2	15,8	17,1	18,5	19,5	21	22,1
18,5	13,5	14,4	16	17,4	18,8	19,8	21,5	22,5
19	13,6	14,6	16,2	17,6	19	20,2	21,9	22,9
19,5	13,7	14,7	16,4	17,9	19,4	20,5	22,2	23,2
20	13,9	14,8	16,6	18	19,5	20,8	22,5	23,5
21	14	15	16,7	18,4	20	21,3	23	24,2
22	14,1	15,1	16,9	18,8	20,4	21,7	23,6	24,8
23	14	15,2	17,1	19	20,7	22	24,2	25,3
24	13,9	15,1	17,1	19	20,9	22,3	24,4	25,6
25	13,6	14,9	17	19	21	22,4	24,7	25,9

Сечение 38×25 *мм*

Линейная скорость, *м/сек*	Мощность (в *л. с.*) при диаметре малого шкива, *мм*								
	500	525	550	575	600	625	650	675	700 и выше
5	7,6	8,1	8,6	9	9,3	9,8	10,1	10,4	10,8
5,5	8,3	8,9	9,3	9,8	10,4	10,8	11,2	11,5	11,9
6	9	9,7	10,2	10,7	11,3	11,8	12,1	12,4	13
6,5	9,7	10,4	11,1	11,5	12,2	12,8	13,1	13,5	13,9
7	10,4	11,3	11,9	12,4	13,1	13,7	13,7	14,5	15
7,5	11,2	12	12,7	13,3	14	14,6	15	15,5	15,9
8	11,9	12,8	13,5	14,2	14,8	15,6	16	16,5	17
8,5	12,4	13,4	14,3	15	15,7	16,5	16,9	17,4	17,9
9	13,2	14,2	15	15,8	16,6	17,6	17,9	18,4	19
9,5	13,8	14,9	15,8	16,3	17,4	18,5	18,8	19,4	20
10	14,4	15,5	16,5	17,3	18,2	19,4	19,6	20,2	20,8
10,5	15,1	16,2	17,3	18,1	19	20,2	20,6	21,2	22
11	15,7	16,9	18	18,8	19,8	21	21,5	22,2	22,8
11,5	16,2	17,5	18,8	19,6	20,7	21,8	22,4	23,2	23,7
12	16,8	18,1	19,4	20,4	21,5	22,6	23,4	24	24,6
12,5	17,5	18,8	20	21	22,2	23,5	24	24,8	25,5
13	18	19,4	20,7	21,8	23,1	24,2	24,8	25,7	26,5
13,5	18,5	20	21,3	22,4	23,8	24,8	25,7	26,6	27,3
14	19	20,6	22	23,2	24,4	25,6	26,5	27,3	28,3
14,5	19,5	21,1	22,5	24	25	26,2	27,2	28,2	29
15	20	21,6	23,2	24,3	25,6	26,8	28	29	30
15,5	20,2	22	23,7	25	26,5	27,6	28,5	29,8	30,7
16	20,7	22,5	24,2	25,5	27	28,3	29,4	30,5	31,4
16,5	21	23	24,7	26	27,6	28,8	30	31	32
17	21,5	23,5	25,2	26,5	28,3	29,5	30,5	31,7	32,7
17,5	22	23,8	25,6	27	28,5	30	31	32,4	33,4
18	22,2	24,2	26,1	27,6	29,1	30,6	31,8	33	34
18,5	22,5	24,7	26,6	28	29,7	31,5	32,2	33,5	34,5
19	22,8	25	26,9	28,6	30	31,6	32,6	34	35,1
19,5	23	25,3	27,3	28,8	30,7	32,2	33,3	34,5	35,8
20	23,4	25,6	27,7	29,2	31	32,6	33,8	35	36,4
21	23,8	26	28,2	30	31,8	33,5	34,8	36	37,5
22	24	26,5	28,7	30,2	32,5	34,2	35,6	37	38,5
23	24,4	26,7	29	31	33	35	36,5	38	39,2
24	24,4	27	29,2	31,2	33,5	35,4	37	39	40
25	24	27	29,4	31,5	33,6	36,8	37,3	39,5	40,5

Таблица 110

Поправочный коэффициент на угол охвата в зависимости от угла охвата или расчетных диаметров D и d и межцентрового расстояния E

$\frac{D-d}{E}$	Угол охвата, *град*	Поправочный коэффициент	$\frac{D-d}{E}$	Угол охвата, *град*	Поправочный коэффициент	$\frac{D-d}{E}$	Угол охвата, *град*	Поправочный коэффициент
0	180	1	0,52	150	0,92	0,92	125	0,84
0,09	175	0,99	0,60	145	0,91	1	120	0,83
0,17	170	0,98	0,65	142	0,90	1,07	115	0,81
0,21	168	0,97	0,68	140	0,89	1,14	110	0,79
0,26	165	0,96	0,73	137	0,88	1,22	105	0,76
0,35	160	0,95	0,76	135	0,87	1,28	100	0,74
0,43	155	0,94	0,84	130	0,86	1,35	95	0,71
0,48	152	0,93	0,88	128	0,85	1,42	90	0,69

Коэффициенты, учитывающие вид работы

Ниже перечислены наиболее распространенные типы установок и рекомендуемые коэффициенты увеличения средней потребляемой мощности на одну установку для учета неравномерностей в работе и перегрузок.

Лопастные мешалки	1—1,2
Хлебопекарные установки	1—1,2
Компрессоры	1,2—1,5
Конвейеры-транспортеры	1—1,8
Мельницы-дробилки	1—1,6
Вентиляторы-воздуходувки	1,2—2
Мукомольные установки	1—1,6
Генераторы-возбудители	1,2—1,4
Передаточные валы	1,4—2
Станки	1—1,4
Мельницы и бегуны	1—1,6
Насосы	1,2—2
Деревообрабатывающие установки	1,4—2
Грохоты	1,2—1,4

Величины, приведенные для каждого типа установок, представляют минимальный и максимальный коэффициенты, определяемые пиковыми условиями работы и значительными перегрузками.

4. КОНТРОЛЬ И ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ

Работа ремня зависит от следующих основных условий.

Толщина ремня должна соответствовать установке (табл. 111). Толстый и узкий ремень лучше подходит для режимов больших скоростей, толчков, частых включений и остановок, а тонкий ремень пригоден для применения со шкивами малых диаметров.

Угол охвата должен быть достаточным для создания нужного сцепления. Хорошие сцепление и гибкость позволяют уменьшить его.

Соединение должно быть совершенным.

Натяжение должно соответствовать типу ремня.

Проверка сцепления. Модуль сцепления определяется с помощью формулы

$$M = \frac{La}{P}.$$

Таблица 111

Допустимая толщина ремня в зависимости от диаметра малого шкива

Форма ремня	Толщина, *мм*	Условия					
		хорошие		средние		посредственные	
		скорость, *м/сек*					
		менее 15	15 и выше	менее 15	15 и выше	менее 15	15 и выше
		диаметр, *мм*					
		больше	больше	в пределах	в пределах	меньше	меньше
Ремни из резины							
Количество складок							
3	3,75	80	100	80—55	100—70	55	70
4	5	120	150	120—90	150—110	90	110
5	6,25	200	250	200—140	250—180	140	180
6	7,5	300	375	300—200	375—250	200	250
8	10	500	600	500—350	600—400	350	400
Ремни из плоской кожи							
Простой	4	100	125	100—75	125—90	75	90
	6	220	280	220—170	280—220	170	220
Двойной	8	380	480	380—280	480—350	280	350
	10	560	700	560—420	700—530	420	520
	12	760	950	760—570	950—700	570	700
Ремни из хлопчатобумажной ткани							
Количество слоев							
3	6	120	150	120—90	150—110	90	110
4	8	200	250	200—140	250—170	140	170
5	10	300	375	300—200	375—250	200	250
6	12	400	500	400—250	500—300	250	300

Таблица 112

Длина дуги охвата (в *см*)

Диаметр шкива, *мм*	Дуга охвата, *град*															
	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200	205	210
50	5,9	6,1	6,3	6,5	6,8	7,0	7,2	7,4	7,6	7,9	8,1	8,3	8,5	8,7	9,0	9,2
60	7,1	7,3	7,6	7,8	8,1	8,4	8,6	8,9	9,2	9,4	9,7	10,0	10,2	10,5	10,8	11,0
70	8,2	8,5	8,8	9,2	9,5	9,8	10,1	10,4	10,7	11,0	11,3	11,6	11,9	12,2	12,5	12,8
80	9,4	9,8	10,1	10,5	10,8	11,2	11,5	11,9	12,2	12,5	12,9	13,2	13,6	13,9	14,3	14,7
90	10,6	11,0	11,4	11,8	12,2	12,6	12,9	13,3	13,7	14,1	14,5	14,9	15,3	15,7	16,1	16,5
100	11,8	12,2	12,6	13,1	13,5	13,9	14,4	14,8	15,3	15,7	16,1	16,5	17,0	17,4	17,9	18,3
110	13,0	13,4	13,9	14,4	14,9	15,4	15,8	16,3	16,8	17,3	17,8	18,2	18,7	19,2	19,7	20,1
120	14,1	14,7	15,2	15,7	16,2	16,8	17,3	17,8	18,3	18,8	19,4	19,9	20,4	21,0	21,5	22,0
130	15,3	15,9	16,4	17,0	17,6	18,2	18,7	19,3	19,8	20,4	21,0	21,6	22,1	22,7	23,3	23,8
140	16,5	17,1	17,7	18,3	18,9	19,5	20,1	20,7	21,4	22,0	22,6	23,2	23,8	24,4	25,0	25,6
150	17,6	18,3	19,0	19,6	20,2	20,9	21,6	22,2	22,9	23,5	24,2	24,8	25,5	26,1	26,8	27,5
160	18,8	19,6	20,3	21,0	21,6	22,3	23,0	23,8	24,5	25,9	25,8	26,5	27,2	27,9	28,6	29,4
170	20,0	20,8	21,5	22,2	23,0	23,7	24,4	25,2	25,9	26,7	27,4	28,2	28,9	29,6	30,4	31,1
180	21,2	22,0	22,8	23,6	24,4	25,2	26,0	26,8	27,5	28,3	29,0	29,8	30,6	31,4	32,2	33,0
190	22,4	23,2	24,0	24,8	25,7	26,6	27,4	28,2	29,0	29,8	30,7	31,5	32,4	33,2	34,0	34,8
200	23,6	24,4	25,2	26,1	27,0	27,8	28,8	29,6	30,6	31,4	32,2	33,0	34,0	34,8	35,8	36,6
210	24,7	25,6	26,5	27,5	28,4	29,3	30,2	31,1	32,0	33,0	33,9	34,8	35,7	36,6	37,5	38,4
220	26,0	26,9	27,8	28,8	29,8	30,8	31,6	32,6	33,6	34,6	35,6	36,4	37,4	38,4	39,4	40,2
230	27,1	28,1	29,1	30,1	31,1	32,1	33,1	34,1	35,1	36,1	37,1	38,1	39,1	40,1	41,1	42,1
240	28,2	29,4	30,4	31,4	32,4	33,6	34,6	35,6	36,6	37,6	38,8	39,8	40,9	42,0	43,0	44,0

Продолжение табл. 112

Диаметр шкива, *мм*	Дуга охвата, *град*															
	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200	205	210
250	29,4	30,5	31,6	32,7	33,8	34,9	36,0	37,1	38,2	39,2	40,3	41,4	42,5	43,6	44,7	45,8
260	30,6	31,7	32,9	34,0	35,1	36,2	37,4	38,6	39,7	40,8	42,0	43,1	44,2	45,3	46,4	47,6
270	31,8	33,0	34,2	35,4	36,6	37,8	38,9	40,1	41,2	42,4	43,6	44,8	46,0	47,2	48,3	49,5
280	33,0	34,2	35,4	36,6	37,8	39,0	40,2	41,5	42,7	43,9	45,2	46,4	47,6	48,8	50,0	51,2
290	34,2	35,4	36,6	37,9	39,2	40,4	41,7	43,0	44,2	45,5	46,8	48,0	49,3	50,6	51,8	53,1
300	35,3	36,6	37,9	39,2	40,5	41,8	43,2	44,5	45,8	47,1	48,4	49,7	51,0	52,3	53,6	54,9
325	38,2	39,6	41,1	42,5	43,8	45,3	46,7	48,2	49,6	51,0	52,4	53,7	55,2	56,7	58,2	59,5
350	41,3	42,8	44,3	45,8	47,3	48,8	50,3	51,8	53,4	55,0	56,5	58,0	59,5	61,0	62,5	64,0
375	44,2	45,7	47,3	49,0	50,6	52,2	53,0	55,5	57,2	58,8	60,5	62,0	63,7	65,3	67,0	68,6
400	47,2	48,8	50,5	52,3	54,0	55,7	57,5	58,3	61,0	62,7	64,5	66,3	68,0	69,8	71,5	73,3
425	50,2	52,0	53,8	55,6	57,5	59,4	61,3	63,2	65,0	66,8	68,7	70,5	72,4	74,3	76,2	78,0
450	53,0	55,0	57,0	58,9	60,9	62,9	64,8	66,8	68,7	70,7	72,6	74,6	76,6	78,5	80,5	82,5
475	55,9	58,0	60,1	62,2	64,2	66,3	68,3	70,4	72,5	74,5	76,6	78,6	80,7	82,8	84,9	87,0
500*	59,0	61,1	63,3	65,5	67,6	69,8	72,0	74,2	76,4	78,6	80,8	83,0	85,2	87,4	89,6	91,8

*Для диаметров выше 500 *мм* выбрать в левой колонке число, равное половине, четверти одной десятой этого диаметра и т. д., и умножить полученную длину на 2; 4; 10 и т. д.

где L — длина ремня, *см*;

a — длина дуги охвата, *см* (табл. 112);

P — тангенциальное усилие, *кгс/м*.

Проверить по табл. 113, что найденный модуль сцепления допустим.

Приведенные в табл. 113 условия относятся к ремням, работающим без рывков на шкивах с правильным профилем в сухой среде без пыли.

В противном случае следует увеличить указанные выше цифры от 10 до 100% в зависимости от влажности и запыленности воздуха и от рывков.

Таблица 113

Модуль сцепления

Ремень	Скорость, *м/сек*	Условия		
		хорошие	средние	посредственные
Резиновый	До 15	Выше 5	5—3,3	Ниже 3,3
	15—25	» 6	6—4	» 4
	25—30	» 7	7—5	» 5
Из плоской кожи	До 15	Выше 6	6—4	Ниже 4
	15—25	» 6,6	6,6—5	» 5
	25—30	» 8,3	8,3—6	» 6

Проверка числа пробегов. Во избежание резких и частых перегибов ремней и для обеспечения их продолжительной эксплуатации не следует слишком завышать числа пробегов ремня в минуту (табл. 114).

Число пробегов определяется с помощью следующей формулы:

$$N = \frac{V}{L} \cdot 60,$$

где N — число пробегов, *мин*;

V — скорость, *м/сек*;

L — длина ремня, *м*.

Таблица 114

Число пробегов в минуту

Ремень	Скорость, *м/сек*	Условия		
		хорошие	среднне	плохие
Из плоской кожи	До 20	Ниже 180	240	Выше 300
	Выше 20	» 150	200	» 250
Резиновый	До 20	Ниже 170	210	Выше 270
	Выше 20	» 140	180	» 230
Хлопчатобумажный	До 20	Ниже 110	140	Выше 180
	Выше 20	» 90	120	» 150
Клиновидный	До 20	Ниже 460	500	Выше 600
	Выше 20	» 400	440	» 540

5. ПРИМЕНЕНИЕ РЕМНЕЙ И УХОД ЗА НИМИ

Соединение ремней. Место соединения двух краев ремня является одним из слабых звеньев передачи, поэтому к этому вопросу необходимо подходить с должным вниманием. Ремень соединяется в бесконечную ленту с помощью соединителей «Лагрелль», «Джексон», «Сцеллос» (или парижских), «Клиппер».

Нет необходимости описывать каждый метод соединения. Однако следует исходить из определенных принципов:

соединение в бесконечную ленту может применяться только для ремней из кожи или резины;

соединители «Лагрелль» — наиболее распространенные; это соединение очень прочно и рекомендуется во всех случаях, когда оно не мешает перегибанию ремня в разных направлениях;

для ремней в передачах, работающих с рывками, часто желательно пользоваться соединителями «Джексон» при условии, если диаметр малого шкива не меньше 200 *мм* и скорость ремня не выше 20 *м/сек*;

соединители «Клиппер» рекомендуются для малых передач. Они позволяют использовать обе поверхности ремня как рабочие, но не годятся для ремней, работающих под нагрузкой, особенно для текстильных.

Причины повреждения ремней. Главными считаются следующие причины повреждения ремней:

влияние температуры, влагосодержания и выплесков масла;

несоответствие между толщиной ремня и диаметром шкивов;

слишком малое сечение для передаваемой мощности;

быстрый износ кромок ремня;

использование чрезмерного количества клейких веществ (полностью удалить смолу, которая делает ремни твердыми).

Уход за ремнями. При эксплуатации ременных передач необходимо:

следить за соединением;

тщательно чистить ремни;

обмазывать ремни с помощью кисти или тряпки покрытием в соответствии с видом ремня:

кожаные ремни — твердым жиром или рыбьим жиром (избегать эфирных масел);

хлопчатобумажные ремни — 50% льняной олифы и 50% касторового масла;

шерстяные ремни — 75% касторового масла и 25% льняного масла.

Никогда не обмазывать ремни из резины, а промывать их в мыльной или щелочной воде. Избегать попадания солнечных лучей.

Защищать ремни от попадания масла и абразивной пыли при помощи деревянных или металлических кожухов.

Раздел VIII. СОЕДИНЕНИЕ ТРУБОПРОВОДОВ И САЛЬНИКОВЫЕ УПЛОТНЕНИЯ

Материалы, используемые для обеспечения герметичности соединений и уплотнений, выбираются в зависимости:
от характера жидкости;
от давления;
от температуры.

МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ВОДЫ

В зависимости от температуры и давления употребляются материалы, приведенные в табл. 115.

Таблица 115

Материалы, употребляемые для воды

Холодная вода		Горячая вода		
без давления или под низким давлением	под давлением выше 6 *кгс/см²*	без давления	под давлением	под высоким давлением
Резина или прорезиненная ткань Свинец Жирная кожа, слегка осаленная Тефлон	Резина с металлической сеткой Металлические прокладки Хлопчатобумажная ткань, пропитанная специальным составом Тефлон	Гуммированный асбест Свинец, обмазанный пастой	Ткань, пропитанная пастой и покрытая гофрированным металлом Пеньковая пряжа, пропитанная жирным графитированным раствором и армированная свинцовым волокном	Металлические шайбы — алюминиевые или из красной меди

Трубопроводы с соединениями на резьбе уплотняются пеньковой прядью, пропитанной цинковыми белилами и уложенной в резьбе в направлении, противоположном виткам резьбы.

Чугунные трубопроводы для воды. Герметичность обеспечивается в трубопроводах:

с раструбными соединениями — укладкой в основание раструба гудронированного шнура и заливкой свинцом;

с фланцевыми соединениями («Лаврильо») — резиновой прокладкой между двумя фланцами, скрепляемыми болтами.

Набивка водяных насосов. В зависимости от конструкции насоса используется набивка:

резиновая;

ткань, пропитанная графитированным раствором;

промасленная ткань;

пенька, пропитанная графитной смазкой;

прессованная и вулканизированная вата (перед использованием прокипяченная в воде);

тефлон с относительно низким коэффициентом трения.

МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ПАРА

В табл. 116 приведены материалы, используемые для пара.

Таблица 116

Материалы, употребляемые для пара

Пар под давлением, *кгс/см²*			Перегретый пар
низким (0—3)	средним (3—10) и высокнм (10—25)	сверх высоким	
Асбест, пропитанный графитной смазкой	Прорезиненный асбест, покрытый минеральной смазкой	Прокладки стальные «чешуйчатые»[1]	Чистая асбестовая ткань
Ткань, пропитанная пастой с запрессованным металлом	Ткань, пропитанная пастой с запрессованным металлом		
Свинцовые прокладки, обмазанные пастой [2]	Прокладки из красной меди		
	Свинцово-асбестовая ткань, импрегиированная и графитированная		

[1] При сверхвысоком давлении механическая обработка.

[2] Во время установки дать высохнуть 4 *ч*, подогреть фланец и окончательно затянуть.

Механическая обработка фланцев должна быть совершенной; до установки стальные прокладки необходимо смазать минеральным маслом, после чего затянуть болты.

При установке прокладки для перегретого пара волокно асбестовой ткани навивают на тонкую латунную проволоку для придания прочности. Во время плетения асбестовые волокна пропитывают спе-

циальным кислотоустойчивым раствором для сохранения антифрикционных свойств при весьма высоких температурах.

Смотровые котельные люки. Прокладки изготовляют по заданным размерам:

из асбестовой ткани, армированной металлической сеткой — стальной, медной или латунной;

из гофрированного баббита, покрытые специальной оплеткой на асбестовой основе.

МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ СЖАТОГО ВОЗДУХА

В качестве материалов для уплотнений трубопроводов и установок со сжатым воздухом используют:

резину;

фибрин;

ткань, пропитанную пастой;

тефлон.

МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ АММИАКА

Для уплотнения трубопроводов употребляют:

специально импрегнированную хлопчатобумажную ткань;

прорезиненный асбест;

металлические прокладки — из стали или из алюминия.

В сальниковых набивках необходимая высокая герметичность достигается расположением хлопковых волокон по диагонали.

Следует избегать прокладок и набивок с использованием меди и латуни.

МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ПРОЧИХ ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ

Для серной, соляной и азотной кислоты при низком давлении — импрегнированный асбест, при среднем и высоком давлении — алюминий (чистота не менее 99,5%).

Для сальниковой набивки используется тонкая лента из вязкого металла, покрытая смазкой и графитированным асбестом.

Для каустической соды употребляют прорезиненный асбест.

Рекомендуется категорически избегать применения алюминия.

Для углекислоты — асбест, картон, прессованная пробка, импрегнированная хлопчатобумажная ткань.

Прокладки из резины исключаются.

Для кислорода — металлические прокладки (из алюминия, красной меди, стали), фибрин.

Необходимо проследить за тем, чтобы прокладки были совершенно сухими, и избегать при монтаже смазки и применения резины.

Для светильного газа — кожа или резина; если фланцы и болты допускают сильную затяжку — фибрин.

Теплота и работа. Тепло может превращаться в работу, а работа в тепло по определенным эквивалентам (первый закон термодинамики):

$$G = gW,$$

где G — количество тепла, *ккал*;
W — механическая работа, *кгм*;
g — тепловой механический эквивалент работы, *ккал/кгм*.

Известно:

$$g = \frac{1}{425} \text{ ккал}.$$

Удельная теплоемкость вещества — это количество тепла (в ккал), необходимого для повышения или понижения температуры 1 *кг* этого вещества на 1° С.

Удельная теплоемкость чистой воды при 4° С равна 1.

Удельная теплоемкость газа определяется при постоянном давлении или при постоянном объеме. Последний случай здесь рассматриваться не будет.

Удельная теплоемкость газа при постоянном давлении определяется по отношению к единице массы 1 *кг* или к единице объема 1 $м^3$.

Так как удельная теплоемкость изменяется в зависимости от температуры, под этим термином обычно имеется в виду средняя удельная теплоемкость.

Теплопоглощение. Количество тепла (в *ккал*), поглощаемого телом массой P *кг* для повышения температуры этого тела от t° С до t'° С, равно

$$G \text{ ккал} = CP(t' - t),$$

где C — удельная теплоемкость этого тела.

Так как $C = \pm 1$, то формула для воды будет

$$G \text{ ккал} = P(t' - t).$$

Температура смеси. Температура смеси какого-то количества воды A при температуре t_1 и какого-то количества воды B при температуре t_2 определяется по формуле

$$t = \frac{At_1 + Bt_2}{A + B}.$$

Парообразование — есть переход от жидкого состояния в газообразное. Температура парообразования изменяется в зависимости от давления. Она равна 100° С для атмосферного давления (1,033 *кгс/см*^{2}). Во время всего процесса испарения чистого вещества температура остается неизменной.

Скрытая теплота парообразования L есть количество тепла (в *ккал*), необходимого для полного преобразования 1 *кг* жидкости

в пар без изменения температуры. Скрытая теплота парообразования L возрастает с уменьшением температуры. Она определяется для воды температурой от 0 до 200° С (максимальная ошибка 2%) по формуле Реньо.

$$L \text{ ккал} = 606{,}5 - 0{,}695\ t^\circ \text{ С}.$$

При температуре 100° С эта формула дает $L = 537$ *ккал*.

Полная теплота парообразования Q **при** t° **С** есть количество тепла (в *ккал*), необходимого для превращения 1 *кг* жидкости при 0° С в 1 *кг* пара при t° С. Это сумма теплосодержания жидкости при t° С и скрытой теплоты парообразования при t° С. Полная теплота парообразования изменяется в зависимости от температуры следующим образом:

$$Q \text{ ккал} = 606{,}5 + 0{,}305\ t^\circ \text{ С}.$$

Пар называется насыщенным влажным, когда он находится в присутствии жидкости, из которой образуется.

Пар называется насыщенным сухим, когда его давление равно давлению насыщенного пара, но когда он не находится в контакте с жидкостью, из которой он образуется.

Пар называется сухим, когда он развивает давление ниже давления насыщенного пара при температуре парообразования.

Пар называется перегретым, когда, будучи сухим, он находится при температуре, превышающей ту, которая соответствует давлению насыщенного пара.

Горение — химическая реакция, которая происходит между кислородом и веществом, способным соединиться с ним. Во время этой реакции выделяется определенное количество тепла.

Для того чтобы могло произойти горение, топливо должно быть предварительно нагрето до температуры воспламенения, изменяющейся в зависимости от характера топлива.

Для полного сгорания необходимо присутствие достаточного или даже избыточного количества воздуха; при полном сгорании не остается несгораемых газов.

Основные уравнения горения таковы:

$$H_2 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow H_2O.$$

$$CO + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow CO_2.$$

$$C_xH_y + \left(x + \frac{y}{4}\right) O_2 \rightarrow x\,CO_2 + \frac{y}{2} H_2O.$$

Фактически единственными сгораемыми компонентами являются H_2, CO и CO_2, которые можно обозначить общей формулой C_xH_y.

Если сгорание неполное, удаляемые газы содержат окись углерода (CO) и углекислоту (CO_2), которые могут уносить до 60—65% тепла, высвобождаемого при полном сгорании. Однако следует избегать чрезмерного количества воздуха, который будет снижать температуру горения и увеличивать потери, особенно потери за счет теплосодержания газов.

Неполное сгорание дает большое количество газов на выходе из дымовой трубы и сажи в дымоходах (эта сажа — чистый углерод —

придает дыму цвет). Тем меньше дыма выделяется при горении, чем меньше газа содержится в топливе.

Если в кладке котла имеются трещины, несгоревшие газы могут вспыхнуть в результате подсоса воздуха, что может привести к серьезным последствиям.

Газы, выходящие из дымовой трубы, должны содержать CO_2, водяной пар, O, N и SO_2. С помощью газоанализаторов определяют содержание CO_2, O и CO. Критериями хорошего сгорания являются высокое содержание CO_2 и отсутствие CO.

Теплотворная способность — это количество тепла (в *ккал*), выделяющегося при полном сгорании 1 *кг* топлива. Различают две теплотворные способности:

Теплотворная способность по верхнему пределу, равная количеству тепла (в *ккал*), высвобождающегося при полном сгорании 1 *кг* (или 1 $м^3$ газа под постоянным давлением) топлива с учетом потерь тепла на испарение воды, образующейся в результате сгорания водорода, и влаги, содержащейся в топливе. Это выражение теплотворной способности применяется только при установлении теплового баланса.

Теплотворная способность по нижнему пределу, равная количеству тепла (в *ккал*), высвобождающегося в результате полного сгорания 1 *кг* (или 1 $м^3$ газа под постоянным давлением) топлива, без учета потерь тепла на испарение воды, образующейся при сгорании водорода, и влаги, содержащейся в топливе. Это выражение теплотворной способности применяется на практике.

Теплотворная способность по нижнему пределу получается при вычитании из теплотворной способности по верхнему пределу теплоты парообразования конденсационной воды, равной 600 *ккал* на 1 *кг* воды. Она вычисляется по следующей формуле:

$$P_{cl} = 81C + 287\left(H - \frac{O}{8}\right) + 25S - 6H_2O,$$

где C, H, O, S и H_2O — содержание углерода, водорода, кислорода, серы и воды в топливе, % вес.

Теплотворная способность горючих веществ приводится в табл. 117.

Таблица 117

Теплотворная способность горючих веществ

Вещество	Теплотворная способность, *ккал*			
	по верхнему пределу		по нижнему пределу	
	на 1 *кг*	на 1 $м^3$	на 1 *кг*	на 1 $м^3$
C	8100	—	8100	—
S	2210	—	2210	—
H_2	33900	3050	28700	2580
CO	2430	3040	2430	3040
CH_4	13300	9530	—	—
C_2H_4	12130	15290	11380	14340

Теоретический объем дымовых газов. Полный объем дымовых газов представляет собой сумму объема сухих газов и объема водяного пара.

Теоретический объем сухих газов (в $м^3$) вычисляется по следующей формуле:

$$G_t = 8{,}9\frac{C}{100} + 21{,}1\left(\frac{H}{100} - \frac{O}{800}\right) + 3{,}33\frac{S}{100} + 0{,}796\frac{N}{100},$$

где C, H, O, S и N — содержание углерода, водорода, кислорода, серы и азота, % вес.

Объем пара (в $м^3$), содержащегося в газах, определяется по следующей формуле:

$$V = 11{,}19\frac{H}{100} + 1{,}245\frac{H_2O}{100},$$

где H и H_2O — содержание водорода и воды, % вес.

Таким образом, полный теоретический объем дымовых газов есть $G_t + V$.

Содержание CO_2 в дымовых газах. Теоретическое содержание CO_2 определяется в % по следующей формуле:

$$E_0 = \frac{1{,}867C}{G_t},$$

где C — содержание углерода, % вес.;

G — теоретический объем сухих газов.

Фактическое содержание CO_2 меньше теоретического содержания вследствие излишка воздуха; оно определяется по формуле

$$E_1 = \frac{E_0}{a},$$

где a — коэффициент избытка воздуха.

Этот коэффициент, который должен быть по возможности минимальным, изменяется в зависимости от характера топлива, типа колосниковой решетки и квалификации кочегаров. Его минимальная величина равна 1,2; для твердого топлива средняя величина коэффициента — 1,4—1,5.

Фактический объем дымовых газов. Зная фактическое содержание CO_2 в дымовых газах E_1, фактический объем дымовых газов (в $м^3$) можно определить по формуле

$$G_f = \frac{1{,}867C}{E_1} + \frac{9H + H_2O}{80{,}4},$$

где C, H и H_2O — содержание углерода, водорода и воды, % вес.

Количество воздуха, необходимого для горения. Теоретическое количество воздуха (в $м^3$), необходимого для горения, определяется по следующей формуле:

$$A = 8{,}9\frac{C}{100} + 26{,}7\left(\frac{H}{100} - \frac{O}{800}\right) + 3{,}33\frac{S}{100},$$

где C, H, O и S — содержание углерода, водорода, кислорода и серы, % вес.

Фактическое количество воздуха, необходимого для горения. Зная теоретическое количество воздуха A_t, фактическое количество (в $м^3$) определяют по формуле

$$A_r = aA_t,$$

где a — коэффициент избытка воздуха.

Процентное содержание кислорода в уходящих газах определяется по формуле

$$O_2 = \frac{(A_r - A_t)\,0{,}2}{G_r - V} \cdot 100,$$

где A_r и A_t — фактическое и теоретическое количество воздуха, необходимого для горения;

G — фактическое количество газов;

V — количество пара, содержащегося в этих газах.

Процентное содержание азота в уходящих газах определяется по формуле

$$N_2 = 100 - (13 + O_2),$$

где O_2 — содержание кислорода, %.

Теоретическая температура горения для твердого топлива определяется по формуле

$$T = \frac{P_{ci}}{G_r C} + t_{sc},$$

где P_{ci} — теплотворная способность топлива по нижнему пределу;

G_r — фактический объем горючих газов, $м^3$;

C — удельная теплоемкость газов, колеблющаяся от 0,33 до 0,36 в зависимости от температуры;

t_{sc} — температура в котельной, °С.

К. п. д. поверхности нагрева определяется по формуле

$$R_{ch} = 100\left(1 - \frac{t_s C_r G_r'}{TC_1 G_r}\right),$$

где t_s — температура газов на выходе с поверхности нагрева, °С;

T — теоретическая температура горения, °С;

G_r — фактический объем дымовых газов, $м^3$;

G_r' — фактический объем газов (в $м^3$) на выходе с поверхности нагрева (больше G_r, так как объем газов увеличивается вследствие добавления воздуха).

Полный к. п. д. поверхности нагрева определяется (в %) по формуле

$$R_t = 100 - (100 - R_f) - (100 - R_{ch}),$$

где R_f — к. п. д. топки, %;

R_{ch} — к. п. д. поверхностей нагрева, %.

Расход топлива (в $кг/ч$) определяется по формуле

$$P = \frac{U_1(c_1 - t)}{P_{ci}\,\frac{R_t}{100}},$$

где U — паропроизводительность, *кг/ч*;
c_1 — тепло, содержащееся в 1 *кг* пара, *ккал*;
t — температура воды для питания котла, °С;
R_t — полный к. п. д. поверхности нагрева, %.

Количество пара, которое можно получить при сжигании 1 *кг* топлива, определяется по формуле

$$V = \frac{U}{P}.$$

Определения U и P даны выше.

1. ТОПЛИВО

ТВЕРДОЕ ТОПЛИВО

Дрова. Это естественное твердое топливо состоит главным образом из собственно целлюлозы, лигнина и нецеллюлозы; кроме того, это топливо содержит древесные жиры, сахар, смолы, золу и влагу.

Путем естественного или искусственного высушивания содержание воды в древесине, которое составляет до 50% на корню, может быть снижено до 15—30%.

Продуктами перегонки древесины являются кислоты.

Уголь, получающийся из древесины твердых пород (вяза, дуба, бука и т. п.), сгорает медленно, а уголь из мягкого дерева (сосны, ели, тополя, ивы и т. п.) сгорает быстрее и дает значительно более длинное пламя.

Точка воспламенения сухого топлива около 300° С.

Теплотворная способность сухого топлива 2400—3000 *ккал*.

Масса 1 $м^3$ разных пород дерева, *кг*

мягких	200—300
смолистых	300—400
твердых	400—500

(Эти величины установлены для нормальной штабелировки: 55% дерева и 45% свободного пространства).

Теплотворная способность, *ккал*

древесных опилок	1800—2200
древесной стружки	около 3000

Различное растительное топливо. Багасса (сахарный тростник), рисовая мякина, кофейная мякина, солома и т. п. — обычно низкокалорийное, но недорогое топливо.

Одубина (дубовая кора, используемая для дубления кожи) имеет теплотворную способность 1400—2000 *ккал*.

Городские отбросы (бытовые отходы) — низкокалорийное горючее; его теплотворная способность по нижнему пределу, равная примерно 1000 *ккал* зимой, падает до 500—700 *ккал* летом.

Мякина арахиса представляет интерес, так как богата маслами.

Штыб (летучая зола) имеет теплотворную способность 3500—4500 *ккал*.

Торф. Натуральное твердое топливо — продукт разложения определенных растений в болотистых местностях; оно состоит в основном из целлюлозы и ее низших продуктов.

Продуктом перегонки торфа являются кислоты.

Масса 1 $м^3$ — 350—400 *кг* (при 30% влажности).

Средний состав: 60% углерода, 5% водорода, 35% кислорода.

Температура воспламенения сухого топлива около 230° С. Теплотворная способность 2500—4000 *ккал.*

Лигнит (бурый уголь). Натуральное твердое топливо, промежуточное между торфом и каменным углем. Различают:

ксилоидный лигнит желтовато-коричневый с теплотворной способностью около 2500 *ккал*;

коричневый лигнит наиболее распространен, его теплотворная способность от 3000 до 5000 *ккал*;

черный лигнит, широко применяемый в промышленности с теплотворной способностью от 3000 до 5000 *ккал*

жирный лигнит, или битуминозный (содержащий до 80% углерода), служит для изготовления брикетов с теплотворной способностью 5000—6000 *ккал.*

Масса 1 $м^3$ — 650—850 *кг.*

Температура воспламенения сухого топлива 250—500° С.

Каменный уголь. Природное твердое топливо.

Классификация каменного угля основана главным образом на содержании в нем летучих веществ (в %):

Жирный уголь	более 25
Жирный на $^3/_4$ уголь	20—25
Полужирный уголь	15—19
Тощий уголь	12—14
Антрацитный уголь	4—11

Классификация каменного угля по Грюнеру дана в табл. 118.

По размеру несортированный уголь классифицируется следующим образом (в *мм*):

Плита	80—120	Семечко	6—10
Кулак	50—80	Штыб	10—15
Орех	30—50	Зубок	3—6
Мелкий орех	15—30	Мелочь и пыль	<3

Масса 1 $м^3$ — 700—900 *кг.*

Температура воспламенения сухого топлива 400—500° С.

Теплотворная способность, *ккал*:

для антрацита	7000—8000
для каменного угля	6000—8000

Зольность разных типов угля весьма различна. Зола плавится в зависимости от состава (плавкость уменьшается с повышением содержания окиси алюминия и увеличивается с повышением содержания окислов железа, извести и марганца по Ле Шателье). Зола содержит двуокись кремния, окиси железа, алюминия, кальция, магния, соединения калия и серу. Так как сера разъедает колосниковую решетку, следует избегать применения угля, содержащего ее в количестве более 2%.

Таблица 118

Классификация каменного угля (по Грюнеру)

Уголь	Состав (за вычетом золы и влаги)			$\frac{O+N}{H}$	Вода	Кокс	Характер и вид кокса	Основное применение
	C	H	O + N					
Сухой длиннопламениый . . .	77,5	5,5	17,0	4—3	2,4	55—60	Порошковый спекшийся	Котлы
Жирный длиннопламенный (газовый)	82	5,5	12,5	3—2	2,4	60—68	Слипшийся, чаще всего сплавленный	Газоперерабатывающие заводы
Собственно жирный	86,5	5,0	8,5	2—1	2,4	68—74	Сплавленный и губчатый	Котлы с ручными топками, кузницы
Жирный короткопламенный (коксующийся)	89,5	4,5	6,0	2—1	2,4	74—82	Сплавленный и плотный	Для изготовления кокса
Тощий антрацитный (печной)	92,0	3,0	5,0	2—1	2,4	82—90	Порошковый или спекшийся	Бытовое отопление
Антрацит	94,0	2,0	4,0	2—1	2,4	90—92	Порошковый	» »

Температура плавления золы, классифицируемой по цвету (в °С)

Белая зола	1500
Зола цвета кофе с молоком	1300
Темно-коричневая зола	1000

Древесный уголь — искусственно коксованное твердое топливо.

Состав: 85% углерода в среднем, небольшое количество золы и водорода.

Масса 1 $м^3$ в среднем (в *кг*):

Дубовый уголь	250
Березовый	225
Сосновый	200
Еловый	150

Теплотворная способность весьма высокая — до 8000 *ккал*.

Плотность: 1,5—2 в зависимости от породы.

Температура воспламенения зависит от температуры коксования (табл. 119).

Таблица 119

Зависимость температуры воспламенения от температуры коксования

Температура, °С	
коксования	воспламенения
250—300	340—360
300—350	360—370
350—400	370—400
1000—1500	600—800

Температура плавления золы 1300° С.

Торфяной уголь — искусственное коксованное твердое топливо. Происхождение — коксование торфа.

Состав: 60% углерода в среднем и большое количество золы.

Кокс. Характеристика кокса (по Гребелю и Бурдону) представлена в табл. 120.

Классификация и масса в зависимости от размера

Размер, *мм*	Масса, *кг/м³*
Мелочь менее 12	600
Коксик 12—23	500
Кокс	
№ 0 23—34	450
№ 1 34—45	425
№ 2 более 45	400

Таблица 120

Характеристика кокса

Показатели	Металлургический кокс	Газовый кокс
Относительная плотность	1,7—2,3	В среднем 1,4
Объемная масса, характерная для гектолитра, с влажностью 5%, *кг*	80—90 (собственно металлургический) 70—75 (литейный)	30—38 (вертикальные конвертеры непрерывного действия) 38—45 (горизонтальные конвертеры) 45—55 (вертикальные конвертеры периодического действия) 60—65 (камеры)
Теплотворная способность по верхнему пределу на 1 *кг* (в сухом состоянии в среднем), *кал*	7000—7500	6500—7000
Окислительная способность на 1 *кг*, (в среднем), $м^3$ воздуха	7,5	7
Влажность, %	4	4—10 и выше
Зольность, %	12—15 (металлургический) 7—10 (литейный)	10—15 и выше
Содержание летучих веществ, % H O и N	0,25—2 1—3	2—6
Нелетучий углерод (кокса, взятого вместе с золой и влагой), %	84—87 (минимальные пределы)	75—85
Содержание серы, %	0,05—1	0,65—1,5 (в виде исключения 2,5)
Содержание фосфора, %	0,01—0,02	—
Пористость (содержание пустот), %	25—40 (ваграночный) 40—55 (доменный)	50—55
Прочность на раздавливание на 1 $см^2$, *кг*	80—175 (минимальные пределы)	—
Остаток на сите с ячейкой 4 $см^2$ (после прохождения через барабан), %	70	—
Отходы (пыль), %	6	—

Температура воспламенения кокса 650—700° С
Температура плавления золы 1300—1400° С.
Применение кокса (по Гребелю и Бурдону):

Промышленность вообще	крупнокусковой кокс
Промышленные парогенераторы	
с неподвижной решеткой на естественной тяге	№ 2—0
	№ 1 — мелочь[1]
с механической решеткой («Бабкок и Вилкокс», тип 1920 или «Рубэ»	№ 0 — мелочь
Печи для обжига известняка	№ 0 — мелочь
Котлы центрального отопления	
с большой топкой	№ 1 и 2
с магазином[2]	коксик и № 0
Топки «Мишель Перре»	мелочь
Газогенераторы с шахтой и блокировкой	№ 2 — коксик
Сушильные печи	коксик

[1] Коксовую мелочь можно смешивать с 25% вес. и более жирного угля.

[2] Имеются в виду котлы, в которых не образуется чрезмерного количества окиси углерода.

Угольные брикеты овальной и прямоугольной формы — твердое искусственное спекшееся топливо — продукт агломерации при высокой температуре угольной мелочи и сухой смолы, причем последняя является конечным продуктом перегонки гудрона.

Теплотворная способность 6000—8000 *ккал*.

Каменноугольный брикет — твердое искусственное спекшееся топливо — куски забойного угля, смола и глина. Горение медленное с выделением большого количества шлака.

Пылевидное топливо. Топливо, обращенное в порошок, 95% которого проходит через сито, имеющее 1600 ячеек на 1 $см^2$, 85% через сито, имеющее 6400 ячеек на 1 $см^2$, и 75% через сито, имеющее 14 400 ячеек на 1 $см^2$.

Сгорание почти мгновенное вследствие значительной поверхности горения. При использовании пылевидного кокса желательно предварительно подогреть воздух, поддерживающий горение.

Коллоидальное топливо получается при смешивании пылевидного угля с мазутом; ведет себя как жидкое топливо.

ЖИДКОЕ ТОПЛИВО

Различные виды жидкого топлива, используемые для нагрева, представляют собой соединения углеводородов.

Сырая нефть. Асфальтовая или нафтеновая нефть, тяжелая и густая, бедна летучими веществами; к этому разряду относится нефть, добываемая в Мексике, Техасе и Калифорнии.

Таблица 121

Характеристика жидкого топлива

Показатели	Газойль	Мазут				Стандарт Т—60 (французский)
		бытовой	легкий	тяжелый № 1	тяжелый № 2	
Цвет	Максимальный 5	Черноватый	Черный	—	—	104
Максимальная вязкость при 20° С, *сст*	9	12	53	—	—	
при 50° С	—	2	7	—	—	100
в °Энглера в *сст*	—	—	—	110	160	100
в °Энглера	—	—	—	14	60	
Осадки, %, максимально	0	0,01	0,1	0,25	0,25	N 07-010
Вода, %, максимально	Следы	0,1	1	1,5	1,5	113
Твердый асфальт, %, максимально	0	0,7	3	5	10	115
Зола, %, максимально	Следы	Следы	0,1	—	—	111
Сера, %, максимально	1	1,7	2,7	3,5	4	108
Минеральная кислотность	0	0	0	0	0	112
Воспламеняемость, °С по Люшеру						
минимально	70	70	70	70	70	103
максимально	—	140	140	140	160	—
Замерзание, °С, минимум	—10	—3	0	—	—	105
Теплотворная способность	10750	10650	10500	10300	10200	
высшая	10700	10750	10600	10450	10300	
Перегонка, %						
при 255° С, менее	50					
при 270° С, менее	—	50	50	50	50	M 07-009
при 360° С, более	90					
Удельная теплоемкость при 50° С	0,45	0,43	0,41	0,39	0,38	
Цетановое число, минимум	50	—	—	—	—	
Плотность при 15° С	0,82—0,89	0,86—0,9	0,9—0,94	0,94—0,98	0,95 и выше	Д 61-43 120
Средний состав						
С			82—97			
Н			11—14			
Разное (N, O, S)			1—6			

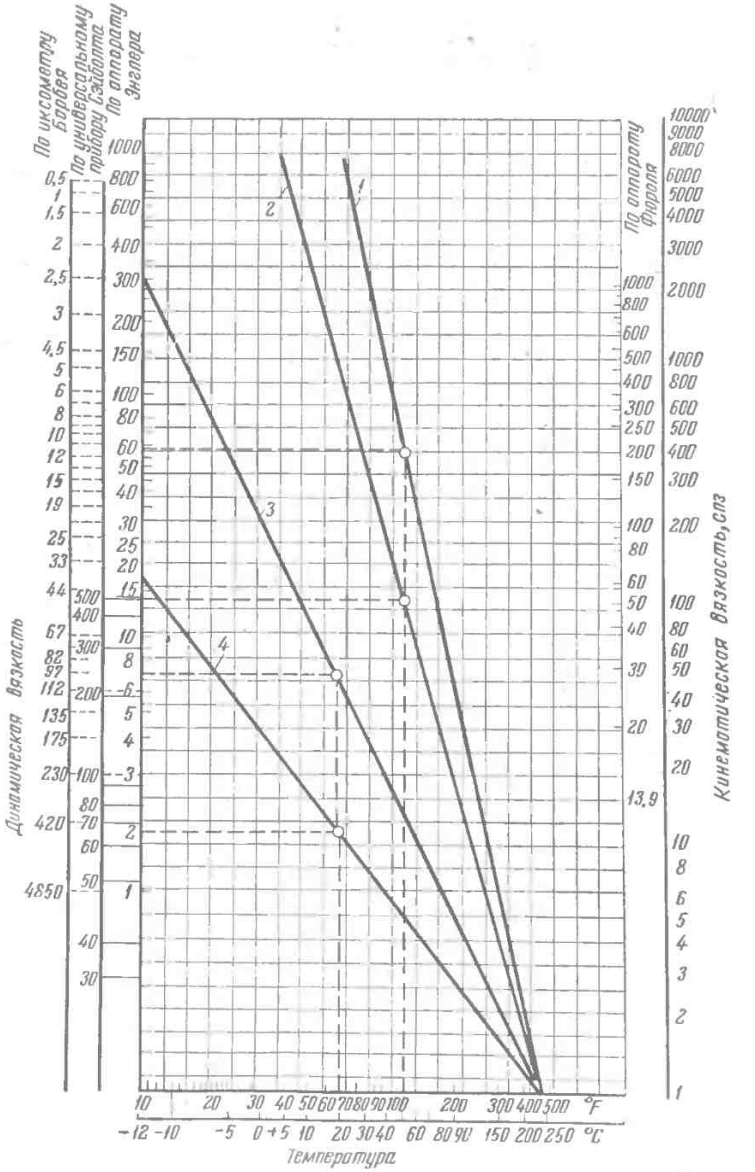


Рис 70 Диаграмма Врума для определения вязкости в зависимости от температуры видов жидкого топлива:

1 — тяжелый мазут № 2, *2* — тяжелый мазут № 1, *3* — легкий мазут, *4* — бытовой мазут.

Обработка. Нефть подвергается обычно отгонке легких фракций или продувке, которые делают обращение с нефтью и ее транспортировку безопасной.

Газолин, или бензин. Тяжелый смолистый осадок, нелетучий, получаемый путем перегонки при температуре 50—200° С из сырой нефти. Английское и американское название — газолин, немецкое — бензин.

Осветительное масло. Тяжелый смолистый осадок, нелетучий, получаемый путем перегонки при температуре 150—300° С из сырой нефти; называется также лигроин или керосин.

Газойль. Тяжелый смолистый осадок, нелетучий, получаемый путем перегонки сырой нефти при температуре 250—375° С.

Мазут. Остатки нефтеперерабатывающих заводов, т. е. мазут, лишенный смазочных масел (смесь соляровых масел и гудрона).

Деготь и гудронат — субпродукты производства газа и кокса. После фильтрации гудрон можно сжигать в любых топках.

Теплотворная способность около 9000 *ккал.*

Температура воспламенения 500—700° С.

Характеристика жидкого топлива представлена в табл. 121.

На рис. 70 дана диаграмма Врума (Vroom) для определения вязкости жидкого топлива в зависимости от температуры.

ГАЗООБРАЗНОЕ ТОПЛИВО

Газообразное топливо, гомогенное и чистое. К этому топливу относятся ацетилен и водород, которые при горении с кислородом выделяют большое количество тепла. Они используются главным образом для сварки металлов.

Плотность при 0° С и давлении 760 *мм*:

водорода	0,07
ацетилена	0,9

Теплотворная способность при 0° С и давлении 760 *мм*, *ккал/м*³:

водорода	3000
ацетилена	14000

Доменный газ — это отходящий продукт металлургического производства, который выделяется при производстве чугуна путем восстановления железной руды с помощью углерода.

Средняя теплотворная способность при 0° С и давлении 760 *мм* — 700—1000 *ккал/м*³.

Коксовый газ — побочный продукт производства металлургического кокса.

Плотность 0,4.

Средняя теплотворная способность при 0° С и давлении 760 *мм* — 4000—5000 *ккал/м*³.

Светильный газ получается из угля, причем побочным продуктом является кокс. Это смесь водорода и углекислого газа.

Плотность 0,35—0,38.

Средняя теплотворная способность при 0° С и давлении 760 *мм* — 5000—6000 *ккал/м*³.

Генераторный газ получают путем газификации твердого топлива; он содержит от 30 до 90% горючего газа.

Генераторные газы разделяют на водяные и воздушные в зависимости от того, сопровождается ли отгонка диссоциацией водяного пара или нет. Эта диссоциация увеличивает процентное содержание водорода и углекислого газа в генераторном газе.

Плотность газа	
водяного	0,55
воздушного	0,92

Средняя теплотворная способность газа при 0° С и давлении 760 *мм*, *ккал/м*³:

водяного	1400—3000
воздушного	1000—1400

2. КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ КОТЛОВ

В эксплуатации находится множество различных типов котлов с самыми разнообразными характеристиками в зависимости от формы, размера, вместимости, режима работы, используемого топлива, принципа испарения и т. п.

Поэтому классификация котлов основывается на расположении основных узлов установки, типе конструкции, способе обогрева, рабочем давлении пара, объеме воды, находящейся в котле, характере внутренней циркуляции воды.

Здесь принимается смешанная классификация с учетом внутренней циркуляции, в основу которой положен тип конструкции котла. Техническая характеристика котлов различных типов дана в табл. 122—125.

Приведенные выше котлы (см. табл. 122 и 123) характеризуются следующими данными.

1. Котлы с внутренней топкой:

очень малая скорость внутренней циркуляции — менее 1 *м/сек*;

достаточно большой запас воды, следовательно, паропроизводительность очень равномерная, но набор давления довольно медленный;

удельная паропроизводительность довольно низкая — 16 *кг/(м²·ч)*;

максимальное рабочее давление пара 8—15 *кгс/см²*;

средний к. п. д. на угле 62%, на жидком топливе — 68%.

Наименование наиболее распространенных котлов подобного типа: Пьебеф, Де Нэйе, Брисоно.

2. Котлы с кипятильными трубами:

малая скорость внутренней циркуляции, близкая к 1 *м/сек*;

большой запас воды, паропроизводительность очень равномерная, набор давления медленный;

удельная паропроизводительность довольно низкая — 18 *кг/(м²·ч)*;

максимальное рабочее давление пара 12—15 *кгс/см²*;

средний к. п. д. на угле 60%, на жидком топливе — 67%.

Наиболее распространенные котлы указанного типа — Леру и Гатинуа, Менье.

Таблица 122

А. Котлы без циркуляции

Топка	Тип	Максимальное рабочее давление, кгс/см²	Поверхность нагрева, м²	Площадь решетки, м²	Максимальное парообразование, кг/(м² · ч)	К. п. д., %		
						ручной решетки	механической топки	мазута
	Без дымогарных труб							
Внутренняя	1. Без водяных труб	15	20—120	0,8—3,6	17	60	63	65—70
	2. С водяными трубами	15	3—50	0,2—1,3	15	55	58	60
	С дымогарными трубами							
Внутренняя	3. Двухкорпусный с трубами							
	в верхнем корпусе	9	80—200	2—4	18	62	65	65—70
	в нижнем корпусе	8	24—120	0,6—2,8	18	62	65	65—70
	4. Однокорпусный с пучком труб							
	в удлинении топки	15	15—125	0,5—4	18	60	63	65—70
			3—50	0,2—16	18	55	58	60—65
	вокруг топки	8	10—50	0,4—2,2	16	60	63	65—70
	над топкой	12	Максимально 200	Максимально 65	18	62	65	65—70
	Без дымогарных труб							
Наружная	5. С кипятильными трубами	15	20—200	0,6—6	17	60	63	65—70
	С дымогарными трубами							
Наружная	6. Без кипятильных труб	12	20—150	0,6—5	15	60	63	65—70
	7. С кипятильными трубами	15	15—250	0,5—7	18	62	65	65—70

Таблица 123

Б. Котлы с умеренной циркуляцией

Испарительное устройство		Устройство главного резервуара	Тип	Максимальное рабочее давление пара, кгс/см²	Поверхность нагрева, м²	Площадь решетки, м²	Максимальное парообразование, кг/(м²·ч)	К. п. д., %		
водяные трубы	коллекторы							ручной решетки	механической топки	мазута
Вертикальные			1. Филд	8	1—80	0,1—2,1	16—22	55	58	60—65
Горизонтальные			2. Кларксон	8	2—20	—	25	—	—	68
			3. Фонтанель	20	3,5—20	—	60	—	—	80
	1 вертикальный	1 поперечный	4. Бельвилль	18	30—150	0,9—4,7	20	65	68	65—70
			5. Никлосс	18	30—150	1—4,8	20	65	68	65—70
Наклонные	1 наклонный	1 поперечный	6. Монтюпе	15	22—250	0,6—5,1	21	65	65—70	75
			7. Бабкок, Смвиф и Виф	30	100—800	3,3—26,5	32	70	70—75	75—80
		1 продольный	8. Штейн-Мюллер	32	100—1000	3,3—34	30	—	70—75	75—80
			9. Де Нэйе 3	15	22—350	0,8—7,4	16	70—75	70	75—80
			10. Де Нэйе 4	15	115—525	2,8—12,2	22	72	75	80

Продолжение табл. 123

Испарительное устройство		Устройство главного резервуара	Тип	Максимальное рабочее давление пара, кг/см²	Поверхность нагрева, м²	Площадь решетки, м²	Максимальное парообразование, кг/(м²·ч)	К. п. д., %		
водяные трубы	коллекторы							ручной решетки	механической топки	мазута
Наклонные	1 наклонный	1 продольный	11. Зульцер	37	Максимально 500	Максимально 17	30	70	70—75	75—80
			12. Бабкок (полусудовой)	30	25—250	1—10	25	65	—	—
			13. Бабкок и Валюме	100	Максимально 100	30	125	—	72	75—80
			14. Розер	25	30—500	1—2,2	25	62—68	72	70—75
	2 вертикальных		15. Никлосс 28	47	80—500	3—15	30	70	76	80
			16. Хойя ДМС	22	100—350	4—14	25	65	65—70	70—75
	2 наклонных	2 поперечных	17. Штейн-Мюллер	80	200—570	6,5—19	40	—	70—75	75—80
			18. Вальтер ТД	42	100—1100	3,3—39,8	40	75	75—80	85
	2 вертикальных	1 продольный с закрытыми трубами	19. S.A.C.M.	25	80—560	2,5—18	25	70	70—75	75—80

Таблица 124

В. Котлы с ускоренной циркуляцией

Резервуары		Число пучков труб	Тип	Максимальное рабочее давление, кгс/см²	Поверхность нагрева, м²	Площадь колосниковой решетки, м²	Максимальное парообразование, кг/(м²·ч)	К. п. д., %		
количество	расположение							ручной решетки	механической топки	мазута
1	1 верхнее	1	1. Шейдекер	8	6,5—40	0,8—3,2	30	68	70—75	75—80
			2. Буэлла	40	8—147	0,6—5,5	23	70	70—75	75—80
		2	3. Робер-Люкэ	35	Макс. 200	Макс. 55	65	75	80*	80—85
2		1	4. Кестнер	25	Макс. 400	Макс. 11,4	30	70	70—75	75—80
			5. Дюкенн	30	Макс. 250	Макс. 12	56	75	80	80—85
			6. Вапорижэн	110	225—2100	7×50	65	75	80*	85
		2	7. Штейн-Мюллер V2	40	200—400	6×12	60	72	75	75—80
			8. Зульцер	35	Макс. 210	Макс. 7	30	72	75	80
			9. Сюраль	27	Макс. 700	—	195	—	—	83
		3	10. Стерлинг	35	Макс. 210	Макс. 7	30	72	75	80
			11. Ладд Бельвилль С	20	75—250	2,5—9	20	68	70—75	75—80
3	1 верхнее 2 нижних	2	12. Ди Тампль	35	Макс. 1200	Макс. 40	80	80	—	91
			13. Дюкенн M.S.R2, CNi	80	Макс. 250	Макс. 7	150	75	80	80—85

Продолжение табл. 124

Резервуары		Число пучков труб	Тип	Максимальное рабочее давление, кгс/см²	Поверхность нагрева, м²	Площадь колосниковой решетки, м²	Максимальное парообразование кг/(м²·ч)	К. п. д., %		
количество	расположение							ручной решетки	механической топки	мазута
3	2 верхних 1 нижнее	3	14. Стерлинг, Де Нэйе, Гарбе	35	125—920	3,5—23	30	72	75	80
			15. Вальтер TV	38	275—1300	8—34	65	—	80—85	85—90
			16. Ладд Бельвилль GM-P-PE	45	75—2200	2,5—55	40	72	78	80
			17. Хойя	30	60—720	2—40	50	70	70—75	75—80
	1 верхнее	2	18. Штейн-Мюллер V3	40	360—900	11—27	87	—	75	75—80
	1 внутреннее 3 нижних 1 верхнее	3	19. Пеноэ P41	64	230—700	—	85	—	—	90
4	3 нижних	3	20. Индрет	35	Макс. 1050	—	80	—	—	91
	3 верхних 1 нижнее	3	21. Стерлинг	35	Макс. 920	Макс. 30	40	70—75	75—80	80—85
	2 верхних 1 нижнее 1 внутреннее	3	22. Штейн-Мюллер V4	35	300—1000	10—32	45	—	85	85—90

Продолжение табл. 124

Резервуары		Число пучков труб	Тип	Максимальное рабочее давление, кгс/см²	Поверхность нагрева, м²	Площадь колосниковой решетки, м²	Максимальное парообразование кг/(м² · ч)	К. п. д., %		
количество	расположение							ручной решетки	механической топки	мазута
4	2 верхних 2 нижних	5	23. Ладд Бельвилль G	20	250—900	8—27	20	68	75	75—80
5	3 верхних 2 нижних	4	24. Стерлинг	25	Макс. 60—2100	Макс. 60	40	—	80	85
6	4 верхних 2 нижних	4	25. Ладд Бельвилль	35	Макс. 2200	Макс. 50	54	75	80	85
От 4 до 6	3—4 верхних 1—2 нижних	5—7	26. Прюдон-Капюс	15	Макс. 300	Макс. 10	50	72	—	75—80

* Пылевидное топливо.

Таблица 125

Г. Котлы с принудительной циркуляцией и специальные

Тип	Максимальное давление пара, *кгс/см²*	Поверхность нагрева, *м²*	Площадь решетки, *м²*	Максимальное парообразование *кг/(м² · ч)*	К. п. д., %	
					механической топки	мазута
Лямон	100	Макс. 500	Макс. 14,5	50	75—80	80—85
Бенсон	225	Макс. 2766	Макс. 68	45	75—80*	80—85
Зульцер	140	Макс. 1800	Макс. 45	65	80—85	85—90
Велокс	71	9—155	—	490	—	90
Леффер	135	—	—	—	75—80*	80
Атмос	110	Макс. 60	Макс. 2	250	75—80	80—85
Рототерм	30	4—400	1,5—12	200	75—80	80—85

* Пылевидное топливо.

3. Котлы с вертикальными водяными трубами (тип «Филд»):

средняя внутренняя циркуляция 3—5 *м/сек*;

очень малый запас воды, быстрый набор давления, равномерная паропроизводительность;

удельная паропроизводительность средняя 22 *кг/(м² · ч)*;

максимальное рабочее давление 8 *кгс/см²*;

средний к. п. д. на угле 55%, на жидком топливе — 63%.

Наиболее распространенные котлы указанного типа — Ле Лорэн, Сосьете Эндюстриель де Крейль, Шодьер дель Уаз, Гемин и Ландэ.

4. Котлы с наклонными водяными трубами:

средняя внутренняя циркуляция 2—4 *м/сек*;

средний запас воды, быстрый набор давления;

удельная паропроизводительность 20 *кг/(м²·ч)*;

максимальное рабочее давление 18—30 *кгс/см²*;

средний к. п. д. на угле 70%, на жидком топливе — 78%.

Наиболее распространенные котлы указанного типа — Никлосс, Монтюпе, Бабкок и Вилкокс, Бельвилль

ВЫБОР КОТЛА

При выборе котла следует исходить из двух основных показателей:

а) расход пара в *кг/ч*;

б) рабочее давление котла в *кгс/см²*.

Найдя эти две величины на диаграммах (рис. 71—76) и построив прямоугольник, получим для каждого из котлов обычного типа:

поверхность нагрева в *м²*, необходимую для нормального режима работы;

максимальную паропроизводительность, на которую можно рассчитывать для такого котла;

мощность, необходимую для парообразования;

подводимую мощность в зависимости от топлива;

часовой расход угля;

часовой расход жидкого топлива.

Сравнение последних трех данных, полученных для каждого типа котла, позволит выбрать нужный котел с учетом указаний, содержащихся в предшествующей классификации.

В случае работы котла на мазуте необходимо выбрать соответствующую горелку таким образом, чтобы максимальная производительность горелки была выше часового расхода пара при форсированном режиме, а минимальная ее производительность равнялась хотя бы часовому расходу при наиболее слабом режиме.

ТОПКИ И КОЛОСНИКОВЫЕ РЕШЕТКИ

Топка, представляющая собой камеру, где происходит горение, состоит из основных четырех частей: горелки, топочной камеры, газоходов — системы труб, служащих для удаления отходящих газов, и устройства для регулирования тяги.

Топка должна иметь тем бо́льшую вместимость, чем более длинным пламенем характеризуется топливо. Расстояние между колосниковой решеткой и поверхностью нагрева рекомендуется не менее 1 и не более 2 *м*.

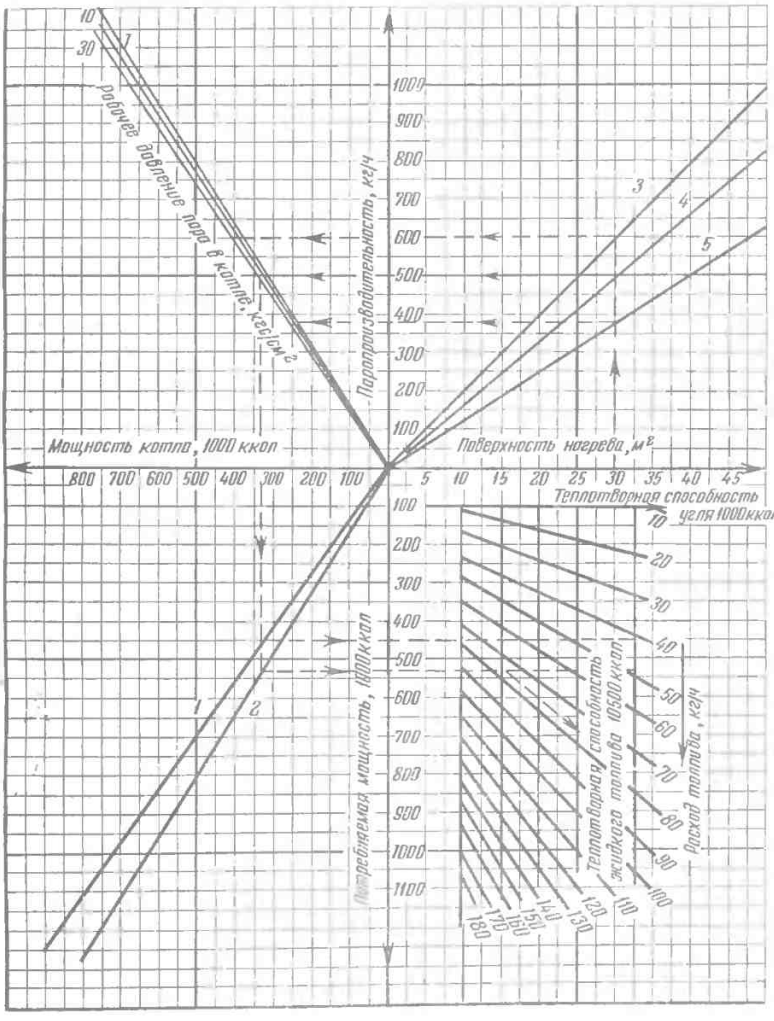


Рис. 71. Котел с дымогарными трубами, СТ-1:

1 — к. п. д. на жидком топливе, *2* — к. п. д. на угле, *3* — форсированный режим, *4* — нормальный режим, *5* — ослабленный режим.

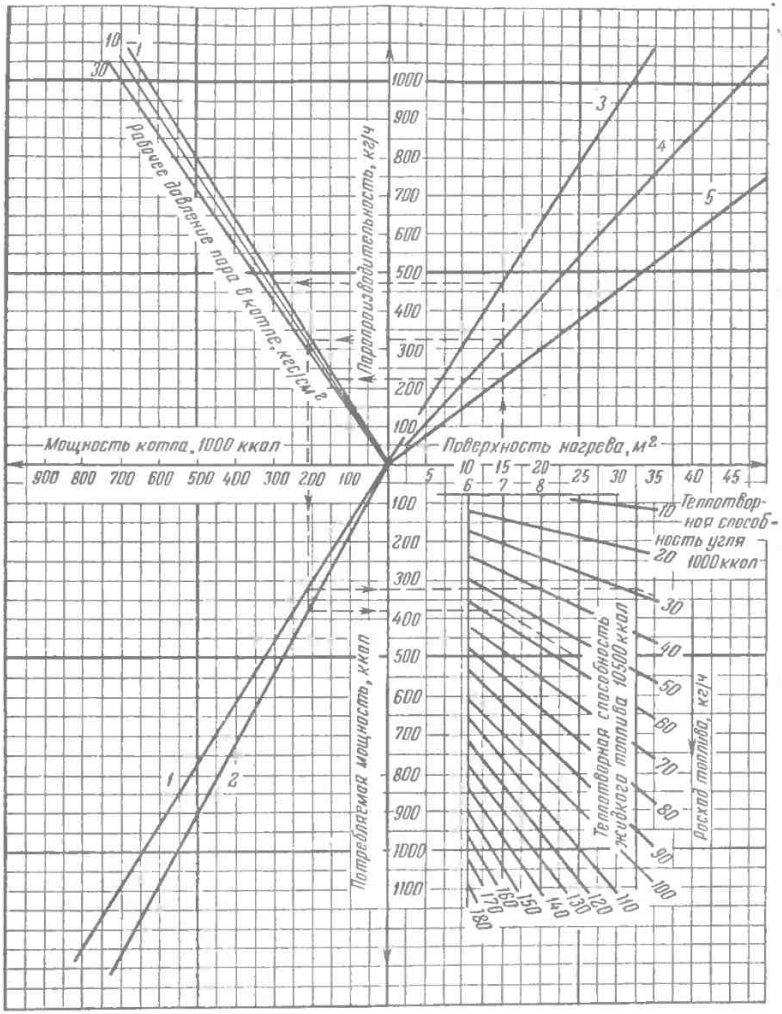


Рис. 72. Котел «Филд» CF-1.

Позиции *1—5* — те же, что и для диаграммы, изображенной на рис. 71.

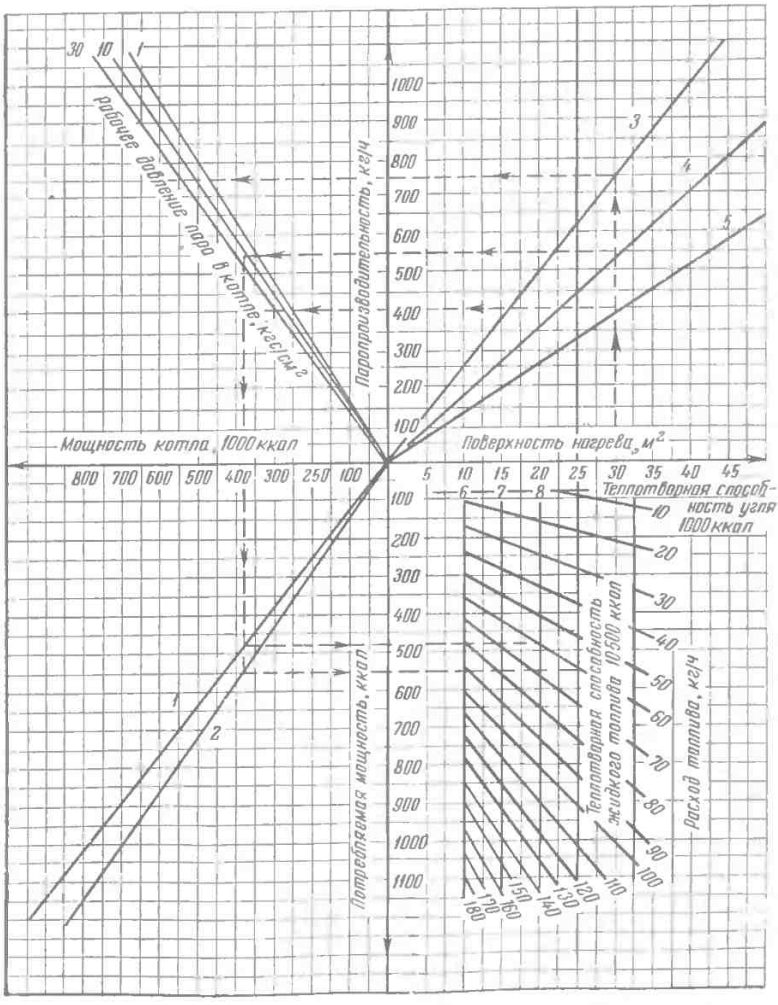


Рис. 73. Многотрубный котел СМ-1.
Позиции *1—5* — те же, что и для диаграммы, изображенной на рис. 71.

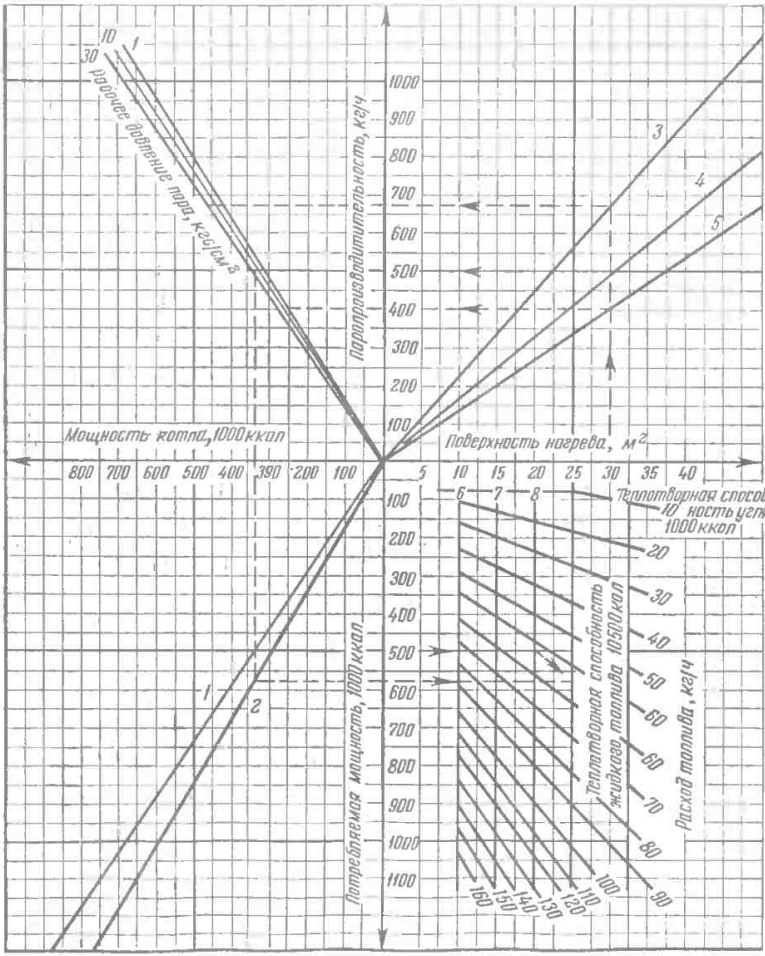


Рис. 74. Котел с кипятильными трубами СВ-1.
Позиции *1—5* — те же, что и для диаграммы, изображенной на рис. 71.

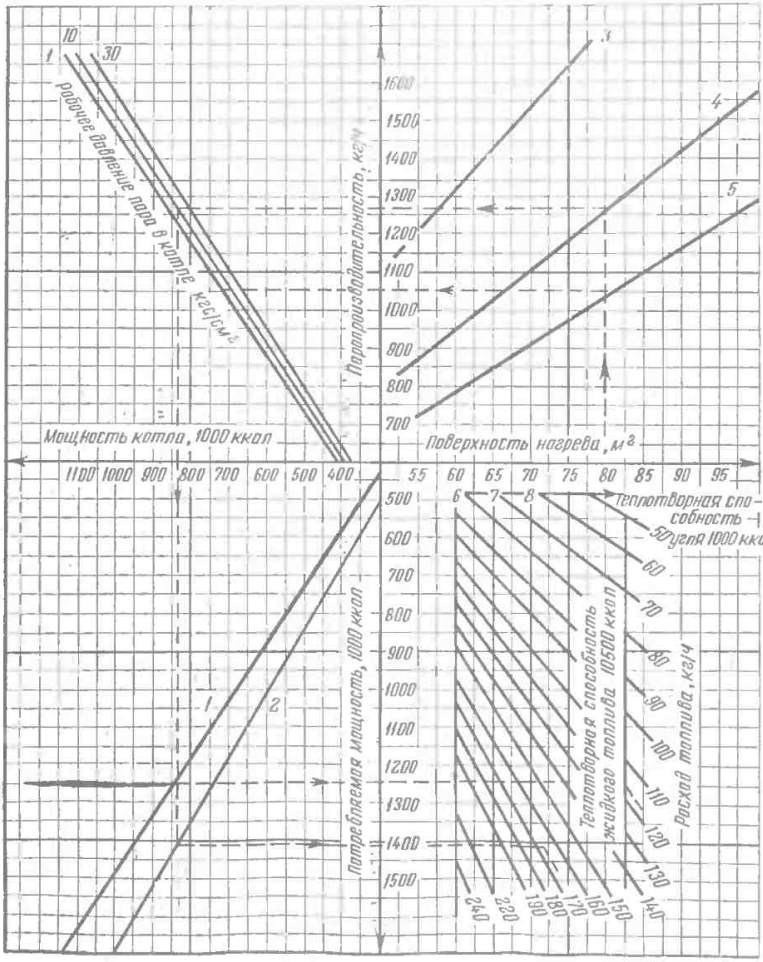


Рис. 75. Котел с кипятильными трубами СВ-2
Позиции *1—5* — те же, что и для диаграммы, изображенной на рис. 71.

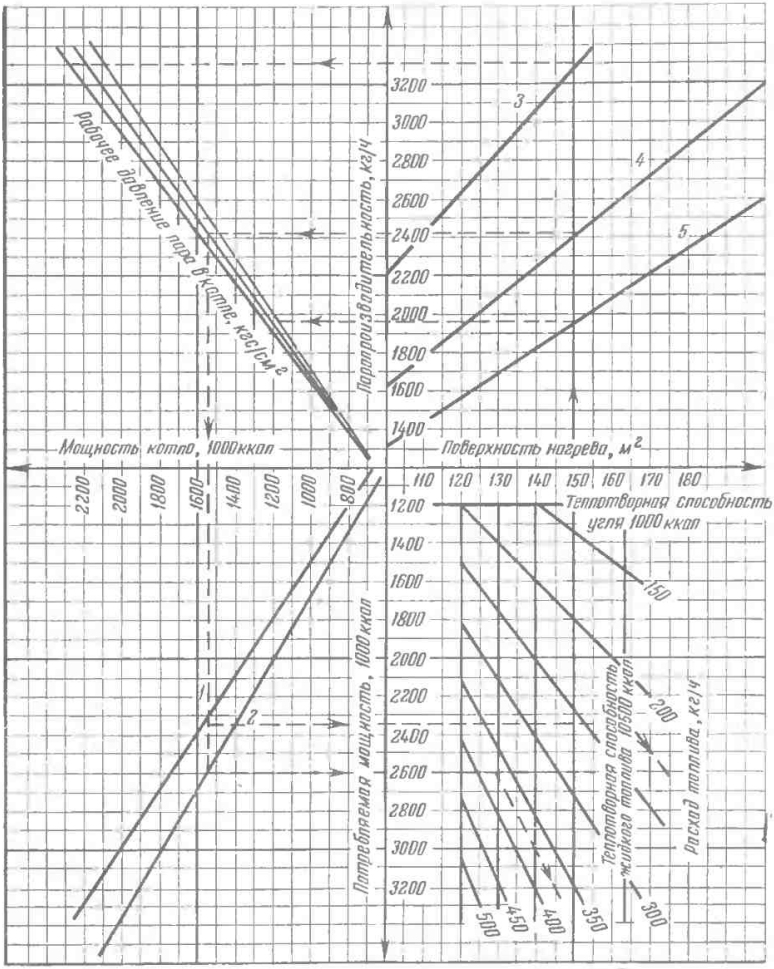


Рис. 76. Котел с кипятильными трубами СВ-3.
Позиции *1—5* — те же, что и для диаграммы, изображенной на рис. 71.

Стенки топки выполняются из огнеупорного кирпича, размеры и форма которого определяются стандартом. В состав кирпича входит не менее 28% глинозема и не более 2% железа.

Соприкасающийся с огнем силикатный кирпич, которым выложены своды топки и печи стекольных заводов, содержит не менее 90% кремнезема.

Колосниковые решетки. На колосниковой решетке находится топливо. Она должна отвечать следующим требованиям:

обладать достаточной механической прочностью;

пропускать воздух, поддерживающий горение, с минимальным сопротивлением;

охлаждаться должным образом.

Колосниковая решетка может быть:

неподвижной и плоской;

с периодическим движением;

постоянно движущейся;

вращающейся.

Неподвижная и плоская колосниковая решетка образована из простых или многостержневых колосников, опирающихся на чугунные балки, допускающие расширение. Колосники могут охлаждаться посредством желобов, расположенных под решеткой, либо посредством циркуляции воды в самих колосниках, либо воздухом.

Неподвижная решетка со ступенчатыми колосниками обеспечивает возможность распределения топлива под действием силы тяжести.

Решетка, которой придается периодическое движение, состоит из зубчатых колосников, обеспечивающих перемещение топлива.

Постоянно движущаяся решетка, или решетка-цепь, имеет вид бесконечной цепи, на которую топливо сбрасывается из бункера.

Вращающаяся решетка имеет вид круглой плиты, снабженной скребком, удаляющим золу.

Количество сжигаемого топлива. При нормальном режиме на 1 $м^2$ площади колосниковой решетки можно сжечь (в $кг$):

высокосортного угля	
решетка с ручным обслуживанием	90
механическая решетка	110
среднего угля	
решетка с ручным обслуживанием	100
механическая решетка	120
бурого угля	180—250
торфа	около 160
кокса (решетка с ручным обслуживанием)	80
антрацита (решетка с ручным обслуживанием)	65

Расчет площади решетки. Исходя из экспериментальных данных, приведенных выше, можно сделать ориентировочный расчет площади решетки по следующей формуле:

$$S_g = \frac{P}{P_{м^2}},$$

где S_g — площадь решетки, $м^2$;

P — масса топлива, сжигаемого в час, $кг$;

$P_{м^2}$ — количество топлива, сжигаемого на 1 $м^2$ площади решетки.

Расчет поверхности нагрева. Поверхность нагрева рассчитывается обычно в зависимости от режима парообразования, который представляет собой отношение часовой паропроизводительности (в $кг$) к поверхности нагрева (в $м^2$).

При расчетах пользуются средними цифрами режима парообразования для каждого типа парогенераторов. В настоящее время они почти всегда принимаются в размере 30—50 $кг/ч$ пара на 1 $м^2$ поверхности нагрева для современных водотрубных котлов и половины этого числа для старых котлов.

Поверхность нагрева S котлов определяется по следующей формуле:

$$S = \frac{PGC}{k} \ln \frac{t_d - t}{t_f - t},$$

где S — поверхность нагрева, $м^2$;

G — объем газов на 1 $кг$ топлива, $м^3$;

C — удельная теплоемкость дымовых газов;

t — температура воды в котле, °С;

t_d — температура газов в начале поверхности нагрева, °С;

t_f — температура газов в конце поверхности нагрева, °С;

k — коэффициент теплопередачи в $ккал/(м^2 \cdot ч \cdot град)$, определяемый в данном случае по следующей формуле:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{e_1} + \frac{1}{e_2} + \frac{b}{\lambda}},$$

где l_1 — коэффициент теплопередачи от газов к стенке, $ккал/(м^2 \cdot ч \cdot град)$;

l_2 — коэффициент теплопередачи от стенке к воде, $ккал/(м^2 \cdot ч \cdot град)$ колеблется от 5000 до 10 000 $ккал/(м^2 \cdot ч \cdot град)$;

b — толщина стенки, $м$;

λ — коэффициент теплопроводности стенки, $ккал/(м \cdot ч \cdot град)$.

Примечания. 1. Температура t_d газов в начале поверхности нагрева почти равна температуре топочной камеры.

2. Температура t_f газов в конце поверхности нагрева может быть вычислена по следующей формуле:

$$t_f = t + (t_d - t)\, e^{\frac{-kS}{PGC}},$$

где e — основание неперовых логарифмов (известно, что $\ln e^{-n} = -n$).

Соотношение между поверхностью нагрева и площадью колосниковой решетки. Для различных типов котлов между поверхностью нагрева и площадью колосниковой решетки существует следующее эмпирическое соотношение (площадь решетки принимается за единицу):

Котлы с кипятильными трубами	16—20
Полутрубчатые котлы	28—32
Котлы с внутренней топкой	30—45
Многотрубные котлы с водяными трубами	40—60

Расчет площади решетки. Свободная площадь решетки S_l, т. е. полная площадь пространств между колосниками, определяется по формуле

$$S_l = \frac{PV}{3600v},$$

где S_l — свободная площадь решетки, $м^2$;
P — масса топлива, $кг$;
V — фактический объем воздуха, необходимый для горения, $м^3$;
v — скорость прохождения воздуха через колосниковую решетку, $м/сек$;

$v = 0{,}75—1{,}5$ $м/сек$ — при естественной тяге;
$v = 1{,}5—4$ $м/сек$ — при искусственной тяге.

Полная площадь решетки S_t, если n есть отношение свободной площади решетки к полной площади, определяется по формуле

$$S_t = \frac{PV}{3600vn}.$$

Для отношения n обычно допускаются следующие величины:

для каменного угля	$^1/_4—^1/_2$
для кокса	$^1/_3—^1/_2$
для бурого угля	$^1/_5—^1/_3$
для дров и для торфа	$^1/_7—^1/_5$

ДЫМОВЫЕ ТРУБЫ

Тяга в дымовых трубах образуется в результате разницы масс двух столбов газа одинаковой высоты и с сечением 1 $см^2$, из которых один столб (отходящие газы) находится при средней температуре, существующей в дымовой трубе, а другой (наружный воздух) — при температуре атмосферы.

Следовательно, теоретическая величина тяги зависит от температуры атмосферы, от средней температуры газа в дымовой трубе и от высоты дымовой трубы. Она возрастает при увеличении длины дымовой трубы, а также с повышением средней температуры газа в дымовой трубе (рис. 77).

Тяга обычно выражается в $мм$ $вод.$ $ст.$, или в $кгс/м^2$.

Дымовая труба является частью котельной установки, позволяющей, с одной стороны, создавать тягу, необходимую для горения, а с другой — удалять отходящие газы. При естественной тяге наиболее важная — первая функция трубы, при искусственной — вторая.

Дымовая труба обычно выкладывается из кирпича и имеет круглое или квадратное сечение, она может выполняться из листового металла и иметь круглое сечение.

Площадь верхнего сечения дымовой трубы вычисляется по формуле Ланга (в $м^2$):

$$s = \frac{PG_r(1 + 0{,}00367t_g)}{3600v},$$

где P — часовой расход топлива, *кг*;
$G_г$ — фактический объем газов, выделяющихся при горении, $м^3$;
$t_г$ — температура газов на выходе из дымовой трубы, °С;
v — скорость газов на выходе, *м/сек*.

Рекомендуется слегка увеличить величину $G_г$, определяемую путем вычислений, с тем, чтобы учесть неизбежный засос воздуха.

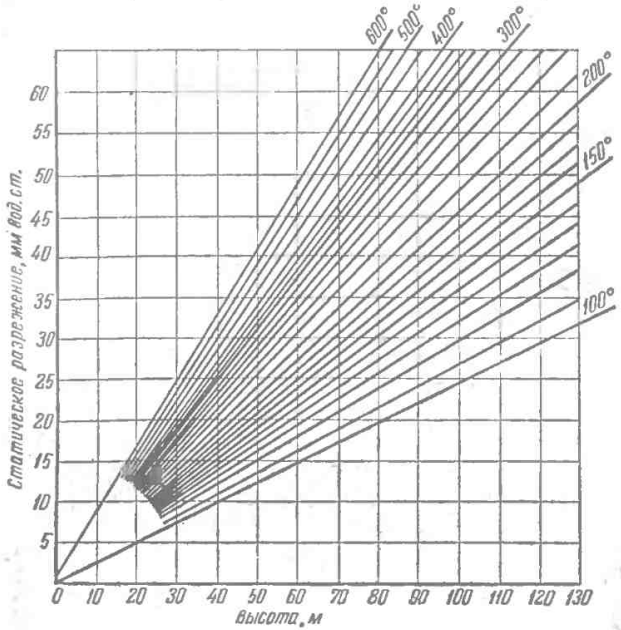


Рис. 77. Определение разрежения (в *мм вод. ст.*) в основании дымовой трубы в зависимости от ее высоты и от температуры газов в ее основании. (Установлено при наружной температуре 15° С и давлении 760 *мм*.)

Величина v колеблется от 3,5 до 5 *м/сек* для дымовой трубы, обслуживающей 1, 2 или 3 котла.

Обычно принимается сечение 0,04 $м^2$ на 10 *кг/ч* угля или на 0,34 $м^2$ площади решетки.

Верхний внутренний диаметр дымовой трубы. Зная сечение s, вычисленное ранее, диаметр находят по формуле

$$d = \sqrt{\frac{4s}{n}},$$

причем n равно 3,1416 для дымовых труб круглого сечения, 3,3142 для труб восьмиугольного сечения и 4 для труб квадратного сечения.

Высота дымовой трубы определяется по следующей эмпирической формуле (в *м*):

$$H = \frac{F}{1{,}29\left(\frac{1}{1+0{,}00367t_e} - \frac{1}{1+0{,}00367t_m}\right)},$$

где F — тяга, *мм вод. ст.*;

t_e — температура наружного воздуха;

t_m — средняя температура дымовых газов;

1,29 — примерный коэффициент, выражающий величины объемных масс газа и наружного воздуха при 0° С и давлении 760 *мм рт. ст.*, которые мы принимаем за равные.

Для вычисления H необходимо знать величину тяги, которую можно определить приближенно, основываясь на значениях удельной мощности воздуха при различных температурах и потерях напора в системе.

Величина тяги, выражаемая в *мм вод. ст.*, обычно равна 3—6 над решеткой и 12—20 на выходе из котла.

Соотношение высоты трубы, поверхности нагрева котла и сечения трубы приведено в табл. 126.

Таблица 126

Зависимость высоты трубы от ее сечения и поверхности нагрева котла

Поверхность нагрева котла, $м^2$	Высота трубы, *м*	Диаметр, *мм*			Боковая сторона основания, *мм*
		верхний наружный	внутренний	нижний	
20	16	900	600	1550	2100
28	18	950	650	1700	2600
38	21	1000	700	1950	3000
65	30	1100	800	2300	4500
90	36	1200	900	2700	5000
110	39	1300	1000	2950	5400
130	40	1400	1100	3300	5700
160	43	1500	1200	3600	6000

Перепад температур в дымовой трубе. Можно основываться на средних потерях температуры 0,5° С на 1 *м* высоты дымовой трубы. Тогда, зная температуру газов на выходе с поверхности нагрева, определяют их среднюю температуру в дымовой трубе и в ее верхней части.

Искусственная тяга применяется для котлов:

большой производительности;

очищаемых при больших нагрузках;

установленных в малых помещениях.

Существуют различные способы создания искусственной тяги, к главным из которых относятся:

принудительная тяга, при которой воздух подается под давлением в поддувало;

тяга с дымососом (прямого действия), при которой все газы отсасываются вентилятором, установленным в дымовой трубе;

тяга с подсосом (непрямого действия), при которой только часть газов отсасывается вентилятором и нагнетается с большой скоростью в основание дымовой трубы, имеющей форму усеченного конуса, для увеличения интенсивности отсоса газов или скорости истечения;

уравновешенная тяга (комбинированная система), основанная на системах принудительной тяги и тяги с дымососом.

Можно автоматически регулировать вход воздуха, подаваемого на решетку, и выход отходящих газов.

ПАРОПЕРЕГРЕВАТЕЛИ

Пароперегреватели, как указывает их название, служат для преобразования сухого насыщенного пара в перегретый пар путем повышения температуры, но без изменения давления. Давление перегретого пара равно давлению насыщенного пара, т. е. давлению в котле. Перегреть пар, следовательно, означает поднять при постоянном давлении его температуру до величины выше той, которая соответствует давлению насыщенного пара.

Перегретый пар имеет следующие **преимущества:**

он совершенно свободен от всяких следов воды;

он хуже проводит тепло по сравнению с насыщенным паром;

он может приобретать в трубопроводах более высокую скорость истечения, что позволяет уменьшить диаметр труб и тем самым снизить потери;

он не конденсируется в установках.

Количество тепла, необходимое для перегрева. Количество тепла Q *ккал/ч*, необходимое для перегрева U *кг* пара, определяется по формуле

$$Q_s = U(c_1 - c_2) + Wc_3,$$

где c_1 — теплосодержание 1 *кг* перегретого пара при соответствующих температуре и давлении;

c_2 — полная теплота парообразования при том же давлении;

c_3 — скрытая теплота парообразования в тех же самых условиях;

W — масса воды, содержащейся в паре, *кг*.

Эта масса относительно массы пара (в %) обычно следующая:

Котлы с большим объемом воды	0,5—1,5
Котлы многотрубные	1—3

Различаются три основных типа пароперегревателей.

Автономные перегреватели, которые называются так потому, что они обогреваются собственной топкой или теплом отработанных газов.

Поверхность нагрева автономного пароперегревателя вычисляется так же, как для котла, поскольку такой пароперегреватель имеет собственную топку.

К. п. д. пароперегревателя вычисляется по формуле к. п. д. поверхности нагрева, он колеблется от 40 до 60%.

Температура газов на входе в пароперегреватель не должна превышать 1000° С, на выходе она должна быть достаточно высокой — около 300° С (в зависимости от температуры перегрева).

Неавтономные пароперегреватели в противоположность автономным расположены в газоходах, в местах, предусматриваемых во время кладки котлов.

Поверхность нагрева неавтономного пароперегревателя определяют по следующей формуле:

$$S_s = \frac{U(c_1 - c_2) + Wc_3}{kD},$$

где c_1, c_2 и c_3 — теплосодержания, определение которых было дано выше;

k — коэффициент теплопередачи, определяемый по той же формуле, которая используется для поверхности нагрева;

D — средняя разность температур пара и газов, определяемая по той же самой формуле, которая применяется для экономайзеров.

Очевидно, поверхность нагрева пароперегревателя изменяется в основном в зависимости от требуемой температуры перегрева. Для многотрубных котлов и для температур перегрева 300—350° С поверхность нагрева пароперегревателя составляет в среднем 30% от поверхности нагрева котла.

Температура газов на выходе из пароперегравателя вычисляется по формуле

$$T = t - \frac{U(c_1 - c_2) + Wc_3}{CG_rP},$$

где t — температура газов перед пароперегревателем, °С;

U, c_1, c_2, c_3 и W — определены выше;

C — удельная теплоемкость дымовых газов при предусматриваемой температуре;

G_r — фактическое количество газов, $м^3$;

P — масса топлива, сжигаемого в час, $кг$.

К. п. д. пароперегревателя выше при противоточной циркуляции пара и газов, но при высоких температурах желательно устанавливать не противоточную циркуляцию, а параллельную.

Радиационные пароперегреватели обогреваются непосредственно топкой котла.

Поверхность нагрева радиационного пароперегревателя определяется по следующей формуле:

$$S_s = \frac{U(c_1 - c_2) + Wc_3}{4\left[\left(\frac{T+273}{100}\right)4 - \left(\frac{t+273}{100}4\right)\right]},$$

где t — средняя арифметическая разность температур насыщенного пара на входе и перегретого пара на выходе;

T — температура в топочной камере, °С;

U, W, c_1, c_2, c_3 — определены выше.

Эти радиационные перегреватели интересны тем, что они позволяют значительно уменьшить поверхность теплообмена при высоких температурах.

Потери напора в перегревателях. Напор вычисляется обычным путем; как правило, допускается скорость перегретого пара в трубопроводах 30—60 $м/сек$.

Экономайзер представляет собой аппарат, который устанавливается между котлом и дымовой трубой и позволяет использовать тепло, содержащееся в дымовых газах, и тем самым уменьшить потери. Это тепло используется для подогрева воды, питающей котел.

Обычно экономайзер состоит из труб (чугунных или стальных), расположенных в газоходах и заканчивающихся двумя коллекторами: один — для входящей воды и другой — для выходящей воды.

Требования, которым должен удовлетворять экономайзер. Экономайзер, применение которого целесообразно только для относительно крупных установок, должен иметь:

а) большую поверхность теплообмена, так как средняя разность температур воды и газов невелика, а его стенки являются очень хорошими проводниками тепла;

б) высокую скорость истечения воды;

в) противоточную циркуляцию.

Поверхности теплообмена должны содержаться в чистоте как снаружи, так и внутри.

Расчет поверхности нагрева экономайзера. Поверхность нагрева экономайзера вычисляется с помощью следующей формулы:

$$S = \frac{P_e (t_2 - t_1)}{kD},$$

где S — поверхность нагрева, $м^2$;

P_e — расход подогреваемой воды, $кг/ч$;

t_1 — температура воды на входе в экономайзер;

t_2 — температура воды на выходе из экономайзера;

k — коэффициент теплопередачи, $ккал/(м^2 \cdot ч \cdot град)$;

D — средняя разность температур между обоими потоками жидкости, °С.

Вычисление средней разности температур D производится по экспоненциальному закону в зависимости от направления циркуляции: оба потока движутся в одном направлении — параллельное истечение, в противоположном — противоточное истечение. В последнем случае, наиболее часто встречающемся в экономайзерах, D может вычисляться по следующей формуле:

$$D = \frac{(t_1' - t_2) - (t_2' - t_1)}{\log e \dfrac{t_1' - t_2}{t_2' - t_1}},$$

где t_1 и t_2 — температура воды соответственно на входе и на выходе из экономайзера;

t_1' и t_2' — температура дымовых газов соответственно на входе и на выходе из экономайзера.

Для упрощения расчета можно допустить, что D есть линейная функция, определяемая тогда по следующей формуле:

$$D = \frac{t_1' + t_2'}{2} - \frac{t_1 + t_2}{2}.$$

Вычисление коэффициента теплопередачи k производится [в *ккал/(м²·ч·град)*] по той же формуле, которая используется для определения поверхности нагрева котла.

Повышение температуры воды в экономайзере определяется по формуле

$$t_2 - t_1 = \frac{RCF\left(t_1' - t_2'\right)}{P_e},$$

где $t_2 - t_1$ — повышение температуры воды, °С;
R — к. п. д. экономайзера;
C — удельная теплоемкость дымовых газов;
$t_1' - t_2'$ — уменьшение температуры дымовых газов, °С;
P_e — расход подогреваемой воды, *кг/ч*;
F — часовой расход дымовых газов, *кг*;

$$F = \frac{0{,}027 P_{ci}}{E_i} P,$$

здесь P_{ci} — теплотворная способность по нижнему пределу;
E_i — фактическое содержание CO_2 в дымовых газах;
P — расход топлива, *кг/ч*.

Эта формула основана на формуле определения к. п. д. Если известна величина повышения температуры воды, легко вычислить к. п. д. экономайзера по предыдущей формуле, которая в этом случае принимает вид:

$$R = \frac{P_e\left(t_2 - t_1\right)}{CF\left(t_1' - t_2'\right)}$$

Выгодно, чтобы на выходе из экономайзера температура была как можно более высокой. Верхний предел этой температуры — температура насыщенного пара при рабочем давлении экономайзера.

Для чугунных экономайзеров с гладкими трубами рекомендуется в целях безопасности, чтобы средняя температура была на 50° С ниже температуры насыщенного пара.

На диаграмме (рис. 78) показана кривая температуры насыщенного пара для заданного давления и кривая максимальной температуры питающей воды в зависимости от этого давления.

Температура воды на входе в экономайзер определяется в зависимости от точки насыщения газов. Необходимо избегать появления влаги на трубах, что влечет за собой коррозию и налипание сажи. Кроме того, температура воды на входе должна быть несколько выше точки росы, при которой конденсируется влага, находящаяся в виде пара в отходящих газах.

По этой причине температура воды должна быть 40—50° С, что часто требует предварительного подогрева.

Диаграмма (рис. 79) показывает точку росы и минимальную температуру питающей воды в зависимости от содержания воды в топливе и углекислоты в дымовых газах.

При использовании экономайзера уменьшается тяга вследствие, с одной стороны, дополнительного сопротивления в системе, а с другой — понижения температуры газов.

Для компенсации этих неизбежных потерь обычно требуется дополнительная энергия, так как необходимо сохранить определенную скорость отходящих газов. В противном случае вокруг поверхности

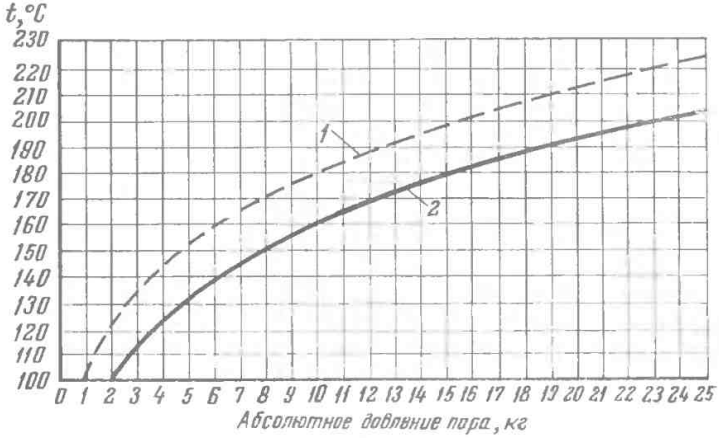


Рис. 78. Зависимость от заданного давления:
1 — температуры насыщенного пара, *2* — максимальной температуры питающей воды.

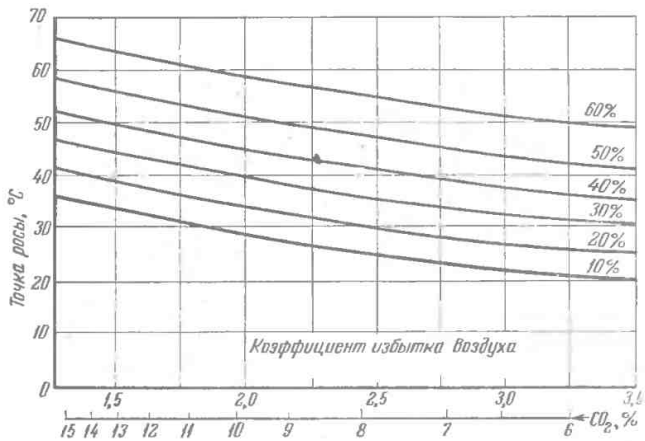


Рис. 79. Определение точки росы.
В процентах указано содержание влаги в топливе.

теплообмена образуется пленка холодного воздуха, значительно снижающая величину коэффициента k, т. е. теплопередачу.

Экономический эффект при использовании экономайзера зависит в основном от типа установки и определяется, как правило, по коли-

ществу тепла, используемого котлом, а не по количеству тепла, производимого в топке. Эту экономию можно вычислить по формуле

$$e = 100\,\frac{(t_2 - t_1)}{c - t_1},$$

где e — экономия, %;

$t_2 - t_1$ — повышение температуры воды, °С;

c — теплосодержание 1 *кг* пара при рабочем давлении;

t_1 — температура воды, питающей котел.

Экономию, реализуемую от использования экономайзера, можно легко определить по диаграмме, приведенной на рис. 80.

В качестве примера возьмем установку, в которой

используется топливо с теплотворной способностью 7000 *ккал*;

содержание CO_2 в дымовых газах 9%;

парообразование на 1 *кг* угля 7 *кг*;

требуемая температура газов на выходе из котла 180° С;

полезно используемое тепло на 1 *кг* пара 650 *ккал* при давлении 13 *кгс/см²* и начальной температуре питающей воды 15° С.

Располагая этими данными, в этом случае достаточно, исходя из теплотворной способности 7000 *ккал*, восстановить перпендикуляр до пересечения с линией, указывающей содержание CO_2, равное 9%. Отсюда, продолжая диаграмму по горизонтали, пересекаем шкалу, указывающую массу дымовых газов на 1 *кг* угля, в нашем случае — 21 *кг*; продолжаем эту линию до пересечения с линией, указывающей парообразование на 1 *кг* угля — 7 *кг*; из этой точки спускаем перпендикуляр до линии, показывающей снижение температуры дымовых газов, равное 170° С (350—180); продолжая строить диаграмму по горизонтали, установим по вертикальной шкале повышение температуры воды, которое в нашем случае будет равно 116° С.

Вычислим, что экономия, реализуемая в результате установки экономайзера, равна 17,85%; эта величина находится восстановлением перпендикуляра из точки пересечения горизонтальной линии с наклонной линией, показывающей число расходуемых калорий, которое в нашем примере равно 650 *ккал*.

Если бы температура питающей воды была равна 90° С, а не 15° С, тогда на образование пара пошло бы 575 *ккал* и реализуемая экономия составила бы 17,5% вопреки мнению многих, полагающих, что установка экономайзера в котельную систему, где котел уже питается горячей водой, не приносит никакой выгоды.

КЛАССИФИКАЦИЯ ПАРОВЫХ КОТЛОВ И СТАНДАРТИЗИРОВАННАЯ ОКРАСКА ТРУБОПРОВОДОВ, ПРИНЯТЫЕ ВО ФРАНЦИИ

Во Франции на основании соответствующих постановлений различают три класса котлов в зависимости от объема воды в котле и температуры насыщения

Класс	Кажущийся объем жидкости V $(t - 100)$*
Первый	более 200
Второй	50—200
Третий	менее 50

* V — объем воды в одном котле, $м^3$; t — температура насыщения, °С.

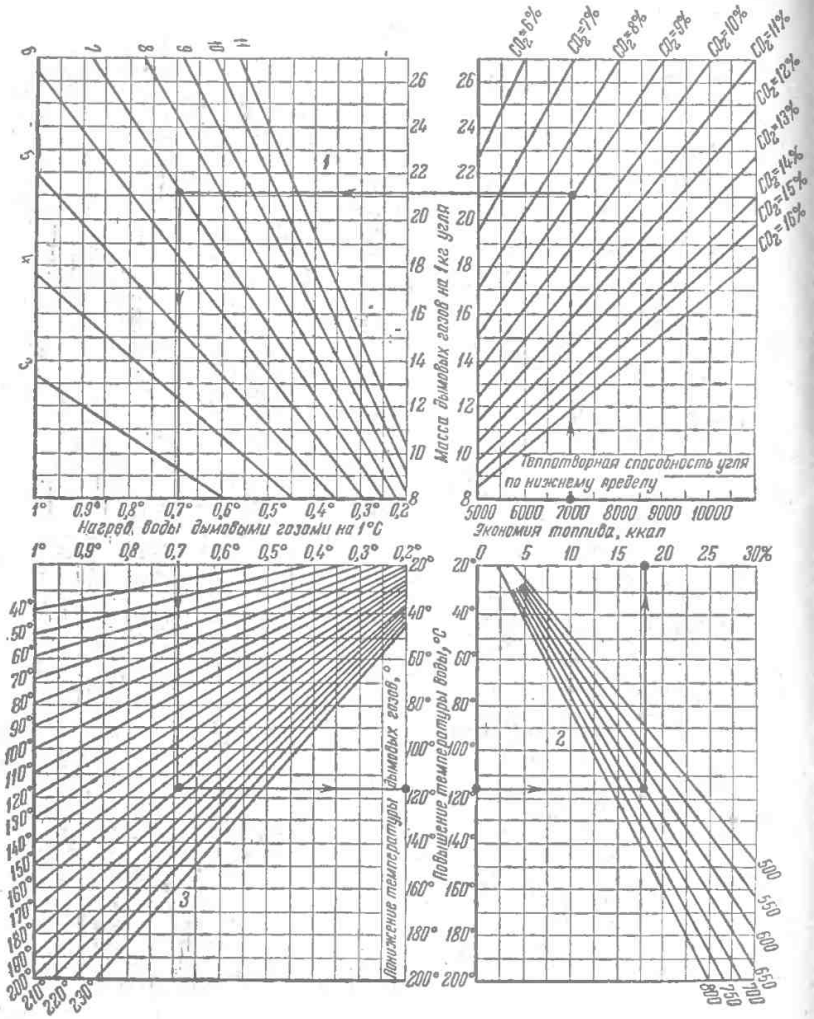


Рис. 80. Определение экономического эффекта от использования экономайзера:

1 — парообразование на 1 *кг* угля, *2* — тепло, полезно затрачиваемое на 1 *кг* пара, *ккал*, *3* — понижение температуры дымовых газов.

Только котлы третьего класса могут устанавливаться везде, где это требуется без всяких ограничений. Что же касается котлов второго и первого классов, то их следует устанавливать вне жилья или общественных мест.

Котельные установки оборудованы: манометром, двумя предохранительными клапанами, одним обратным паровым клапаном, запорной и спускной задвижками, двумя указателями уровня воды, из которых по крайней мере один со стеклянной трубкой, одним обратным водяным клапаном и термометром.

Стандартизированная окраска трубопроводов (табл. 127). Принятые законодательством Франции общие установки в отношении окраски трубопроводов предписывают:

применять стандартизированные цвета всякий раз, когда нет специальных оговорок (например, в холодильной промышленности):

всегда окрашивать трубопровод в определенный цвет, дополняемый или не дополняемый различными оттенками в виде колец, характеризующими состояние проходящей по трубам среды;

применять стандартизированные цвета одновременно для окраски как трубопроводов, так и различных поверхностей внутри промышленного помещения;

соблюдать между кольцами расстояние, равное их троекратной ширине;

для резервуаров, содержащих жидкую или газовую среду, — предусматривать эмблему из основного цвета, в верхней части которой должны быть изображены продольные полосы из дополнительных цветов, применяемых на трубопроводах для этих сред;

для манометров — в центре циферблата должно быть нанесено пятно по цвету, соответствующее принятому для данной жидкости.

Окраска трубопроводов, принятая для указания состояния среды

Среда	Окраска колец
Жидкость	
горячая или перегретая	Оранжевая
холодная или охлажденная	Фиолетовая
загрязненная или зараженная	Коричневая
удаляемая или нагнетаемая	Белая
под давлением	Красная
Газ	
разреженный	Светло-голубая
сжиженный	Розовая

Образцы красителей приведены в табл. 128

Примеры окраски трубопроводов на пивоваренных заводах (за исключением трубопроводов, относящихся к холодильной промышленности) даны в табл. 129.

Таблица 127

Окраска трубопроводов для наиболее распространенных жидких и газовых сред

Трубопроводы для среды	Условный цвет				
Пар					
насыщенный			Красный		
перегретый	Оранжевый	Красный	Оранжевый	Красный	Оранжевый
сбрасываемый	Голубой	Красный	Голубой	Красный	Голубой
Вода					
сырая			Голубой		
дистиллированная или очищенная	Розовый	Голубой	Розовый	Голубой	Розовый
питьевая	Серый	Голубой	Серый	Голубой	Серый
непитьевая	Черный	Голубой	Черный	Голубой	Черный
для тушения пожара	Красный	Голубой	Красный	Голубой	Красный
Бензин			Фиолетовый		
Керосин	Зеленый	Фиолетовый	Зеленый	Фиолетовый	Зеленый
Газойль	Серый	Фиолетовый	Серый	Фиолетовый	Серый
Мазут	Черный	Фиолетовый	Черный	Фиолетовый	Черный
Воздух			Светло-зеленый		
Углекислый газ			Серый		
Светильный газ	Светло-зеленый	Серый	Светло-зеленый	Серый	Светло-зеленый
Смазочные жидкости			Желтый		

Таблица 128

Красители

Цвет	Состав		Количество, %		Цвет	Состав		Количество, %	
	вещество	%	порошка	растворителей		вещество	%	порошка	растворителей
Фиолетовый	Красный безвредный в порошке	19	55	45	Розовый	Красный безвредный в порошке	10	49	51
	Синий ультрамариновый	10				Цинковые белила	39		
	Цинковые белила	26				Льняное масло	44		
	Льняное масло	38				Скипидар	5		
	Скипидар	5				Жидкий сиккатив	2		
	Жидкий сиккатив	2							
Сиреневый	Красный безвредный в порошке	14	47	53	Коричневый	Красная охра	44	53	47
	Синий ультрамариновый	7				Цинковые белила	9		
	Цинковые белила	26				Льняное масло	40		
	Льняное масло	46				Скипидар	5		
	Скипидар	5				Жидкий сиккатив	2		
	Жидкий сиккатив	2							

Продолжение табл. 128

Цвет	Состав		Количество, %	
	вещество	%	порошка	растворителей
Зеленый	Английская зелень	40	60	40
	Желтый крон	20		
	Льняное масло	33		
	Скипидар	5		
	Жидкий сиккатив	2		
Светло-зеленый	Английская зелень	19	52	48
	Желтый крон	3		
	Цинковые белила	30		
	Льняное масло	41		
	Скипидар	5		
	Жидкий сиккатив	2		
Желтый	Желтый крон	43	55	45
	Цинковые белила	12		
	Льняное масло	38		
	Скипидар	5		
	Жидкий сиккатив	2		
Серый	Цинковые белила	51,7	52	48
	Формовочные чернила	0,3		
	Льняное масло	41		
	Скипидар	5		
	Жидкий сиккатнв	2		
Светло-голубой	Синий ультрамариновый	12	52	48
	Цинковые белила	40		
	Льняное масло	41		
	Скипидар	5		
	Жидкий сиккатив	2		
Голубой	Синий ультрамариновый	34	52	48
	Цинковые белила	18		
	Льняное масло	41		
	Скипидар	5		
	Жидкий сиккатив	2		

Продолжение табл. 128

Цвет	Состав		Количество, %		Цвет	Состав		Количество, %	
	вещество	%	порошка	растворителей		вещество	%	порошка	растворителей
Оранжевый	Красный безвредный в порошке	9	44	56	Черный	Формовочные чернила	16	16	84
	Желтый крон	35				Льняное масло	77		
	Льняное масло	49				Скипидар	5		
	Скипидар	5				Жидкий сиккатив	2		
	Жидкий сиккатив	2							
Красный	Красный безвредный в порошке	58	63	37	Белый	Цинковые белила	51	51	49
	Цинковые белила	5				Льняное масло	42		
	Льняное масло	30				Скипидар	5		
	Скипидар	5				Жидкий сиккатив	2		
	Жидкий сиккатив	2							

Таблица 129

Окраска трубопроводов на пивоваренных заводах

Среда	Цвет				
Вода					
сырая (необработанная)				Голубой	
обработанная (используемая для затирания солода)	Розовый	Голубой	Розовый	Голубой	Розовый
для очистки изнутри (мойка бутылок, бочек, бродильных чанов, танков и т. п.)	Серый	Голубой	Серый	Голубой	Серый
для очистки снаружи (мойка бочек)	Черный	Голубой	Черный	Голубой	Черный
удаляемая по канализационным трубам	Коричневый	Голубой	Коричневый	Голубой	Коричневый
Подача пара	Оранжевый	Красный	Оранжевый	Красный	Оранжевый
Спуск пара	Голубой	Красный	Голубой	Красный	Голубой
Воздух					
нефильтрованный	Белый	Светло-зеленый	Белый	Светло-зеленый	Белый
фильтрованный	Белый	Светло-зеленый	Белый	Светло-зеленый	Белый

Среда	Цвет									
Углекислый газ										
для перемещения жидкостей (монжю) рекуперированный	Мастика	Светло-зеленый	Мастика			Светло-зеленый		Мастика		
после брожения (от чана)	Коричневый	Серый	Коричневый			Серый		Коричневый		
после брожения (от компрессора к очистительным устройствам)	Коричневый	Красный	Серый	Коричневый		Красный		Серый	Коричневый	
от брожения (после очистительных устройств)	Мастика	Красный	Серый	Мастика		Красный		Серый		
от брожения (сжиженный)	Мастика	Розовый	Серый	Мастика		Розовый		Серый		
Светильный газ (например, в лаборатории)	Светло-зеленый	Серый	Светло-зеленый			Серый		Светло-зеленый		
Смазочное масло	Желтый									
Смазочное масло										
неочищенное	Коричневый	Желтый	Коричневый			Желтый		Коричневый		
очищенное	Мастика	Желтый	Мастика			Желтый		Мастика		

3. ОТОПЛЕНИЕ КОТЛОВ ЖИДКИМ ТОПЛИВОМ

При использовании жидкого топлива необходимо уточнить его нужные качества, так как газойлю или мазуту можно придать определенный состав.

Жидкое топливо и горение. Газойль. Это топливо обладает достаточной жидкотекучестью и не требует предварительного подогрева для перекачки или для сжигания; это позволяет пользоваться очень простой аппаратурой. Однако себестоимость газойля весьма высока, поэтому его использование для производства пара не представляет интереса.

Легкий мазут. Его также можно использовать без предварительного подогрева, таким образом упрощается конструкция установки.

Обычный мазут. Так как его применение весьма экономично, он вполне подходит для отопления котлов; но этот мазут необходимо подогревать до 80° С, что усложняет конструкцию установки.

Тяжелый мазут. Он также требует подогрева до 110° С, но зато у него низкая себестоимость.

Трудно сказать, какое топливо подходит лучше. Условия использования топлива, расположение завода и т. п. сильно влияют на себестоимость.

Жидкое топливо по сравнению с твердым имеет **следующие преимущества:**

повышение к. п. д. котла, с одной стороны, за счет уменьшения избыточного воздуха, а с другой — вследствие увеличения коэффициента теплопередачи, обусловленного более высокими температурами и более чистыми поверхностями;

отсутствие потерь на несгоревшие твердые частицы в шлаке;

уменьшение поверхности нагрева, так как жидкое топливо позволяет дальше распространять пламя;

экономия 1 *кг* обычного мазута обеспечивает производство 12 *кг* пара, в то время как 1 *кг* хорошего угля обеспечивает производство только 6—7 *кг*;

увеличение парообразования при применении мазута по сравнению с углем в 1,6 раза;

значительная быстрота изменения парообразования, позволяющая быстро удовлетворять пиковую нагрузку;

быстрый набор давления в котле;

меньшие расходы по эксплуатации;

возможность полной автоматизации установки;

при естественной тяге сечение дымовой трубы значительно меньшее (60% от сечения, необходимого для отопления углем);

чистота в котельной.

Жидкое топливо по сравнению с твердым имеет **следующие недостатки:**

более высокая стоимость во Франции;

возможность взрыва в котле или в дымоходах;

дорогостоящие склады;

расположение котлов, складов мазута и топок регламентируется.

На 1 $м^2$ поверхности нагрева в час расходуется 1—1,5 *кг* мазута.

Способы распыления. Существуют следующие способы распыления: паром; сжатым воздухом; под давлением.

Распыление паром. Топливо захватывается струей пара, который сталкивается с ним под различными углами. Мазут распы-

ляется в тончайшие капельки, которые газифицируются и сгорают. Воздух, способствующий горению, подходит к кончику горелки.

Эта система имеет то преимущество, что пар подогревает топливо. Однако пар снижает температуру пламени; необходимо учитывать также расход около 250 *г* пара на 1 *кг* потребляемого жидкого топлива.

Распыление сжатым воздухом. Эта система аналогична предыдущей, но топливо воспламеняется быстрее, так как образует смесь с воздухом до выхода из горелки. Однако получение сжатого воздуха значительно удорожает эксплуатационные расходы.

Распыление под давлением. Топливо закачивается под давлением при помощи насоса и входит в горелку, форма которой заставляет его перемещаться по спирали. Большая скорость подачи и форма движения обеспечивают очень тонкое распыление мазута, а также его интенсивное перемешивание с воздухом. Мазут должен подаваться под давлением не менее 6 *кгс/см²*.

Преимущество этой системы заключается в том, что она обеспечивает полное сгорание топлива и легкую регулировку и требует лишь незначительной дополнительной энергии.

Требования к горелке. К. п. д. и экономичность работы котла на мазутном топливе в значительной мере зависит от эксплуатационных качеств горелок.

Хорошая горелка должна удовлетворять следующим условиям:

тонко распределять на капельки одинакового размера топливо, подаваемое в топку;

обеспечивать интенсивное перемешивание топлива с воздухом (воздух должен поступать в топку на большой скорости);

обладать гибкостью, позволяя быстро изменить режим парообразования;

быть прочной, простой и легко разбираться.

Подогрев мазутов

Мазут представляет собой жидкое топливо, вязкость которого сильно зависит от изменения температуры; кроме того, вязкость мазута при обычной температуре более других показателей отличает один мазут от другого.

При температуре 15° С бытовой мазут имеет удовлетворительную жидкотекучесть, а легкий мазут — значительно худшую, но его можно перекачивать насосами; тяжелый мазут № 1 нельзя перекачивать насосом, что же касается тяжелого мазута № 2, то он имеет вид вязкой массы.

Вязкость мазута, применяемого в горелках, должна быть достаточно низкой, чтобы распыление происходило в благоприятных условиях. Отсюда следует, что почти для всех сортов мазута требуется подогрев до их подачи в горелку.

Эти особенности требуют следующего.

1. Для перекачки и транспортировки мазуты следует подогревать и содержать при соответствующей температуре (в °С):

тяжелый № 1	при 40
тяжелый № 2	при 50

2. Для хорошего распыления в горелках рекомендуется, чтобы мазуты имели следующую температуру (в °С):

легкий	40
тяжелый № 1	80
тяжелый № 2	90—100

Потребители мазутов могут встретиться со следующими проблемами.

1. Подогрев мазута в нефтеналивных баржах и вагонах-цистернах по их прибытии к месту разгрузки для перелива мазута в резервуары-хранилища (только для тяжелых мазутов).

2. Подогрев тяжелых мазутов в резервуарах-хранилищах для перекачки насосами (при известных обстоятельствах также и легкого мазута).

3. Дополнительный подогрев перед распылением (тяжелых мазутов и при известных обстоятельствах и легкого мазута).

4. Меры предосторожности во время транспортировки (для тяжелых мазутов).

Практический способ расчета подогревателей сводится к определению необходимого количества теплоносителя и поверхности подогревателя.

Теплоносители. К числу наиболее распространенных теплоносителей, применяемых для подогрева топлива, относится пар средней насыщенности и низкого давления, а также горячая вода под давлением или без давления.

Так как коэффициент конвективной теплопередачи перегретого пара в 10 раз меньше по сравнению с насыщенным паром, то для передачи того же числа калорий он должен иметь большую поверхность теплообмена, что совершенно нецелесообразно.

Когда в распоряжении нет ни пара, ни горячей воды, можно предусмотреть электрический подогрев. Элементы расчета остаются теми же, но мощность (в *квт · ч*) вычисляется путем деления необходимого количества подводимого тепла на 860, что является тепловым эквивалентом киловатт-часа.

Пример. Дано:

удельная теплоемкость мазута, принимаемая за 0,5 — практическая величина;

фактическая температура топлива и температура, до которой его нужно довести;

количество топлива, которое нужно подогреть в час.

Необходимо определить количество калорий, потребных в час для подогрева. Принимается коэффициент запаса 1,5.

Имеется резервуар, содержащий 40 *т* тяжелого мазута № 1, который нужно подогреть за 10 *ч* для полного опорожнения резервуара.

Допустим, что исходная температура мазута равна 0° С, а температура, до которой его нужно подогреть,— 40° С, потребное число калорий будет равно

$$40\,000\,(40 - 0) \cdot 0{,}5 = 800\,000 \text{ кал}.$$

Это число с учетом коэффициента запаса дает

$$800\,000 \cdot 1{,}5 = 1\,200\,000 \text{ кал}.$$

Так как подогрев рассчитан на 10 *ч*, то, следовательно, необходимое число калорий в час будет равно 120 000.

Соответствующий расход пара вычисляется с учетом того, что при конденсации 1 *кг* пара отдает около 500 *кал*.

Таким образом, часовой расход пара будет равен

$$\frac{120\,000}{500} = 240 \text{ кг}.$$

При использовании электрического подогревателя следует сделать перерасчет:

$$\frac{120\,000}{860} = 140 \text{ квт} \cdot \text{ч}.$$

Поверхность подогревателя. Для определения поверхности нагрева на практике допускается, что для насыщенного пара или горячей воды и для стальных труб коэффициент теплопередачи равен 100 *кал/м*^{2} поверхности нагрева в час и на градус разности температур теплоносителя и топлива.

Возьмем тот же пример, что мы рассматривали выше, где потребность в тепле составляет 120 000 *кал/ч*. Предположим, что теплоносителем будет насыщенный пар (6 *кгс/см*^{2}) при температуре 158° С, тогда средняя температура подогреваемого мазута в процессе операции составляет

$$\frac{40 + 0}{2} = 20° \text{ С}.$$

Средняя разность температур между обогревающей и обогреваемой средами будет

$$158 - 20 = 138° \text{ С},$$

следовательно, поверхность нагрева должна быть

$$\frac{120\,000}{100 \cdot 138} = 8{,}6 \text{ м}^2 \text{ (приблизительно)}.$$

Подогрев топлива при опорожнении железнодорожных цистерн

Цистерны, служащие для транспортировки тяжелого мазута, должны быть оборудованы подогревателями, поверхность нагрева которых определяется из расчета 0,6 *м*^{2} на 1 *м*^{3} емкости вагона. К подогревателям подводится обычно один паропровод, что вполне достаточно.

Допустим, что зимой мазут находится при температуре —10° С и надо его довести до 40° С для обеспечения возможности перекачки насосом, используя для этой цели пар под давлением 6 *кгс/см*^{2} при температуре 158° С.

Подогреватель может передать

$$0{,}6 \cdot 100 \left(158 - \frac{(40 - 10)}{2}\right) = 8400 \text{ кал}$$

на 1 *м*^{3}, что соответствует расходу 17 *кг* пара на 1 *м*^{3}.

На 1 *м*^{3} топлива нужно

(10+40) 0,5 · 1000 · 0,9 (объемная масса) · 1,5 (коэффициент запаса) = 33 750 *кал*;

время подогрева будет равно 4 *ч* в самом неблагоприятном случае при условии достаточной подачи пара.

Устройство для подогрева вагонов предусматривает возможность соединения для газовых труб (26/34)*, причем муфтовая часть соединения находится на вагоне. Кроме того, это соединение имеет стандартный фланец, служащий для сборки.

Что касается разгрузочного отверстия, то оно оканчивается резьбовым соединением, причем ниппельная часть находится на вагоне.

Для разгрузки вагонов предусматривается трубопровод внутренним диаметром 100—150 *мм*. Этот трубопровод оканчивается гибким шлангом, который присоединяется к разгрузочному отверстию вагона при помощи соединения, описанного выше.

Для пароподводящего трубопровода рекомендуется выбирать трубы 40/49 или лучше 50/60, если предусматривается одновременный обогрев нескольких вагонов. Тогда на протяжении этого трубопровода следует предусмотреть несколько отверстий.

Для разгрузки вагонов должны применяться объемные насосы Производительность этих насосов определяется числом одновременно обслуживаемых вагонов. Обычно производительность 20—40 $м^3/ч$ достаточна.

В случае доставки мазута в автоцистернах потребителю нет необходимости заботиться о его предварительном подогреве во время разгрузки. Обычно груз подогревается при отправке и сохраняет температуру, достаточную при перевозке для опорожнения без всяких осложнений в резервуары — склады заказчика.

Подогрев мазута в резервуарах на складах. Для того чтобы тяжелые мазуты можно было подавать насосом, необходимо подогревать их до температуры 40—50° С.

Этот подогрев в резервуарах малой или средней емкости осуществляется у приемного клапана. Для этого вокруг клапана прокладывается паровой трубопровод в виде змеевика или беличьей клетки, Вокруг всего подогревателя устанавливается кожух из листового металла, чтобы подогретый мазут не сосредоточивался в верхней части резервуара и не затруднял всасывания.

В резервуарах большой емкости следует предусматривать подогреватели в виде змеевика или решетки, выстилающей все днище резервуара. Такое устройство рассчитано на подогрев всей массы топлива в случае необходимости; теплоноситель обычно подается в подогреватель только при больших холодах или для полного опорожнения резервуара.

В некоторых случаях перед подачей топлива для нагрева котлов производят дополнительный подогрев.

Если рядом с аппаратом для подогрева предусматривается рабочий бак, дополнительный подогрев может осуществляться путем помещения внутрь этого бака подогревателя. Дополнительный подогрев топлива можно производить также при помощи подогревателя, установленного непосредственно перед горелкой.

Кривая расхода топлива через горелку, температура которого колеблется в весьма широких пределах, приведена на рис. 81. Горелка с механическим распылением.

---

* В скобках дробью указаны размеры внутреннего и наружного диаметра труб. — *Ред.*

Топливо — северотехасский мазут плотностью 0,925, температурой воспламенения 83° С и вязкостью, соответствующей максимальному расходу,— 7,3° Эиглера.

Меры предосторожности при подаче топлива. При охлаждении тяжелые мазуты превращаются в массу, которая может закупорить трубы и сделать невозможной подачу топлива насосами. Поэтому требуется принятие специальных мер предосторожности при установке систем транспорта мазута.

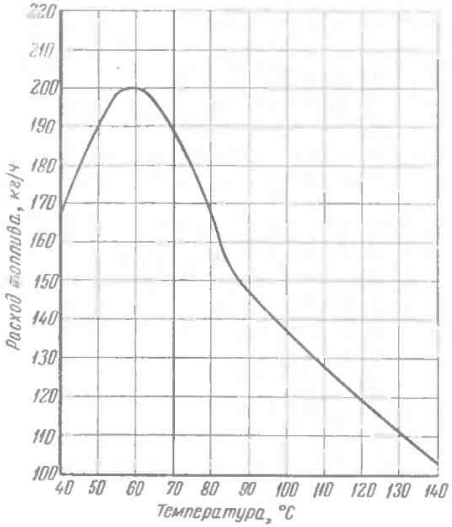


Рис. 81. Расход топлива в зависимости от температуры.

Тяжелому мазуту нельзя давать застаиваться в какой-либо части трубопровода и охлаждаться. Поэтому рекомендуется:

устанавливать трубопроводы под наклоном, обеспечивающим естественное опоражнивание;

обогревать трубы на всем их протяжении. Это достигается путем прокладки парового трубопровода по тому же пути, по которому проходит топливный трубопровод.

Можно проложить паропровод внутри топливопровода или соединить оба трубопровода и сделать общую теплоизоляцию.

Теплообмен между резервуаром и окружающей воздушной средой. Так как обычно температура резервуара отличается от температуры окружающего воздуха, он теряет или приобретает тепло.

Зимой при хранении тяжелого мазута на открытом воздухе резервуары, как правило, отдают тепло. Летом и при хранении мазута в обогреваемых складах происходит обратное.

Этот теплообмен очень трудно вычислить, так как он зависит:

от поверхности и формы резервуара;

от наружной температуры;

от температуры мазута;

от характеристик поверхности листового кожуха (полировка, цвет и т. п.);

от атмосферных движений (теплообмен значительно увеличивается при ветре);

от коэффициента наполнения резервуара;

от солнечного излучения.

Тем не менее принято считать, что резервуар при спокойном состоянии воздуха теряет 5 *кал* на 1 $м^2$ поверхности листовой обшивки в час и на градус разности температур между топливом и окружающим воздухом.

Для резервуара с теплоизоляцией и для температуры ниже 60° С приняты следующие цифры (в *кал*/$м^2$):

При посредственной теплоизоляции	10
При хорошей теплоизоляции	5
При теплоизоляции высокого класса (магний, пробка)	1

Хранение жидкого топлива

Характеристика складов для хранения жидкого топлива представлена в табл. 130.

Таблица 130

Вместимость складов (в *л*)

Класс	Склады	
	наземные	подземные
Первый	180000 и более	1080000 и более
Второй	45000—180000	270000—1080000
Третий	1800—45000	1800—270000
Вне класса	<1800	<1800

Резервуары малой и средней емкости (1—45 $м^3$). Резервуар может быть установлен:

в котловане, выложенном кирпичом;

внутри помещения, отделенного от котельной и специально приспособленного для этой цели;

в земле.

По действующим во Франции положениям, в первых двух случаях резервуар устанавливается на цементных подставках толщиной не менее 10 *см* таким образом, чтобы его нижняя образующая имела уклон 1—2 *см*/*м* относительно горизонтали в направлении клейма об освидетельствовании. Резервуар поддерживается на подставках двумя или тремя поясами из полосовой стали, концы которых заделываются в грунт (чтобы избежать смещений в случае затопления или под действием сотрясений).

Резервуар снабжается следующими трубами и вспомогательными устройствами.

1. Наполнительной трубой с фильтром, задерживающим наиболее крупные случайно попавшие предметы (тряпки, камни и т. п.). На свободном конце трубы находится симметричное соединение 65/70 пожарного типа с тем, чтобы его можно было присоединить к гибкому шлангу, предусмотренному на автоцистернах.

2. Аэрационной (вентиляционной) трубой размером обычно 26/34 с загнутым свободным концом во избежание попадания дождевой воды. Этот конец должен находиться на высоте не более 10 *м* относительно самой нижней точки резервуара.

3. Измерительным устройством пневматического или поплавкового типа или же просто в виде градуированной рейки, вводимой в резервуар через отверстие. В последнем случае гидрометрическая трубка должна опускаться почти до дна резервуара для того, чтобы образовался гидравлический затвор для газов.

4. Трубопроводом для отвода топлива к месту использования. Конец этого трубопровода возле резервуара оборудован сеткой и обратным клапаном.

Если наполненный топливом резервуар находится на установке, которую он не питает, этот трубопровод должен иметь в самой верхней точке антисифонный клапан, исключающий всякую утечку во время останова.

5. Одним обратным трубопроводом, если установка обслуживается запасным баком, питаемым автоматическим электронасосом (постановления, предписываемые уставом).

6. Заземляющим приспособлением, состоящим из оцинкованной пластины с поверхностью 1 $м^2$ и толщиной 4—5 *мм*; электрическое соединение с резервуаром осуществляется посредством медной шины шириной 20—30 *мм* и толщиной 3—4 *мм*.

7. Дополнительно и в случае хранения легкого мазута — змеевиком для подогрева топлива, если температура помещения, где находится резервуар, может опускаться ниже 10° С.

Во избежание трудностей при опорожнении резервуара можно установить между резервуаром и стенками склада ребристые трубы для обогрева помещения до температуры 15—20° С независимо от внешних атмосферных условий.

Если дело касается тяжелого мазута, **необходимо** предусмотреть подогреватель, устроенный таким образом, чтобы можно было получить на сетке всасывающего трубопровода температуру (в °С):

для мазута № 1	25—30
для мазута № 2	50—60

Следует предусмотреть поверхность теплообмена на змеевике от 0,10 до 0,20 $м^3$ на 1 *т* хранимого топлива.

К складам, предназначенным исключительно для хранения воспламеняемых жидкостей второй категории с точкой воспламенения выше 80° С (мазут), во Франции предъявляются следующие требования.

Склады, находящиеся в зданиях. 1. Склад должен располагаться в месте, указанном в плане, прилагаемом к документации. Он может находиться в полуподвале как под служебными, так и под жилыми помещениями.

2. Если склад находится в жилом или производственном здании, он должен быть построен из огнеупорных материалов; стены и верх-

нее перекрытие, отделяющие его от жилых или производственных помещений, должны обеспечивать эффективную защиту этих помещений от пожара, если бы он возник на складе.

3. Когда склад находится в отдельном непроизводственном и нежилом здании, то расстояние между ними и жилыми, или производственными помещениями, или складами горючих материалов допускается не менее 4 *м*, если только он не отделен от них толстой каменной или железобетонной стеной равной прочности и высотой не менее 2 *м*.

4. Через склад ни в коем случае не должны проходить лестницы или какие-либо выходы.

5. В помещении склада должна быть хорошая вентиляция, чтобы от него не распространялись запахи в соседние помещения.

Дверь склада должна быть железной или деревянной и открываться изнутри наружу; внутренняя сторона двери должна быть обшита листовым металлом.

6. Пол склада должен быть выполнен из непроницаемого и несгораемого материала и устроен таким образом, чтобы в случае разрушения всех резервуаров воспламеняемая жидкость не могла вытечь наружу.

7. Если помещение, служащее складом, отапливается, топки должны быть расположены снаружи, а газоходы котлов или дымовые трубы — удалены на достаточное расстояние от резервуаров во избежание опасности воспламенения. Это расположение не исключает присутствия водяных или паровых радиаторов.

Запрещается зажигать на складе огонь.

8. Искусственное освещение помещения осуществляется при помощи стационарных электрических ламп накаливания. Провода должны прокладываться в изоляционных трубах во избежание коротких замыканий.

9. Жидкое топливо должно обязательно содержаться в стационарных резервуарах, закрытых со всех сторон, или в бочках из толстолистового металла с точно пригнанными днищами, или в металлических бидонах заводского изготовления с герметическими крышками.

10. Любой сосуд для хранения жидкого топлива должен быть полностью герметичен и изготовлен из листового металла высокого качества. Толщина листа должна быть не меньше 4 *мм*, если емкость резервуара превышает 1000 *л*, и не меньше 3 *мм* для резервуаров меньшей вместимости.

Для защиты резервуаров от окисления должны быть приняты соответствующие меры предосторожности.

11. Прочность и герметичность резервуаров проверяются путем испытаний на воде или на самой жидкости под давлением 1 *кгс/см*^{2}. Эти испытания должны производиться всякий раз при ремонте резервуара, во время которого возможно нарушение его герметичности. Испытание должно быть зафиксировано актом, подписанным монтажником и ответственным лицом.

12. Уровень жидкости в резервуаре устанавливается при помощи соответствующего приспособления; применение стеклянных уровнемерных трубок при заполнении воспрещается.

13. Стационарные резервуары емкостью более 200 *л* прочно крепятся и заземляются с помощью металлического соединения.

14. Сосуды, каковы бы они ни были, в которых хранятся воспламеняемые жидкости или складские припасы, должны быть снабжены удобочитаемыми надписями, в которых, помимо обозначения содер-

жимого резервуаров, должно быть указано: **«Воспламеняемая жидкость второй категории, воспламеняется при температуре выше 80° С»**

15. Все манипуляции с воспламеняемыми жидкостями осуществляются либо с помощью жестких герметичных трубопроводов, либо с использованием силы тяжести, либо с помощью стационарных и герметичных насосов.

Отверстие вентиляционных трубопроводов резервуаров должно выходить в атмосферу и быть расположенным на достаточных высоте и расстоянии от окон жилых домов, чтобы не причинять неудобств.

Применение сжатого воздуха или кислорода для переливания жидкости из одного сосуда в другой строго воспрещается.

16. Если склад предназначен для обслуживания котельной или двигателей, он должен быть отделен от помещения, где находятся котельная или двигатели, огнестойкой стеной или сплошной перегородкой, а также свободным пространством шириной не менее 0,5 *м* от стены склада.

В перегородке могут быть предусмотрены только отверстия, необходимые для прохождения трубопроводов для воспламеняемой жидкости, которые должны быть хорошо законопачены. Разрешается иметь один дверной проем с порогом для сообщения котельной со складом, но этот проем, когда им не пользуются, должен быть закрыт сплошной дверью из толстолистового металла с автоматическим затвором, открывающейся изнутри наружу. Порог, так же как и отверстия под трубы, должен быть достаточно приподнят для соблюдения условия пункта 6.

17. Если в помещении, где находится котельная или двигатели, имеется питательный резервуар, его емкость не должна превышать 500 *л*. Этот резервуар должен быть оборудован переливной трубой достаточного сечения. Сечение переливной трубы должно быть больше сечения подводящей трубы для возврата жидкости в главный резервуар, если только наполнение не производится вручную или насосом.

18. Во избежание случайной утечки жидкости вследствие сифонирования главный резервуар должен быть расположен ниже питательного резервуара, а в случае отсутствия питательного резервуара — ниже точки непосредственного использования. Главный резервуар может быть расположен выше или на уровне точки непосредственного использования только в том случае, если установка оборудована специальными предохранительными устройствами типа приемных клапанов или надежными антисифонирующими задвижками, на что должно быть специальное разрешение.

19. Если на питательном резервуаре установлены вентиляционные каналы, они должны быть расположены так, чтобы не допустить выплеска жидкости наружу. Запрещается устанавливать на питательных резервуарах стеклянные уровнемерные трубки.

20. Кроме переключателей и предохранителей, которые могут находиться на складе, вне помещения склада или котельной, в легкодоступном и видном месте, должен быть установлен общий выключатель. Таким образом обеспечивается отключение подачи электроэнергии в случае аварии.

21. Поблизости от расположения склада запрещается устройство каких-либо складов горючих материалов, кроме складов смазочных масел: скопление жирных тряпок также воспрещается.

22. Все двигатели какого бы типа они не были, а также все ап-

параты, вентиляторы, машины, трансмиссии, приводимые в действие этими двигателями, должны устанавливаться с таким расчетом, чтобы их работа не причиняла ущерба здоровью, безопасности и спокойствию населения своим шумом или колебаниями.

23. На складах должны быть предусмотрены средства борьбы с пожарами, в том числе пост водоснабжения, ручные насосы, огнетушители, ведра с песком, кучи рыхлого песка с лопатами и т. п.

Склады на открытом воздухе. Склад должен быть установлен в месте, указанном в приложенном к документации плане. Он должен находиться не менее чем в 4 *м* от производственных или жилых помещений или от складов горючих материалов, если только не отделен от этих помещений толстой каменной или равной прочности железобетонной стеной высотой не менее 2 *м*.

Через склад не должны проходить ни лестницы, ни какие-либо выходы.

Вокруг склада должен быть противопожарный ров, вырытый в земле. При этом должны быть приняты все меры к тому, чтобы ничто не мешало наполнению рва дождевой водой.

Склад необходимо соответствующим образом охранять, чтобы на его территорию не могли пройти посторонние лица.

Положения 9, 10, 11, 14 и 23 для складов, находящихся в здании, относятся и к этим складам.

Подземные резервуары. 1. Все подземные резервуары, предназначенные для хранения воспламеняемых жидкостей, должны быть построены из листового металла высокого качества толщиной не менее 4 *мм*. Резервуары должны быть прочными и полностью герметичными. В них не должно быть ни одного незакрытого отверстия. Все швы, трубные соединения и пробки смотровых труб должны находиться в его верхней части выше содержащейся в них жидкости: они также должны быть полностью герметичны.

Прочность резервуара проверяется до его установки на место испытанием водой под давлением 1 *кгс/см*^{2}.

Герметичность резервуара, так же как и герметичность соединения, швов и пробок смотровых труб, следует проверять после установки на место и перед началом эксплуатации.

Это испытание надо проводить всякий раз при ремонте резервуара, во время которого может быть нарушена его герметичность.

Испытание на прочность и на герметичность должно быть зафиксировано актом, подписанным монтажником и инспектором.

Для эффективной защиты резервуара от окисления должны быть приняты соответствующие меры предосторожности.

Резервуар должен быть оборудован приспособлением, которое позволяет в любой момент определить объем находящейся в резервуаре жидкости, не выпуская газ.

Эта измерительная трубка обычно закрыта в верхней части пробкой и открывается только для измерения.

Измерение объема во время заправки резервуара воспрещается.

Вентиляционная труба достаточного сечения должна обеспечивать свободное удаление воздуха и паров воспламеняемой жидкости, скапливающихся во время заправки резервуара.

Конец вентиляционной трубы должен быть надлежащим образом защищен от дождя, всегда поддерживаться в отличном состоянии и располагаться таким образом, чтобы выделяющиеся газы могли выходить в атмосферу на достаточной высоте, не попадая ни в со-

седние помещения, ни к топкам и ни к электрическим установкам, которые могут искрить.

Заправка резервуара должна осуществляться с помощью специального жесткого трубопровода, загрузочное отверстие которого расположено так, чтобы во время заправки исключалась всякая утечка или вытекание жидкости наружу.

2. Резервуары устанавливаются в котлованах, выложенных кирпичом и соответствующим образом герметизированных, причем стенки котлована должны обладать достаточной прочностью против оседания земли.

Резервуары устанавливаются в котловане ниже уровня грунта, причем их верхняя стенка должна отстоять не менее чем на 50 *см* от этого уровня, а днище должно быть приподнято на 10 *см* выше настила фундамента; между стенками котлована и резервуарами так же, как и между самими резервуарами, должен быть оставлен для осмотра просвет не менее 50 *см*.

Резервуары должны «сидеть» внутри котлована так, чтобы они не поднимались под давлением воды или самих материалов, которыми они наполняются, вследствие сотрясений.

Они должны иметь электрическое заземление и соединяться со всеми металлическими деталями, составляющими часть котлована; сопротивление изоляции каждого резервуара не должно превышать 150 *ом*.

Котлован не должен сообщаться ни с внешней средой, ни с соседними помещениями; поэтому он всегда должен быть закрыт сплошной, толстой, несгораемой, надлежащим образом герметизированной плитой, обладающей достаточным сопротивлением с тем, чтобы предохранить резервуары от повреждения во время проезда машин и т. п.

Отверстия, через которые можно спускаться в котлован, должны быть плотно закрыты хорошо пригнанными люками; каналы для трубопроводов в стенках и в перекрытии также должны быть хорошо заделаны.

Всякое другое использование котлована, помимо складского, воспрещается; особенно воспрещается прокладывать здесь электро- или газопроводы.

Подземными складами считаются все склады, стены котлованов которых поддерживаются с боковых сторон слоем хорошо утрамбованной земли толщиной не менее 1 *м*, или все склады, стены котлованов которых имеют толщину не менее 50 *см* и построены из кирпича, надлежащим образом герметизированного.

3. Котлованы под резервуары, предназначенные для хранения жидкостей первой или второй категории, точка воспламенения которых ниже или равна 80° С, должны устанавливаться следующим образом [1].

Свободное пространство между резервуаром и котлованом во всех случаях должно быть заполнено инертным несгораемым материалом, например песком, землей и т. п., а в верхнем слое не должно быть никакого просвета под перекрытием.

В самой нижней точке котлована должна быть предусмотрена жесткая труба диаметром не менее 10 *см*, через которую с помощью

[1] Точка воспламенения определяется установленным стандартом методом с точностью до ±3° С.

соответствующего устройства можно было бы проверить, **не проникает ли воспламеняемая жидкость** или ее пары в котлован в результате утечки из резервуаров. Нижняя часть этой трубы должна быть расположена таким образом, чтобы она не засорялась инертным материалом, а в случае частичного засорения ее легко можно было очистить; верхняя часть трубы обычно закрыта пробкой.

Такая проверка осуществляется по крайней мере 1 раз в год; в случае замеченной утечки она производится тотчас же после ремонта.

Каналы, в которых лежат рубы, должны быть засыпаны и утрамбованы.

Верх котлована должен всегда хорошо поветриваться.

Воспрещается зажигать огонь или курить поблизости от склада; об этом на видных местах должны быть вывешены соответствующие объявления.

Освещение непосредственных подходов к складу допускается только электрическое, причем лампочки должны быть с двойными колбами, а проводка должна быть выполнена по всем правилам.

Вся электрическая аппаратура, которая может искрить, должна находиться на достаточном расстоянии или надлежащим образом защищена предохранительными приспособлениями.

Когда склады подобного типа размещаются под жилыми помещениями, емкость резервуаров не должна превышать 1500 *л*, если в них хранятся жидкости первой категории, и 4500 *л*, если в них хранятся жидкости второй категории с точкой воспламенения, равной или ниже 80° С.

Если под жилыми помещениями располагаются смешанные склады, то общая емкость не должна превышать 1500 *л*, т. е. одной трети емкости резервуаров, содержащих жидкости второй категории.

Только склады, где хранятся исключительно жидкости второй категории, могут располагаться под жилыми помещениями, емкость их разрешается в соответствии с классом, к которому эти жидкости принадлежат.

4. Воспрещается вскрывать котлован или спускаться в него, не проветрив его полностью путем энергичной вентиляции, поддерживаемой на протяжении всего пребывания в котловане.

В случае применения искусственного освещения можно пользоваться только взрывобезопасными лампами, полностью герметичными и не способными воспламенить смесь воздуха и паров, выделяемых воспламеняемыми жидкостями.

5. В отступление от пункта 3 подземные резервуары могут просто закапываться в землю без каменного котлована при соблюдении следующих предписаний:

толщина листовой обшивки резервуара должна быть не меньше 5 *мм*, а испытание водой, предусмотренное в пункте 1, должно проводиться под давлением 3 *кгс/см*^{2};

резервуар должен быть эффективно защищен покрытием, не проницаемым для воды и для жидкости, содержащейся в резервуаре;

толщина слоя земли над резервуаром должна быть не меньше 50 *см*;

должны быть приняты меры, препятствующие прохождению автомашин и т. п. над резервуаром, если только он не защищен толстым перекрытием из несгораемого материала достаточной прочности;

во всех случаях резервуар должен быть прочно закреплен в земле.

Резервуары, предназначенные для хранения воспламеняемых жидкостей первой или второй категории с точкой воспламенения, равной или ниже 80° С, могут устанавливаться только вне городских населенных пунктов и не менее чем в 10 *м* от жилых помещений.

Кроме того, вокруг резервуара должна быть предусмотрена зона отчуждения; ее ширина в зависимости от вместимости склада должна быть не меньше 4 *м*.

Эти же резервуары, если в них хранятся жидкости второй категории, точка воспламенения которых выше 80° С, могут размещаться в городских населенных пунктах, причем минимальная зона отчуждений должна составлять не менее 5 *м*, а свободное пространство — 2 *м*.

6. Резервуары, построенные из других материалов или установленные в других условиях, должны отвечать тем же требованиям, какие предусмотрены для резервуаров, установленных в котлованах, или для резервуаров, просто зарытых в землю.

Резервуары, установленные при соблюдении нижеследующих предписаний, считаются отвечающими требованиям настоящего положения.

Резервуар установлен прямо в грунте на глубине 60 *см*, построен из листовой стали толщиной 6 *мм* и вмещает не более 1100 *л*.

Предварительное испытание на герметичность проводилось не на воде, а на бензине под давлением 3 *кгс/см*^{2}.

Резервуар окрашен суриком и покрыт достаточно толстым слоем смеси битума с песком, обладающей хорошим сцеплением.

Распределительное устройство установлено непосредственно над резервуаром в той же вертикальной плоскости и находится в прямом соединении с резервуаром.

Резервуар оборудован устройством, позволяющим определять возможную утечку.

Резервуар установлен только на открытом воздухе, вне жилых помещений; он окружен со всех сторон слоем хорошо утрамбованной земли толщиной не менее 1 *м*.

7. Категорически воспрещается сосредоточивать в подземном резервуаре склада и вне этого резервуара запасы воспламеняемой жидкости в количестве, превышающем допустимое, в соответствии с классом, к которому принадлежит склад.

Однако это ограничение не относится к жидкостям, помещаемым на склад ненадолго во время наполнения или опорожнения резервуара, при условии, что такие операции будут осуществляться без перерыва и займут только строго необходимое время.

При опорожнении резервуара залитые сосуды должны быть удалены тотчас же после наполнения.

8. Помещения, прилегающие к складам воспламеняемых жидкостей первой или второй категории (точка воспламенения которых равна или ниже 80° С), где осуществляется перекачивание для дозаправки складов, измерение расхода и различные манипуляции с этими жидкостями, должны хорошо проветриваться и ни в коем случае не иметь выходов из жилых или служебных помещений.

Пол этих помещений должен быть непроницаемым. Воспрещается зажигать огонь, вносить огонь и курить. Последнее ограничение должно указываться соответствующими надписями.

В этих местах не должно содержаться никаких других горючих материалов (например, смазочных масел).

Устройства, служащие для измерений, переливаний и т. п. воспламеняемой жидкости, должны быть изготовлены из огнеупорного материала, однако уровнемеры емкостью до 25 *л* могут быть выполнены из стекла при условии, если они будут надежно защищены металлическими сетками (за исключением уровнемеров емкостью до 5 *л*, для которых применение сетки необязательно).

Они наполняются воспламеняемой жидкостью только при перекачивании и оборудованы приспособлением, позволяющим немедленно прекратить ее истечение в случае необходимости.

Места, где установлены электрические насосные агрегаты, должны хорошо вентилироваться во избежание в случае утечки образования взрывчатой смеси.

Эти места должны быть достаточно хорошо изолированы и удалены от запасов жидкого топлива и от распределительных постов во избежание всякой возможности воспламенения электрической искрой, если только электрооборудование не снабжено соответствующими предохранительными приспособлениями, признанными герметичными горношахтным надзором или обеспечивающими соответствующие гарантии.

Соответствующие приспособления (например, плавкие предохранители) должны обеспечить прерывание электрического тока и, следовательно, немедленное выключение насосов в случае возникновения пожара на распределительной аппаратуре.

Это выключение насосов можно равным образом легко осуществить при всех обстоятельствах при помощи всегда доступного приспособления.

Заправка машин может производиться только после выключения двигателя и погашения неэлектрической осветительной аппаратуры. Надписи об этом должны быть вывешены на видных местах у распределительных устройств.

Поблизости, в легкодоступных местах, должны всегда быть предусмотрены ящики с рыхлым песком и лопатами и огнетушители хорошей системы, поддерживаемые в исправном состоянии, в объеме и количестве, соответствующих величине установки.

4. ПОТЕРИ ТЕПЛА И К. П. Д. КОТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Потери через дымовую трубу с отходящими газами. Эти потери выражаются в количестве тепла, уносимого газами, выходящими из дымовой трубы. Они равны произведению массы отходящих газов в 1 *кг* топлива и удельной теплоемкости этих газов на разность температур между указанными газами и окружающим воздухом.

Для вычисления потерь на теплосодержание отходящих газов обычно применяется следующая формула:

$$P_{ch} = \left(0{,}325\,\frac{C - c}{0{,}536n} + 0{,}48\,\frac{\text{вся вода}}{100}\right)(T - t),$$

где P_{ch} — потери тепла на 1 *кг* сжигаемого угля, *ккал*;

C — содержание в топливе углерода, %;

c — содержание углерода в золе и шлаке в соответствии с израсходованным топливом, %;

n — содержание CO_2, %;
T — температура газов на выходе из дымовой трубы, °С;
t — температура атмосферного воздуха, °С.

Чтобы не пользоваться формулой, приведенной выше, можно вычислить эти потери при помощи выражения более простого, но приближенного:

$$P_{ch} = k\,(T - t)\,0{,}24,$$

где P_{ch} — потери тепла на 1 *кг* сжигаемого угля, *ккал*;
k — масса сухих газов на *кг* топлива;
0,24 — удельная теплоемкость газов;
T и t — то же, что и выше.

Потери через дымовую трубу можно также вычислить по формуле Сигерта, но тогда они выражаются в %:

$$P_{ch} = m\,\frac{T - t}{n},$$

где T, t и n — см. выше;
m — коэффициент Хассенштейна, колеблющийся от 0,5 до 0,9 в зависимости от природы топлива, содержания в нем свободного водорода и содержания CO_2 в дымовых газах.

Величина m определяется по графику (рис. 82), который позволяет вычислить:

для основных видов топлива — величину коэффициента;

для каменного угля среднего качества — величину отношения $\frac{m}{n}$

без необходимости определения собственно величины m.

Например:

В сырых дровах содержание CO_2 в дымовых газах равно 7%.

Определение коэффициента m:

отметить на горизонтальной оси содержание CO_2, т. е. 7%;

провести соответствующий перпендикуляр.

Пересечение с наклонной прямой и «сырые дрова» дает на вертикали слева величину коэффициента: $m = 0{,}80$.

В каменном угле среднего качества содержание CO_2 в дымовых газах равно 11%.

Определение коэффициента m — действовать, как указано выше.

Прямое определение отношения $\frac{m}{n}$

отметить на горизонтальной оси содержание CO_2, т. е. 11%;

провести соответствующий перпендикуляр.

Пересечение с пунктирной линией дает на вертикали справа величину отношения $\frac{m}{n}$, равную 0,062.

Если в обоих случаях величина $T - t = 200°$ С, потери тепла с отходящими газами составят:

для сырых дров

$$\frac{200 \cdot 0{,}80}{7} = 22{,}8\%,$$

для каменного угля

$$200 \cdot 0{,}062 = 12{,}4\%.$$

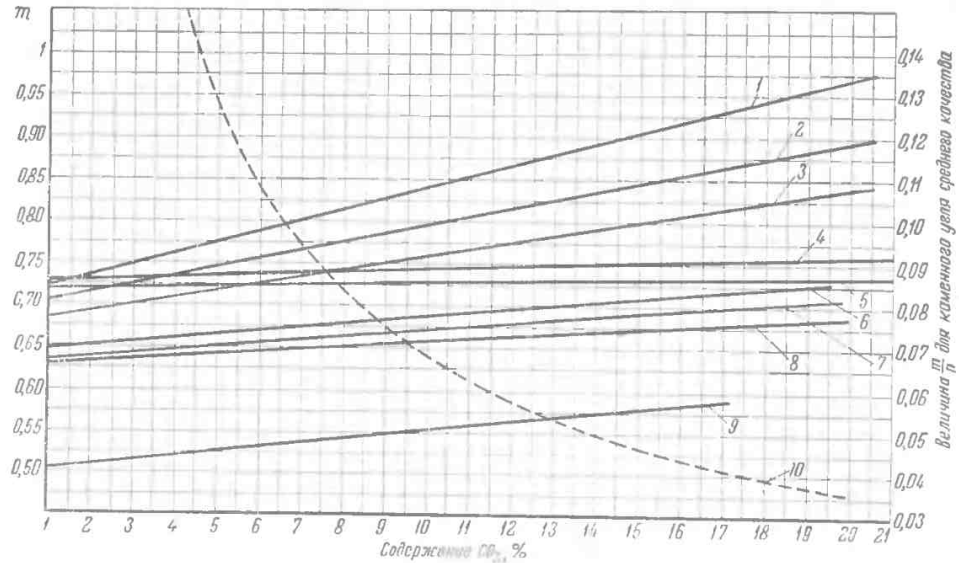


Рис. 82. График определения коэффициента Хассенштейна:

1 — сырые дрова (влажностью 35%), *2* — дрова средней влажности (25%), *3* — сухие дрова (15%), *4* — сырой кокс (15%), *5* — сухой кокс (3%), *6* — тощий и сырой каменный уголь, *7* — средний каменный уголь, *8* — жирный и сухой каменный уголь, *9* — мазут, *10* — кривая для определения величины $\frac{m}{n}$ для каменного угля среднего качества.

По диаграмме (рис. 83) можно приближенно определить эти потери без вычисления.

Потери тепла через дымовую трубу при сжигании жидкого топлива. Применяется следующая приближенная формула:

$$P_{ch} = \left(\frac{50{,}6}{CO_2} + 0{,}72\right)\frac{t - t_0}{100}\,\%,$$

где P_{ch} — потери теплотворной способности по нижнему пределу, %;
CO_2 — содержание в дымовых газах, %;
t — температура дымовых газов на выходе из установки, °С;
t_0 — температура воздуха, °С.

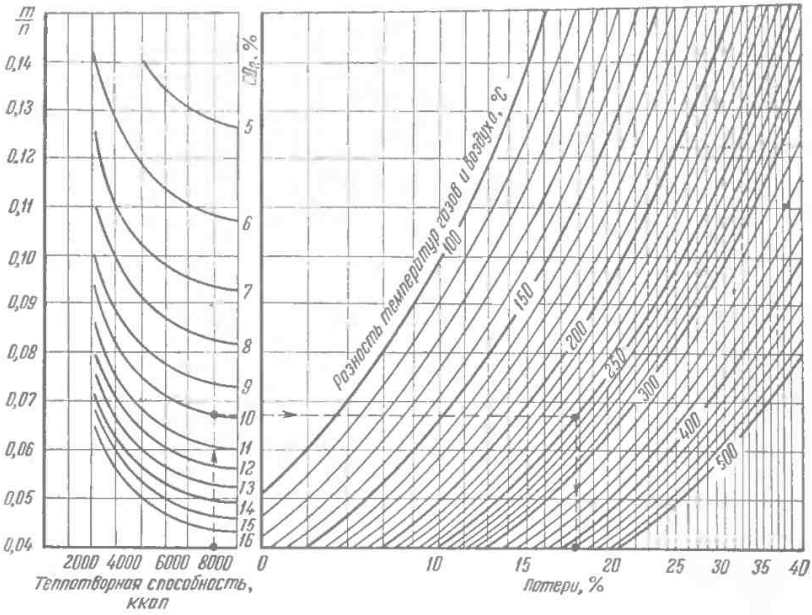


Рис. 83. Диаграмма для приближенного определения потерь тепла через дымовую трубу в зависимости от содержания CO_2, теплотворной способности и разности температур в дымовой трубе.

На основе этой формулы составлен график (рис. 84).

Потери за счет несгоревшей твердой фазы. В топочных остатках и в летучей золе имеются несгоревшие твердые частицы.

Эти потери можно вычислнть по следующей формуле:

$$P_{is} = \frac{8100Rl}{100},$$

где P_{is} — потери за счет несгоревшей твердой фазы, *ккал*;
R — масса остатков, *кг*;
l — содержание в остатках несгоревшего материала, %.

Как правило, эти потери составляют 2—4%.

Потери за счет несгоревших газов. Часть горючих газов выходит в дымовую трубу, не будучи использованной. Особенно это относится

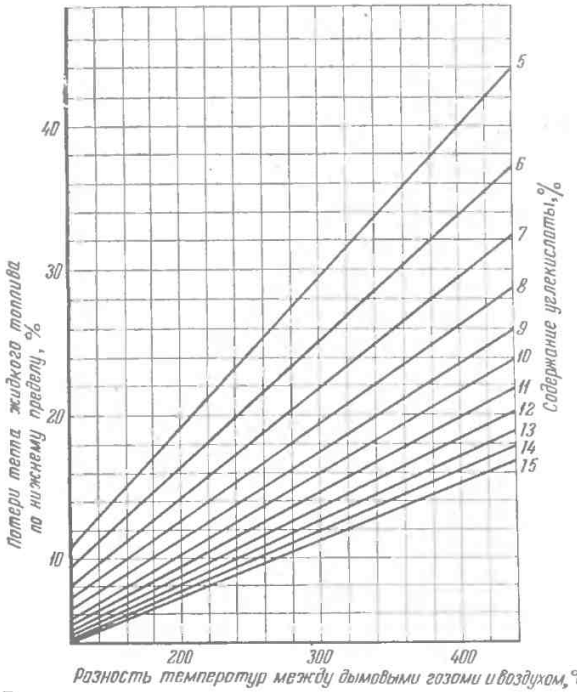


Рис. 84. Диаграмма для определения потерь через дымовую трубу при сжигании жидкого топлива.

к CO; потери за счет этого газа вычисляются по следующей формуле:

$$P_{ig} = \frac{G_s + (A_r - A_t)(100 - P_{is})\, x \cdot 3040}{100},$$

где P_{ig} — потери за счет несгоревших газов, *ккал*;
G_s — масса сухих газов, *кг*;
A_t — теоретический объем воздуха, *м*³;
A_r — фактический объем воздуха, *м*³;
P_{is} — потери за счет несгоревшей твердой фазы, %;
x — объем CO, содержащийся в газах, выходящих из дымовой трубы, *м*³.

Потери за счет сажи. Эти потери выражаются в массе несгоревшего угля, находящегося в саже. Их трудно вычислить, так как нужно определить количество сажи, которое в современных установках постепенно становится все меньше.

Потери на излучение и теплопроводность. Эти потери выражаются в количестве тепла, теряемого на теплоизлучение и теплопроводность. Их также трудно вычислить. Обычно они равны примерно 5%.

Потери на продувку котла выражаются в количестве тепла, уносимого при продувке котла. Эти потери вычисляются по следующей формуле:

$$P_p = EC,$$

где P_p — потери на продувку, *ккал*;
E — масса продуваемой воды, *кг*;
C — тепло протекающей в котельной воды, °С.

Общие потери. Потери на излучение, теплопроводность, несгоревшие газы и сажу относятся к так называемым неучтенным потерям; их трудно вычислить. Эти потери составляют от 2 до 10%.

Другие потери в современных топках могут быть уменьшены до минимума путем форсированного горения или при помощи подачи вторичного воздуха.

К. п. д. котельной установки есть отношение количества производимого тепла к количеству расходуемого тепла. К. п. д. можно также вычислить как отношение разности теплосодержания пара и воды при теплотворной способности используемого топлива по нижнему пределу. Последнее определение позволяет вычислить к. п. д. установки по следующей формуле:

$$R = \frac{V(Q - t)}{CP_c} \cdot 100,$$

где R — к. п. д., %;
Q — количество полного теплосодержания пара, *ккал*;
t — температура воды, питающей котел, °С;
V — часовое производство пара, *кг*;
C — масса топлива, используемого за 1 *ч*, *кг*;
P_c — теплотворная способность топлива по нижнему пределу.

Общий к. п. д. R значительно колеблется в зависимости от условий установки котла, его типа, способа питания, используемого топлива и т. п. Невозможно назвать одну цифру для каждого типа котельной установки. Вообще обычные предельные значения к. п. д.— 70—84% (среднее значение 75%).

5. ОБСЛУЖИВАНИЕ КОТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Перед пуском котельной установки необходимо:

очистить топку, если в этом есть необходимость, и проверить положение колосников решетки;

убедиться, что котел нормально наполнен водой; в наполненном состоянии легко проверяется его герметичность;

если котел пуст (в результате продолжительной остановки), наполнить его водой до нормального уровня, наблюдая за возможной утечкой; спустить воду. Наполнение котла должно производиться только при открытом верхнем кране для обеспечения удаления воздуха;

убедиться в нормальной работе различных кранов и клапанов.

При растопке надо:

положить на решетку воспламеняемый материал — стружку, хворост, солому и т. п.; сверху положить несколько кусков угля;

желательно пользоваться жирным углем, легковоспламеняемым;

закрыть дверцу поддувала;

открыть шибер дымовой трубы;

закрыть дверцу топки или заклинить ее таким образом, чтобы в нее засасывался воздух;

поджечь хворост; когда он разгорится, подбросить лопатой кусковой уголь;

постепенно, по мере разгорания, проталкивать горящий уголь к топочному порогу, загружая переднюю часть решетки свежим углем;

когда огонь хорошо разгорится, закрыть дверцу топки, открыть дверцу поддувала и отрегулировать тягу с помощью шибера;

не форсировать растопку, которая должна производиться не меньше чем 2 *ч* во избежание растрескивания кладки;

если на ночь огонь заглушается, открыть во время пуска шиберы для удаления газов, а некоторое время спустя — поддувало.

Загрузка решетки зависит от характера топлива и его состава. Жирный уголь обычно распределяется слоем толщиной 8—12 *см*, тощий каменный уголь — слоем толщиной 10—15 *см* так же, как кокс и бурый уголь. Эти цифры даются для чистого топлива, без шлака, который образуется постепенно в топке.

Дальнейшая загрузка топливом производится, когда весь слой угля горит коротким белым пламенем. Топливо забрасывают небольшими равными порциями и равномерно распределяют по слою горящего угля.

Во время загрузки закрывают шибер дымовой трубы. Загрузка большими порциями через большие промежутки времени вызывает значительные колебания давления и уменьшает парообразование, пока топливо не загорится.

Заброс топлива малыми порциями через малые промежутки времени дает максимально равномерное давление.

При загрузке необходимо следить, чтобы толщина слоя постоянно и по всей поверхности была одинаковой. Загрузка зависит от поверхности решетки, которая должна быть полностью покрыта.

При использовании угля среднего размера забрасывают по три лопаты каждые 5—10 *мин*, а угольной мелочи — по две лопаты каждые 4—8 *мин*.

Регулировка тяги. Для получения чистого пламени с момента растопки регулируют тягу шибером, постепенно его открывая в соответствии с показаниями водяного манометра.

Во время нагрева постепенно увеличивают выходное отверстие, так как решетка по мере горения загрязняется, но каждый раз его следует открывать лишь постольку, поскольку это необходимо для поддержания давления пара.

Питание котла водой. На смотровом стекле котла есть три отметки, указывающие верхний, средний и нижний уровень.

Если уровень воды опустится на 6 *см* ниже нижней отметки, убавить огонь, загрузить топку свежим углем и пополнить уровень.

Если уровень воды в котле падает еще ниже, погасить огонь, дать котлу охладиться, а затем наполнить водой.

Паровой котел работает нормально, когда:

давление остается постоянным;

огонь равномерный, яркий, активный, короткопламенный;
поддувало чистое на всей поверхности;
уровень воды остается постоянным;
давление остается несколько ниже разрешенного давления пара.

Если давление падает, следует:
увеличить загрузку;
слегка приоткрыть шибер;
уменьшить питание котла, не допуская снижения уровня воды в нем ниже нижней отметки.

Если давление возрастает, надо:
уменьшить загрузку;
слегка прикрыть шибер;
увелнчить питание.

Удаление шлака следует производить, когда слой топлива становится темным, а огонь красноватым или когда давление имеет тенденцию к снижению вследствие увеличения расхода пара. Частота удаления шлака зависит главным образом от топлива и в особенности от его зольности.

Обычно при работе на угле среднего качества очистку необходимо производить через 4—5 *ч*.

Для удаления шлака следует:
закрыть дверцу поддувала;
закрыть шибер;
открыть дверцу топки;
отгрести уголь с одной половнны на другую, чтобы обнажить шлак, или назад к топочному порогу;
отделить шлак кочергой;
подвинуть шлак вперед, выгрести его наружу и погасить;
распределить весь уголь по вычищенной части и в несколько приемов загрузить;
после восстановления нормального огня, повторить описанные выше операции на другой половине решетки.

Очистка поверхности котла. Поверхности нагрева постепенно загрязняются и требуется их регулярная очистка. Методы очистки могут быть разными — в зависимости от типа котлов. Очистка производится при помощи спиралевидных щеток (из конского волоса или латуни) либо паром.

Поддержание огня. Для того чтобы котел можно было оставить под огнем на ночь без опасения, что давление увеличится, необходимо:
удалить шлак с решетки;
переместить топливо вперед;
отгрести горящий уголь назад и набросить на него довольно основательный слой свежего угля;
закрыть дверцы топки и поддувала и шибер (в случае использования жирного угля оставить небольшое отверстие во избежание просачивания дымовых газов в котельную).

При гашении огня необходнмо:
прекратить загрузку топливом, чтобы огонь спал;
почти полностью закрыть шибер;
поднять уровень воды;
отключить конец от паропровода;
дать огню погаснуть;
очистить решетку.

6. РАСЧЕТ КОТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Для расчета котельной установки исходят из следующих данных:
часовой паропроизводительности;
температуры и давления пара;
температуры воды, питающей котел;
температуры в котельной;
теплотворной способности и состава топлива.

Пример. Для расчета установки примем следующие данные:

Часовая паропроизводительность, *кг*	20000
Температура пара, °С	325
Давление пара, *кгс/см²*	12
Температура воды, питающей котел, °С	25
Температура в котельной, °С	15
Теплотворная способность топлива, *ккал/кг*	7470
Состав топлива	$C = 77{,}5\%$; $H = 5\%$; $O + N = 8{,}5\%$; $S = 1\%$; $H_2O = 2{,}4\%$; зола $= 5{,}6\%$

При использовании многотрубного котла, оборудованного перегревателем и экономайзером, с решеткой и ручной загрузкой, рассчитанного на производство 20 000 *кг/ч* пара, необходимо предусмотреть установку вспомогательного котла.

Следующие расчеты позволяют выполнить проект такой котельной установки.

I. РАСЧЕТЫ, ОТНОСЯЩИЕСЯ К ГОРЕНИЮ

а) Проверка теплотворной способности по нижнему пределу

$$P_{ci} = 81 \cdot 77{,}5 + 287\left(5 - \frac{7}{8}\right) + 25 \cdot 1 - 6 \cdot 2{,}4 = 7472 \text{ ккал}$$

при условии, что в выражении $O+N=8{,}5\%$ были взяты следующие пропорции:

$$O = 7\% \text{ и } N = 1{,}5\%;$$

в дальнейших расчетах принимаем $P_{ci}=7470$ *ккал*.

б) Теоретическое количество сухих газов

$$G_t = 8{,}9 \cdot \frac{77{,}5}{100} \cdot 21{,}1\left(\frac{5}{100} - \frac{7}{800}\right) + 3{,}33 \cdot \frac{1}{100} = 7{,}81 \text{ м}^3.$$

в) Теоретическое содержание CO_2

$$E_0 = \frac{1{,}867 \cdot 77{,}5}{7{,}81} = 18{,}53\%.$$

г) Фактическое содержание CO_2

$$E_1 = \frac{18{,}53}{1{,}5} = 12{,}3\%,$$

принимая 1,5 за коэффициент избытка воздуха.

д) Фактический объем отходящих газов

$$G_r = \frac{1{,}867 \cdot 77{,}5}{12{,}3} + \frac{9 \cdot 5 + 2{,}4}{80{,}4} = 12{,}35 \text{ м}^3.$$

е) Количество пара, содержащегося в отходящих газах:

$$V = 11{,}19 \cdot \frac{5}{100} + 1{,}245 \cdot \frac{2{,}4}{100} = 0{,}58 \text{ м}^3.$$

ж) Теоретическое количество воздуха, необходимого для горения:

$$A_t = 8{,}9 \cdot \frac{77{,}5}{100} + 26{,}7\left(\frac{5}{100} - \frac{7}{800}\right) + 3{,}33 \cdot \frac{1}{100} = 8{,}03 \text{ м}^3.$$

з) Фактическое количество воздуха, необходимого для горения:

$$A_r = 1{,}5 \cdot 8{,}03 = 12{,}04 \text{ м}^3.$$

и) Процентное содержание кислорода в выходящих газах

$$O_2 = \frac{(12{,}04 - 8{,}03)\,0{,}2}{12{,}35 - 0{,}58} \cdot 100 = 6{,}2\%.$$

к) Процентное содержание азота в выходящих газах

$$N_2 = 100 - (13 + 6{,}2) = 80{,}8\%.$$

л) Удельная теплоемкость газов колеблется в зависимости от температуры. Здесь ее можно принять за 0,33 в интервале температур 0—200° С и за 0,36 в интервале 200—1200° С.

м) Теоретическая температура горения

$$T = \frac{7470}{12{,}35 \cdot 0{,}36} + 15 = 1695° \text{ С},$$

принимая температуру в котельной за 15° С.

н) К. п. д. поверхности нагрева

$$R_{ch} = 100\left(1 - \frac{180 \cdot 0{,}33 \cdot 13{,}74}{1695 \cdot 0{,}36 \cdot 12{,}35}\right) = 89{,}17\%,$$

где 13,74 — фактический объем газов (в $м^3$), что соответствует низкому содержанию CO_2 в газах, выходящих из экономайзера, при температуре 180° С. Мы предполагаем, что это содержание равно 11%. Этот объем вычисляется, как раньше, по формуле

$$G_r = \frac{1{,}867 \cdot 77{,}5}{11} + \frac{9 \cdot 5 + 2{,}4}{80{,}4} = 13{,}74 \text{ м}^3.$$

о) Полный к. п. д.

$$R_t = 100 - (100 - 93) - (100 - 89) = 82\%.$$

II. ПАРОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ. РАСХОД ТОПЛИВА. ПОВЕРХНОСТИ РЕШЕТКИ И НАГРЕВА

а) Полное теплосодержание перегретого пара. На табл. 131 показано, что 1 *кг* перегретого пара при температуре 325° С и давлении 12 *кгс/см*^{2} содержит полное количество Q тепла, равное 740 *ккал*.

Таблица 131

Физические константы водяного пара

Насыщенный водяной пар			Перегретый водяной пар					
			удельный объем пара, $м^3/кг$			полная теплота парообразования, $ккал/кг$		
температура, °С	средняя величина	точность (±)	температура, °С	средняя величина	точность (±)	температура, °С	средняя величина	точность (±)
Максимальное давление, $кгс/см^2$			При давлении 1 $кгс/см^2$					
0	0,00623	0,00001	100	1,730	0,003	100	639,4	0,1
50	0,1258	0,0001	200	2,213	0,004	200	687,5	1,0
100	1,0333	0,0000	300	2,689	0,005	300	735,3	1,5
150	4,854	0,002	400	3,160	0,005	400	783,4	1,5
200	15,85	0,01	450	3,396	0,005	450	807,7	1,5
250	40,60	0,05	500	3,632	0,005	500	832,6	1,5
300	87,7	0,1	550	3,868	0,005	550	858,0	2,0
350	168,7	0,1						
Удельный объем жидкости, $м^3/кг$			При давлении 5 $кгс/см^2$					
0	0,00100	0,00000						
50	0,00101	0,00000	200	0,4331	0,0006	200	682,5	1,5
100	0,00104	0,00000	300	0,5326	0,0006	300	732,5	2,0
150	0,00109	0,00000	400	0,6294	0,0006	400	781,7	2,0
200	0,00116	0,00000	450	0,6783	0,002	450	807,0	2,0
250	0,00126	0,00001	500	0,7242	0,002	500	831,6	2,0
300	0,00142	0,00001	550	0,7720	0,002	550	857,5	2,0
350	0,00179	0,00003						

Насыщенный водяной пар			Перегретый водяной пар					
температура, °С	средняя величина	точность (±)	удельный объем пара, $м^3/кг$			полная теплота парообразования, $ккал/кг$		
			температура, °С	средняя величина	точность (±)	температура, °С	средняя величина	точность (±)
Удельный объем пара, $м^3/кг$			При давлении 10 $кгс/см^2$					
0	206,4	0,1	200	0,210	0,0002	200	676,2	1,5
50	12,6	0,01	300	0,2631	0,0003	300	729,5	2,0
100	1,674	0,001	400	0,3125	0,0003	400	780,0	2,0
150	0,393	0,001	450	0,3367	0,0003	450	805,0	2,0
200	0,1270	0,0006	500	0,3604	0,0004	500	830,2	2,0
250	0,0501	0,0002						
300	0,0218	0,0005	При давлении 25 $кгс/см^2$					
350	0,0089	0,0002	300	0,1011	0,0003	300	719,8	1,5
			400	0,1224	0,0003	400	774,4	1,5
Полное теплосодержание жидкости, $ккал/кг$*			450	0,1327	0,0003	450	800,5	1,5
			500	0,1426	0,0003	500	827,7	2,0
0	0	0	550	0,1523	0,0004	550	853,8	2,5
50	49,95	0,02						
100	100,04	0,02	При давлении 50 $кгс/см^2$					
150	150,93	0,03	300	0,0465	0,0004	300	700,6	2,5
200	203,6	0,04	400	0,0591	0,0004	400	764,0	2,6
250	259,5	0,3	450	0,0645	0,0004	450	793,5	2,0
300	321,8	1,0	500	0,0698	0,0004	500	822,0	3,0
350	403,7	2,0	550	0,0749	0,0005	550	850,0	5,0

Продолжение табл. 131

Насыщенный водяной пар			Перегретый водяной пар					
			удельный объем пара, $м^3/кг$			полная теплота парообразования, $ккал/кг$		
температура, °С	средняя величина	точность (±)	температура, °С	средняя величина	точность (±)	температура, °С	средняя величина	точность (±)
Полная теплота парообразования, $ккал/кг$*			При давлении 100 $кгс/см^2$					
0	595,4	1,2	400	0,027	0,0004	400	741,7	3,0
50	618,5	1,0	450	0,0305	0,0004	450	776,3	3,0
100	639,2	0,5	500	0,0334	0,0004	500	809,5	3,0
150	656,0	1,5	550	0,0361	0,0005	550	840	5,0
200	667,5	2,0	При давлении 150 $кгс/см^2$					
250	670	3	400	0,0162	0,003	400	713,9	3,0
300	657,5	5	450	0,0190	0,0003	450	757,7	3,0
350	617	7	500	0,0212	0,0004	500	797,5	4,0
			550	0,0232	0,0005	550	832,0	5,0
			При давлении 200 $кгс/см^2$					
			400	0,01028	0,00005	400	676,0	2,5
			450	0,01312	0,00025	450	736,0	4,0
			500	0,01512	0,00035	500	784,0	6,0
			550	0,01673	0,00045	550	823,0	8,0
			При давлении 250 $кгс/см^2$					
			400	0,00636	0,00005	400	622,0	4,0
			450	0,00940	0,00015	450	712,0	6,0
			500	0,01136	0,00030	500	769,0	8,0
			550	0,0130	0,0004	550	812,0	10,0

* Международная $ккал/кг = \frac{1\ квт \cdot ч}{860}$.

б) Часовой расход топлива

$$P = \frac{20\,000\,(740 - 25)}{7470 \cdot \dfrac{82}{100}} = 2334 \text{ кг}.$$

в) Паропроизводительность на 1 кг топлива

$$v = \frac{20\,000}{2334} = 8{,}56 \text{ кг}.$$

г) Площадь колосниковой решетки. Можно считать, что при использовании решетки с ручной загрузкой и угля с теплотворной способностью 7470 ккал на 1 $м^2$ площади решетки сжигается 90 кг топлива.

При расходе топлива 2334 кг/ч, следовательно, площадь решетки должна быть равна

$$S_g = \frac{2334}{90} = 25{,}9 \text{ м}^2.$$

Экспериментальные данные показывают, что при такой площади решетки обогревается примерно 27 $м^2$ поверхности нагрева котла.

д) Температура топочной камеры. В рассматриваемом случае эта температура принимается за 1200° С.

е) Поверхность нагрева перед пароперегревателем. Для расчетов необходимо вычислить коэффициент теплопередачи. В зависимости от установки и типа котла расчеты будут различными. Поскольку речь идет о многотрубном котле, следует учесть наружные диаметры труб и расстояния между ними. Поэтому в качестве общего коэффициента теплопередачи принимают сумму коэффициентов теплопередачи при излучении и конвекции. Среднее значение этой величины для многотрубных котлов, встречающихся на пивоваренных заводах, равно 32 ккал/($м^2 \cdot ч \cdot град$).

Следовательно, поверхность нагрева будет равна

$$S_d = \frac{2334 \cdot 12{,}35 \cdot 0{,}36}{32} \ln \text{ (неперов)} \frac{1200 - 180}{700 - 180} = 205 \text{ м}^2,$$

где 0,36 — удельная теплоемкость газов при температуре между 700 и 1200° С при условии, что их температура перед перегревателем равна примерно 700° С;

180° С — температура воды в котле.

ж) Температура газов на выходе из перегревателя. Если считать, что насыщенный пар содержит 2% воды, т. е. что 20 000 кг пара содержат 400 кг воды, тогда

$$T = 700 - \frac{20\,000\,(740 - 665) + 400 \cdot 475}{2334 \cdot 12{,}35 \cdot 0{,}36} = 537° \text{ С},$$

где 740 — тепло, содержащееся в 1 *кг* перегретого пара при температуре 325°С и давлении 12 *кгс/см²*;
665 — полная теплота образования водяного пара при том же давлении;
475 — скрытая теплота парообразования при тех же условиях.

з) Поверхность нагрева пароперегревателя

$$S_s = \frac{20\,000\,(740 - 665) + 400 \cdot 475}{390 \cdot 26} = 165\ м^2,$$

где 26 — коэффициент теплопередачи;
390 — средняя арифметическая разность D температур, вычисляемая следующим образом:

$$D = \frac{750 + 537}{2} - \frac{325 + 180}{2} = 390°\ \text{С}.$$

и) Поверхность нагрева за пароперегревателем

$$S_f = \frac{2334 \cdot 12{,}35 \cdot 0{,}34}{26} \ln \frac{537 - 180}{350 - 180} = 278\ м^2,$$

где 0,34 — удельная теплоемкость дымовых газов в интервале температур 350 и 537° С;
350 и 537° С — температура газов на выходе.

к) Полная поверхность нагрева

$$S = 205 + 278 = 483\ м^2.$$

л) Температура воды на выходе из экономайзера (вход воды в котел)

$$t_2 = \frac{0{,}97 \cdot 2334 \cdot 16{,}4 \cdot 0{,}33\,(350 - 180)}{20\,000} + 25 = 129°\ \text{С},$$

где 0,33 — удельная теплоемкость газов между 180 и 350° С.

м) Поверхность теплообмена экономайзера (с противотоком)

$$S_e = \frac{20\,000\,(129 - 25)}{9{,}5 \cdot 205} = 1068\ м^2.$$

Коэффициент теплопередачи равен 9,5, а средняя разность температур

$$D = \frac{350 + 180}{2} - \frac{98 + 25}{2} = 205°\ \text{С}.$$

III. К. П. Д. И ПОТЕРИ

а) К. п. д. котла

$$R_{ch} = 100 \cdot \frac{(740 - 129)\,20000}{2334 \cdot 7470} = 73{,}7\%.$$

б) Экономия от использования экономайзера

$$e = 100 \cdot \frac{129 - 25}{730 - 25} = 14{,}7\%.$$

в) Полный к. п. д. установки

$$\frac{73,7 \cdot 100}{100 - 14,7} = 86,4\%.$$

г) Потери через дымовую трубу

$$P_{ch} = 0,698 \cdot \frac{180 - 15}{13} = 8,85\%.$$

д) Прочие различные потери

$$(100 - 86,4) - 8,85 = 4,75\%.$$

IV. РАСЧЕТЫ, ОТНОСЯЩИЕСЯ К ДЫМОВОЙ ТРУБЕ

а) Внутреннее сечение в верхней части дымовой трубы

$$s = \frac{2334 \cdot 14\,(1 + 0,00367 \cdot 120)}{3600 \cdot 4,5} = 2,90\ м^2,$$

где 120 — примерная температура отходящих газов, °С;
4,5 — скорость газов на выходе, *м/сек*;
14 — объем газов, *м³/кг*.

б) Внутренний диаметр в верхней части дымовой трубы

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,90}{3,14}} = 1,6\ м.$$

в) Высота дымовой трубы

$$H = \frac{30}{1,29\left(\frac{1}{1 + 0,00367 \cdot 15} - \frac{1}{1 + 0,00367 \cdot 140}\right)} = 81\ м,$$

где 140 — средняя температура газов в дымовой трубе, °С;
15 — температура наружного воздуха, °С;
30 — сумма давления тяги и потерь напора в дымовой трубе, *мм вод. ст.*

Раздел X. ИЗОЛЯЦИЯ ТРУБОПРОВОДОВ

Определение вида применяемой теплоизоляции. Выбор изоляции определяется температурой, эффективностью, массой, механической прочностью, защитными свойствами, условиями применения, продолжительностью эксплуатации, стоимостью и т. п.

Наиболее важный из перечисленных показателей — температура проходящего по трубам агента. Именно она заставляет обычно выбрать из теплоизоляционных материалов тот или иной в зависимости от его поведения при заданной температуре.

Нельзя пренебрегать и вопросом стоимости изоляционного материала. В некоторых случаях более дорогой материал оказывается экономичным в эксплуатации.

Масса изоляционного материала имеет значение тогда, когда требуется легкая теплоизоляция — для автомобилей, транспортных двигателей, подвесных трубопроводов и т. п.

Следует учитывать и механическую прочность, особенно когда от изоляции требуется стойкость против давлений, постоянных или временных нагрузок, ударов и т. п.; в некоторых случаях защитное покрытие труб может компенсировать недостаток механической прочности изоляционного материала.

Защитное покрытие. Тип покрытия, как правило, определяется условиями применения.

Внутри зданий для такого покрытия применяются:

а) листы из обычного картона, который крепится с помощью гуммированной хлопчатобумажной обшивки,— для легкой защиты трубопроводов без особого увеличения механической прочности;

б) гипсовая штукатурка и прорезиненная хлопчатобумажная ткань — для легкой защиты трубопроводов, но с приданием им большей механической прочности;

в) гипсовая штукатурка, обшивка тканью или лучше джутом, которым придана непроницаемость посредством пропитки битумной эмульсией или раствором,— для защиты трубопроводов внутри помещений с повышенным содержанием влаги, в сырых подвалах, траншеях, сливных желобах. При отсутствии этих средств пользуются тряпичным непроницаемым картоном, удерживаемым металлической арматурой; следует отметить, что ограничение продолжительности эксплуатации, фигурирующее в пункте «а», не принимается во внимание для трубопроводов с горячим агентом; срок эксплуатации покрытия этого типа значительно больше в таком случае;

г) цементным раствором, армированным металлической сеткой, который дает защитное покрытие хорошей механической прочности.

На открытом воздухе защитная изоляция трубопроводов или установок, подвергающихся воздействию меняющихся климатических условий, может быть осуществлена:

а) как в пункте «в», описанном выше, при периодическом восстановлении защитной битумной окраски, если таковая имеется;

б) гудронированной черной жестью, скрепляемой металлической арматурой, или обручами, или двойной металлической обшивкой, вы-

полненной в соответствии с конфигурацией трубопровода и закрепленной болтами.

Некоторые изоляционные материалы могут оказаться несовместимыми с иными типами защитного покрытия, тогда характер необходимой защиты может потребовать применения определенного изоляционного материала; при этом всегда следует учитывать его теплостойкость относительно температуры трубы.

При выборе изоляционных материалов играют большую роль условия применения их. Например, изоляция кизельгуром пригодна только для горячих трубопроводов. Расположение некоторых трубопроводов может обусловить применение теплоизоляции в виде отдельных секций или, наоборот, в виде обмазки.

Срок эксплуатации теплоизоляции также необходимо принимать в расчет. Для некоторых временных установок экономичной может быть теплоизоляция, не отличающаяся высокой прочностью; кроме того, следует учитывать возможность полного или частичного восстановления использованных материалов. В этом случае требуется специальная технология как для установки теплоизоляции, так и для нанесения защитного покрытия.

Определение наиболее экономичной толщины теплоизоляции. Исследование изоляции связано с изучением технических и экономических факторов, влияющих друг на друга. Основная цель, определяющая применение теплоизоляции, — это экономия энергии при полном удовлетворении технических условий. Поэтому установить наиболее экономичную толщину теплоизоляции важно с точки зрения не только капитальных затрат, но и эксплуатационных расходов.

Толщина слоя изоляции зависит от следующих показателей:

температуры агента, подаваемого по трубам, а также температуры окружающего воздуха;

формы трубопроводов;

расхода энергии на содержание этого агента при заданной температуре;

коэффициента теплопроводности использованного материала;

расходов на установку изоляции;

коэффициента амортизации для этой изоляции;

продолжительности годовой эксплуатации (в *ч*);

характера использования (непрерывный или периодический).

Прежде чем рассматривать роль каждого из перечисленных главных показателей, необходимо отметить, что в особых случаях технические условия, определенные после исследований, могут не совпасть с теоретическими расчетами. Это возможно, особенно когда характер или толщина изоляционного материала устанавливается предварительно на основе его изоляционной способности, массы, механической прочности, гигроскопических свойств, жаростойкости, расположения трубопроводов и т. п. Тем не менее в таких случаях необходимо как можно точнее высчитать толщину изоляции.

Для этого применяются различные аналитические и графические методы. По методу Вадэна толщина слоя теплоизоляционного покрытия будет наиболее экономичной, когда сумма U стоимости U_1 потерь тепла через этот слой и стоимости U_2 эксплуатационных расходов, обусловленных капиталовложениями в установку теплоизоляции, минимальна

$$U = U_1 + U_2.$$

Определение потерь тепла U_1. Потери тепла зависят от коэффициента теплопередачи изоляции (изоляция + защитный слой).

Если обозначить:

k — общий коэффициент теплопередачи;

e — толщина изоляционного материала (включая защитный слой), *м*;

q — потери тепла на единицу (*м*² для плоских стен, *м* для трубопроводов);

p_e — стоимость 1 *ккал*;

N — ежегодная продолжительность эксплуатации, *ч*,

то

$$U_1 = q\, p_e N = f(ke).$$

Общее количество потерь тепла в год выражается во франках на единицу (*м*² для плоских поверхностей и *м* для труб). Эти потери происходят за счет теплопроводности (самые значительные), за счет конвекции и за счет радиации.

Потери за счет **теплопроводности** определяются по формулам:

для плоской стены

$$q = \frac{t_i - t_e}{\frac{e}{k}} \text{ на } 1 \text{ } м^2;$$

для трубы

$$q = \frac{\pi (t_i - t_e)}{\frac{1}{2} k \log \frac{d_e}{d_i}} \text{ на } 1 \text{ } м,$$

где t_i — внутренняя температура;

t_e — наружная температура;

d_i — внутренний диаметр;

d_e — наружный диаметр.

Потери на конвекцию и радиацию гораздо менее значительны. Допускается, что коэффициент теплопроводности трубы весьма высок, а поэтому температура этой трубы равна температуре транспортируемой среды. Температура t_e наружной поверхности изоляции зависит от температуры окружающего воздуха t_0 и коэффициентов конвекции и радиации d_e этой поверхности; тогда потери тепла будут равны

$$q = \alpha e (t_e - t_0).$$

Практически q и t_e являются установленными величинами, что при известном t_0 позволяет определить одну или другую из них.

Определение эксплуатационных расходов U_2 можно рассматривать как произведение p_i стоимости изоляции на единицу (*м*² или *м*) и коэффициента η, который зависит от предусмотренного коэффициента амортизации:

$$U_2 = \eta p_i,$$

p_i может быть выражено зависимостью

$$p_i = (\rho + \Delta p_i c)$$

во франках за 1 $м^2$, где ρ — константа, входящая в стоимость p_i уложенного квадратного метра изоляции и являющаяся неизменной частью этой стоимости, какова бы ни была толщина изолирующего слоя (защитный слой, оплата труда и т. п.);

Δp_i — разница в стоимости p_i двух изолирующих слоев, толщина которых отличается на 1 $м$ (во франках за 1 $м^2$ или $м$);

тогда U_2 можно выразить в виде:

$$U_2 = \eta (\rho + \Delta p_i e)\ франк/(год \cdot м^2)$$ для плоской стенки

и

$$U_2 = \pi\eta (\rho + \Delta p_i e)\, d_e\ франк/(год \cdot м)$$ для труб,

где d_e — наружный диаметр.

Определение $U = U_1 + U_2$ минимальной стоимости:

для плоской стенки

$$U_1 = qp_eN = \frac{t_i - t_e}{\frac{e}{k}}\, p_eN\ франк/(год \cdot м^2);$$

для трубопровода

$$U_1 = qp_eN = \frac{\pi (t_i - t_e)}{\left(\frac{1}{2}\, k\right) \log \left(\frac{d_e}{d_i}\right)}\, p_eN\ франк/(год \cdot м),$$

что дает для плоской стенки

$$U = \frac{t_i - t_e}{\frac{e}{k}}\, p_eN + \eta (\rho + \Delta p_i e)\ франк/(год \cdot м^2);$$

для трубопровода

$$U = \frac{\pi (t_i - t_e)}{\left(\frac{1}{2}\, k\right) \log \left(\frac{d_e}{d_i}\right)}\, p_eN + \pi d_e \eta (\rho + \Delta p_i e)\ франк/(год \cdot м).$$

Следовательно, экономичная толщина изоляции — это та толщина, для которой сумма U минимальна. Этот минимум находят путем дифференцирования функции U по e и приравнивания ее к нулю.

Для плоской стенки будет

$$\frac{dU}{d_e} = -k (t_i - t_e)\, p_eN \frac{1}{e^2} + \eta \Delta p_i = 0;$$

$$e = \sqrt{k (t_i - t_e)\, p_e \frac{N}{n} \Delta p_i}.$$

Для трубопровода будет

$$\frac{dU}{d_e} = -2\pi k (t_i - t_e)\, p_eN \frac{\frac{2}{d_i}}{\left(\frac{d_e}{d_i}\right) \log \left(\frac{d_e}{d_i}\right)^2} +$$

$$+ \pi d_e \eta \Delta p_i + 2\pi\eta (\rho + \Delta p_i e);$$

$$e = k(t_i - t_e)\frac{p_e N}{\eta \Delta p_i} \times \frac{1}{\frac{d_i}{\left(\frac{d_e}{d_i}\right)\log\left(\frac{d_e}{d_i}\right)^2} - \frac{d_i}{4} - \frac{\rho}{2\Delta p_i}}.$$

Пример. Трубопровод сухого насыщенного пара под давлением 8 *кгс/см²* и с температурой 170° С;

диаметр трубопровода 90 *мм*;

температура на поверхности изоляции 20° С;

общий коэффициент теплопроводности 0,05 *кал/(м² · ч · град)*;

характер изоляции — оболочка из прессованной стекловаты, защищенная слоем штукатурки толщиной 0,005 *м*;

стоимость 1 *м²* изоляции из указанной оболочки толщиной 30 *мм* 2220 франков;

стоимость 1 *м²* изоляции из указанной оболочки толщиной 50 *мм* 2930 франков;

продолжительность эксплуатации в год 4000 *ч*;

теплотворная способность угля 6000 *ккал/кг*;

к. п. д. установки 0,6;

стоимость угля 10 000 франков за 1 *т*;

коэффициент амортизации $\eta = 20\%$.

Расчет. Разность стоимости изоляции 2930—2220 = 710 франков за 20 *мм* разницы в толщине Δp_i на 1 *м* = 35 500 франков;

$$p = 2930 - 35\,500 \cdot 0{,}5 = 2220 - 35\,000 \cdot 0{,}03 = 1155 \text{ франк}/м^2;$$

$$\eta \Delta p_i = 7100 \text{ франк}/(\text{год} \cdot м^2 \cdot м);$$

$$p_e = \frac{10\,000}{1000} \cdot 0{,}6 \cdot 6000 = 0{,}00278 \text{ франка};$$

$$p_e N = 0{,}00278 \cdot 4000 = 11{,}12 \text{ франка};$$

$$\frac{p_e N}{\eta \Delta p_i} = \frac{11{,}12}{7100} = 0{,}001566;$$

$$k(t_i - t_e) = 0{,}05(170 - 20) = 7{,}5;$$

$$k(t_i - t_e)\frac{p_e N}{\eta \Delta p_i} = 7{,}5 \cdot 0{,}001566 = 0{,}011745;$$

$$\frac{p}{\eta \Delta p_i} = \frac{1155}{(2 \cdot 35\,500)} = 0{,}01625.$$

Выполняя дальнейший расчет, находим, что экономичная толщина равна 50 *мм*.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица I

Примерные свойства воды, используемой для питания котлов

Соли	Рабочее давление, *кгс/см²*										
	до 15				15—25				25—45		
	A	*B*	*C*	*D*	*A*	*B*	*C*	*D*	*C*	*D*	*E*
Хлористые (среднее содержание Cl), *г/л*	4	3	2	1	3	2	1	1	0,8	0,4	0,2
Сернокислые (среднее содержание SO_3), *г/л*	6	4	3	2	4	3	2	1	1	0,9	0,5
Фосфорнокислые (среднее содержание P_2O_5, которое нужно поддерживать), *мг/л*	—	—	—	—	—	5—10	10—15	15—20	20—30	20—30	20—30
Общее максимальное солесодержание											
количество растворенных солей, *г/л*	8	7	5	3	5	4,5	4	2	3	1,5	1
плотность, °Bé	1	0,9	0,7	0,4	0,7	0,6	0,5	0,25	0,4	0,2	0,15
объемная масса	1008	1007	1005	1003	1005	1004	1004	1002	1003	1001,5	1001
Общая максимальная щелочность											
NaOH, *мг/л*	1200	1000	800	650	1000	800	650	500	500	350	150
Na_2CO_3, *мг/л*	1500	1250	1000	800	1250	1000	800	650	650	450	200
градусы ТАС	150	120	100	80	120	100	80	60	60	40	20
Двуокись кремния SiO_2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение табл. I

Соли	Рабочее давление, *кгс/см²*							
	45—75			выше 75		выше 100		*F*
	C	*D*	*E*	*D*	*E*	*D*	*E*	
Хлористые (среднее содержание Cl), *г/л*	0,5	0,2	0,1	0,1	0,05	0,05	0,02	0,02
Сернокислые (среднее содержание SO_3), *г/л*	0,8	0,5	0,2	0,3	0,1	0,2	0,05	0,02
Фосфорнокислые (среднее содержание P_2O_5, которое нужно поддерживать), *мг/л*	20—30	20—30	20—30	20—30	20—30	20—30	20—30	10—20
Общее максимальное солесодержание количество растворенных солей, *г/л*	1,5	1,0	0,5	0,8	0,35	0,4	0,2	0,05
плотность, °Bé	0,2	0,15	0,07	0,1	0,05	0,05	0,03	0,005
объемная масса	1001,5	1001	1000,5	1000,8	1000,3	1000,4	1000,2	1000,05
Общая максимальная щелочность NaOH, *мг/л*	350	150	80	100	40	50	25	15
Na_2CO_3, *мг/л*	450	200	100	120	50	60	30	20
градусы ТАС	40	20	10	12	5	6	3	2
Двуокись кремния SiO_2		80		20			10	

Примечание. *A* — котлы большой емкости; *B* — котлы с дымогарными трубами; *C* — трубчатые горизонтальные котлы; *D* — трубчатые вертикальные котлы; *E* — центральные электрические системы и котлы; *F* — котлы мгновенного парообразования с переменной нагрузкой.

Таблица II

Охлаждающие смеси

Компоненты	Весовых частей при °С	Перепад температуры	
		с °С	до °С
Вода Аммиачный раствор Селитра	16 5 5	+10	—12
Вода Нитрат аммиака	1 1	+10	—15
Вода Сульфат натрия Селитра Аммиачный раствор	16 8 5 5	+10	—15
Вода Углекислый натрий Нитрат аммиака	1 1 1	+10	—22
Серная кислота (разбавленная водой) Сульфат натрия	4 5	+10	—18
Соляная кислота Сульфат натрия	9 8	+10	—18
Азотная кислота (разбавленная водой) Нитрат натрия	2 3	+10	—20
Азотная кислота (разбавленная водой) Сульфат натрия Аммиачный раствор Селитра	4 6 4 2	+10	—23
Азотная кислота (разбавленная водой) Фосфат натрия	4 9	+10	—25
Азотная кислота (разбавленная водой) Нитрат аммиака Сульфат натрия	4 5 6	+10	—40

Продолжение табл. II

Компоненты	Весовых частей при °С	Перепад температуры	
		с °С	до °С
Снег Морская соль	2 1	0	—20
Снег Морская соль Аммиачный раствор	5 2 1	0	—25
Снег Морская соль Аммиачный раствор Селитра	24 10 5 5	0	—28
Снег Серная кислота (разбавленная водой)	3 2	0	—30
Снег Соляная кислота (разбавленная водой)	8 5	0	—32
Снег Морская соль Нитрат аммиака	12 5 5	0	—32
Снег Азотная кислота (разбавленная водой)	7 4	0	—35
Снег Хлористый кальций	4 5	0	—40
Снег Хлористый кальций (в кристаллах)	2 3	0	—45
Снег Поташ	3 4	0	—46

Таблица III

Важнейшие ферменты в солодоращении и пивоварении

Ферменты	Субстрат	Температура, °С	pH	Получаемые продукты	В каком продукте находится
Фитаза	Фитин	48	5,2	Инозит и фосфаты	Ячмень
Амилофосфатаза	Глюцид	65—70	—	Свободная фосфорная кислота	Зеленый солод обнаруживается при проращивании
Сахараза (инвертаза)	Сахароза	55	4—4,5	Глюкоза + + фруктоза	Дрожжи, ячмень, солод
Мальтаза	Мальтоза	40	4—4,5	Глюкоза	То же
α-Амилаза (разжижающая)	Крахмал	63	5,7	Главным образом декстрины	Солод
β-Амилаза (сахарогенная)	Крахмал	55	4,7	Мальтоза	»
Цитаза	Гемицеллюлозы	45	5	Гидролизат гемицеллюлоз	Ячмень
Протеиназы типа папаина	Изоэлектрические частицы протеинов	50—60	4—5	Аминокислоты	Солод и дрожжи
типа пепсина	Катионы протеинов	60	1,8—2	Протеозы	Солод
типа трипсина	Анионы протеинов	45	8—9	Протеозы	Солод и дрожжи
Пептидазы I	Полипептиды	35—40	7,8	Аминокислоты	Солод
Пептидазы II	Полипептиды	35—40	8,6	Аминокислоты	Солод

Ферменты	Субстрат	Температура, °С	pH	Полученные продукты	В каком продукте находится
Фосфатаза	Гексоза	—	5,4—6,4	Гексоза дифосфат	Дрожжи
Зимогексаза	Гексоза Дифосфат	—	—	Триозомонофосфат	
Оксидоредуктаза	Монофосфат ацетальдегид	—	—	Пировиноградная кислота + + спирт	
Карбоксилаза	Пировиноградная кислота	—	—	Ацетальдегид	
Мальтаза Сахараза	Сахара	—	—	Непосредственно сбраживаемые сахара	Дрожжи
Протеаза	Протеины	—	5—6	Разрушает протеины	
Полипептидаза			7		
Дипептидаза			7,8—8		
Триптаза	Протеины	45	5 и 5,8	Полипептиды	
Эрепсин	Полипептиды	—	7	Аминокислоты	
Каталаза	Перекись водорода	—	—	Вода + кислород	
Липаза	Жиры	—	—	—	

Таблица IV

Плотность растворов HCl, HNO_3, H_2SO_4 при 20° С и NH_3 при 15° С

Концентрации С выражены в *г* кислоты или NH_3 на 100 *г* раствора

С	HCl	HNO_3	H_2SO_4	NH_3	С	HNO_3	H_2SO_4
1	1,0032	1,00364	1,0051	0,9948	52	1,3219	1,4148
2	1,0082	1,00909	1,0118	0,9905	54	1,3336	1,4350
4	1,0181	1,02008	1,0250	0,9822	55	1,3393	1,4453
5		1,02563	1,0317		56	1,3449	1,4557
6	1,0279	1,03122	1,0385	0,9742	58	1,3560	1,4768
8	1,0376	1,0427	1,0522	0,9665	60	1,3667	1,4983
10	1,0474	1,0543	1,0661	0,9591	62	1,3769	1,5200
12	1,0574	1,0661	1,0802	0,9519	64	1,3866	1,5421
14	1,0675	1,0781	1,0947	0,9450	65	1,3913	1,5533
15		1,0842	1,1020		66	1,3959	1,5646
16	1,0776	1,0903	1,1094	0,9382	68	1,4048	1,5874
18	1,0878	1,1026	1,1243	0,9317	70	1,4134	1,6105
20	1,0980	1,1150	1,1394	0,9253	72	1,4218	1,6338
22	1,1083	1,1276	1,1548	0,9190	74	1,4298	1,6574
24	1,1187	1,1404	1,1704	0,9129	75	1,4337	1,6692
25		1,1469	1,1783		76	1,4375	1,6810
26	1,1290	1,1534	1,1862	0,9069	78	1,4450	1,7043
28	1,1392	1,1666	1,2023	0,9010	80	1,4521	1,7272
30	1,1493	1,1800	1,2185	0,8951	82	1,4589	1,7491
32	1,1593	1,1934	1,2349	0,8892	84	1,4655	1,7693
34	1,1691	1,2071	1,2515	0,8832	85	1,4686	1,7786
35		1,2140	1,2599		86	1,4716	1,7872
36	1,1789	1,2205	1,2684	0,8772	88	1,4773	1,8022
38	1,1885	1,2235	1,2855	0,8712	90	1,4826	1,8144
40	1,1980	1,2463	1,3028	0,8651	92	1,4873	1,8240
42		1,2591	1,3205		94	1,4912	1,8312
44		1,2719	1,3384		95	1,4932	1,8337
45		1,2783	1,3476		96	1,4952	1,8355
46		1,2847	1,3569		98	1,5008	1,8361
48		1,2975	1,3758		100	1,5129	1,8365
50		1,3100	1,3951				

Таблица V

Плотность растворов NaOH и KOH при 15° C (концентрации NaOH и KOH выражены в *г*/100 *г* раствора)

C	KOH	NaOH	C	KOH	NaOH	C	KOH	NaOH
1	1,0083	1,0106	19	1,1786	1,2109	37	1,3659	1,4043
2	1,0175	1,0219	20	1,1884	1,2219	38	1,3769	1,4144
3	1,0267	1,0331	21	1,1984	1,2331	39	1,3879	1,4244
4	1,0359	1,0443	22	1,2083	1,2441	40	1,3991	1,4343
5	1,0452	1,0555	23	1,2184	1,2501	41	1,4103	1,4442
6	1,0544	1,0666	24	1,2285	1,2661	42	1,4215	1,4539
7	1,0637	1,0777	25	1,2387	1,2771	43	1,4329	1,4636
8	1,0730	1,0889	26	1,2489	1,2880	44	1,4443	1,4732
9	1,0824	1,1000	27	1,2592	1,2989	45	1,4558	1,4828
10	1,0918	1,1111	28	1,2695	1,3097	46	1,4673	1,4924
11	1,1013	1,1222	29	1,2800	1,3205	47	1,4790	1,5019
12	1,1108	1,1333	30	1,2905	1,3312	48	1,4907	1,5114
13	1,1203	1,1444	31	1,3010	1,3419	49	1,5025	1,5209
14	1,1299	1,1555	32	1,3117	1,3525	50	1,5143	1,5303
15	1,1396	1,1665	33	1,3224	1,3630	51	1,5262	
16	1,1493	1,1776	34	1,3331	1,3735	52	1,5382	
17	1,1690	1,1887	35	1,3440	1,3838			
18	1,1688	1,1998	36	1,3549	1,3941			

Таблица VI

Концентрация растворов минеральных солей при 20° С

Вещества	Концентрация в *г* на 100 *г* раствора					
	5	10	20	30	40	50
NaCl	1,0340	1,0707	1,1478			
NH_4Cl	1,0137	1,0286	1,0567			
KCl	1,0304	1,0633	1,0328			
NaBr	1,0380	1,0803	1,1745	1,2841	1,4138	
KBr	1,0350	1,0740	1,1600			
KJ	1,0359	1,0761	1,1660	1,2712	1,3959	1,5457
$NaNO_3$	1,0323	1,0674	1,1429	1,2256	1,3175	
KNO_3	1,0299	1,0627	1,1326			
NH_4NO_3	1,0188	1,0397	1,0828	1,1277	1,1754	1,2258
$AgNO_3$	1,0416	1,0882	1,1942	1,3205	1,4743	1,6680
Na_2CO_3	1,0517	1,1029				
K_2CO_3	1,0437	1,0904	1,1898	1,2979	1,4141	1,5404
Na_2SO_4	1,0441	1,0915	1,1915			
$CuSO_4$	1,0508	1,1071				
$ZnSO_4$	1,0511	1,1071				
$KMnO_4$	1,0324					
K_2SO_4	1,0393	1,0817				
$K_2Cr_2O_7$	1,0336	1,0703				
$K_2Fe(CN)_6$	1,0258	1,0542	1,1130			
$MgSO_4$	1,0497	1,1034	1,2198			

Таблица VII

Число объемов воды, добавляемой к 100 объемам спиртового раствора для получения растворов определенной крепости

Довести до температуры, °С	Раствор, %								
	90	85	80	75	70	65	60	55	50
85	6,56								
80	13,79	6,83							
75	21,89	14,48	7,20						
70	31,10	23,14	15,35	7,64					
65	41,53	33,03	24,66	16,37	8,15				
60	53,65	44,48	35,44	26,47	17,58	8,76			
55	67,87	57,90	48,07	38,32	28,63	19,02	9,47		
50	84,71	73,90	63,04	52,43	41,73	31,25	20,47	10,35	
45	105,34	93,30	81,38	69,54	57,78	46,09	34,46	22,90	11,41
40	130,80	117,34	104,01	90,76	77,58	64,48	51,43	38,46	25,55
35	160,28	148,01	132,88	117,82	102,84	87,93	70,08	58,31	43,59
30	206,22	188,57	171,05	153,53	136,34	118,94	101,71	84,54	67,45
25	266,12	245,15	224,30	203,61	182,83	162,21	141,65	121,16	100,73
20	355,80	329,84	304,01	278,26	252,58	226,98	201,43	175,96	150,55
15	505,27	471,00	436,85	402,86	368,83	334,91	301,07	267,29	233,64
10	804,50	753,65	702,89	652,21	601,60	551,06	500,50	450,19	399,85

Таблица VIII

Гигрометрическая таблица

Температура, °С	Давление водяного пара, *мм рт. ст.*	Масса пара, *м³/г*	Температура, °С	Давление водяного пара, *мм рт. ст.*	Масса пара, *м³/г*	Температура, °С	Давление водяного пара, *мм рт. ст.*	Масса пара, *м³/г*
0	4,579	4,9	34	39,90	37,2	68	214,2	180,9
1	4,926	5,2	35	42,18	39,3	69	223,7	188,5
2	5,294	5,6	36	44,56	41,3	70	233,7	196,3
3	5,085	6,0	37	47,07	43,5	71	243,9	204,4
4	6,101	6,4	38	49,69	45,8	72	254,6	212,7
5	6,543	6,8	39	52,44	48,2	73	265,7	221,3
6	7,013	7,2	40	55,32	50,7	74	277,2	230,2
7	7,513	7,7	41	58,34	53,3	75	289,1	239,5
8	8,045	8,2	42	61,50	56,0	76	301,4	249,0
9	8,609	8,8	43	64,80	58,8	77	314,1	258,8
10	9,209	9,4	44	68,26	61,8	78	327,3	268,9
11	9,84	10,0	45	71,88	64,8	79	341,0	279,4
12	10,52	10,6	46	75,65	68,1	80	355,1	290,1
13	11,23	11,3	47	79,60	71,4	81	369,7	301,3
14	11,99	12,0	48	83,71	74,9	82	384,9	312,8
15	12,79	12,7	49	88,02	78,5	83	400,6	324,6
16	13,63	13,25	50	92,51	82,3	84	416,8	336,8
17	14,53	14,4	51	97,70	86,2	85	433,6	349,3
18	15,48	15,2	52	102,1	90,2	86	450,9	362,3
19	16,48	16,2	53	107,2	94,5	87	468,7	375,6
20	17,54	17,1	54	112,5	98,9	88	487,1	389,4
21	18,65	18,9	55	118,0	103,4	89	506,1	403,5
22	19,83	19,3	56	123,8	108,2	90	525,76	418,0
23	21,07	20,4	57	129,8	113,1	91	546,05	433,0
24	22,38	21,6	58	136,1	118,3	92	566,99	448,4
25	23,76	22,8	59	142,6	123,5	93	588,60	464,3
26	25,21	24,1	60	149,4	129,1	94	610,90	480,6
27	26,74	25,5	61	156,4	134,8	95	633,90	497,4
28	28,35	27,0	62	163,8	140,7	96	657,62	514,6
29	30,04	28,5	63	171,4	146,8	97	682,07	532,3
30	31,82	30,1	64	179,3	153,2	98	707,27	550,5
31	33,70	31,7	65	187,5	159,7	99	733,24	569,3
32	35,66	33,5	66	196,1	166,6	100	760,00	588,4
33	37,73	35,3	67	205,0	173,6			

Таблица IX

Психрометрическая таблица (насыщение воздуха указано в %)
А. Для температур от 0 до 25° С — влажный термометр)

Влажный термометр, °С	Разница между влажным и сухим термометром																			
	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10
0	100	90	81	73	64	57	50	43	36	31	26	20	16	11	7	3					
1	100	90	82	74	66	59	52	45	39	33	29	23	19	15	11	7					
2	100	90	83	75	67	61	54	47	42	36	31	26	23	18	14	10					
3	100	90	83	76	69	63	56	49	44	39	34	29	26	21	17	13	10				
4	100	91	84	77	70	64	57	51	46	41	36	32	28	24	20	16	14	11			
5	100	91	85	78	71	65	59	54	48	43	39	34	30	27	23	19	17	13	10		
6	100	92	85	78	72	66	61	56	50	45	41	35	33	29	26	22	19	16	13	10	
7	100	92	86	79	73	67	62	57	52	47	43	39	35	31	28	25	22	18	15	12	11
8	100	92	86	80	74	68	63	58	54	49	45	41	37	33	30	27	25	21	18	15	14
9	100	93	86	81	75	70	65	60	55	51	47	43	39	35	32	29	27	24	21	18	17
10	100	94	87	82	76	71	66	61	57	53	48	45	41	38	34	31	28	26	23	21	19
11	100	94	88	82	77	72	67	62	58	55	50	47	43	40	36	33	30	28	25	23	20
12	100	94	88	82	78	73	68	63	59	56	52	48	44	42	38	35	32	30	27	25	22
13	100	94	89	83	78	73	69	64	61	57	53	50	46	43	40	37	34	32	29	27	24
14	100	94	89	83	79	74	70	66	62	58	54	51	47	45	41	39	36	34	31	29	26
15	100	94	89	84	80	75	71	67	63	59	55	52	49	46	43	41	37	35	33	31	28
16	100	95	90	84	80	75	72	67	64	60	57	53	50	48	44	42	39	37	34	32	30
17	100	95	90	84	81	76	73	68	65	61	58	54	52	49	46	44	40	39	36	34	31
18	100	95	90	85	81	76	74	69	66	62	59	56	53	50	47	45	42	40	37	35	33
19	100	95	91	85	82	77	74	70	66	63	60	57	54	51	48	46	43	41	39	37	34
20	100	95	91	86	82	78	75	71	67	64	61	58	55	53	49	47	44	43	40	38	36
21	100	95	91	86	83	79	75	71	68	65	62	59	56	54	51	49	46	44	41	39	37

Продолжение табл. IX

Влажный термометр, °С	Разница между влажным и сухим термометром																				
	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10
22	100	95	91	87	83	79	76	72	69	65	63	60	57	55	52	50	47	45	42	40	38
23	100	96	91	87	83	80	76	72	69	66	63	61	58	56	53	51	48	46	43	41	39
24	100	96	92	88	84	80	77	73	70	67	64	62	59	56	53	52	49	47	44	42	40
25	100	96	92	88	84	81	77	74	70	68	65	63	59	57	54	52	50	47	45	44	42

Б. Для температур от 20 до 99° С — влажный термометр

Влажный термометр, °С	Разница между влажным и сухим термометром																				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
20	100	91	82	74	67	61	55	49	44	40	36	32	28	25	22	19	17	14	12	11	10
25	100	92	84	77	70	65	59	54	50	45	42	38	35	31	29	26	24	22	20	18	16
30	100	92	85	79	73	68	63	59	55	50	46	42	38	36	34	32	29	27	25	23	21
35	100	92	86	81	76	71	66	62	58	54	50	46	42	40	38	36	33	31	29	27	25
40	100	93	87	82	77	73	68	64	60	56	53	49	46	43	41	39	36	34	32	30	29
45	100	93	87	82	78	74	70	66	62	59	56	52	49	46	44	42	39	36	34	32	31
50	100	93	88	83	79	76	72	68	64	61	58	54	51	48	46	44	41	39	37	35	34
55	100	94	88	84	80	77	73	69	65	62	59	56	53	50	48	46	43	41	39	37	36
60	100	94	89	85	81	78	74	70	66	63	61	58	55	52	50	48	45	43	41	39	38
65	100	94	90	86	82	79	75	71	68	65	63	60	57	54	52	50	47	45	43	41	40
70	100	95	90	86	83	80	76	73	69	66	64	61	58	56	54	52	49	47	45	43	42
75	100	95	91	87	84	81	77	73	70	67	65	62	59	57	55	53	50	48	46	45	44
80	100	95	91	87	84	81	77	74	70	68	66	63	60	58	56	54	51	49	47	46	45
85	100	96	92	88	85	82	78	74	71	69	67	64	62	59	57	56					
90	100	96	92	88	85	82	78	75	72	70	68										
95	100	96	93	89	86	83															
99	100	97																			

Таблица X

Растворимость различных газов в воде
(количество газа в 1 л воды при атмосферном давлении)

Газ	Температура, °С			
	0	5	10	15
Воздух	0,0247	0,02179	0,01953	0,01795
Кислород	0,0489	0,04286	0,0380	0,03415
Азот	0,035	0,02081	0,0185	0,01662
Водород	0,02148	0,02044	0,0195	0,0188
Углекислый газ	1,7967	1,4412	1,1847	1,0020
Сероводород	4,3706	3,9961	3,5860	3,2326
Хлор	1,431	2,000	3,000	2,368
Аммиак	1,049	—	812	727
Сернистая кислота	79,789	67,485	56,647	47,276

Продолжение табл. X

Газ	Температура, °С			
	20	25	30	35
Воздух	0,01704	—	—	—
Кислород	0,03103	0,02844	0,02616	0,02452
Азот	0,01542	0,01432	0,01430	0,01254
Водород	0,0182	0,01754	0,01699	0,01666
Углекислый газ	0,09014	—	—	—
Сероводород	2,9053	2,6041	—	—
Хлор	2,156	1,950	1,745	1,555
Аммиак	654	—	—	—
Сернистая кислота	39,374	—	—	Около 20

Таблица XI

Испарение, вызываемое 1 $м^3$ ненасыщенного воздуха, в $г$

Температура воздуха, °С	При степени насыщения, %			
	60	70	80	90
10	3,74	2,81	1,87	0,94
15	5,10	3,82	2,55	1,27
20	6,94	5,20	3,47	1,73
25	9,13	6,85	4,56	2,28
30	11,96	8,97	5,98	2,99
35	15,80	11,85	7,90	3,91

Таблица XII

Растворимость некоторых солей

Соли	Формула	Растворимость, *г/л*	Температура, °С
Сульфат алюминия	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	266	20
		422	80
Гидрат алюминия	$Al(OH)_3$	0,0015	20
Хлористое железо	$FeCl_3 \cdot 6H_2O$	480	20
Бикарбонат кальция	$(CO_3H)_2Ca$	1,89	15
Углекислый кальций	$CaCO_3$	0,031	20
		0,037	100
Сернокислый кальций	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	2,02	18
		0,65	100
Хлористый кальций	$CaCl_2 \cdot 6H_2O$	427	20
		614	100
Медный купорос	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	187	25
		251	50
Углекислый магний	$MgCO_3$	0,084	20
		0,060	100
Сернокислый магний	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	262	20
		406	100
Хлористый магний	$MgCl_2 \cdot 6H_2O$	353	20
		421	100
Бикарбонат натрия	$NaHCO_3$	76	10
		140	60
Углекислый натрий	Na_2CO_3	178	20
		314	70
Едкий натр	NaOH	517	18
		758	80
Сернистокислый натрий	$Na_2SO_3 \cdot 7H_2O$	207	20
Сернокислый натрий	$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	162	20
Хлористый натрий	NaCl	264	20
		276	80
Тринатрийфосфат	$Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$	450	20
		1,425	80

Таблица XIII

Растворимость окиси кальция в зависимости от температуры

	Температура, °С						
	10	20	30	40	50	70	95
CaO, *мг/л*	1,3	1,2	1,1	1,0	0,95	0,75	0,55
$Ca(OH)_2$, *мг/л*	1,7	1,6	1,5	1,33	1,25	1,0	0,75

Таблица XIV

Объемное расширение воды

Изменение плотности и удельного объема воды под действием температуры

Температура, °С	Плотность, *г/мл*	Удельный объем, *мл/г*	Температура, °С	Плотность, *г/мл*	Удельный объем, *мл/г*
0	0,99987	1,00013	70	0,97781	1,02270
2	0,99997	1,00003	80	0,97183	1,02899
4	1,00000	1,00000	90	0,96534	1,03590
6	0,99997	1,00003	100	0,95838	1,04343
8	0,99988	1,00012	110	0,9510	1,0515
10	0,99973	1,00027	120	0,9434	1,0600
12	0,99952	1,00048	130	0,9351	1,0684
14	0,99927	1,00073	140	0,9263	1,0795
16	0,99897	1,00103	150	0,9172	1,0903
18	0,99863	1,00138	160	0,9076	1,1018
20	0,99823	1,00177	170	0,8973	1,1145
22	0,99779	1,00221	180	0,8866	1,1279
24	0,99732	1,00268	190	0,8750	1,1429
25	0,99707	1,00293	200	0,8628	1,1590
30	0,99568	1,00434	225	0,830	1,205
35	0,99406	1,00598	250	0,794	1,259
40	0,99225	1,00782	275	0,757	1,324
45	0,99024	1,00985	300	0,70	1,42
50	0,98807	1,01207	320	0,66	1,51
60	0,98324	1,01705			

Таблица XV

Международная таблица атомных весов (1949)

Элементы	Обозначение	Атомный номер	Атомный вес
Астатин	At	85	(210)
Азот	N	7	14,008
Актиний	Ac	89	227
Алюминий	Al	13	26,97
Америций	Am	95	(241)
Аргон	Ar	18	39,944
Барий	Ba	56	137,36
Бериллий	Be	4	9,013
Бор	B	5	10,82
Бром	Br	35	79,916
Ванадий	V	23	50,95
Висмут	Bi	83	209,00
Водород	H	1	1,0080
Вольфрам	W	74	183,92
Гадолиний	Gd	64	156,9
Галлий	Ga	31	69,72
Гафний	Hf	72	178,6
Гелий	He	2	4,003
Германий	Ge	32	72,60
Гольмий	Ho	67	164,94
Диспрозий	Dy	66	162,46
Европий	Eu	63	152,0
Железо	Fe	26	55,85
Золото	Au	79	197,2
Индий	In	49	114,76
Йод	J	53	126,92
Иттербий	Yb	70	173,04
Иттрий	Y	39	88,92
Иридий	Ir	77	193,1
Кадмий	Cd	48	112,41
Кальций	Ca	20	40,08
Калий	K	19	39,096
Ксенон	Xe	54	131,3
Кремний	Si	14	28,06
Кислород	O	8	16,000
Кобальт	Co	27	58,94
Криптон	Kr	36	83,7
Кюрий	Cm	96	(242)
Лантан	La	57	138,92
Литий	Li	3	6,940
Лютеций	Lu	71	174,99
Магний	Mg	12	24,32
Марганец	Mn	25	54,93
Молибден	Mo	42	95,95
Медь	Cu	29	63,54
Мышьяк	As	33	74,91
Натрий	Na	11	22,997

Элементы	Обозначение	Атомный номер	Атомный вес
Неодим	Nd	60	144,27
Неон	Ne	10	20,183
Нептуний	Np	93	(237)
Никель	Ni	28	58,69
Ниобий	Nb	41	92,91
Олово	Sn	50	118,70
Осмий	Os	76	190,2
Палладий	Pd	46	106,7
Платина	Pt	78	195,23
Плутоний	Pu	94	(239)
Полоний	Po	84	210
Празеодим	Pr	59	140,92
Прометий	Pm	61	(147)
Протактиний	Pa	91	231
Радий	Ra	88	226,05
Радон	Rn	86	222
Рений	Re	75	186,31
Родий	Rh	45	102,91
Ртуть	Hg	80	200,61
Рубидий	Rb	37	85,48
Рутений	Ru	44	101,7
Самарий	Sm	62	150,43
Свинец	Pb	82	207,21
Селен	Se	34	78,96
Сера	S	16	32,006
Скандий	Sc	21	45,10
Серебро	Ag	47	107,880
Стронций	Sr	38	87,63
Сурьма	Sb	51	121,76
Тантал	Ta	73	180,88
Таллий	Tl	81	204,39
Теллур	Te	52	127,61
Тербий	Tb	65	159,2
Торий	Th	90	232,12
Технеций	Tc	43	(99)
Титан	Ti	22	47,90
Тулий	Tu	69	169,4
Углерод	C	6	12,010
Уран	U	92	238,07
Фтор	F	9	19,00
Франций	Fr	87	(223)
Фосфор	P	15	30,98
Хлор	Cl	17	35,457
Хром	Cr	24	52,01
Цезий	Cs	55	132,91
Церий	Ce	58	140,13
Цинк	Zn	30	65,38
Цирконий	Zr	40	91,22
Эрбий	Er	68	167,2

Таблица XVI

Периодическая таблица элементов Менделеева (1942)

Международная таблица стойких изотопов. 5-й и 6-й отчеты Комиссии по атомным вопросам (Сообщение Международного союза по химии)

Периоды	Ряды	I		II		III		IV	
		a	b	a	b	b	a	b	a
1 $2\times1^2=2$	1	1 **H** 1,008 (2)							
II $2\times2^2=8$	2	3 **Li** 6,940 (2)		4 **Be** 9,02 (1)			5 **B** 10,82 (2)		6 **C** 12,010 (2)
III $2\times2^2=8$	3	11 **Na** 22,997 (1)		12 **Mg** 24,32 (3)			13 **Al** 26,97 (1)		14 **Si** 28,06 (3)
IV	4	19 **K** 39,096 (3)		20 **Ca** 40,08 (6)		21 **Sc** 45,10 (1)		22 **Ti** 47,90 (5)	
$2\times3^2=18$	5		29 **Cu** 63,57 (2)		30 **Zn** 65,38 (5)		31 **Ga** 69,72 (2)		32 **Ge** 72,60 (5)

Продолжение табл. XVI

Периоды	Ряды	V		VI		VII		VIII			0
		b	a	b	a	b	a				
I $2\times1^2=2$	1										2 **He** 4,003 (2)
II $2\times2^2=8$	2		7 **N** 14,008 (2)		8 **O** 16,000 (3)		9 **F** 19,00 (1)				10 **Ne** 20,183 (3)
III $2\times2^2=8$	3		15 **P** 30,98 (1)		16 **S** 32,006 (4)		17 **Cl** 35,457 (2)				18 **Ar** 39,944 (3)
IV $2\times3^2=18$	4	23 **V** 50,95 (1)		24 **Cr** 52,01 (4)		25 **Mn** 54,93 (1)		26 **Fe** 55,86 (4)	27 **Co** 58,94 (1)	28 **Ni** 58,69 (5)	
	5		33 **As** 74,91 (1)		34 **Se** 78,96 (6)		35 **Br** 79,916 (1)				36 **Kr** 83,7 (6)
V	6	41 **Nb** 92,91 (1)		42 **Mo** 95,95 (7)		43 **Tc** (99)		44 **Ru** 101,7 (7)	45 **Rh** 102,91 (2)	46 **Pd** 106,7 (6)	

Продолжение табл. XVI

Периоды	Ряды	I		II		III		IV	
		a	b	a	b	b	a	b	a
V	6	37 **Rb** 85,48 (2)		38 **Sr** 87,63 (4)		39 **Y** 88,92 (1)		40 **Zr** 91,22 (5)	
$2\times3^2=18$	7		47 **Ag** 107,880 (2)		48 **Cd** 112,41 (8)		49 **In** 114,76 (2)		50 **Sn** 118,70 (10)
VI	От 8 до 9	55 **Cs** 132,91 (1)		56 **Ba** 137,36 (7)		57 **La** 138,92 (1)	От 58 до 71 редкоземельные	72 **Hf** 178,6 (6)	
$2\times4^2=32$	10		79 **Au** 197,2 (1)		80 **Hg** 200,61 (7)		81 **Tl** 204,39 (2)		82 **Pb** 207,21 (4)
VII	11	87		88 **Ra** 226,05		89 **Ac** 226		90 **Th** 232,12 (1)	
Редкоземельные или лантаниды			58 **Ce** 140,13 (4)	59 **Pr** 140,92 (1)	60 **Nd** 144,27 (7)	61 **Pm** 147,0	62 **Sm** 150,43 (7)	63 **Eu** 152,0 (2)	64 **Gd** 156,9 (7)

Периоды	Ряды	V		VI		VII		VIII			0
		b	a	b	a	b	a				
$2\times3^2=18$	7		51 **Sb** 121,76 (2)		52 **Te** 127,61 (8)		53 **J** 126,92 (1)				54 **Xe** 131,1 (9)
VI	От 8 до 9	73 **Ta** 180,88 (1)		74 **W** 183,92 (5)		75 **Re** 186,31 (2)		76 **Os** 190,2 (7)	77 **Ir** 193,1 (2)	78 **Pt** 195,23 (5)	
$2\times4^2=32$	10		83 **Bi** 209,00 (1)		84 **Po**		85				86 **Rn** 222
VII	11	91 **Pa** 231		92 **U** 238,07 (3)							
Редкоземельные или лантаниды		65 **Tb** 159,2 (1)	66 **Dy** 162,46 (6)	67 **Ho** 163,50 (1)	68 **Er** 167,2 (6)	69 **Tu** 169,4 (1)	70 **Yb** 173,04 (7)	71 **Lu** 174,99 (2)			

Каждая клетка расположена следующим образом:

Z
E
A
(*n*)

где Z — обозначает атомный номер;
E — символ элемента;
A — его атомный вес;
(*n*) — число стойких изотопов, известное в настоящее время (1942).

ФРАНЦУЗСКО-РУССКИЙ СЛОВАРЬ ПО ПИВОВАРЕНИЮ

A

Absorption d'eau поглощение (абсорбция) воды.
Acide carbonique углекислота.
~ lactique молочная кислота.
~ tannique du houblon дубильная кислота хмеля.
Agitateur мешалка.
Aire de germination ток.
Albumine белок, альбумин.
Alcool éthylique этиловый спирт.
Amidon крахмал.
~ de maïs кукурузный крахмал.
~ de malt солодовый крахмал.
Ammoniaque аммиак.
Amylase амилаза.
Analyse de la dureté определение жесткости.
Analyse d'eau анализ воды.
Appareil de bondonnage шпунтаппарат.
~ de germination растильный аппарат.
~ de nettoyage de l'orge машина для очистки ячменя (триер).
~ de nettoyage de malt солодоочистительная машина.
~ de propagation de levain аппарат для разведения чистой культуры дрожжей.
~ de transport транспортер.
Aptitude à mousser пеностойкость.
Aqueux водный.
Atténuation степень сбраживания.
~ apparente кажущаяся степень сбраживания.
~ réele действительная степень сбраживания.
Atténuation limite конечная степень сбраживания.
Avoine овес.

B

Bac refroidissoir холодильная установка.
Bactéries acétiques уксуснокислые бактерии.
~ lactiques молочнокислые бактерии.
~ termo термобактерии.
~ visqueuses слизневые бактерии.
Barbe (orge) ость (ячменя).
Batterie de soutirage фильтрационная батарея (фильтрационного чана).
Baudelot оросительный холодильник — Боделё.
Bière пиво.
~ blonde светлое пиво.
~ brune темное пиво.
~ en boîte пиво в банках.
~ en bouteille бутылочное пиво.
~ en cannette пиво в бутылках.
~ d'exportation экспортное пиво.
~ de fermentation haute пиво верхневого брожения.
~ de fermentation basse пиво низового брожения.
~ en fût бочковое пиво.
~ de fond de foudre дрожжевое пиво.
~ de garde лагерное пиво.
~ légère, de table легкое столовое пиво.
~ de ménage пиво в торговой сети.

~ Munich Мюнхенское пиво.
~ Pilsen Пильзенское пиво.
~ de reste Остаточное пиво (смарка).

Bière sauvage пиво спонтанного брожения.
~ visqueuse вязкое (ослизненное) пиво.

Blé, grain злак, зерно.

Bonde шпунт.

Bondonnage шпунтование (бочек).
~ à colonne кольцевое шпунтование.

Boisson напиток.

Boîte de Pétri чашка Петри.

Bouillir кипеть, кипятить.

Bouillon, moût сусло (сладкое).

Bouquet букет (запах).

Bout dur твердый кончик солода.

Bourgeonner (levure) почковаться (дрожжи).

Brasser варить пиво, затирать.

Brasserie пивоваренный завод, пивоварение.

Brasseur пивовар.

Brassin варка (пива), варочный чан.

C

Cadre du filtre à moût рама майш-фильтра (заторного фильтра).

Caisse à farine бункер для дробленого солода.

Calorifère калорифер.

Canette, bouteille à bière пивная бутылка.

Canetterie отделение бутылочного розлива.

Capacité de production производственная мощность.

Capsuleuse укупорочная машина.

Caramel карамельный солод (для подкрашивания пива).

Case de germination растильный ящик.

Casse бой (бутылок).

Cassure du moût брух сусла.

Cave подвал.
~ de fermentation бродильный подвал.
~ de garde лагерный подвал.

Cellule de levure дрожжевая клетка.

Cercle d'un fût железный обруч бочки.

Cercler (un fût) нагонка обручей на бочку.

Cercleuse de fût машина для нагонки обручей на бочки.

Céréale зерновая культура.

Chaleur de vaporisation скрытая теплота парообразования.

Chambre de chaleur тепловая камера.

Changer l'eau de trempe сменить воду при замачивании зерна.

Charançon долгоносик.

Charger la touraille загружать сушилку.

Chariot à malt vert тележка для перевозки зеленого солода.

Charrue à malt солодоворошитель.

Chaudière котел (котельная).
~ à brasser форфас.
~ à cuire сусловарочный котел.
~ à moût сусловарочный котел.
~ à trempe заторный котел.
~ à vapeur паровой котел.

Clarification осветление.

Clarifier осветлять.

Coaguler (albumine) коагулировать (свертывать) белок.

Colle de poisson рыбий клей.

Colonne de mercure ртутный столбик.

Colorant краситель.

Combinaison chimique химическое соединение.

Compresseur à air воздушный компрессор.

Compteur d'eau водомер.

Concasser, broyer, moudre дробить.

Concasseur мельница, дробилка.

~ à malt солододробилка.
~ à 6 cylindres шестивальцовая дробилка.
Concentration en ions hydrogène концентрация ионов водорода (pH).
Condensation конденсирование, сгущение.
Condenseur конденсатор.
~ à ruisselement оросительный конденсатор.
Conditions de germination условия прорастания.
Cône (houblon) шишка (хмеля).
Consistance de la mousse плотность пены.
Contagion инфекция, заражение.
Contre-pression противодавление.
Contrôle à la dent (malt) оценка солода «на зуб».
~ de fabrication текущий контроль производства.
~ à l'iode йодная проба.
~ à l'ongle (malt) проба солода «на ноготь» (на растворение).
Copeaux стружки (для осветления пива).
Couche d'aleurone алейроновый слой.
Couche de germination слой проращиваемого ячменя.
Courroie sans fin транспортер.
Couvercle de fermentation дека.
Croix écossaise устройство для промывания дробины.
Cuire jusqu'à bonne cassure кипятить до полного осветления.
Cuiseur кипятильник.
Cuisson кипячение.
~ du moût кипячение сусла.
~ sous pression кипячение (сусла) под давлением.
Culture de houblon культура хмеля.
~ de moisissures плесневая культура.
Cuve en acier émaillé чан стальной, эмалированный.
~ en acier inoxydable чан из нержавеющей стали.
~ en bois чан деревянный.
~ en ciment armé чан железобетонный.
~ de clarification отстойный чан.
~ de fermentation бродильный чан.
Cuve-filtre фильтрационный чан.
Cuve-guilloire чан предварительного брожения.
Cuve ouverte открытый чан.
~ matière заторный чан.
~ à tremper замочный чан.

D

Découver l'orge en trempe замачивать зерно для проращивания.
Dégermer удалять зародыш (росток).
Dégermeuse росткоотбойка.
Déglutination растяжение клейковины.
Dégoudronner удалять пивную смолку.
Degré степень, градус.
~ de maturité степень созревания.
~ de trempage степень замочки.
Densimètre плотномер.
Départ de fermentation забраживание.
Dépôt de levure дрожжевой осадок.
Dernier lavage (moût) последняя промывная вода (сусла).
Désinfection дезинфекция.
Dextrose глюкоза (виноградный сахар).
Diaphragme диафрагма.
Diastase protéolytique протеолитический фермент.
Distillation дистилляция.
Dose de levain pour l'ensemencement количество задаваемых дрожжей в чан.
Douve en bois de chêne дубовая клепка (для бочек).
Drêche дробина.

~ de houblon хмелевая дробина.
~ de malt солодовая дробина.
~ sechée высушенная дробина.
Durée de cuisson продолжительность кипячения.
~ de fermentation продолжительность брожения.
~ de germination время прорастания.
~ de trempe продолжительность замачивания.
~ de touraillage продолжительность сушки.
Dureté temporaire жесткость временная.
~ permanente жесткость постоянная.

E

Eau de brassage вода для приготовления затора.
~ de condensation конденсационная вода.
~ d'empâtage вода для затирания.
~ de lavage (drêches) вода для промывки дробины.
Eau de trempage вода для замочки.
Ebullition кипячение.
Echantillon образец.
Ecumer удалять пену.
Effeuilleuse à houblon хмеледробилка.
Effondrement des «kraüsens» оседание завитков.
Egal, uniforme, regulier однаковый, однородный, равномерный.
Elévateur à godets нория.
Empâter затирать.
Embryon, germe эмбрион, зародыш.
Energie germinative энергия прорастания.
Energie fermentative энергия сбраживания.
Enrichissement en CO_2 насыщение CO_2.
Essayer, expérimenter исследовать, проводить опыт.
Essai de germination проба на прорастание.
Etiquetage наклейка этикеток.
Etiquette этикетка.
Evaporation испарение.
Evaporateur испаритель.
Evaporer, concentrer par cuisson сгущать сусло кипячением.
Expérience, essai опыт, эксперимент.
Extrait apparent кажущийся экстракт.
Extrait réel действительный экстракт.

F

Fabrication производство.
Faire une prise (malt) схватывание солода на току.
Farine мука.
Farine grossière грубый помол (мука).
~ de maïs кукурузная мука.
~ de riz рисовая мука.
Farineux (malt) мучнистый (солод).
Fausset втулка бочки (разливной кран).
Faux-fond (cuve-filtre) решетка фильтрчана (ложное днище)
Fermenté сброженный.
Fermenter сбраживать.
Fermentation брожение.
~ basse низовое брожение.
~ bouillonnante бурное брожение.
~ à couvercle roux бурное брожение.
~ haute верхневое брожение.
~ lactique молочнокислое брожение.
~ paresseuse замедленное брожение.
~ principale главное брожение.
~ rapide ускоренное брожение.
~ secondaire дображивание.

~ spontanée спонтанное (самопроизвольное) брожение.
~ tumultueuse бурное (кипящее) брожение.
~ visqueuse ослизняющее брожение.

Fermentescible сбраживаемый.

Feutrer (germination) схватывание солода (при проращании).

Filtre à air воздушный фильтр (фильтр с пневматическим зажимом).
~ à bière пивной фильтр.
~ à cadres рамный фильтр.
~ à manche рукавный фильтр.
~ à moût майш-фильтр.
~ à trouble фильтрпресс для отделения отстоя.

Fluide frigorigène охладительная смесь.

Fond de fût днище бочки.

Formation de mousse образование пены.
~ de CO_2 образование CO_2.

Foudre de garde лагерный бут (крупная бочка).

Friabilité (malt) растворимость (рыхлость, хрупкость) солода.

Friable хрупкий.

Froid холод.

Fût, tonnea, foudre бочка, бут.

Fût à bière пивная бочка.
~ étanché укупоренная бочка.
~ de fermentation (haute) бочка для верхневого брожения.
~ fuyard незакупоренная бочка.

G

Gateau de masse filtrante фильтрпрессная лепешка.

Galvaniser гальванизировать.

Germe зародыш (росток).
~ de malt солодовый росток.

Germination прорастание.

Glandes à lupuline зерна лупулина.

Gluten клейковина.

Goudronner производить осмолку (бочек).

Goudronneuse аппарат для осмолки.
~ à air chaud пламенная горелка для осмолки.
~ à vapeur аппарат для осмолки с пароперегревателем.

Goût de cave привкус подвала.
~ de fumée привкус дыма.

Goût de pasteurisation привкус пастеризации.
~ de poix привкус смолки.
~ de soleil солнечный (световой) привкус.

Grain cassé поврежденное зерно.
~ non malté несоложеное сырье (зерно).
~ d'amidon крахмальные зерна.
~ de lupuline (houblon concassé) хмелевая мука (дробленый хмель).

Grenier (à céréales) зернохранилище.
~ à orge склад ячменя.

Gros grains крупные зерна.

H

Houblon хмель.
~ épuisé par cuisson выщелоченный хмель - после кипячения.
~ suranné лежалый хмель.

Houblonnage задача хмеля (в сусло).

Houblonner задавать хмель в сусло (охмелять).

Huile de résine смоляное масло.
~ de houblon хмелевое масло.

Humide влажный.

Humidité влажность.

Humidificateur камера кондиционирования.

Hussards гусары.

Hydromètre гигрометр, прибор для измерения влажности.

I

Impôt sur la bière налог на пиво.
Infermentescible несбраживаемый.
Influence chimique химическое воздействие.
Infusion затирание.
Injecteur de poix насадка (инжектор для разбрызгивания смолки).
~ de vapeur паровой инжектор.
Inodore не имеющий запаха.
Inoxydable нержавеющий, неокисляемый.
Insipide, fade безвкусный (пиво).
Insoluble нерастворимый.
Insolubilité нерастворимость.

J

Jauger калибровать, измерять.

K

«Kraüsens», ajouter des добавлять завитки (в танк).
~ , effondrement des оседание завитков.

L

Lanterne de coupage смеситель.
Lauveuse моечная машина.
~ de bouteilles бутылкомоечная машина.
~ de fûts бочкомоечная машина.
~ de masse массомойка.
~ de toiles машина для мойки салфеток (фильтрующие).
Levure дрожжи.
~ basse дрожжи низового брожения.
~ à cassure floconneuse осевшие хлопьевидные дрожжи.
~ de culture культурные дрожжи.
~ à faible atténuation слабосбраживаемые дрожжи.
Levure de fermentation secondaire дрожжи для дображивания.
~ floconneuse хлопьевидные дрожжи.
~ granuleuse зернистые (в гранулах) дрожжи.
~ haute дрожжи верхневого брожения.
~ à haute atténuation высокосбраживающие дрожжи.
~ poussiéreuse пылевидные дрожжи.
~ pressée прессованные дрожжи.
~ de propagation семенные (маточные) дрожжи.
~ pure чистая культура дрожжей.
~ sauvage дикие дрожжи.
Liquéfaction разжижение.

M

Macérateur чан для мойки зерна.
Machine frigorifique холодильная машина.
Magnétique магнитный.
Maître brasseur главный пивовар.
Maïs кукуруза, маис.
Malt солод.
~ caramel карамельный солод.
~ couleur красящий (темный) солод.
~ foncé, brun темный солод.
~ forcé перерастворенный солод.
~ fraichement touraillé свежевысушенный солод.
~ glacé «закаленный» солод.
~ humide зеленый (влажный) солод.
~ mal désagrégé плохо размельченный солод.
~ mal germé плохо проросший солод.
Malt pâle светлый солод.

~ séché à l'air воздушно-сухой солод.
~ stocké отлежавшийся солод.
~ torrefié жженый солод (жженка).
~ touraillé à feu nu солод, высушенный дымовыми газами.
~ vert зеленый солод.

Maltage соложение.
Malter солодить.
Malterie солодовня, солодовенный завод.
~ à cases ящичная солодовня.
~ à tambour барабанная солодовня.

Malteur солодовщик.
Manomètre манометр.
Manquant (grain non germé) недостаточно проросшее зерно.
Masse pour filtre фильтрмасса.
Matière première сырье.
Maturité de germination окончание прорастания.
Mélanger, couper смешивать, купажировать.
Membrane cellulaire клеточная стенка (перегородка).
Méthode par décoction декокционный способ (отварочный).
~ à 3 trempes трехотварочный способ (затирания).
~ par infusion инфузионный метод (затирания).
~ par sauts ступенчатый метод (затирания).

Mettre en bouteille разливать в бутылки.
~ en levain задавать дрожжи (в бродильный чан).
~ en perce un fût открыть бочку (для розлива).

Mouillé, humide смоченный, влажный.
Moisi плесневелый, затхлый.
Moisir плесневеть.
Moisissure, putréfaction плесень, гниль.
Mousse пена.
Mousser вспенивать, пениться.
Moudre, broyer дробить (солод).
Moût après cuisson сусло после кипячения с хмелем (готовое сусло).
~ houblonné охмеленное сусло.
~ d'imprégnation de trouble неосветленное (мутное) сусло.

Mouture помол.
~ fine тонкий помол.
~ grossière грубый помол.

N

Nettoyer un fût чистить бочку.
Niveau de mercure уровень ртутного столбика.
Non desagrégé нерастворенный, неразмельченный.

O

Odeur, arôme запах, аромат.
Odeur de moisi запах плесени.
Orge ячмень.
~ à 2 rangs двухрядный ячмень.
~ à 6 rangs шестирядный ячмень.
~ demi-vitreuse полустекловидный ячмень.
~ dure жесткий ячмень.
~ farineuse мучнистый ячмень.
~ gonflée d'eau замоченный (пропитанный водой) ячмень.
~ à malter пивоваренный (солодовенный) ячмень.
~ nue голозерный ячмень.
~ perlée «жемчужный» ячмень.

Orge poussée, germée проросший ячмень.
~ vitreuse стекловидный ячмень.

Orgette щуплый ячмень.
Ouvrier brasseur варщик пива (пивовар).
~ tourailleur рабочий на сушилке.

P

Panier à houblon хмелецедильник.
Pasteurisateur пастеризатор.
Pasteurisation пастеризация.
Pâteux тестообразный.
Perte au maltage потери при соложении.
Piocher (drêche) разрыхлять (дробину).
Piocheur de drêches разрыхлитель дробины.
Piquer (maltage) наклевывать (при солодоращении).
Plateau basculant опрокидывающаяся решетка.
~ de filtre фильтрационная пластина.
~ de filtre à moût плита майш-фильтра.
~ de touraille бункер сушилки.
Platine de microscope предметное стекло (микроскопа).
Plumule побег листа (зародышевый листок).
Poids en Balling du moût плотность исходного сусла по Баллингу.
Point de congélation точка замерзания.
Poix смолка (для пивных бочек).
~ de résine сосновая смола.
Polisseuse полировочная машина.
~ à malt солодополировочная машина.
Pompage du moût перекачивание сусла.
Pompe centrifuge центробежный насос.
~ pneumatique воздушный (пневматический) насос.
Pomper au bac перекачивать в чан.
Poreux пористый.
Pouvoir diastatique диастатическая способность (сила).
~ fermentatif сбраживающая способность.
~ germinatif способность прорастания.
~ nutritif питательная способность.
Prélever une trempe перекачать затор.
~ un échantillon отбирать пробу (образца).
Premier bouillon первое сусло (начало кипячения).
Prendre la densité определить пробу.
Production производство, производительность.
Presse à masse пресс для формовки фильтрпрессных лепешек.
Pression de mercure давление ртутного столба.
Procédé de fermentation способ сбраживания.
Protéines du malt белковые вещества солода.
Protéine totale общий белок.
Protéolytique протеолитический.

R

Radicelle (malt) росток (солода).
Refermenter дображивать.
Réfrigerant холодильник.
~ à contre-courant противоточный холодильник.
~ fermé закрытый охладитель.
~ pour cuve de fermentation змеевик охлаждения в бродильном чане.
Refroidir охлаждать.
Régulateur de pression регулятор давления.
Régularité равномерность.
Rendement au brassage производительность варницы.
~ en fermentation производительность бродильного отделения.
Renvoyer la trempe en cuve matière перекачать затор в фильтрационный чан.
Repos de la salade отстаивание затора.
Résine смола.
~ de houblon хмелевая смола.

Respiration du grain дыхание прорастающего зерна (ячменя).
Retourner (maltage) перелопачивать (солод).
Retourneur ворошитель.
Reverdoir корыто (фильтрчана).
Rincer un fût ополаскивать бочку.
Riz sous forme de brisures рисовая сечка.
Robinet (cuve-filtre) кран (фильтрационного чана).
~ à 3 voies трехходовой кран.
~ de réglage регулировочный кран (вентиль).
Robinet de soutirage кран фильтрационной (разливной) батареи.

S

Sac мешок.
~ à trouble цедильник.
Saccharification осахаривание.
Salade затор (смесь).
Salle de brassage варочное отделение.
Saturateur сатуратор.
Saturer насыщать (углекислотой).
Saumure рассол, солевой раствор.
Séchage de l'orge подсушивание ячменя.
Sécher à l'air сушить на воздухе (подвяливание).
Sécheuse à l'orge сушилка для подсушки ячменя.
~ de drêches сушилка для дробины.
Semoule fine мелкая крупка.
Sensible au froid холодочувствительный.
Séparateur d'orge сортировочная машина для ячменя.
Serpentin réfrigerant (cuve) змеевик охлаждения в чане.
~ à vapeur паровой змеевик.
Serrer les cercles d'un fût надевать обручи на бочку.
Silo à riz силос для хранения риса.
Soluble dans l'eau водорастворимый.
Solubilité растворимость.
Solution d'iode йодный раствор.
~ d'amidon раствор крахмала.
~ nutritive питательный раствор.
~ tampon буферный раствор.
Soufré окуренный серой.
Soutirage en fûts розлив в бочки.
Soutirer разливать.
~ au clair (cuve-filtre) осветлять сусло через слой дробины.
Soutireuse разливочная машина.
~ en bouteilles бутылкоразливочная машина.
~ en fûts машина для розлива в бочки.
~ isobarométrique изобарометрическая разливочная машина.
Spores споры.
Sporulation спорообразование.
Stabilité стойкость (пива, пены).
Stérile стерильный.
Stockage хранение (выдержка).
Substances amères du houblon горькие вещества хмеля.
~ cellulaire клеточная масса.
~ nutritives питательные вещества.
~ protéiques белковые вещества.
Succédanés de malt несоложеное сырье.
Sucré сахарсодержащий.
Sucre d'amidon, glucose сахар крахмала, глюкоза.
~ interverti инвертный сахар.
~ de malt, maltose солодовый сахар, мальтоза.
Surbondonner превышать шпунтовое давление.
Surcuiseur перегреватель.
Surcuisson бурное кипение.
Surtrempe (l'orge) перезамочка ячменя.

T

Table à secousses стол-трясун.
Tambour барабан.
Tamiser просеивать.
Tank en acier стальной танк.
  ~ en acier émaillé эмалированный стальной танк.
Tannin танин (дубильное вещество).
Température après le retour de la trempe конечная температура затирания (перед фильтрацией).
  ~ d'empâtage температура затирания.
  ~ de mise en levain начальная температура при задаче дрожжей.
  ~ de trempe температура замочки (зерна).
Temps d'ébullition время кипячения.
Teneur en lupuline содержание лупулина.
Teneur en substances nutritives содержание питательных веществ.
Toile de filtre фильтровальная ткань (салфетка).
Tonnelier бондарь, бочар.
Torréfacteur обжарочная печь.
Touraillage сушка (работа на сушилке).
Touraille сушилка.
Touraille à air chaud сушилка с калорифером.
  ~ continue сушилка непрерывного действия
  ~ à deux plateaux двухъярусная сушилка.
  ~ à trois plateaux трехъярусная сушилка.
  ~ à vapeur паровая сушилка.
  ~ à feu nu огневая сушилка.
  ~ à malt солодосушилка.
  ~ en tambour барабанная сушилка.
  ~ verticale вертикальная сушилка.
Transport pneumatique пневмотранспорт.
  ~ pneumatique par aspiration воздушный пневмотранспорт.
Traverser раскачивать пиво по танкам.
Trémie à drêches бункер для дробины.
  ~ à malt бункер для солода.
Trempe claire отстоявшийся (осветленный) затор.
  ~ épaisse густой затор.
Trieur à orge машина для сортировки ячменя (триер).
Trouble d'albumine белковая муть.
  ~ d'empois клейстерная муть (крахмальная).
  ~ fin холодный брух.
  ~ au froid холодная муть.
Trouble de gélatine клейстерная муть.
  ~ de levure дрожжевая муть.
  ~ de metaux металлическая муть.
  ~ de résines муть, вызванная смолами.
Type de levain раса задаваемых дрожжей.
Tuyauterie de vapeur паропровод.

U

Uniformité однородность, единообразие.

V

Valeur nutritive питательная ценность.
Vapeur d'eau водяной пар.
Variété разновидность.
Ventilateur de touraille вентилятор сушилки.
Ventiler проветривать, вентилировать.
Vernis de brasserie пивная смолка (покрытие).
  ~ à fûts покрытие для бочек.
Verre pour contrôle de la cassure смотровое стекло для контроля за осветлением.
Vis sans fin шнек.
Viscosité вязкость.
Visqueus липкий, клейкий.
Vitreux, glacé стекловидный.

АНГЛО-РУССКИЙ СЛОВАРЬ ПО ПИВОВАРЕНИЮ

A

Acetic acid bacteria уксуснокислые **бактерии.**
Acrospire зародышевый листок.
Add (to) kraeusing добавлять завитки.
Adjunct несоложеное сырье.
Air compressor воздушный компрессор.
Air-dried malt воздушно-сухой солод.
Air filter воздушный фильтр.
Air pump воздушный насос.
Aleuron layer алейроновый слой.
Ammonia аммоний.
Analysis анализ.
Aroma аромат.
Atmospheric condenser конденсатор с воздушным охлаждением.
Attemperator змеевиковый холодильник.
Attenuation степень сбраживания.
~ apparent кажущаяся степень сбраживания.
~ final degree of attenuation конечная степень сбраживания.
~ real действительная степень сбраживания

B

Barley ячмень.
~ assortion сортировочная машина для ячменя.
~ cleaner, dresser машина для очистки ячменя.
~ drier сушилка для ячменя.
~ drying сушка ячменя
~ flinty жесткий (стекловидный) ячмень.
~ friable мучнистый ячмень.
~ half-steely полустекловидный ячмень.
~ naked голозерный ячмень.
Barley peeled лущеный ячмень, обрушенный ячмень.
~ separator сортировочная машина для ячменя.
~ six-rowed шестирядный ячмень.
~ steely стекловидный ячмень.
~ store, floor склад для хранения ячменя.
~ two-rowed двухрядный ячмень.
Barrel бочка, бут.
Baudelot cooler оросительный холодильник (Боделё).
Barm пивные дрожжи, закваска.
Beard ость (ячменя).
Beer пиво.
~ bottled бутылочное пиво.
~ bottom fermenting beer пиво низового брожения.
~ canned beer пиво в банках.
~ dark beer темное пиво.
~ draught beer пиво в торговой сети.
~ duty (excise) налог на пиво.
~ filter фильтр для пива.
~ Munich Мюнхенское пиво.
~ pale светлое пиво.
~ Pilsener Пильзенское пиво.
~ ropy beer вязкое пиво.
~ table beer столовое легкое пиво.

~ top fermenting beer пиво верхневого брожения.
~ waste beer остаточное пиво.
Beverage напиток.
Biting test проба солода на зуб.
Bittersubstances of hop горькие вещества хмеля.
Blend (to) купажировать.
Boil (to) кипятить.
Boil (to) down уваривать.
Boiler паровой котел.
~ steam котельный пар, бойлер.
Boiling кипение, кипячение.
~ pan варочный котел.
~ period время кипячения.
Bottle (to) разливать в бутылки.
Bottle бутылка.
~ cleaner бутылкомоечная машина.
Bottled beer бутылочное пиво.
Bottling department, bottlery отделение розлива.
Bottling machine разливочная машина.
Bottom fermentation низовое брожение.
Bottom yeast дрожжи низового брожения.
Break (Wort) осветление сусла (брух).
Breakage (bottle) бой бутылок.
Brew (to) варить пиво.
Brew варка.
Brewer пивовар.
Brewery пивоваренный завод.
Brewhouse варочное отделение.
Brewmaster пивовар.
Brewwater вода для приготовления затора.
Broken rice дробленый рис.
Bubble fermentation бурное брожение.
Bud (to) почковаться (дрожжи).
Buffer solution буферный раствор.
Bung (to) шпунтовать.
Bung (to) over перешпунтовать.
Bung шпунт.
Bunging apparatus шпунт-аппарат.

C

Cake of filter-mass фильтрпресная лепешка.
Capacity производительность, мощность.
Carbonate (to) насыщать углекислотой.
Carbonator сатуратор.
Carbon monoxide окись углерода.
Carbonic acid углекислота.
Cask бочка, бут.
~ slack негерметичная бочка.
~ tight герметичная бочка.
Caskbeer бочковое пиво.
Cellar подвал.
~ taste подвальный привкус (пива).
Cellular substances клетчатка.
Cell wall стена клетки (оболочки).
Centrifugal pump центробежный насос.
Cereal plant хлебный злак.
Cereals, unmalted cereals несоложеное зерно.
Changing steepwater менять замочную воду.
Chemical action химическое воздействие.
Chemical combination химическое соединение.
Chill haze холодная муть.
Clarification осветление.
Clarify (to) осветлять.
Clarifying chips стружки (для осветления).
Clarifying tub фильтрационный чан.
Clean (to) cask чистить бочку.
Cleansing system брожение в бочках (верхневое).
Cleansing (vat) отстойный чан.
Coagulate (to) коагулировать, свертываться (белки).
Coarse flour мука крупного помола.
Coarse grained крупнозерный.
Coarsely ground malt крупный помол.

Cold холод.
Cold break холодный брух.
Column bunging кольцевое шпунтование.
Column of mercury ртутный столбик.
Concentrate (to) выпаривать, конденсировать.
Condensation сгущение.
Condense (to) сгущать, конденсировать.
Condensed water конденсационная вода.
Condenser конденсатор.
Cone шишка хмеля.
Contagiousness инфекция, заражение.
Conveying, pressure conveying пневматическая подача, пневмотранспорт.
Cooking, pressure cooking кипячение под давлением.
Cool (to) охлаждать.
Cooper бондарь.
Copper пивоваренный котел (форфас).
Corking machine укупорочная машина.
Corn зерно.
Countercurrent cooler противоточный охладитель.
Counterpressure противодавление.
Counterpressure racking device изобарометрическая разливочная машина.
Cover head дека (шапка пены).
Crush (to) дробить.
Crusher, Crushing mill дробилка.
Culture, pure culture чистая культура.

D

Damp влажный.
Decoction method декокционный метод затирания (отварочный).
Degerminate (to) удалять зародыш.
Degree градус, степень.
Deglutination отделение клейковины.
Densimeter плотномер.
Depitch (to) удалять старую смолку.
Desinfection дезинфекция.
Dextrose глюкоза (виноградный сахар).
Diastatic power диастатическая способность (сила).
Digestion дигестия (настаивание) солода.
Dough (to) in затирать солод.
Draw (to) off, drain (to) декантировать (сливать с осадка).
Drawing apparatus фильтрационная батарея (фильтрационного чана).
Drink напиток.
Drum барабан.
Drum kiln барабанная сушилка.
~ malting барабанная солодовня.
Drying work сушка солода.
Dyestuff краситель.

E

Electro-plate (to) гальванизировать.
Elevator ковшовый элеватор, нория.
Equal однородный.
Evaporate (to) испарять.
Evaporation испарение.
Evaporator испаритель.
Experiment опыт, эксперимент.
Extract экстракт.
Extract, apparent extract кажущийся экстракт.
~ real extract действительный экстракт.

F

Failure непроросшее зерно (недостаточное прорастание).
Fan вентилятор.
False bottom решетка фильтрационного чана (ложное дно).
Faucet спускной чан.
Felt (to) прорастать.
Ferment (to) бродить.
Ferment (to) again дображивать.
Fermentation брожение.

~ accelerated fermentation ускоренное брожение.
~ boiling fermentation кипящее брожение.
~ bottom low-fermentation низовое брожение.
~ bubble fermentation бурное брожение.
~ foxy fermentation «рыжее» брожение, бурное брожение.
~ method of fermentation способ брожения.
~ primary, principal fermentation главное брожение.
~ secondary fermentation дображивание.
~ sluggish fermentation замедленное брожение.
~ spontaneous fermentation самопроизвольное (спонтанное) забраживание.
~ time продолжительность брожения.
~ top, high fermentation верхневое брожение.
~ viscous fermentation ослизняющее брожение.

Fermentative energy энергия сбраживания.
Fermentative capacity бродильная способность.
Fermented сброженный.
Fermenting cellar бродильный подвал.
Fermenting tub бродильный чан.
Filler бутылкоразливочная машина.
Filter фильтр.
~ air-pressure filter воздушно-нагнетательный фильтр.
~ bag цедильник.
~ cake press пресс для формовки фильтрпрессных лепешек.
~ cloth фильтровальная салфетка.
~ cloth washing machine моечная машина для салфеток.
~ dust filter рукавный фильтр.
Filter-plate, filter cell фильтрационная плита.
Filter-press for dregs фильтрпресс для отделения белкового отстоя.
Filter pulp, mass фильтрационная масса.
Finisch (to) mash перекачивать затор в фильтрационный чан.
Fire flavour привкус дыма.
First wort первая отварка.
Flat пустой вкус (безвкусное).
Flavour букет, аромат.
Flocculating yeast осевшие (хлопьевидные) дрожжи.
Floor (malting) токовая солодовня.
~ barley floor склад для хранения ячменя.
~ malting токовое солодоращение.
Foam (to) пениться.
Foam пена.
Foamholding capacity плотность пены.
Foamless лишенный пены.
Foam retention пеностойкость.
Freezing mixture хладагент.
Freezing point точка замерзания.
Friability растворимость солода (хрупкость).

G

Gauge (to) калибровать (измерять).
Germ зародыш.
Germinate (to) прорастать.
Germination прорастание.
Germinating apparatus растильный аппарат.
Germinating box растильный ящик.
Germinating capacity способность прорастания.
Germinating energy энергия прорастания.
Germinating test проба на прорастание.
Gland железа (хмеля) — лупулиновые зерна.
Glass malt закаленный солод.

Glassy стекловидный.
Glucose глюкоза.
Gluten клейковина.
Grain зерно.
~ dried grains сухая дробина.
~ dryer сушилка для дробины.
~ spent grains солодовая дробина.
~ stirrer разрыхлитель дробины.
~ tank бункер для дробины.
~ water вода для промывания дробины.
Granary зернохранилище.
Grant корыто фильтрационного чана.
Gravity, original gravity начальная плотность сусла по Баллингу.
Green malt зеленый солод.
Green malt cart тележка для зеленого солода.
Grind (to) молоть, дробить.

H

Hard end твердый кончик солода.
Hardness твердость, жесткость.
Hardness, temporary временная жесткость.
~ permanent постоянная жесткость.
~ test проба на жесткость.
Head пена.
Heat chamber тепловая камера сушильной печи.
Heater кипятильник, подогреватель.
Hoisting-machine подъемник, лебедка.
Hoop (to) осадка обручей на бочке.
Hoop обруч (бочки).
~ driver станок для осадки обручей.
~ iron обруч, полосовое железо.
Hop (to) down охмелять, задавать хмель.
Hop хмель.
~ basket хмелецедильник.
~ bittersubstances of hop горькие вещества хмеля.
~ cone хмелевая шишка.
~ culture хмелеводство.
~ flour хмелевая мука.
~ mould лежалый (плесневелый) хмель.
~ oil хмелевое масло.
~ resin хмелевые смолы.
~ spent hops выщелоченный хмель после кипячения.
~ tannic acid in hops танины хмеля.
Hopped wort охмеленное сусло.
Hopper бункер для солода.
Hopping задача хмеля в сусло.
Hose (to) перекачивать сусло.
Hygrometer (прибор для измерения влажности) гигрометр.

I

Indian corn маис, кукуруза.
~ meal кукурузная мука.
Infect (to) заражать, инфицировать.
Infusion method метод настаивания (инфузионный).
Inodorous лишенный запаха.
Insipid безвкусный, пресный.
Insolubility нерастворимость.
Insoluble нерастворимый.
Invert sugar инвертный сахар.
Iodine solution раствор йода.
Iodine test проба на йод.
Isinglass рыбий клей.

K

Keg бочка, бут.
Kegwasher бочкомоечная машина.
Kernel зерно, злак.
Kettleman пивовар.
Kiln сушильная печь.
~ circular kiln сушилка непрерывного действия.
~ double floor kiln двухъярусная сушилка.
~ -dried malt свежевысушенный солод.
~ dumping kiln floor су-

шилка с опрокидывающими решетками.
~ fan вентилятор сушильной печи.
~ fire-kiln огневая сушка.
~ floor решетка сушильной печи.
~ hot-air kiln печь для сушки горячим воздухом.
~ man рабочий при сушилке.
~ open fire kiln огневая сушильная печь.
~ roasting kiln обжарочная печь.
~ surface сушильная поверхность.
~ treble floor kiln сушильная печь с тремя решетками.
~ vertical вертикальная сушилка.
Kraeusen to add добавлять завитки.
~ collapse of оседание завитков.

L

Label этикетка.
Labelling наклейка этикеток.
Labourer control текущий контроль производства
Lactic acid молочная кислота.
~ ~ bacteria молочнокислые бактерии.
~ ~ fermentation молочнокислое брожение.
Lagerbeer лагерное пиво.
Lautermash отфильтрованный затор.
Liquefaction разжижение.
Liquefy (to) разжижать.
Load (to) kiln нагружать сушилку.
Lupulin лупулин.
~ content содержание лупулина.

M

Magnetic магнитный.
Magnetise (to) намагничивать.
Maize starch маисовый (кукурузный) крахмал.
Maize маис, кукуруза.
Malt (to) солодить.
Malt солод.
~ adjuncts заменители солода (несоложеное сырье).
~ bin растильный ящик.
~ black жженка.
~ cleaning machine машина для полировки солода.
~ crushed помол.
~ -crusher солододробилка.
~ dark темный солод.
~ extract солодовый экстракт.
~ finely crushed мелкая крупка (тонкий помол).
~ floor токовое соложение.
Malt forced перерастворенный солод.
~ glass malt стекловидный солод.
~ green malt зеленый солод.
~ grist case бункер для дробленого солода.
~ heap, ~ couch солодовая грядка.
~ house солодовня.
~ kiln печь для сушки солода.
~ loft токовая солодня.
~ mill солододробилка.
~ pale бледный солод.
~ plough солодоворошитель на току.
~ polisher солодополировочная машина.
~ protein белки солода.
~ silo, bin силос для хранения солода.
~ slack malt влажный солод.
~ smoke-dried солод огневой сушки.
~ sprouts солодовые ростки.
starch солодовый крахмал.
~ stored отлежавшийся солод.
~ turning device солодоворошитель.
Malting flooring соложение.

~ barley пивоваренный ячмень.
~ box malting ящичная солодовня.
~ loss потери при соложении.
Maltster, maltman солодовщик.
Manometer манометр.
Mash (to) затирать.
Mash затор.
~ at rest отслаивание затора в чане.
~ copper заторный котел.
~ filter майш-фильтр.
~ filter frame рама майш-фильтра.
~ filter plate плита майш-фильтра.
~ to finish mash перекачивать затор в фильтрационный чан.
~ heat температура затора.
~ lauter mash отфильтрованный затор.
~ liquor вода для затирания.
~ -machine мешалка.
~ to remove a mash отделять затор.
~ spring-mash method ускоренный метод затирания.
~ thick mash густой затор.
~ three-mash method трехотварочный способ затирания.
~ tun заторный чан.
~ wort сусло (сладкое).
Mashing, second mashing отъем затора на отварку.
Mat (to) прорастать (схватывание солода).
Mature зрелость.
Maturity степень созревания.
Meal flour мука.
Mealy мучнистый.
Mellow; musty хрупкий.
Mellowness растворимость (хрупкость).
Mercury level уровень ртутного столба.
Mercury pressure давление ртутного столба.
Mixing machine смеситель.
Mold (to) плесневеть.
Mold, mould плесень.
~ culture of mold культура плесневого гриба.
Moldy заплесневевший.
Moldy smell запах плесени.
Mycoderma микодерма.

N

Nitrogen азот.
Nutrient content содержание питательных веществ.
Nutrient solution питательный раствор.
Nutritive power питательная способность.
Nutritive substance питательное вещество.
Nutritive value питательная ценность.

O

Oats овес.
Odour запах.
Original gravity начальная плотность сусла по Баллингу.
Original wort начальное сусло.
Overbung (to) перешпунтовать.
Oxidize (to) окислять.

P

Pasteurization пастеризация.
Pasteurizer пастеризатор.
Pasty вязкий, пастообразный, тестообразный.
Petri dish чашка Петри.
Pitch (to) производить осмолку.
Pitch (to) with yeast задавать дрожжи (в сусло).
Pitch смолка.
~ spray насадка сопла для разбрызгивания смолки.
Pitching machine машина для осмолки.
~ temperature температура задачи дрожжей.
Pitchy taste привкус смолы.
Polisher malt солодополировочная машина.

Porous пористый.
Pressure conveying пневматическая подача (пневмотранспорт).
~ cooking кипячение сусла под давлением.
~ regulator регулятор давления.
Protein протеин, белок.
~ substance белковое вещество.
~ total общий белок.
~ turbidity белковая муть
Proteolytic протеолитический
~ enzymes протеолитический фермент.
Puncheon емкость для верхневого брожения.
Putrefaction плесень, гниль

R

Rack (to) разливать.
Racker разливочная машина.
Racking room отделение розлива.
~ square резервуар разливочной машины.
Raw material сырье.
Real attenuation действительная степень сбраживания.
~ extract действительный экстракт.
Refrigerating machine холодильная машина.
Refrigerator холодильник, рефрижератор.
Regularity равномерность, регулярность.
Regulating cock регулировочный кран.
Rerake (to) разрыхлять (дробину).
Resin, rosin сосновая смола.
~ oil, rosin oil смоляное масло.
~ turbidity муть, вызванная смолкой.
Respiration of growing barley дыхание прорастающего зерна.
Rest beer остаточное пиво
Rice рис.
~ flour рисовая мука.
~ tank бункер для риса
Rinse (to) промывать бочки
Roasting kiln обжарочная печь.
Rootlet, radicle росток.
Ropy вязкий.
Rotary pump центробежный насос.
Run of wort (from kettle) перекачка сусла.

S

Saccharated сахарсодержащий.
Saccharification осахаривание.
Sack мешок.
Saltwater рассол.
Sample glass смотровое стекло (для контроля за осветлением).
Sample taking взятие пробы.
Saturator сатуратор.
Screen (to) просеивать.
Sediment (wort) белковый отстой.
Seed-leaf, seminal-leaf зародышевый листок.
Settling tub отстойный чан.
Skim (to) удалять пену.
Slach cask неплотная бочка (негерметичная).
Slime-forming bacteria слизневые бактерии.
Slimy слизистый, вязкий.
Solubility растворимость.
Sparger rotary устройство для промывания дробины.
Spent grains дробина.
~ hops хмелевая дробина.
~ malt солодовая дробина.
Spores споры.
Sporulation спорообразование (споруляция).
Spring-mash method ускоренный способ затирания.
Springwater вода для замочки.
Sprout росток солода.
Stage, sand предметное стекло.
Starch крахмал.
~ granules гранулы крахмала.
~ solution раствор крахмала.
~ turbidity клейстерная муть

Stave клепка для бочки.
~ oak stave дубовая клепка.
Steam-coil паровой змеевик.
Steam heating калорифер.
~ kiln паровая сушилка.
~ pipe-line паропровод.
~ taste привкус пастеризации.
Steep (to) замачивать (ячмень).
Steeped barley замоченный ячмень.
Steeping vat чан для мойки зерна (мацератор).
Steep tank замочный чан.
Sterile стерильный.
Storage лагерное хранение (выдержка).
~ cellar лагерный подвал.
~ vat лагерная бочка (танк).
Store, barley store склад для хранения ячменя.
Store (to) выдерживать пиво.
Strain (to) фильтровать.
Straining-cloth фильтровальная салфетка.
Straining vat фильтрационный чан.
Sulfurated сульфитированный (окуренный серой).
Sun flavor солнечный привкус.

T

Tannin танин.
Tap кран для спуска сусла.
Tap (to) открыть бочку для розлива.
Tasteless безвкусный.
Temporary hardness временная жесткость.
Termobacteria термобактерии.
Test опыт, тест.
Thousand kernel weigth масса 1000 зерен.
Tight cask герметичная бочка.
Try (to) испытывать, пробовать.
Tub открытый чан.
~ settling tub отстойный чан.
Turbidity муть.
~ chill turbidity холодная муть.
~ metal turbidity металлическая муть.
~ protein turbidity белковая муть.
Turn (to) malt перелопачивать солод.
Turn (to) out (wort) перекачивать сусло.
Turner ворошитель.

U

Unbung (to) вынуть шпунт.
Underback корыто фильтрационного чана.
Underlet, underbag фильтрационная батарея фильтрационного чана.
Unfermentable несбраживаемый.
Uniform однородный.
Uniformity однородность.
Unload (to) the steeped barley вымочка зерна для проращивания.
Unmodified нерастворенный (нераздробленный).

V

Vaporization испарение, выпаривание.
Vaporize (to) испарять, выпаривать.
Variety, abart сорт, вид, разновидность.
Vat открытый чан, бак.
Vat of concrete железобетонный чан.
~ of enamelled steel стальной эмалированный чан.
~ steeping vat замочный чан.
~ of stainless steel чан из нержавеющей стали.
~ storage vat деревянный чан.
~ of wood лагерный танк (бут).
Varnish лак.
Ventilator вентилятор.
Vitreous стекловидный.

W

Washer моечная машина.
Water analysis анализ воды.
~ content in steeped barley степень замочки.
Watermeter водомер.
Water-soluble водорастворимый.
Watery водянистый.
Wilds гусары.
Wort сусло.
~ boiling варка сусла.
~ finished wort готовое сусло (после кипячения).
~ first wort первое сусло.
~ hopped wort охмеленное сусло.
~ kettle сусловарочный котел.
~ original wort начальное сусло.
~ run of wort перекачка сусла.
~ sediment сусловый осадок.
~ to turn out wort перекачивать сусло.

Y

Yeast дрожжи.
~ bottom yeast дрожжи низового брожения.
~ cell дрожжевая клетка.
~ compressed yeast прессованные дрожжи.
~ culture yeast культурные дрожжи.
~ flocculating yeast хлопьевидные дрожжи.
~ high attenuation yeast высокосбраживающие дрожжи.
~ non flocculating yeast пылевидные дрожжи.
~ to pitch yeast задавать дрожжи.
~ propagator дрожжерастильный аппарат.
~ pure yeast дрожжи чистой культуры.
~ sediment дрожжевой осадок.
~ seed yeast зернистые дрожжи.
~ top fermenting yeast дрожжи верхневого брожения.
~ turbidity дрожжевая муть.
~ type раса дрожжей.
~ wild yeast дикие дрожжи.
Yield выход (производительность).
Yield in the copper выход экстракта.
Yield of extract in the tub производительность бродильного отделения.

НЕМЕЦКО-РУССКИЙ СЛОВАРЬ ПО ПИВОВАРЕНИЮ

A

Abart разновидность.
Abfrischen (der Weiche) смена замочной воды.
Abfüllapparat разливочная машина.
Abfüllen разливать.
Abklären осветлять.
Abläuterbatterie фильтрационная батарея.
Abläuterhahn фильтрационный кран (батареи).
Abläutern осветление сусла через слой дробины.
Abmaischen перекачать затор в фильтрационный чан.
Abmaischtemperatur конечная температура затирания (перед фильтрацией).
Abschäumen удалять пену.
Absetzbottich отстойный чан.
Abfüllen розлив в бутылки.
Abfüllhalle розлив в бочки.
Amylase амилаза.
Angezogenes Malz зеленый солод.
Ankommen (Gärung) забраживание.
Anschwänzer устройство для промывания дробины.
Anschwänzwasser промывная вода для дробины.
Anstechen (Bier) открыть бочку для розлива.
Anstellbottich бродильный чан (чан предварительного брожения).
Anstelltemperatur начальная температура при задаче дрожжей.
Anstellen (Zeug geben) задавать дрожжи в бродильный чан.
Antreiben (Fass) осадка обручей на бочке.
Anzapfen вбивать кран в бочку.
Arbeitskontrolle текущий контроль производства.
Aufgussverfahren infusion инфузионный метод затирания.
Aufkraüsen добавлять завитки (в танк).
Auflösung (Malz) растворение (солода).
Aufmaischen отобрать затор на отварку.
Ausatmen (Weichgut) дыхание прорастающего зерна (ячменя).
Ausbleiber недостаточная прорастаемость.
Ausgekochter Hopfen выщелоченный хмель после кипячения.
Ausschlagen (das) спуск сусла после кипячения с хмелем.
Ausschlagen спускать (перекачивать) сусло.
Ausschlagwürze готовое сусло (после кипячения с хмелем).
Ausweichen замачивать зерно для проращивания.

B

Ballinganzeige der Stammwürze плотность исходного сусла по Баллингу.
Bandeisen железный обруч бочки.
Becherwerk нория.
Befeuchtungsanlage камера кондиционирования.
Beissprobe оценка солода на зуб.
Berieselungskondensator оросительный конденсатор.
Berieselungskühler оросительный холодильник (Боделё).
Beständigkeit стойкость (пива).

Bier пиво.
~ Büchsenbier пиво в банках.
~ dunkles темное пиво.
~ Dünnbier легкое столовое пиво.
~ Flaschenbier бутылочное пиво.
~ helles светлое пиво.
~ Münchener Мюнхенское пиво.
~ obergäriges пиво верхневого брожения.
~ Pilsener Пильзенское пиво.
~ untergäriges пиво низового брожения.
Bierdruckapparat дрyклеглер.
Bierfass пивная бочка.
Bierfilter пивной фильтр.
Bierflasche пивная бутылка.
Bierhefe пивные дрожжи.
Bierkessel форфас.
Bierkullör карамельный солод для подкрашивания пива.
Biersieder варщик пива (пивовар).
Biersteuer налог на пиво.
Blasengärung бурное брожение.
Blattkeim зародышевый листок.
Bodenspeicher склад для хранения зерна.
Bottich открытый чан.
~ aus nicht rostendem Stahl чан из нержавеющей стали.
~ Eisenbetonbottich чан железобетонный.
~ emaillierter Stahlbottich чан стальной, эмалированный.
~ Holzbottich чан деревянный.
Bottichkühler змеевик охлаждения в чане.
Bouquet букет (запах пива).
Brauen варить пиво.
Brauer пивовар.
Brauerei пивоваренный завод, пивоварение.
Brauereilack пивная смолка.
Brauhaus варочное отделение.
Braukessel форфас.
Braumeister главный пивовар.
Brauwasser вода для приготовления затора.
Brechen (malz) дробить (солод).
Bruch (Würze) брух (сусла).
~ kalter холодный брух.
Bruchhefe осевшие (хлопьевидные) дрожжи.
Bruchreis рисовая сечка.

C

Chemische Einwirkung химическое воздействие.
Chemische Verbindung химическое соединение.

D

Dampfdarre паровая сушилка.
Dampfheizung калорифер.
Dampfkessel паровой котел.
Dampfpichapparat пароперегреватель.
Dampfschlange паровой змеевик.
Dampfrohrleitung паропровод.
Dampfstrahlpumpe инжектор (паровой).
Darrarbeit сушка (работа на сушилке).
Darrboden бункер сушилки.
Darre сушилка.
~ Zweihorden двухъярусная сушилка.
~ Dreihorden трехъярусная сушилка.
Darren (das) сушка солода.
Darrfax сушильщик (рабочий на сушилке).
Darrfläche поверхность решетки (сушилки).
Darrmalz свежевысушенный солод.
Darrperiode время сушки.
Darrventilator вытяжной вентилятор сушилки.
Daube клепка.
Dauer der Gärung продолжительность брожения.
Decke (gärendes Bier) дека.
Dekoktionsverfahren декокцион-

ный способ затирания (с отварками).
Densimeter плотномер.
Desinfektion дезинфекция.
Diastasische Kraft диастатическая способность.
Dickmaische густая часть затора.
Digerierung дигестия (солода).
Distillation дистилляция.
Dolde (Hopfen) шишка хмеля.
Dreimaischverfahren трехотварочный способ затирания.
Dreiwegehahn трехходовой кран.
Druckkochen кипячение сусла под давлением.
Druckluftförderung пневмотранспорт.
Druckmesser манометр.
Druckregler регулятор давления.
Druckschauchfilter пивной фильтр с пневматическим зажимом.
Drüse железа (хмеля).
~ Hopfendrüsen зерна лупулина.
Durchbruch (Kraüsen) оседание завитков.

E

Eichen калибровать.
Eichenholzfassdaube дубовая клепка для бочек.
Eindampfen выпаривать, концентрировать.
Einkochen (Würze) кипятить сусло (сгущать сусло кипячением).
Einmaischen затирать.
Einmaischtemperatur температура затирания.
Einmaischwasser вода для затирания.
Einwässern, weichen замачивать (ячмень).
Eiweiss белок, альбумин.
Eiweisspaltend протеолитический.
Eiweisstrübung белковая муть.
Emaillierter Stahltank эмалированный стальной танк.
Embryo зародыш.
Endvergärungsgrad конечная степень сбраживания.
Entkeimen удалять зародыш.
Entkeimungsmaschine росткоотбойка.
Entpichen удалять пивную смолку.
Essigsäurebakterien уксуснокислые бактерии.
Etikette этикетка.
Etikettierung наклейка этикеток.
Extrakt, scheinbarer кажущийся экстракт.
Extrakt, wirklicher действительный экстракт.

F

Fabrikation производство.
Fadenziehend (Bier) ослизненное (вязкое) пиво.
Farbmalz темный солод.
Farbstoff краситель.
Fass бочка, бут.
Fass dicht укупоренная бочка.
Fass undicht незакупоренная бочка.
Fassabfüllmaschine изобарометрическая машина для розлива в бочки.
Fassband обруч на бочку.
Fassbier бочковое пиво.
Fassbinder (Küfer) бондарь.
Fassboden днище бочки.
Fasschwenken ополаскивать бочку водой.
Fassdaube клепка для бочек.
Fassgärungssystem верхневое брожение в бочках.
Fassglasur лак (покрытие) для бочек.
Fasspech пивная смолка для бочек.
Fasspund шпунтование бочек.
Fassreifen нагонять обручи на бочку.
Fassreinigungsmaschine бочкомоечная машина.
Fäulnis плесень, гниль.
Fäulnisbakterien термобактерии.
Feingries мелкая крупка.
Feinschrot тонкий помол.

Feucht влажный.
Feuchtigkeit влажность.
Feuchtigkeitsmesser прибор для измерения влажности.
Feuerdarre огневая сушка.
Fichtenpech сосновая смола.
Filterkuchen лепешка фильтрмассы.
Filterkuchenpresse пресс для формовки лепешок фильтрмассы.
Filtermasse фильтрмасса.
Filtermassewaschmaschine массомойка.
Filterplatte фильтрационная плита.
Filtertuch фильтровальная салфетка.
Filtertücherwaschmaschine машина для мойки салфеток.
Filtrieren фильтровать.
Firniss лак (покрытие) для бочек.
Fischleim рыбий клей.
Flasche бутылка
Flaschenbier бутылочное пиво.
Flaschenbierabteilung цех бутылочного розлива (пива).
Flaschenbruch бой бутылок.
Flaschenfüllmaschine бутылкоразливочная машина.
Flaschenkeller склад стеклотары (бутылок).
Flaschenkorkmaschine укупорочная машина.
Flaschenreinigungsmaschine бутылкомоечная машина.
Fordermaschine транспортер.
Forderrinne трясуны.
Fuchsige Gärung бурное брожение.

G

Galvanisieren гальванизировать.
Gärbottich бродильный чан.
Gärbottichkühler змеевик охлаждения в бродильном чане.
Gärdauer время брожения.
Gären сбраживать.
Gärfass бочка для верхневого брожения.
Gärkeller бродильный подвал.
Gärkellerausbeute производительность бродильного отделения.
Gärkraft энергия сбраживания.
Gärung брожение.
~ Hauptgärung главное брожение.
~ kochende бурное брожение.
~ Nachgärung дображивание.
~ Obergärung верхневое брожение.
~ Schleimige ослизняющее брожение.
~ Stürmische бурное брожение.
~ träge замедленное брожение.
~ Untergärung низовое брожение.
Gärungsalkohol этиловый спирт.
Gärungsfähig способный сбраживать.
Gärungsverfahren способ брожения.
Gärvermögen способность сбраживания.
Gefrierpunkt точка замерзания.
Gegendruck противодавление.
Gegenstromkühler противоточный холодильник.
Gehopfte Würze охмеленное сусло.
Gelagertes Malz отлежавшийся солод.
Gequellte Gerste замоченный ячмень.
Gerbstoff танин (дубильное вещество).
Gerinnen (Eiweiss) коагулировать (белок).
Gerste ячмень.
~ gewachsene проросший ячмень.
~ glasige стекловидный ячмень.
~ halbglasige полустекловидный ячмень.
~ Kleingerste щуплый ячмень.
~ mehlige мучнистый ячмень.

~ Nacktgerste голозерный ячмень.
~ sechszeilige шестирядный ячмень.
~ speckige жесткий ячмень.
~ zweizeilige двухрядный ячмень.
Gerstenboden склад ячменя.
Gerstendarren сушилка для подсушки ячменя.
Gerstengraupen жемчужный ячмень.
Gerstenputzmaschine машина для очистки ячменя (триер).
Gerstensortiermaschine машина для сортировки ячменя.
Gerstentrocknung подсушивание ячменя.
Geruch запах, аромат.
Geruchlos неимеющий запаха.
Geschlossener Kühler закрытый охладитель.
Geschmacklos безвкусный.
Geschwefelt окуренный серой.
Getränk напиток.
Getreide зерно, злак.
Getreidepflanze злаковый.
Getreidespeicher амбар для зерна.
Glasig стекловидный.
Glattwasser последняя промывная вода.
Gleichförmigkeit однородность.
Gleichmässig равномерный.
Gleichmässigkeit равномерность.
Grad степень, градус.
Gradieren определять плотность.
Granne ость (ячменя).
Grant корыто (фильтрационного чана).
Greifenlassen des Haufens схватывание солода (на току).
Grobkörnig крупнозернистый.
Grobschrot грубый помол.
Grünmalz зеленый солод.
Grünmalzwagen тележка для перевозки зеленого солода.
Gurtförderer, Gurtband транспортер.
Guss Wasser вода для промывания дробины.

H

Hafer овес.
Halbe Körner поврежденное зерно.
Haltbarkeit стойкость.
Härte temporäre, vorübergehende жесткость временная.
~ permanente жесткость постоянная.
Härteprüfung определение жесткости.
Harte Spitze твердые кончики солода.
Harz смола.
Harzöl смоляное масло.
Harztrübung муть, вызванная смолкой.
Hauptgärung главное брожение.
Hausschwamm плесень.
Hefe дрожжи.
~ Bruchhefe хлопьевидные дрожжи.
~ hochvergärende высокосбраживающие дрожжи.
~ Kernhefe зернистые (в гранулах) дрожжи.
~ Kulturhefe культурные дрожжи.
~ niedrigvergärende слабосбраживающие дрожжи.
~ Nachgärungshefe дрожжи для дображивания.
~ Oberhefe дрожжи верхневого брожения.
~ Presshefe прессованные дрожжи.
~ Samenhefe семенные (маточные) дрожжи.
~ Staubhefe пылевидные дрожжи.
~ Unterhefe дрожжи низового брожения.
~ wilde Hefe дикие дрожжи.
Hefebier дрожжевое пиво (на дне бочки).
Hefegabe задача дрожжей (в чан).
Hefegeben задавать дрожжи.
Heferasse раса дрожжей.
Hefereinzuchtapparat аппарат для разведения чистой культуры.

Hefetrübung дрожжевая муть.
Hefezelle дрожжевая клетка.
Heissluftdarre сушилка с калорифером.
Heissluftpichapparat пламенная горелка для осмолки.
Hektolitergewicht масса гектолитра (зерна).
Holzbottich деревянный чан.
Hopfen хмель.
Hopfenbau культура хмеля.
Hopfenbitterstoff горькие вещества хмеля.
Hopfendolde шишка хмеля.
Hopfengabe задача хмеля (в сусло).
Hopfengeben задавать хмель (охмелять).
Hopfengerbsäure дубильная кислота хмеля.
Hopfenharz хмелевые смолы.
Hopfenmehl хмелевая мука.
Hopfenöl хмелевое масло.
Hopfenseiher хмелецедильник.
Hopfentreber хмелевая дробина.
Hopfenzerreissmaschine хмеледробилка.
Husaren гусары.

I

Infektion инфекция, заражение.
Infusionsverfahren инфузионный метод (затирания).
Invertzucker инвертный сахар.
Isobarometrischer Abfüllapparat изобарометрическая машина.

J

Jod йод
Jodlosung йодный раствор.
Jodprobe йодная проба.

K

Kahmhefe микодерма.
Kälte холод.
Kälteempfindich холодочувствительный.
Kälteerzeuger холодильник.
Kältemaschine холодильная машина.
Kältemischung охладительная смесь.
Kalter Bruch холодный брух.
Kältetrübung холодная муть.
Karamelmalz карамельный солод.
Karbonisierapparat сатуратор.
Kastenmälzerei ящичная солодовня.
Keim (Malz) росток (солодовый).
Keimapparat растильный аппарат.
Keimblatt листовой побег.
Keimboden ток.
Keimfähigkeit способность прорастания.
Keimfrei стерильный.
Keimkasten растильный ящик.
Keimkraft энергия прорастания.
Keimling зародыш.
Keimprobe проба на прорастание.
Keimung, das Keimen прорастание.
Keimungsbedingungen условия прорастания.
Keimungsdauer продолжительность прорастания.
Keimungsreife окончание прорастания.
Keller подвал.
Kellergeschmack привкус подвала.
Kessel котел.
Kesseldampf паровой котел.
Kipphorde опрокидывающаяся решетка.
Kipphordendarre сушилка с опрокидывающимися решетками.
Klärbottich отстойный чан.
Klären осветлять.
Klärgelatine рыбий клей.
Klarkochen кипятить до полного осветления.
Klärspäne стружки (для осветления пива).
Klärung осветление.
Kleber клейковина.
Kleber, Ausziehung des Kleber растяжение клейковины.
Kleberschicht алейроновый слой.

Kleistertrübung клейстерная муть.
Koagulieren коагулировать.
Kochapparat кипятильник.
Kochdauer продолжительность кипячения.
Kochen (das) кипячение.
Kohlenoxyde (das) окись углерода.
Kohlensäure углекислота.
Kohlensäureanreicherung насыщение CO_2.
Kohlensäureentwicklung образование CO_2.
Kolonnenspundung кольцевое шпунтование.
Kondensator конденсатор.
Kondensieren конденсировать (сгущать).
Kondenswasser конденсационная вода.
Korkmaschine укупорочная машина.
Korn зерно, злак.
Kornkäfer долгоносик.
Kornkammer зернохранилище.
Kreiselpumpe центробежный насос.
Kühlen охлаждать.
Kühler, Berieselungskühler оросительный холодильник (Боделё).
~ geschlossener закрытый холодильник.
Kühlgeläger холодная муть (сусла).
Kühlschiff холодильная установка.
Kupferbrand (Hopfen) лежалый хмель.

L

Laden (Darre) загружать сушилку.
Lagerbier лагерное пиво.
Lagerfass лагерный бут (бочка).
Lagerkeller лагерный подвал.
Lagern хранить, выдерживать.
Lagerung выдержка пива в подвале.
Läuterbatterie фильтрационная батарея (фильтрчана).
Läuterboden решетка фильтрчана.
Läuterbottich фильтрационный чан.
Läuterhahn кран фильтрационного чана.
Läutermaschine отфильтрованный затор.
Läuterrinne, mulde корыто фильтрационного чана.
Leistung производительность.
Leistungsfähigkeit производственная мощность.
Lichtgeschmack световой привкус.
Löslichkeit растворимость.
Luftbefeuchtungsapparat камера кондиционированного воздуха.
Luftfilter воздушный фильтр.
Luftkompressor воздушный компрессор.
Luftgetrocknetes Malz воздушно-сухой солод.
Luftpumpe воздушный насос.
Lufttransporteur пневмотранспортер.
Lupulingehalt содержание лупулина.

M

Magnetisch магнитный.
Mahlen молоть.
Mais кукуруза, маис.
Maismehl кукурузная мука.
Maischbottich заторный чан.
Maische затор.
~ auf Ruh отстаивание затора.
~ Dickmaische густая часть затора.
~ Läutermaische отстоявшийся затор.
Maischen затирать.
Maischeabziehen перекачка затора на фильтрацию.
Maischefilter майш-фильтр.
Maischekessel, Maischepfanne заторный котел.
Maischplatte плита майш-фильтра.
Maischrahmen рама майш-фильтра.

Maischtemperatur температура затирания.
Maischwasser вода для затирания.
Maischwürze сладкое сусло.
Maisstärke кукурузный крахмал.
Malz солод.
~ dunkles темный солод.
~ helles светлый солод.
~ luftgetrocknetes воздушно-сухой солод.
~ überlostes перерастворенный солод.
~ unterlöstes плохо растворенный солод.
Malzaufguss настаивание солода.
Malzauszug солодовая вытяжка.
Malzboden склад солода.
Malzbrecher солододробилка.
Malzdarre солодосушилка.
Malzeiweiss белки солода.
Malzen солодить.
Malzen (das) Mälzung соложение.
Malzer солодовщик.
Malzfabrik, Malzerei солодовня.
Malzgerste пивоваренный ячмень.
Malzhaufen токовый солод.
Malzkasten ящичный солод.
Malzkeime солодовый росток.
Malzmühle мельница для солода.
Malzpflug солодоворошитель.
Malzpoliermaschine солодополировочная машина.
Malzputzmaschine солодоочистительная машина.
Malzsacken закладка солода в мешок.
Malzschraube шнек (для подачи солода на дробилку).
Malzschrot помол солода.
Malzschrottrichter бункер для дробленого солода.
Malzstärke солодовый крахмал.
Malzsilo силос для хранения солода.
Malzsürrogate несоложеное сырье.
Malztenne токовое соложение.
Malztreber солодовая дробина.
Malztrichter бункер для солода.
Malzwendeapparat солодоворошитель.
Malzzucker мальтоза, солодовый сахар.
Mälzungsschwand потери при соложении.
Mehl мука.
Mehlig (Malz) мучнистый (солод).
Milchsäure молочная кислота.
Milchsäurebakterien молочнокислые бактерии.
Milchsäuregärung молочнокислое брожение.
Muffig затхлый, плесневелый.
Mürbe хрупкий.
Mürbigkeit хрупкость.
Muster образец.

N

Nachgären дображивать.
Nachgärung дображивание.
Nachgärungshefe дрожжи для дображивания.
Nagelprobe проба солода на растворение («на ноготь»).
Nährkraft питательная способность.
Nährlösung питательный раствор.
Nährstoff питательное вещество.
Nährstoffarm недостаток питательных веществ.
Nährstoffgehalt содержание питательных веществ.
Nährstoffreich избыток питательных веществ.
Nährwert питательная ценность.
Nässe (die) влажность.

O

Obergärung верхневое брожение.
Oberhefe дрожжи верхневого брожения.
Objekttisch предметное стекло.
Okularblende диафрагма.
Oxydfrei неокисляемый.
Oxydieren окислять.

P

Pasteurisierapparat пастеризатор.
Pasteurisierung пастеризация.
Pasteurisierungsgeschmack привкус пастеризации.
Pech смола (смолка).
Pechdüse насадка для разбрызгивания смолки.
Pechgeschmack привкус смолки.
Petri-Schale чашка Петри.
Pfaff (Läuterbatterie) продувка кранов батарен фильтрчана.
Pichapparat аппарат для осмолки.
Pichen производить осмолку (бочек).
Pneumatische Förderanlage пневмотранспорт.
Poliermaschine полировочная машина.
Porös пористый.
Presshefe прессованные дрожжи.
Probenahme отбор пробы.
Proteinkörper белковые вещества.
Proteolytische Enzyme протеолитический фермент.
Pufferlösung буферный раствор.

Q

Quecksilberdruck давление ртутного столба.
Quecksilbersäule ртутная колонка.
Quecksilberstand уровень ртути.
Quellbottich чан для мойки зерна.
Quellstock замочный чан.
Quellwasser вода для замочки.

R

Rahmenfilter рамный фильтр.
Rastgärung замедленное брожение.
Rauchdarre сушка дымовыми газами.
Rauchgeschmack привкус дыма.
Rauchmalz солод, высушенный дымовыми газами.
Regulierhahn регулировочный кран.
Reif зрелость.
Reifen (Fass) нагонка обручей (на бочку).
Reifenantreibmaschine машина для нагонки обручей.
Reifestadium степень созревания.
Reinhefe чистая культура дрожжей.
Reinzucht чистая культура.
Reinzuchtapparat аппарат для разведения чистой культуры.
Reis рис.
Reismehl рисовая мука.
Reissilo силос для хранения риса.
Restbier остаточное пиво (смарка).
Rohfrucht несоложеное сырье.
Rohprotein общий белок.
Rohstoff сырье.
Rostfrei, rostsicher нержавеющий, неокисляемый.
Röstmalz жженка.
Röstofen обжарочная печь.
Rührwerk мешалка.

S

Sack мешок.
Salatmachen (Einmaischen) затирать.
Salmiakgeist аммиак.
Samenhefe семенные (маточные) дрожжи.
Satz (Hefe) осадок дрожжей.
Sauglufförderung воздушный пневмотранспорт.
Schal безвкусное пиво.
Schankbier пиво в торговой сети.
Schauglas смотровое стекло для контроля за осветлением.
Schaum пена.
Schaumbeständigkeit плотность пены.
Schaumbildung пенообразование.
Schäumen вспенивать.
Schaumhaltigkeit пеностойкость.
Schaumlos без пены.

Scheinbare Vergärung кажущаяся степень сбраживания.
Scheinbarer Extrakt кажущийся экстракт.
Schimmel плесень.
Schimmelgeruch запах плесени.
Schimmelig плесневый.
Schimmeln плесневеть.
Schimmelkultur плесневая культура.
Schlauchfilter рукавный фильтр.
Schlauchen раскачка пива по танкам.
Schleimbildende Bakterien слизневые бактерии.
Schleimig слизневый.
Schleimige Gärung ослизняющее брожение.
Schnellgärung ускоренное брожение.
Schönen осветлять.
Schroten дробить.
Schrotmühle мельница (дробилка).
Schwelken сушить на воздухе (подвяливание).
Sechswalzenmühle шестивальцовая дробилка.
Seihertuch фильтровальная ткань.
Selbsgärung самопроизвольное (спонтанное) брожение.
Sieben просеивать.
Siebmehl мука крупного помола.
Sieden кипятить.
Sieden (das) кипячение.
Siedepfanne сусловарочный котел.
Siedzeit время кипячения
Sole солевой раствор.
Sortiermaschine сортировочная машина (для ячменя).
Spitzen (Malz) наклевывать (при соложении).
Spitzhaufen проросший слой (ячменя).
Sporen споры.
Sporenbildung спорообразование.
Springmaischverfahren ускоренный метод затирания.
Sprossen (Hefe) почковаться (дрожжи).
Spund шпунт (отверстие для шпунта).
Spundapparat шпунт-аппарат.
Spunden шпунтовать.
Spundung шпунтование.
Stahltank стальной танк.
Stammwürze начало кипячения.
Stärke крахмал.
Stärkekörner крахмальные зерна.
Stärkelösung раствор крахмала.
Stärketrübung клейстерная муть.
Steinmalz закаленный солод.
Stickstoff азот.
Sud варка, кипячение.
Sudhaus варочное отделение.
Sudhausausbeute производительность варницы.
Surrogat несоложеное сырье (заменители).

T

Teigig тестообразный.
Tenne ток.
Tennenmälzerei токовая солодовня.
Termobakterien термобактерии.
Traubenzucker глюкоза, виноградный сахар (декстроза).
Treber дробина.
~ Hopfentreber хмелевая дробина.
~ Malztreber солодовая дробина.
Treberaufhackmaschine разрыхлитель дробины.
Treberkasten бункер для дробины.
Trebertrockenapparat сушилка для дробины.
Treberwasser (Glattwasser) промывная вода (для дробины).
Trockentreber сухая дробина.
Trommeldarre барабанная сушилка.
Trommelmälzerei барабанная солодовня.

Tropfbier остаточное пиво (смарка).
Trub белковый отстой.
Trubbier неосветленное (мутное) пиво.
Trubfilterpresse фильтрпресс для отделения белкового отстоя.
Trubsack цедильник.
Trübung, Eiweisstrübung белковая муть.
~ Kältetrübung холодная муть.
~ Metalltrübung металлическая муть.

U

Übersieden (das) бурное кипение.
Überspunden превышать шпунтовое давление.
Überweiche перезамочка (ячменя).
Umschaufeln (Malz) перелопачивать (солод).
Umstechen (Treber) разрыхлять (дробину).
Unaufgelöst нерастворенный.
Unlöslich нерастворимый.
Unlöslichkeit нерастворимость.
Untergärige Hefe дрожжи низового брожения.
Untergärung низовое брожение.
Unvergärbar несбраживаемый.

V

Varietät разновидность.
Ventilieren вентилировать, проветривать.
Verdampfer испаритель.
Verdampfung испарение.
Verdichter конденсатор.
Verdichtung конденсация, сгущение.
Verdunstungswärme теплота (скрытая) испарения.
Verflüssigen разжижать.
Verflüssigung разжижение.
Vergärbar сбраживаемый.
Vergären сбраживать.
Vergärung брожение.
Vergärungsgrad степень сбраживания.
Vergoren сброженный.
Versandbier экспортное пиво.
Verschneidbock смеситель.
Verschneiden смешивать (купажировать).
Versuch опыт, эксперимент.
Versuchen исследовать, проводить опыт.
Vertikaldarre вертикальная сушилка.
Verzuckerung осахаривание.
Vorderwürze первое сусло.

W

Wachschaufen слой проросшего ячменя.
Walzwerk вальцовая дробилка.
Wärmekammer тепловая камера.
Waschmachine моечная машина.
Wasseranalyse анализ воды.
Wasseraufnahme поглощение (абсорбция) воды.
Wasserdampf водяной пар.
Wässerig водный, водянистый
Wasserlöslich водорастворимый.
Wassermaische затирание.
Wassermesser счетчик воды.
Wasserstoffionenkonzentration концентрация ионов водорода (pH).
Weichbütte замочный чан.
Weichdauer продолжительность замачивания.
Weichen замачивать.
Weichgrad степень замочки.
Weichstock замочный чан.
Weichwasser вода для замочки.
Wendeapparat ворошитель.
Wichsen (Fass) чистить бочку.
Wilde Hefe дикие дрожжи.
Wildes Bier пиво спонтанного брожения.
Wirkliche Vergärung действительная степень сбраживания.
Wirklicher Extrakt действительный экстракт.

Würze сусло.
Würzekochen кипячение сусла.
Würzepfanne сусловарочный котел.
Wurzelkeim корешки (ростки солода).

Z

Zähigkeit вязкость.
Zapfhahn разливной кран.
Zellmasse клеточная масса.
Zellwand клеточная стенка
Zentrifugalpumpe центробежный насос.
Zeug geben задача дрожжей.
Zuckerhaltig сахарсодержащий.
Zusatzkochapparat перегреватель.
Zylinderdarre непрерывно действующая сушилка.

СОДЕРЖАНИЕ

От редакторов 5

Раздел I. **Производство солода**

1. Зерноочистительное оборудование 7
2. Транспортеры 14
Расположение трубопроводов в солодовне 14
Сравнительные данные по расходу энергии при транспортировке зерна 14
3. Хранение ячменя и солода 20
Основные условия хранения 20
Давление зерна в силосах 22
Борьба с вредителями зерна 22
4. Замочка ячменя 23
Технологический режим замачивания 24
Поглощение воды зерном 25
Вещества, добавляемые в воду для замочки 26
5. Соложение ячменя 27
Технология соложения 27
Пневматическое соложение 31
Соложение на токах 32
6. Сушка зеленого солода 32
Технология сушки солода 32
Сушилки 37
Очистка и полировка 37
Выработка специальных солодов 38
Сушка ячменя 38
Расчеты при сушке солода 39
А. Расчеты влажности 39
Гигрометрические расчеты при промышленной сушке солода на сушилке 43
Контроль работы сушилки 44
Б. Расчеты по солодосушилке 46
7. Потери при солодоращении 47
8. Общие сведения 49

Раздел II. **Приготовление сусла**

1. Дробление солода 51
Основные условия 51
Помол 51
Сита 52
Солододробилка 53

Контроль помола 55
2. Приготовление затора 55
Заторный котел 55
Заторный чан 58
Влияние температуры на процесс затирания 58
Приемы, используемые для снижения конечной степени сбраживания сусла и для работы с плохо разрыхленным солодом 59
Приемы, используемые для увеличения конечной степени сбраживания и для работы со слишком разрыхленным солодом 59
Различные методы затирания 60
Затирание солода без несоложеных материалов . . . 60
Затирание солода с использованием несоложеного сырья 62
Специальные способы варки пива 63
Выбор метода затирания 65
Расчеты в варочном отделении 65
Показатели хорошей работы варочного отделения. . . 72
Контроль осахаривания 73
Затрудненное осахаривание 73
3. Фильтрация и промывка 74
Фильтрационные чаны 74
Фильтры для сусла. 76
Фильтрация с использованием фильтрационного чана 77
Фильтрация с использованием фильтрпресса 79
Обработка фильтровального полотна 79
Пивная дробина 80
Затрудненная фильтрация 82
Мутное сусло и промывка осадка 83
4. Варка и охмеление сусла 84
Варочный котел 84
Характеристика и их расчеты 84
Задача хмеля в сусло 87
Осветление сусла 88
Плохое осветление 88
Конденсатор пара 89
Зависимость объема сусла в варочном котле от его плотности 92
5. Охлаждение сусла 92
Сосуды для охлаждения 92
Характеристика и расчеты холодильников 93
А. Открытые оросительные холодильники типа Боделё (Baudelot) 93
Б. Закрытые холодильники с концентрическими трубами 95
В. Закрытые пластинчатые холодильники 96
Использование воды для охлаждения 98
Эксплуатация открытых холодильников 99
Применение центрифуг 100
Муть (белковый отстой) 100
6. Продуктовый расчет варочного отделения 101
Плохие выходы 110
Купажи 111

Раздел III. Брожение. Обработка готового пива

1. Брожение 114
Степень сбраживания 114

А. Дрожжи . . . 116
Способы задачи дрожжей . . . 118
Размножение дрожжей . . . 118
Промывка дрожжей . . . 119
Хранение дрожжей . . . 120
Сушка дрожжей . . . 120
Обезгоречивание дрожжей . . . 121

Б. Низовое (главное) брожение . . . 121
Контроль брожения . . . 122
Утилизация углекислоты . . . 123
Затруднения в процессе главного брожения . . . 125

В. Дображивание (выдержка) . . . 127
Выдержка и ее контроль . . . 128
Затруднения в процессе дображивания . . . 131

Г. Верхневое брожение . . . 132
Способы ведения верхневого брожения . . . 132
Осветление пива при помощи клея (оклейка) . . . 133

Д. Оборудование бродильного отделения . . . 133
Материалы, применяемые для изготовления бродильных емкостей . . . 134
Использование площади подвалов . . . 136
Расчет бродильных чанов . . . 136
Охлаждение бродильных чанов . . . 138
Охлаждение подвалов . . . 139

2. Обработка готового пива . . . 140

А. Обработка пива в подвале . . . 140
Рамные фильтры . . . 140
Фильтрационная масса . . . 142
Фильтрпрессы . . . 144
Кизельгуровые фильтры . . . 145
Фильтрация . . . 145
Осветление центрифугированием . . . 146

Б. Розлив в бочки . . . 147
Основные типы бочек . . . 147
Мойка бочек . . . 148
Опрессовка бочек . . . 149
Осмолка бочек . . . 149
Осадка обручей . . . 150
Розлив пива . . . 150
Стерилизация трубопроводов и фильтров кипящей водой . . . 151

В. Розлив в бутылки . . . 152
Бутылки . . . 152
Мойка . . . 155
Розлив . . . 160
Укупорка . . . 161
Наклеивание этикеток . . . 166
Основные требования при компоновке оборудования в отделении бутылочного розлива . . . 171

Г. Продление срока хранения пива 171
Пастеризация 171
Стерилизация путем фильтрации 175
3. Помутнения и посторонний привкус 177
Муть 177
Посторонний привкус 179
4. Различные сорта пива 180
5. Мойка и дезинфекция оборудования и помещений . . . 181
Антисептики 184
6. Потери в пивоварении 187
Технические приемы, используемые для снижения потерь . 189
7. Производственный контроль 195

Раздел IV. **Лабораторный контроль**

1. Ячмень 196
Строение ячменя 196
Физические показатели 196
Химические показатели 198
Балльная оценка ячменя (по Гопкинсу и Краузе) . . . 200
2. Солод 200
Физические показатели 200
Химические показатели 201
Азотистые вещества ячменя и солода 203
Балльная оценка пивоваренного солода 204
Специальные солода. Красители 205
3. Несоложеные материалы 206
Рис и его субпродукты 206
Кукуруза и ее субпродукты 207
Маниока 208
Картофельная мука 209
Пшеница 209
Овес 209
Рожь 209
Банановая мука 209
Мука из каштана 209
Мука из проса 209
Мука из сорго 209
4. Хмель 211
Строение хмелевых шишек 211
Химические показатели 211
Оценка качества хмеля 213
5. Вода 214
Щелочность воды 220
Жесткость воды 221
Обработка воды для изменения ее солевого состава . . 228
6. Различные анализы 231
Пиво 231
Отходы пивоварения 234
Фильтрационная масса 235
Дрожжи 236
Материалы для осмолки бочек и покрытия поверхностей чанов 237

Резиновые шланги и прокладки . . . 238
7. Плотность (*d*) . . . 238
Применение ареометров . . . 238
Определение pH . . . 244
Определение rH . . . 246
Определение ITT . . . 247

Раздел V. Служба холода

1. Основные определения и принятые во Франции обозначения в службе холода . . . 248
2. Хладагенты . . . 249
3. Охлаждающие рассолы . . . 256
Коррозия в холодильной промышленности . . . 264
Окраска и условные знаки, принятые в холодильной промышленности Франции . . . 266
4. Холодильные машины . . . 269
Компрессоры . . . 269
Конденсаторы . . . 275
Испарители . . . 277
Расчеты холодильных машин . . . 277
Пуск, регулирование и остановка холодильной установки, работающей на аммиаке . . . 284
Общие замечания по обслуживанию холодильных установок 287
Неполадки в работе холодильных установок (табл. 96) . . . 295
5. Производство льда . . . 304
6. Примеры расчетов расхода холода на пивоваренном заводе (табл. 98) . . . 306

Раздел VI. Насосы и трубопроводы

1. Общие положения и определения . . . 312
2. Измерения . . . 318
Давление и разрежение . . . 318
3. Монтаж и эксплуатация насосов . . . 319
Производительность . . . 319
Требования к расположению всасывающих трубопроводов 321
Выбор диаметра всасывающего трубопровода . . . 325
Практическая высота всасывания . . . 326
Требования к расположению нагнетательных трубопроводов 327
Выбор диаметра нагнетательного трубопровода . . . 328
Практическая высота нагнетания . . . 329
Полный напор . . . 329
Данные, необходимые для выбора электродвигателя . . . 330
Выбор насоса . . . 330
4. Монтаж установок . . . 331
Насосное помещение . . . 331
Фундамент насосного агрегата . . . 332
Крепление насосных агрегатов . . . 332
Монтаж трубопроводов . . . 337
Сальник . . . 343
Подсоединение манометров . . . 344
5. Пуск насоса . . . 345
Проверка смазки . . . 345

Включение центробежных насосов . . . 346
Включение объемных насосов . . . 346
Проверка направления вращения . . . 347
Остановка агрегата . . . 347
Автоматические установки . . . 348
6. Технические неполадки . . . 348
Невозможность пуска . . . 348
Отсутствие всасывания жидкости при пуске . . . 348
Всасывание произошло, но производительность равна нулю или недостаточна . . . 351
Пуск нормальный, но затем насос сильно снижает скорость или затормаживается . . . 352
Неравномерная работа насоса . . . 353
Чрезмерная утечка через сальник . . . 353
Чрезмерный шум насоса . . . 353
Нарушения со стороны электрической части . . . 354
Перегрев подшипников . . . 355
7. Уход . . . 356
Подшипники . . . 356
Сальник . . . 356
Меры предосторожности против замерзания . . . 357
Выключение на длительный период . . . 357
Пуск после продолжительного выключенного состояния . . . 357
Очистка приемного клапана . . . 357
Демонтаж . . . 358
Запасные части . . . 358

Раздел VII. **Приводные ремни**

1. Характеристики . . . 359
Основные формулы для расчета приводных ремней . . . 359
Потери в ременной передаче . . . 365
Материалы, используемые для изготовления ремней . . . 365
2. Соотношение между различными элементами передачи . . . 367
Расчет передаточных валов в зависимости от мощности и скорости . . . 368
3. Расчет ремней . . . 369
4. Контроль и показатели работы . . . 389
5. Применение ремней и уход за ними . . . 394

Раздел VIII. **Соединения трубопроводов и сальниковые уплотнения**

Материалы, применяемые для воды . . . 395
Материалы, применяемые для пара . . . 396
Материалы, применяемые для сжатого воздуха . . . 397
Материалы, применяемые для аммиака . . . 397
Материалы, применяемые для прочих жидкостей и газов . . . 397

Раздел IX. **Паровое хозяйство**

1. Топливо 403
Твердое топливо 403
Жидкое топливо 408
Газообразное топливо 411
2. Котельные установки 412
Основные типы котлов 412
Выбор котла 420
Топки и колосниковые решетки 420
Дымовые трубы 429
Пароперегреватели 432
Экономайзеры 434
Классификация паровых котлов и стандартизированная окраска трубопроводов, принятые во Франции 437
3. Отопление котлов жидким топливом 446
Подогрев мазутов 447
Подогрев топлива при опорожнении железнодорожных цистерн 449
Хранение жидкого топлива 452
4. Потери тепла и к. п. д. котельной установки 460
5. Обслуживание котельной установки 465
6. Расчет котельной установки 468
I. Расчеты, относящиеся к горению 468
II. Паропроизводительность. Расход топлива. Поверхности решетки и нагрева 469
III. К. п. д. и потери 474
IV. Расчеты, относящиеся к дымовой трубе 475

Раздел X. **Изоляция трубопроводов**

Приложения

Таблица I. Примерные свойства воды, используемой для питания котлов 482
Таблица II. Охлаждающие смеси 484
Таблица III. Важнейшие ферменты в солодоращении и пивоварении 486
Таблица IV. Плотность растворов HCl, HNO_3, H_2SO_4 при 20° С и NH_3 при 15° С 488
Таблица V. Плотность растворов NaOH и KOH при 15° С (концентрации NaOH и KOH выражены в *г*/100 *г* раствора) 489
Таблица VI. Концентрация растворов минеральных солей при 20° С 490
Таблица VII. Число объемов воды, добавляемой к 100 объемам спиртового раствора для получения растворов определенной крепости 491
Таблица VIII. Гигрометрическая таблица 492
Таблица IX. Психрометрическая таблица (насыщение воздуха указано в %) 493

Таблица X. Растворимость различных газов в воде . . . 495
Таблица XI. Испарение, вызываемое 1 $м^3$ ненасыщенного воздуха, в $г$ 495
Таблица XII. Растворимость некоторых солей 496
Таблица XIII. Растворимость окиси кальция в зависимости от температуры 497
Таблица XIV. Объемное расширение воды 497
Таблица XV. Международная таблица атомных весов (1949) 498
Таблица XVI. Периодическая таблица элементов Менделеева (1942) 500
Французско-русский словарь по пивоварению 504
Англо-русский словарь по пивоварению 514
Немецко-русский словарь по пивоварению 524

Анри Рулё
СПРАВОЧНИК ПИВОВАРА

Редактор А. А. Войкова
Художник И. Н. Котлерман
Худож. редактор С. С. Нак
Техн. редактор А. М. Сатарова
Корректоры Т. Т. Талдыкина, В. Б. Грачева

Сдано в набор 26/IV 1967 г.
Подписано в печать 6/II—1969 г.
Формат $84\times108^{1}/_{32}$
Объем 17 п. л. +1 вкл. 0,125=17,125 п. л. =28,77 усл. п. л.
Уч.-изд. л. 37,73 Тем. план 1967 п/№ 44 Заказ 988
Издат. № 4475 Цена 2 р. 80 к. Тираж 7000 экз. Бумага № 2

Издательство «Пищевая промышленность»
Москва, Б-120, Мрузовский, д. 1.

Набрано в экспериментальной тип. ВНИИПП
Комитета по печати при Совете Министров СССР
Москва, К-51, Цветной бульвар, 30.
Отпечатано в Московской типографии № 8
Главполиграфпрома Комитета по печати при Совете
Министров СССР. Хохловский пер., 7. Зак. 3196