Е. Н. ЗАНИН

ПРОЕКТИРОВАНИЕ САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ

(Отопление, вентиляция и теплоснабжение)

Издательство литературы по строительству
Ленинград · 1973

УДК 696.697. 001 2:691.002

Научный редактор — инж. **С. А. Абрамович**

В книге приведены необходимые данные для проектирования систем отопления, вентиляции, аспирации, гидрообеспыливания, теплоснабжения основных предприятий строительной индустрии (железобетонных изделий, лесопиления, спичечного производства) в соответствии с требованиями санитарно-технических и строительных норм. Текст иллюстрирован примерами расчетов наиболее рациональных и экономически оправданных систем. В целях значительного облегчения и сокращения сроков проектирования в книге широко представлен материал, изложенный в основных руководящих указаниях.

В книге использован опыт работы предприятий строительной индустрии Главзапстроя.

Книга рассчитана на проектировщиков и эксплуатационников санитарно-технического оборудования на предприятиях строительной индустрии.

$3\frac{3210\text{-}003}{047\ (01)-73}\ 200-73$

ОТОПЛЕНИЕ *

§ 1. УКРУПНЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАСХОДА ТЕПЛА НА ОТОПЛЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЮ

Для определения максимального расчетного часового расхода тепла на отопление и вентиляцию завода в целом можно пользоваться формулой

$$Q = 10^{-3} q (15 - t_н) V_{об},$$

где q — расход тепла в *ккал/ч·град* на 1000 $м^3$ здания при разности температур воздуха 1° С;

15 — принимаемая при расчете внутренняя температура помещений в ° С;

$t_н$ — наружная расчетная отопительная температура, принимаемая по СНиП II-А.6 — 62 «Строительная климатология и геофизика»;

$V_{об}$ — общая наружная кубатура здания в $м^3$.

Значения q на 1000 $м^3$ здания принимать в зависимости от общей наружной кубатуры здания $V_{об}$:

	q, *ккал/ч·град*
До 500 000	850
500 000—1 000 000	800
1 000 000—2 000 000	750
2 000 000—3 000 000	700
Свыше 3 000 000	650

При определении ориентировочного часового расхода тепла на отопление и вентиляцию цеха следует пользоваться формулой

$$Q = V q' (t_{вн} - t_н),$$

где V — общая наружная кубатура цеха в $м^3$;

q' — удельная тепловая характеристика на отопление или вентиляцию в *ккал/ч·м³·град* (табл. 1);

$t_{вн}$ — внутренняя температура помещения в ° С.

Пример. Определить расход тепла на отопление формовочного цеха объемом 2 000 $м^3$ при расчетной наружной температуре для отопления $t_н = -24°$ С и $t_{вн} = 16°$ С.

---

* Эта глава и главы II и VIII написаны Н. Е. Заниным.

Таблица 1

Удельные тепловые характеристики расхода тепла на отопление и вентиляцию цехов и заводов строительной индустрии

Название завода, цеха	Строительный объем в $м^3$	Удельная тепловая характеристика q в $ккал/ч \cdot м^3 \cdot град$	
		Отопление	Вентиляция
Завод приготовления бетона и растворов:			
бетонорастворный узел	До 500	3	—
бетоносмесительный узел	500—1 000	1,3—1	—
Завод железобетонных изделий:			
помольно-смесительный цех	1 000—3 000	0,7—0,5	1—0,9
формовочный цех	1 000—2 500	0,4—0,35	0,83—0,6
	2 500—5 000	0,35—0,25	0,6—0,55
Завод лесопиления:			
окорочно-отжимной	3 000—5 000	1,5—1,0	—
раскроечный	5 000—10 000	0,5—0,4	0,4—0,35
столярно-строительный	До 3 000	0,55	0,6
	3000—20 000	0,55—0,45	0,6—0,45
	20 000—50 000	0,45—0,35	0,45—0,4
Цех карбамидных смол	3 000—5 000	0,4—0,35	0,9—0,6
Цех древесной муки	5 000—10 000	0,39—0,36	1,4—0,9
Бытовые и административные здания	500—1 000	0,6—0,45	—
	1 000—2 000	0,45—0,4	—
	2 000—5 000	0,4—0,33	0,14—0,12
	5 000—10 000	0,33—0,3	0,12—0,11
	10 000—20 000	0,3—0,25	0,11—0,1

По табл. 1 находим удельную тепловую характеристику. Тогда

$$Q = 2000 \cdot 0{,}37\,(16 + 24) = 29\,600 \text{ ккал/ч}.$$

При определении годового расхода тепла в *мГкал/год* на отопление и вентиляцию здания можно пользоваться приближенной формулой

$$Q_{год} = \frac{0{,}857nm\,(Q_0 + Q_в)\,(t_{вн} - t_{ср}) + Q_0 n\,(0{,}24 - 0{,}857m)\,(5 - t_{ср})}{(t_{вн} - t_н)\,10^6},$$

где 0,857 — постоянный множитель;

n — продолжительность отопительного периода в году, выраженная в днях;

m — количество часов работы основного цеха за рабочий день;

Q_0 — максимальный расчетный часовой расход тепла на отопление здания в *ккал/ч*;

$Q_в$ — максимальный расчетный часовой расход тепла на вентиляцию здания в *ккал/ч*;

$t_{ср}$ — средняя температура отопительного периода.

§ 2. ВЫБОР СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ

Системы отопления, вид и параметры теплоносителя, а также типы нагревательных приборов следует принимать в соответствии с характером и назначением помещений. Табл. 2, предлагаемая для

Таблица 2

Выбор систем отопления

Наименование завода, цеха	Теплоноситель и его параметры	Система отопления
Завод приготовления бетона, строительных растворов, железобетонных изделий:		
помольно-смесительный цех	Пар давлением до 3 *кгс/см²*, вода с параметрами 150—70° С	Паровое или водяное с местными нагревательными приборами с гладкой поверхностью
бункерная, дозировочная		
арматурные цехи	То же	То же, или воздушное, совмещенное с вентиляцией и дежурное с местными нагревательными приборами из ребристых труб
формовочный цех	»	Воздушное, совмещенное с вентиляцией
отделения помола, комовой извести, помола компонентов и приготовления бетонов (участки распалубки, остывания и отделки изделий)	»	Паровое или водяное с местными нагревательными приборами с гладкой поверхностью
Заводы специализированной технологии	Пар давлением до 0,7 *кгс/см²*, вода с параметрами 110—70° С	Паровое или водяное с местными нагревательными приборами
Лесоцехи:		
полигонного типа (только для бытовых помещений)	Пар давлением до 3 *кгс/см²*, вода с параметрами 150—70° С	Паровое или водяное с местными нагревательными приборами
постоянного типа (отапливаются все помещения)	То же	То же, и воздушное отопление (для корпусов с объемом более 15 000 *м³*)

выбора систем отопления, составлена применительно к табл. 9 СНиП II-Г. 7—62, по которой рекомендуется выбирать системы отопления для вспомогательных, административно-бытовых корпусов, столовых, пожарных депо и других сооружений и помещений.

Вертикальные и горизонтальные системы отопления рекомендуется проектировать проточными и, где это возможно, с попутным движением воды. Такие системы более надежно обеспечивают постоянный режим работы и просты в монтаже и эксплуатации.

В производственных помещениях, где предусматриваются комбинированные системы отопления (воздушное, совмещенное с приточной вентиляцией и местными нагревательными приборами), нагревательные приборы должны покрывать расход тепла на дежурное отопление.

Следует отметить, что для малых производственных помещений и тех цехов, где струйная подача воздуха для отопления не допускается, рекомендуется проектирование отопительно-рециркуляционных агрегатов.

Расчет тепловой мощности системы отопления для производственных зданий и иных помещений следует производить в полном соответствии со СНиП II-Г. 7—62, п. 3.3 и 3.4.

В нерабочее время в производственных помещениях при наличии технологического процесса, оборудования или коммуникаций, требующих поддержания положительной температуры воздуха, следует предусматривать устройство систем дежурного отопления, обеспечивающих температуру воздуха не ниже 5° С.

Для каждого из перечисленных выше заводов (см. табл. 2) характерны свои тепловые балансы для определения тепломощности систем отопления; они приведены в соответствующих главах.

В последние годы ряд заводов санитарно-технического оборудования выпускает новую конструкцию нагревательных приборов, так называемых конвекторов, теплоотдача которых в большей своей части или почти целиком происходит за счет конвекции.

Конвектор состоит из пластинчатого нагревательного элемента, вставленного в металлический кожух. Нагреватель обогревается водой или паром. Воздух помещения поступает в кожух конвектора снизу, соприкасается с нагревателем, вследствие чего температура его повышается. Нагретый воздух выходит из кожуха через решетку, установленную в верхней его части, и поступает в помещение. Регулирование теплоотдачи конвектора может осуществляться за счет изменения (при помощи клапана) количества воздуха, поступающего в кожух, а также температуры и количества теплоносителя, обогревающего пластинчатый элемент конвектора.

Как показали произведенные испытания, в зависимости от конструктивных особенностей конвектора (расстояние между пластинками нагревательного элемента, высота и габариты в плане кожуха конвектора и т. п.) коэффициент его теплоотдачи при средней температуре греющей воды около 80° С и температуре воздуха помещения, равной 18° С, колеблется от 5,4 до 2,0 *ккал/м²·ч·град*.

Несмотря на небольшой коэффициент теплоотдачи, конвекторы и при наличии малого веса 1 *м²* имеют значительную тепловую напряженность металла радиаторов.

Недостатками конвекторов следует считать затруднительность очистки нагревателя от пыли; перегрев верхней зоны помещения теплым воздухом, выходящим из кожуха конвектора и поднимающимся вверх; отсутствие теплоотдачи конвектора излучения, создающего в помещении наиболее благоприятные условия для работы.

Из-за этих недостатков конвекторы не получили широкого применения, однако с успехом используются в зданиях общественно-коммунального назначения и в ряде чистых помещений промышленных зданий.

§ 3. ВОЗДУШНОЕ ОТОПЛЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ, СОВМЕЩЕННОЕ С ВЕНТИЛЯЦИЕЙ

В промышленных цехах с большой кубатурой отопление обычными нагревательными приборами потребовало бы значительных капитальных затрат и большого расхода металла. В этих случаях

целесообразно проектировать воздушное отопление с использованием калориферов; такое отопление рекомендуется и для тех цехов, где может быть применена рециркуляция воздуха.

Рассмотрим два случая расчета теплопроизводительности калориферов и температуры приточного воздуха.

Полная рециркуляция воздуха

Задаются кратностью рециркуляции и определяют общий объем рециркуляционного воздуха. Теплопроизводительность калориферов Q (*ккал/ч*) определяется следующим выражением:

$$Q = G_р \cdot 0{,}24\,(t_{пр} - t_п),$$

где $G_р$ — вес рециркуляционного воздуха в *кг*;
$t_{пр}$ и $t_п$ — температура приточного воздуха и воздуха помещения в °С.

Подаваемый воздух, смешиваясь с воздухом помещения, образует смесь, температура которой должна соответствовать санитарным нормам воздушной среды помещения.

Частичная рециркуляция с подмешиванием наружного воздуха

В случае необходимости по санитарным нормам частичного обновления воздуха в помещении необходимо определить дополнительную теплопроизводительность калориферов:

$$Q_{доп} = G_н \cdot 0{,}24\,(t_{пр} - t_н).$$

При условии сохранения того же количества рециркуляционного воздуха $G_р$ температуру приточного воздуха можно определить из выражения

$$Q + Q_{доп} = G_р \cdot 0{,}24\,(t'_{пр} - t_{см}).$$

В складских помещениях, а также в помещениях, где отсутствуют фиксированные (постоянные) рабочие места, температура приточного воздуха, подаваемого агрегатом, может быть $t'_{пр} = 70°$ С. Эта же температура приточного воздуха допускается при подаче воздуха на высоте более 3,5 *м* от пола, на высоте менее 3,5 *м* от пола температура воздуха не может превышать 45° С.

В помещениях с большой кубатурой или в производственных помещениях, где допускается рециркуляция воздуха, рекомендуется воздушное отопление с сосредоточенной подачей воздуха по различным схемам (рис. 1).

В случае расположения постоянных рабочих мест у наружных стен здания или при наличии выгороженных помещений необходимо проектировать центральную систему отопления с установкой нагревательных приборов под окнами помещения из расчета погашения теплопотерь наружных стен и окон на высоту 3 *м* от пола.

При струйной подаче воздуха необходимо соблюдение допустимой подвижности воздуха в рабочей зоне:

в производственных помещениях с пылевыделениями	не более 0,25 *м/сек*
при легком физическом труде . . .	не более 0,5 *м/сек*
при тяжелом » » . . .	не более 0,75 *м/сек*
в отдельных производственных помещениях, по согласованию с органами санитарной инспекции	до 1,5 *м/сек*

Высоту выпуска воздуха над уровнем пола для помещений высотой до 8 *м* следует принять равной 3,5 ÷ 6 *м*; для помещений выше 8 *м* — $h = 5 \div 7$ *м*.

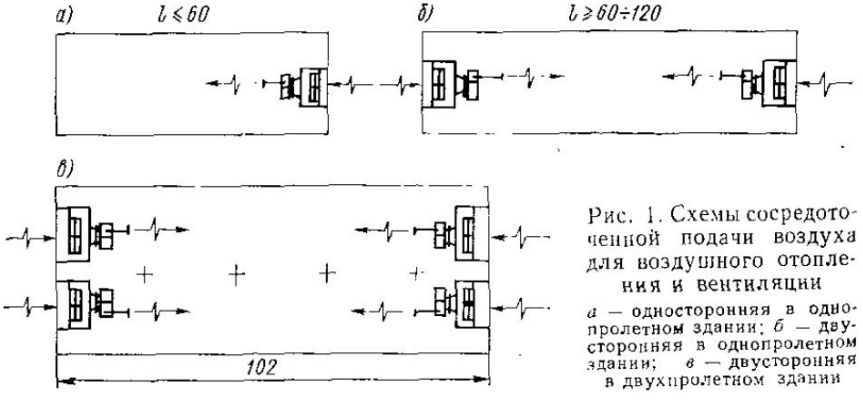


Рис. 1. Схемы сосредоточенной подачи воздуха для воздушного отопления и вентиляции

а — односторонняя в однопролетном здании; *б* — двусторонняя в однопролетном здании; *в* — двусторонняя в двухпролетном здании

Строительная часть современных цехов и заводов строительной индустрии решается путем набора типовых пролетов, имеющих по ширине и длине стандартный шаг колонн. Поэтому расчет воздушного отопления цеха с сосредоточенной подачей воздуха несколькими струями сводится к расчету воздушной струи только для одного пролета независимо от общего их количества в цехе.

Отопление отдельных производственных помещений, где по санитарным нормам допускается рециркуляция воздуха, может осуществляться отопительно-рециркуляционными агрегатами. В помещениях, где по условиям технологического процесса не допускается понижение температуры, рекомендуется устанавливать не менее двух агрегатов.

При наличии воздушно-тепловых завес в производственных помещениях небольшой кубатуры отопление этих помещений может осуществляться установленной завесой. Расчет и конструкция воздушно-тепловых завес рассмотрены в гл. II. В табл. 3 приводится зависимость размеров воздушной струи от способа ее подачи.

Таблица 3

Способ подачи воздуха и размеры воздушной струи

Способ подачи воздуха	Воздушная струя	
	длина l в *м*	ширина b в *м*
Односторонняя подача по длинной оси цеха — одна струя	$l \leqslant 9H$	$b \leqslant 4H$
Двусторонняя подача с взаимно противоположных сторон по длинной оси цеха — две струи	$9H < l \leqslant 18H$	$b < 4H$
Двусторонняя подача с противоположных сторон по длинной оси цеха — четыре струи	$9H < l \leqslant 18H$	$4H < b \leqslant 8H$
Двусторонняя подача от центра в противоположные стороны двумя струями	$9H < l \leqslant 18H$	$4H < b \leqslant 8H$
Подача сосредоточенно струями поперек цеха	$l \approx 9H$	$b \approx 4H$
То же, при некотором расстоянии между струями	$l \approx (3 \div 4)\ H$	$b \approx 4H$

Пример. Рассчитать воздушное отопление с сосредоточенной подачей воздуха при параллельной схеме установки агрегатов для двухпролетного механического цеха, контурный план которого изображен на рис. 1, *в*. Высота цеха, считая до нижнего пояса фермы, $H = 8$ *м*. При $t_н = -22°$ С и $t_{вн} = 16°$ С теплопотери цеха $Q_т = 390\ 000$ *ккал/ч*. Теплоноситель — пар давлением 2,5 *ати*.

Решение. Отопление рассчитываем с учетом рециркуляции воздуха, что допустимо для механических цехов.

Высота перегородок в цехе меньше 2,2 *м*. Максимально допустимую подвижность воздуха в рабочей зоне, зависящую от категории работы, принимаем $v = 0{,}5$ *м/сек*. Подачу воздуха предусматриваем на высоте $h = 5{,}5$ *м* от пола.

Принимаем к установке агрегаты АПВС 110/80 с производительностью по воздуху $L = 7000$ *м³/ч* (110 и 80 — теплопроизводительность агрегата в тыс. *ккал/ч*: 110 — при паре давлением $p = 0{,}3$ *ати*; 80 — при воде с параметрами $t = 130 \div 70°$ С).

При других параметрах теплоносителя и поступающего в агрегат воздуха теплопроизводительность пересчитывается по формуле

$$Q' = Q_п \frac{t_{ср} - t_1}{t_{ср_п} - t_{вн}},$$

где $Q_п$, $t_{ср_п}$ — паспортные данные производительности и средней температуры теплоносителя;

$t_{ср}$ — средняя температура теплоносителя (пара):

при $p = 3$ *ати* . . . . . $t_{ср} = 132{,}9°$ С
» $p = 2{,}5$ *ати* . . . . . $t_{ср} = 126{,}8°$ С

t_1 — заданная температура воздуха, поступающего в агрегат, $t_1 = 16°$ С.

Таким образом,

$$Q' = 110\,000 \frac{126{,}8 - 16}{132{,}9 - 16} = 103\,000 \text{ ккал/ч}.$$

Число агрегатов — четыре, установлены по два с каждой стороны цеха.

Проверяем правильность выбора количества агрегатов и размещения их. Минимальное число струй по ширине помещения

$$n = \frac{B}{(3 \div 4)\,H} = \frac{24}{3 \cdot 8} = 1 < 2,$$

где B и H — ширина и высота помещения в *м*.

Дальнобойность струи S (*м*) подсчитывается по формуле

$$S = K\,\frac{c}{a}\,\sqrt{F},$$

где $K = 1$ при $h > 0{,}6\,H$ и $K = 0{,}71$ при $h \leqslant 0{,}6\,H$; h — высота установки агрегатов, $h = 5{,}5$ *м*;

a — коэффициент турбулентности струи;

F — площадь поперечного сечения помещения, обслуживаемая одной струей, в $м^2$;

c — коэффициент, зависящий от принятого значения v и соотношения B и H, при параллельной схеме выпуска воздуха, значения c приведены в табл. 4.

Таблица 4

Значения коэффициента c

v, *м/сек*	0,2	0,3	0,5	0,75	1	1,5
c при $b \leqslant 4H$	0,28	0,33	0,37	0,4	0,42	0,44
c при $b > 4H$	0,2	0,23	0,26	0,28	0,3	0,31
c_1	0,2	0,25	0,29	0,32	0,33	0,36

Примечание. b — часть ширины помещения, обслуживаемая одной струей; c_1 — коэффициент, относящийся к веерной схеме подачи воздуха.

В нашем примере одна струя обслуживает площадь

$$F = bH = \frac{24}{2}\,8 = 96\ м^2.$$

Задано: $v = 0{,}5$ *м/сек*; $b < 4\,H$. Следовательно, из табл. 4 имеем $c = 0{,}37$, $K = 1$, так как $h > 0{,}6\,H$.

При принятой схеме размещения агрегатов S должно быть не менее 51 *м*.

Определяем величину коэффициента турбулентности струи:

$$a \leqslant K\,\frac{c}{S}\,\sqrt{F} = 1\,\frac{0{,}37}{51}\,\sqrt{96} = 0{,}071.$$

Чтобы обеспечить требуемую дальнобойность струи, ставим на приточных агрегатах конически сходящиеся насадки, для которых $a = 0{,}071$.

Оптимальная (экономически наивыгоднейшая по расходу электроэнергии) кратность воздухообмена

$$n_{опт} = \frac{300 v^2}{S} = \frac{300 \cdot 0{,}5^2}{51} = 1{,}47.$$

Объем цеха $V = 19\,200$ $м^3$. Фактически кратность

$$n = \frac{L}{V} = \frac{7000 \cdot 4}{19\,200} = 1{,}46.$$

Пересчета величины коэффициента турбулентности не требуется
Определяем диаметр выпускного отверстия насадки:

$$d_{нас} = \frac{L_c}{v' \sqrt{F}};$$

при $b > 4\ H$ $\quad v' = 1{,}137\ v$;
$b > 4\ H$ $\quad v' = 0{,}795\ v$.

Здесь L_c — количество воздуха в одной струе в *м³/сек*.
Таким образом:

$$d_{нас} = \frac{7000}{3600 \cdot 1{,}137 \cdot 0{,}5 \sqrt{96}} = 0{,}35\ м,$$

$$F_{нас} = 0{,}096\ м^2;$$

скорость выпуска воздуха

$$v = \frac{7000}{3600 \cdot 0{,}096} = 20{,}3\ м/сек < 25\ м/сек$$

(25 *м/сек* — предельно допустимая скорость выпуска воздуха в помещение).
Определяем температуру воздуха t_2, выходящего из агрегата, по формуле

$$L = \frac{Q_1}{0{,}24\,(t_2 - t_{вн})\,\gamma},$$

где Q_1 — требуемая теплопроизводительность одного агрегата,

$$Q_1 = \frac{390\,000}{4} = 97\,500\ ккал/ч;$$

L — количество воздуха, проходящего через агрегат, в *м³/ч*.
Таким образом,

$$t_2 = t_{вн} + \frac{Q}{0{,}24 L \gamma} = 16 + \frac{97\,500}{0{,}24 \cdot 7\,000 \cdot 1{,}22} = 63{,}5^\circ\ C,$$

что допускается при высоте подачи воздуха на расстоянии от пола больше 3,5 *м*.

Главпромстройпроект Госстроя СССР рекомендует «Указания по расчету приточных воздухораспределительных устройств и воздушных струй при проектировании систем приточной вентиляции, воздушного отопления и кондиционирования воздуха (Указания, серия А3-358, изданы в 1968 г.). В дополнение к последним Центральным институтом типового проектирования разработаны альбомы рабочих чертежей типовых воздухораспределителей.

§ 4. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ ПО ОТОПЛЕНИЮ

В практике эксплуатации систем отопления производственных помещений возникает необходимость решения ряда практических задач, связанных с определением тепломощности системы отопления, температуры помещения и температуры воздуха, подаваемого системами воздушного отопления, а также температуры воздуха в системах воздушного отопления, совмещенного с вентиляцией.

Пример. Теплопотери цеха составляют 240 000 *ккал/ч* при $t_{вн} = 16^\circ$ C и $t_н = -24^\circ$ C. Отопление осуществляется двумя отопительно-рециркуля-

ционными агрегатами. Теплопроизводительность каждого агрегата 120 000 *ккал/ч*.

Определить, на сколько понизится температура цеха, если один из агрегатов не будет работать:

$$240\,000 : 120\,000 = (16 + 24) : \left(t'_{вн} + 24\right).$$

Температура цеха при работе одного агрегата

$$t'_{вн} = \frac{120\,000\,(16 + 24)}{240\,000} - 24 = -4^\circ\,C,$$

что недопустимо.

Пример. В результате аварии части системы отопления температура в цехе понизилась с 16 до 7° С. Теплопотери Q' помещения составили 182 000 *ккал/ч*.

Определить тепломощность отопительно-рециркуляционного агрегата, обеспечивающего в цехе до восстановления системы отопления температуру $t_{вн} = 16^\circ$ С.

Расход тепла, необходимый для отопительно-рециркуляционного агрегата, определяется из выражения

$$Q = \frac{Q'}{t_{вн} - t_н}\left(t_{вн} - t'_{вн}\right).$$

Подставляя значения величин в приведенную формулу, находим

$$Q = \frac{182\,000}{(16 + 24)}\,(16 - 7) = 40\,950 \ \textit{ккал/ч}.$$

Тепломощность временной отопительной установки до восстановления системы отопления цеха должна быть ориентировочно равна 50 000 *ккал/ч*.

Пример. Существующее здание склада оборудовано системой центрального парового отопления. В качестве нагревательных приборов использованы ребристые трубы, установленные в один ряд с общей поверхностью нагрева 84 *м*².

Теплоноситель — пар с давлением 0,7 *кгс/см*² при давлении пара на вводе 6 *кгс/см*². Тепломощность системы отопления 48 000 *ккал/ч* обеспечивает внутреннюю температуру помещения $t_{вн} = 5^\circ$ С при $t_н = -24^\circ$ С.

По условиям новой технологии температура в помещении должна быть 10° С.

Определить конструктивные мероприятия, необходимые для выполнения этого условия, с минимальными затратами на реконструкцию системы отопления. Эта задача может быть решена путем повышения давления теплоносителя или установкой дополнительных нагревательных приборов.

Коэффициент теплопередачи K (*ккал/ч·м²·град*) приборов отопления зависит от способа установки этих приборов и температуры теплоносителя (табл. 5).

Таблица 5

Значения коэффициента K

Способ установки ребристых труб	K при давлении пара в *кгс/см*²		
	Меньше 0,7	0,7—1	Больше 1
В один ряд	6	6,4	6,7
В два ряда	5	5,4	5,6
В три ряда	4,5	4,8	5,0

Определяем теплоотдачу 1 $м^2$ поверхности нагревательного прибора при температуре пара 143,2° С, что соответствует давлению пара 3 $кгс/см^2$:

$$Q_{пр} = KF\left(\frac{t_п + t_к}{2} - t_{вн}\right),$$

где $Q_{пр}$ — теплоотдача 1 $м^2$ поверхности нагрева прибора в $ккал/ч \cdot м^2$;
F — поверхность прибора в $м^2$;
$t_п$ — температура пара в ° С;
$t_к$ — то же, конденсата в ° С.

Теплоотдача 1 $м^2$ поверхности нагрева

$$Q_{пр} = 6{,}7 \cdot 1\left(\frac{143{,}2 + 100}{2} - 10\right) = 750\ ккал/ч \cdot м^2.$$

Теплопотери помещения при $t_{вн} = 10°$ С

$$Q' = \frac{48\,000}{5 + 24}(10 + 24) = 55\,420\ ккал/ч.$$

Теплоотдача приборов при давлении 3 $кгс/см^2$ будет $Q_{пр} = 84 \cdot 750 = 63\,000\ ккал/ч$, что больше требуемых 55 420 *ккал/ч*. Следовательно, реконструкции системы отопления не требуется при условии, если высокая температура на поверхности нагревательных приборов не превышает санитарные нормы.

Если бы при повышении температуры теплоносителя (пар или вода) существующей поверхности нагревательных приборов было недостаточно, то количество приборов следовало бы увеличить за счет устройства самостоятельной ветки отопления для сохранения существующей системы.

При теплоотдаче 63 000 *ккал/ч* температура в цехе

$$t''_{вн} = \frac{63\,000\,(5 + 24)}{48\,000} - 24 = 14° С;$$

при необходимости она может регулироваться давлением пара на вводе при помощи редукционного клапана.

Пример. Теплопотери цеха составляют 427 000 *ккал/ч*, количество рециркуляционного воздуха для системы воздушного отопления с сосредоточенной подачей — 40 000 $м^3/ч$. Определить производительность вентилятора и теплопроизводительность калориферных установок воздушного отопления.

При теплопотерях 427 000 *ккал/ч* и температуре подаваемого воздуха 70° С объем приточного воздуха должен быть

$$L = \frac{427\,000}{0{,}29\,(70 - 16)} = 27\,000\ м^3/ч.$$

Необходимый объем воздуха, обеспечивающий рециркуляцию воздуха при воздушном отоплении, составляет 40 000 $м^3/ч$, что больше полученных 27 000 $м^3/ч$.

Производительность вентилятора принимается по наибольшему значению, т. е. из расчета 40 000 $м^3/ч$.

Температура подаваемого воздуха при этом

$$t'_{вн} = 16 + \frac{427\,000}{0{,}29 \cdot 40\,000} = 53° С.$$

Теплопроизводительность группы калориферов должна быть 427 000 *ккал/ч*.

Пример. Теплопотери помещения при $t_{вн} = 16°$ С и $t_н = -30°$ С составляют 400 000 *ккал/ч*, сумма избыточных тепловыделений в помещение — 172 000 *ккал/ч*. Объем воздуха, удаляемого вытяжной вентиляцией, равен 41 000 $м^3/ч$.

Определить, с какой температурой следует подавать приточный воздух, чтобы температура в цехе в холодный период года была не более 25° С.

Теплопотери на 1° составляют:

$$\frac{400\,000}{(16+30)} = 8\,700 \text{ ккал/ч·град.}$$

При выделении в цех 172 000 *ккал/ч* тепла

$$t'_{\text{вн}} = 16 + \frac{172\,000}{8\,700} = 19{,}8 + 16 = 35{,}8^\circ \text{ С.}$$

Для поддержания температуры 25° С необходимо ассимилировать избыточное тепло

$$(35{,}8 - 25) \cdot 8\,700 = 94\,000 \text{ ккал/ч.}$$

Расход тепла на нагрев приточного воздуха в объеме 41 000 $м^3/ч$

$$Q = 41\,000 \cdot 0{,}29\,(16 + 30) = 548\,000 \text{ ккал/ч,}$$

откуда температура приточного воздуха

$$t_{\text{пр}} = \frac{548\,000 - 94\,000}{0{,}29 \cdot 41\,000} - 30 = 38 - 30 = 8^\circ \text{ С}$$

Глава II

ВЕНТИЛЯЦИЯ

§ 5. МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Все метеорологические параметры воздушной среды производственных помещений (температура, относительная влажность и скорость движения воздуха) принимаются по строительным нормам (табл. 6).

В помещениях с выделением вредных газов, паров, пыли и других аэрозолей рабочими местами считаются места постоянного и периодического пребывания работающих для наблюдения и ведения производственных процессов.

Избытками явного тепла следует считать остаточные тепловыделения от оборудования, нагретых материалов, инсоляции, людей и других источников (за вычетом теплопотерь) после осуществления всех технологических и строительных мероприятий по их уменьшению: теплоизоляции оборудования, установок и трубопроводов, герметизации оборудования и устройства укрытий и местных отсосов, связанных с технологическим оборудованием, и др.

При определении характеристики помещений по избыткам явного тепла для установления норм метеорологических параметров в рабочей зоне не следует исключать из расчета тепло, которое выделяется в рабочую зону и уносится с воздухом, удаляемым местными отсосами.

Явным теплом считается тепло, воздействующее на изменение температуры воздуха в помещениях.

В производственных помещениях с площадью пола на одного работающего более 100 $м^2$ нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха, предусмотренные в табл. 6, допускается обеспечивать только на постоянных рабочих местах.

В помещениях со значительными влаговыделениями на постоянных рабочих местах допускается повышение относительной влажности воздуха, приведенной в табл. 6 для теплого периода года:

при тепловлажностном отношении (отношении суммарного количества явного и скрытого тепла к количеству выделяющейся влаги) менее 2000, но более 1000 *ккал/кг* — предельно на 10%, но не выше 75%;

Таблица 6

Нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в производственных помещениях

Характеристика производственных помещений	Категория работы	Холодный и переходный периоды года (температура наружного воздуха ниже +10° С)						
		на постоянных рабочих местах						Допускаемая температура вне рабочих мест в °С
		Оптимальные			Допускаемые			
		температура воздуха в °С	относительная влажность воздуха в %	скорость движения воздуха в *м/сек*	температура воздуха в °С	относительная влажность воздуха в %	скорость движения воздуха в *м/сек*	
Помещения, характеризуемые незначительными избытками явного тепла (20 *ккал/м³·ч* и менее)	Легкая	18—21	60—40	Не более 0,2	17—22	Не более 80	Не более 0,3	15—20
	Средней тяжести	16—18	60—40	Не более 0,3	15—17	Не более 80	Не более 0,5	13—15
	Тяжелая	14—16	60—40	Не более 0,3	13—15	Не более 80	Не более 0,5	12—14
Помещения, характеризуемые значительными избытками явного тепла (более 20 *ккал/м³·ч*)	Легкая	18—21	60—40	Не более 0,2	17—24	Не более 80	Не более 0,5	15—26
	Средней тяжести	16—18	60—40	Не более 0,3	17—22	Не более 80	Не более 0,5	15—24
	Тяжелая	14—16	60—40	Не более 0,3	14—17	Не более 80	Не более 0,5	12—19

Характеристика производственных помещений	Категория работы	Теплый период года (температура наружного воздуха +10° С и выше)						
		На постоянных рабочих местах						Допускаемая температура воздуха вне рабочих мест в °С
		Оптимальные			Допускаемые			
		температура воздуха в °С	относительная влажность воздуха в %	скорость движения воздуха в *м/сек*	температура воздуха в °С	относительная влажность воздуха в %	скорость движения воздуха в *м/сек*	
Помещения, характеризуемые незначительными избытками явного тепла (20 *ккал/м³·ч* и менее)	Легкая	22—25	60—40	Не более 0,3	Не более чем на 3° С выше средней температуры наружного воздуха в 13 *ч* самого жаркого месяца, но не более 28° С	При 28° С не более 55%. При 27° С не более 60%. При 26° С не более 65%. При 25° С не более 70%	Не более 0,5	Не более чем на 3° С выше средней температуры наружного воздуха в 13 *ч* самого жаркого месяца
	Средней тяжести	20—23	60—40	Не более 0,3	То же	То же	Не более 0,7	То же
	Тяжелая	17—20	60—40	Не более 0,3	»	»	Не более 1, но не менее 0,5	»
Помещения, характеризуемые значительными избытками явного тепла (более 20 *ккал/м³·ч*)	Легкая	22—25	60—40	Не более 0,3	Не более чем на 5° С выше средней температуры наружного воздуха в 13 *ч* самого жаркого месяца, но не более 28° С	»	Не более 0,7	Не более чем на 5° С выше средней температуры наружного воздуха в 13 *ч* самого жаркого месяца
	Средней тяжести	20—23	60—40	Не более 0,3	То же	»	Не более 0,7—1	То же
	Тяжелая	17—20	60—40	Не более 0,3	»	»	1—1,5, но не менее 1	»

Примечание. Таблица составлена с изменениями в соответствии с указанием, приведенным в «Бюллетене строительной техники», № 1, 1965 г.

2 Заказ № 1822

при тепловлажностном отношении менее 1000 *ккал/кг* — предельно на 20%, но не выше 75%.

При этом температура воздуха в помещении не должна превышать 28° С.

§ 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ ОБЩЕОБМЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

Теплоизбытки. В результате расчета тепловыделений и теплопотерь определяются как разность расчетные теплоизбытки, которые подлежат локализации приточно-вытяжной вентиляцией.

Обычно в производственных помещениях источниками тепловыделений могут быть нагретые поверхности, остывающие материалы, электромеханическое оборудование, солнечная радиация, люди.

К числу теплопотерь относятся расходы тепла наружными ограждениями помещения на нагрев поступающего материала и транспорта, а также наружного воздуха, поступающего через открывающиеся проемы.

Для локализации теплоизбытков проектируются общеобменная вентиляция и в первую очередь, где это возможно, аэрация. Местные укрытия применяются главным образом в тех случаях, когда одновременно с теплом выделяются и другие вредности (газы, пары, аэрозоли), а также и при наличии интенсивных сосредоточенных тепловых потоков. Применяемые местные укрытия должны быть достаточно емкими, и извлечение из них воздуха осуществляется, как правило, естественным путем.

Воздухообмен L (*кг/ч*) при общеобменной вентиляции определяется по формуле

$$L = \frac{Q_{изб}}{0{,}24\,(t_{ух} - t_{пр})},$$

где $Q_{изб}$ — расчетные теплоизбытки в *ккал/ч*;
$t_{ух}$ — температура уходящего воздуха в °С;
$t_{пр}$ — температура приточного воздуха в °С.

Если в помещении, помимо тепла, нет выделений каких-либо вредностей, то механический приток воздуха рекомендуется осуществлять с помощью смесительных агрегатов.

При наличии в производственном помещении, кроме теплоизбытков, влаговыделений воздухообмен L (*кг/ч*) в этом случае рассчитывается по формуле

$$L = \frac{Q_{изб}}{I_{ух} - I_{пр}},$$

где $I_{ух}$ — теплосодержание уходящего воздуха в *ккал/кг*;
$I_{пр}$ — то же, приточного воздуха.

Составление тепловых балансов применительно к определенной категории заводов приведено в соответствующих главах.

Влаговыделения. Выделение влаги в помещение цеха от мокрых полов, водяных затворов, влажных поверхностей форм, бетона до

тепловой обработки и от изделий, остывающих в цехе после обработки, следует определять из выражения

$$G_{исп} = (a + 0{,}0174v)(P_2 - P_1)F,$$

где a — фактор гравитационной подвижности окружающей среды для температур помещений от 15 до 30° С;

Температура воды в *град*	30	40	50	60	70	80	90	100
Значение a	0,022	0,028	0,033	0,037	0,041	0,046	0,051	0,06

v — скорость движения воздуха над источниками испарения в *м/сек*;

P_1 — упругость водяных паров в окружающем воздухе, соответствующая степени его насыщения, в *мм рт. ст.*;

P_2 — упругость водяных паров, насыщающих воздух, при температуре поверхности испаряющейся жидкости в *мм рт. ст.*;

F — поверхность испарения в $м^2$.

Влаговыделения из открытых торцов туннельных конвейерных камер, а также количество пара, поступающего в помещения, надлежит определять, руководствуясь тепловым балансом.

Количество воды $G_{вл}$ ($кг/ч \cdot м^2$), испаряющейся со смоченного пола, может быть ориентировочно подсчитано по формуле

$$G_{вл} = \frac{6{,}5(t_{вн} - t_м)}{1000},$$

где $t_{вн}$ — температура рабочей зоны помещения по сухому термометру;

$t_м$ — то же, по мокрому термометру.

При относительно низких температурах испаряющейся воды (до 30—40° С) и рассеянном выделении ее по площади помещения применяют преимущественно общеобменную вентиляцию. При высоких температурах испаряющейся воды и во всех случаях, когда оборудование, являющееся источником влаговыделений, может быть укрыто, необходимо предусматривать местные вытяжные устройства.

Определение воздухообмена по поглощению влаги определяется по формуле

$$L = \frac{G}{d_2 - d_1},$$

где G — количество выделяющейся влаги в *кг/ч*;

d_1, d_2 — влагосодержание соответственно поступающего и удаляемого воздуха в *г/кг*.

Определение общего воздухообмена при совместном выделении тепла и влаги см. в гл. IV, § 20.

Газовыделения. Многие технологические процессы сопровождаются выделением в воздух рабочих помещений вредных газов и

паров. Задача вентиляции — снижение концентраций вредных газов в воздухе рабочих зон производственных помещений до предельно допустимых (табл. 7).

Степень очистки выбросов, содержащих пыль, регламентируется следующими нормами:

Предельно допустимая концентрация пыли в воздухе рабочей зоны производственных помещений в *мг/м³*	Допустимое содержание пыли в воздухе, выбрасываемом в атмосферу, в *мг/м³*
2,0 и менее	30
Более 2 до 4	60
« 4 » 6	80
« 6 » 10	100

При процессах, сопровождающихся выделением вредных паров и газов, применяются в зависимости от конкретных условий общеобменная вентиляция, местные отсосы или их комбинация.

Предпочтение следует отдать местным отсосам, так как они по объему удаляемого воздуха и по гигиеническому эффекту имеют значительные преимущества перед общеобменной вентиляцией. При местных отсосах скорость воздуха в расчетном сечении укрытия принимается такой величины, которая исключала бы возможность выбивания газов и паров из укрытия.

В случае, если удельный вес газа или пара больше удельного веса воздуха, вытяжка осуществляется из нижней зоны помещения.

Подсчитав тем или иным способом расчетное количество вредностей K, выделяющихся в единицу времени, воздухообмен при установившемся состоянии определяют по формуле

$$L = \frac{K}{K_2 - K_1},$$

или

$$L = \frac{\varphi K}{K_0},$$

где K_1, K_2 — соответственно концентрации вредностей в приточном воздухе и в воздухе, удаляемом из помещения;

K_0 — предельно допустимая концентрация вредностей в воздухе рабочей зоны помещения;

φ — коэффициент неравномерности, учитывающий неравномерность выделения вредностей.

Пылевыделение. При очистке воздуха и газов от пыли приходится иметь дело с газовыми или воздушными средами, в которых мелко раздробленное твердое вещество находится во взвешенном состоянии. При этом твердое вещество (пыль) называют дисперсной фазой, а воздух или газ, в котором оно содержится,— дисперсной средой. Вредность пыли в значительной мере характеризуется ее

Таблица 7

Предельно допустимые концентрации пыли, вредных газов, паров и других аэрозолей в воздухе рабочей зоны производственных помещений

Наименование вредных веществ	Содержание в пыли свободной SiO_2 в %	Величина предельно допустимой концентрации в *мг/м³*
Пыль:		
динаса	Около 90	1
шамота (50% от общего количества пыли)	15—30	2
огнеупорной глины (50% от общего количества пыли)	До 15	5
форстерита (50% от общего количества пыли)	Около 2	5
магнезита (3,5% от общего количества пыли)	Около 1	10
гравийно-песчаной массы и других материалов	Более 70	1
то же	10—70	2
цемента, глины, минерала и их смесей	Не содержит	6
силикатов	До 10	4
портланд- и шлакопортландцемента	До 3	5
пуццоланового портландцемента	10—37	2
кислотоупорного цемента	67	2
электросварочная	Не содержит	4
алюминия	То же	2
прочие пыли	»	10
гранита	—	2
асбестовая и смешанная	—	2
цемента	Не менее 10	5
древесная	—	5
окиси цинка	—	5
титана	—	10
искусственных абразивов (карборунд)	—	5
стеклянного и минерального волокна	—	3
Газы и пары		
Ацетон	—	200
Бензин-растворитель (в пересчете на С)	—	300
Бензол	—	20
Керосин	—	300
Легроин	—	300
Метилацетат	—	100
Амилацетат	—	100
Скипидар	—	300
Сальвентнафт	—	100
Спирт метиловый	—	50
Спирт этиловый	—	1000
Уайт-спирит (в пересчете на С)	—	300
Фенол	—	5
Этилацетат	—	200
Аэрозоли:		
конденсации двуокиси кремния и окиси алюминия при совместном присутствии в воздухе производственных помещений	—	2
сополимера стирола «Сам»	—	5

дисперсным составом, или дисперсностью (так называемой степенью измельчения вещества, из которого образована пыль).

Для техники очистки воздуха от пыли и для санитарно-гигиенической оценки важны не размеры частиц, а свойства и, в первую очередь, скорость оседания частиц пыли. Поэтому представляется целесообразным характеризовать пыль не по размерам частиц раздробленного вещества, а по скорости витания частиц. При таком выражении дисперсности пыли ее физические, а также санитарно-гигиенические требования будут охарактеризованы наиболее полно.

В санитарных нормах проектирования промышленных предприятий степень запыленности воздуха оценивается весом пыли (в *мг*), содержащейся в 1 $м^3$ воздуха. При этом не учитывается дисперсный состав пыли. В практических условиях приходится иметь дело с грубодисперсными и тонкодисперсными взвесями в воздухе. Общепринятой границы между ними не установлено. Концентрации пыли в воздухе, отсасываемом местными обеспыливающими установками, также различны.

В последующих главах достаточно подробно изложены условия удаления запыленного воздуха при работе пылящего технологического оборудования, очистка воздуха в различных воздухоочистных устройствах и выброс в атмосферу без загрязнения при этом воздушного бассейна в приземном слое.

§ 7. МЕСТНАЯ ВЫТЯЖНАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ

При значительном выделении вредностей, сосредоточенных в определенном месте, эффективно проектировать местную вентиляцию. Удаление загрязненного воздуха производится в непосредственной близости от места вредных выделений местными отсосами. Последние являются наиболее эффективным устройством, применяемым в вытяжных вентиляционных установках.

При наличии местных отсосов выделяемые вредности улавливаются у места их возникновения, они не распространяются по помещению и не загрязняют больших объемов воздуха. Местные отсосы по возможности должны шире применяться вместо общеобменной вентиляции, чем достигается уменьшение воздухообмена и лучший гигиенический эффект. Они находят широкое применение при вентиляции заводов строительной индустрии.

При устройстве местных отсосов нужно стремиться возможно полнее укрыть источник вредности. Если это невозможно, то отсос располагают как можно ближе к источнику вредности. Приемное отверстие отсоса необходимо ориентировать по линии распространения вредности, это позволит при наименьшем расходе воздуха получить наибольший эффект.

Местными отсосами могут быть зонты, колпаки, бортовые вертикальные, опрокинутые и кольцевые отсосы, панели равномерного

всасывания, различные воронки, укрытия самых различных конструкций — вытяжные шкафы и ширмы.

Объем воздуха ($м^3/ч$), удаляемого местным отсосом, определяется по следующей основной формуле:

$$L = 3600Fv,$$

где F — расчетная площадь живого сечения в $м^2$;

v — минимально допустимая скорость в расчетном сечении проема в *м/сек*.

Характеристика местных отсосов приведена в табл. 8.

Таблица 8

Характеристика местных отсосов

Наименование технологического оборудования	Объем удаляемого воздуха в $м^3/ч$	Скорость всасывания в *м/сек*	Коэффициент местного сопротивления
Помольно-смесительные цехи			
Элеватор цемента, извести	850	—	—
Шнеки длиной до 4 *м**	300	—	—
Шнеки длиной от 4 до 15 *м*	400	—	—
Мешалки для извести с песком	900	—	—
Двухкамерная шаровая мельница для сухого помола извести или извести с песком	2500	—	—
Бункер для цемента или извести	1000	—	1,2
Укрытие транспортера в местах перегрузки цемента и песка у объемных дозаторов	1000	—	3
Сборная воронка у бетономешалок емкостью 1200 *л* (для плотных бетонов)	1000	—	2
Укрытие мест пересыпки в газобетономешалке для ячеистых бетонов	1200	—	—
Бетономешалка конической формы с одним местным отсосом	3500	16	—
Бетономешалка конической формы с двумя местными отсосами	2×2000	6	1
Бетономешалка принудительного перемешивания емкостью 1200 *л*	2500	4	3
Циклон под бункером цемента	От 1000 до 1500**	—	—
Арматурные цехи			
Отсосы от правильно-очистных станков типов АН-8, АН-14 и С-338	800	От 6 до 8	4,25
То же, типа НО35-В	1500	—	—
Панель равномерного всасывания (на 1 $м^2$ живого сечения панели)	1200	3,5	1

* При другой длине шнека объем удаляемого воздуха уточняется по СН 155—61.
** Объем уточняется по расчету пневмотранспорта.

Таблица 9

Скорости движения воздуха в местах присоединения аспирационных воронок к укрытиям и производственному оборудованию

Наименование и назначение оборудования	Скорость в *м/сек*
Оборудование, транспортирующее цемент, сухие песчано-цементные смеси, молотую известь	1
Бетоно- и растворомешалки с принудительным перемешиванием	3—4
Оборудование, транспортирующее зернистые и кусковые материалы, шлаки, керамзит	2
Вращающиеся бетономешалки конической формы	6

Скорости движения воздуха в местах присоединения аспирационных воронок к укрытиям и производственному оборудованию следует принимать по табл. 9.

Скорость всасывания воздуха в сечении воронки определялась по опытным данным с учетом, что всасывающий факел практически не может существенно влиять на уиос материала.

§ 8. ВЫБОР КОНСТРУКТИВНОЙ СХЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ. УРАВНЕНИЯ ВОЗДУШНОГО БАЛАНСА

Выбор конструктивной схемы приточно-вытяжной вентиляции цеха зависит от количества выделяющихся вредностей, их характеристики и зоны выделения в помещении.

Одним из основных элементов расчета вентиляции является технически обоснованный выбор приточных и вытяжных вентиляционных камер. Следует стремиться к максимально возможной централизации вентиляционных камер и к установке наиболее мощных вентиляторов. Это последнее соображение относится главным образом к приточным установкам, позволяющим сэкономить площадь вентиляционных камер до 30%. Вентиляционные камеры следует, как правило, размещать в технических этажах, подвалах, на отдельных площадках и, в виде редкого исключения, непосредственно в помещении. Кроме того, при выборе мест под вентиляционные камеры следует обязательно учитывать возможность их сохранения при последующих реконструкциях и расширении производства.

Приточные камеры должны располагаться с расчетом забора наружного воздуха из наиболее чистой атмосферной зоны на высоте не менее 2,5 *м* от земли до низа жалюзийной решетки.

Вытяжные установки с целью сокращения длины воздуховодов должны быть максимально приближены к источникам выделения вредиостей.

По соображениям промышленной эстетики приточные и вытяжные воздуховоды рекомендуется прокладывать в подпольных каналах, несмотря на некоторое удорожание производства монтажных работ. Наряду с выполнением основных требований промышленной эстетики значительно уменьшается загромождаемость цеха, улучшается его освещенность.

В подпольных каналах вентиляции предусматриваются контрольные лючки для периодической очистки их от пыли.

При определении конструктивной схемы вентиляции необходимо также учитывать наличие световых фонарей, открывающихся фрамуг в верхней и нижней зонах стенового остекления цеха.

Покрытие цеха должно допускать (при отсутствии фонарей) устройство вытяжных вентиляционных шахт и установку осевых и крышных вентиляторов. Для обслуживания вентиляторов предусматривается удобный выход на кровлю.

Приточно-вытяжная вентиляция устраивается по следующим основным схемам.

1. *При выделении пылей от технологического оборудования* локализация вредностей производится системой местных отсосов от точек пыления с подачей приточного воздуха с малыми скоростями по перфорированному воздуховоду в верхнюю зону (помольно-смесительные, дробильные, сортировочные цехи). Уравнение воздушного баланса $L_{пр} = L_{выж}$.

2. При выделении вредных газов рассеянным путем в зависимости от удельного веса газа (легче или тяжелее воздуха) вытяжка проектируется соответственно из верхней или нижней зон. Приточный воздух в рабочую зону направляется на фиксированные рабочие места (малярные цехи, цехи карбамидных смол). Уравнение воздушного баланса $L_{пр} = L_{н.з} + L_{в.з}$.

3. При выделении вредных газов на фиксированных местах локализация выделяющихся вредных газов производится системой местных отсосов от мест выделения газов с подачей приточного воздуха в рабочую или верхнюю зону в зависимости от строительных конструкций цеха и расстановки технологического оборудования. Уравнение воздушного баланса $L_{пр} = L_{м.о} + L_{в.з}$.

4. При выделении вредных газов и избыточного тепла схема вентиляции принимается по пункту 3 с проверкой объемов вентиляции по избыточному теплу в переходный период времени года.

5. При одновременном выделении тепла и влаги приточный воздух подается в небольших цехах (до 1000 $м^3$) рассредоточенно в верхнюю зону, а при большой кубатуре цеха — сосредоточенными струями.

Вытяжка из верхней зоны проектируется механическая, т. е.

$$L_{пр} = L_{в.з}.$$

Периодические работающие вытяжные системы, например вытяжка от пропарочных камер, в воздушном балансе цеха не учитываются.

§ 9. УСЛОВИЯ РАССЕЯНИЯ В ВОЗДУХЕ ГАЗОВ И ПЫЛИ, ВЫБРАСЫВАЕМЫХ ВЕНТИЛЯЦИОННЫМИ УСТАНОВКАМИ

Высота выброса загрязненного воздуха выбирается с таким расчетом, чтобы содержание пыли и газов в приземном слое не превышало норм, установленных санитарным законодательством (СН 245—71).

Максимальное содержание пыли и газов $G_{макс}$ (*мг/м*^{3}) в выбрасываемом воздухе определяется на уровне земли по главному направлению ветра с подветренной стороны от источников загрязнения воздуха газом и пылью и не должно превышать предельно допускаемой концентрации пыли или газов в наружном воздухе.

Значение $G_{макс}$ определяется по формуле П. И. Андреева

$$G_{макс} = \frac{235\varphi^2 v_0}{(\varphi h v_0 + 1{,}9 D u_0)^2} G_т,$$

где $G_{макс}$ — максимальная концентрация газов и пыли в наружном воздухе в приземном слое в *мг/м*^{3};

$G_т$ — количество пыли или газов, выбрасываемых после очистки в атмосферу, в *г/сек*;

h — геометрическая высота выхлопной трубы или шахты в *м*;

v_0 — средняя расчетная скорость ветра на высоте 10 *м* в *м/сек*, принимаемая по климатологическому справочнику (СНиП II-А. 6—62);

D — диаметр трубы или шахты на выходе воздуха в *м*;

u_0 — скорость выхода воздуха из трубы или шахты в *м/сек*;

φ — поправочный коэффициент, принимаемый в зависимости от высоты трубы или шахты:

φ	1	1,15	1,30	1,40
h	10	20	40	60

Определение остаточной концентрации газов или пыли производится по формуле

$$C_0 = \frac{G_т}{L} \cdot 10^3,$$

где C_0 — расчетная остаточная концентрация пыли или газов в воздухе, поступающем в атмосферу после очистки, в *мг/м*^{3};

L — объем удаляемого загрязненного воздуха в *м*^{3}*/сек*.

Расстояние от места максимальной концентрации газов и пыли $X_{макс}$ (*м*) до источника загрязнения определяется по формуле

$$X_{макс} = \frac{\varphi h v_0 + 1{,}9 D u_0}{0{,}05 \varphi v_0}.$$

Места максимальных концентраций производственных вредностей должны быть расположены с учетом господствующего направления ветра.

Степень загрязнения воздуха пылью и газом по главному направлению ветра на заданном расстоянии $X_{макс}$ от источника выделения производственных вредностей C_{X_0} (*мг/м*³) определяется по формуле

$$C_{X_0} = K \frac{G_т}{v_0} \cdot 10^{-3},$$

где K — удельная концентрация вредностей в *мг/м*³ в приземном слое в зависимости от эффективной высоты выброса H (*м*) и расстояния X (*м*) от источника загрязнения атмосферного воздуха.

Эффективная высота выброса загрязненного воздуха H определяется по формуле

$$H = h + \frac{1{,}9 D_0 u_0}{v_0 \varphi}.$$

Значения величины K при различных X и H согласно СН 245 — 70 приведены в табл. 10.

Таблица 10

Удельная концентрация вредностей в приземном слое в *мг/м*³

X, *м*	$K \cdot 10^3$ при H в *м*				
	20	30	40	50	60
100	—	—	—	—	—
200	120	—	—	—	—
300	490	55	—	0,39	—
400	560	170	30	2,95	0,2
500	590	260	85	18,5	3,1

Концентрация производственных вредностей $G_{X,Y}$ (*мг/м*³) в точке территории, расположенной на расстоянии «Y» от оси потока выброса загрязненного воздуха, выходящего из трубы или шахты, в главном направлении ветра определяется из выражения

$$G_{X,Y} = G_{X_0} e^{-\left(\frac{Y}{0{,}05 X_1}\right)^2},$$

где X_1 — расстояние от источника загрязнения до основания нормали, проведенной из рассматриваемой точки к оси потока выбрасываемого воздуха, в *м*;

e — основание натурального логарифма.

Значения множителя $e^{-\left(\frac{Y}{0{,}05 X}\right)^2}$, соответствующие различным значениям показателя $\left(\frac{y}{0{,}05X}\right)^2$, приведены в табл. 11.

Таблица 11

Значения величин e^m при $m = \left(\frac{y}{0{,}05\,X}\right)^2$

m	e^m	m	e^m	m	e^m
0	1	0,36	1,43	0,72	2,05
0,01	1,01	0,37	1,45	0,73	2,08
0,02	1,02	0,38	1,46	0,74	2,10
0,03	1,03	0,39	1,48	0,75	2,12
0,04	1,04	0,40	1,49	0,76	2,14
0,05	1,05	0,41	1,51	0,77	2,16

Табл. 11 дается в сокращенном виде для наиболее часто встречающихся значений. Полностью таблица приведена в СН 245—70 (табл. 3).

На практике может быть использована упрощенная формула П. И. Андреева

$$G_{\text{макс}} = \frac{235M}{2{,}5v_0H^2},$$

где $G_{\text{макс}}$ — максимальная концентрация вредностей в приземном слое в *мг/м*³;

M — количество выбросов в атмосферу в *г/сек*;

v_0 — средняя скорость ветра на высоте 0,5—1,0 *м* от поверхности земли в *м/сек*;

2,5 — поправочный коэффициент, учитывающий изменение концентрации вредностей при отборе проб в течение 25—30 *мин*;

H — эффективная высота выброса вредностей в *м*:

$$H = h + \Delta h.$$

Здесь h — геометрическая высота вытяжной шахты в *м*;

Δh — возвышение струи на устье вытяжной шахты в *м*:

$$\Delta h = \frac{1{,}9Dw}{\varphi v_0},$$

D — диаметр устья вытяжной шахты в *м*;

w — скорость выхода газов или пыли из устья трубы или шахты в *м/сек*;

φ — коэффициент, зависящий от высоты вытяжной шахты.

При определении Δh для нескольких шахт, расположенных близко друг от друга ($<40H$), диаметр D принимается средним.

Пример. Производительность вытяжной системы 25 000 *м*³/*ч*, количество выбрасываемых вредностей в атмосферу 0,7 *кг/ч*, скорость факела 22 *м/сек*, высота шахты 20 *м*, скорость ветра на высоте 10 *м* — 3,5 *м/сек*.

Количество вредностей, выделяющихся в 1 *сек*,

$$M = \frac{700}{3600} = 0{,}195 \ г/сек$$

при $h = 20$ *м* $\varphi = 1{,}15$.

Площадь шахты

$$F = \frac{25\,000}{3600 \cdot 22} = 0{,}315 \ м^2.$$

Диаметр шахты

$$D = 2\sqrt{\frac{0{,}315}{3{,}14}} = 0{,}632 \ м.$$

Возвышение струи над устьем вытяжной шахты

$$\Delta h = \frac{1{,}9 \cdot 0{,}632 \cdot 22}{1{,}15 \cdot 3{,}5} = 6{,}5 \ м.$$

Эффективная высота шахты

$$H = 20 + 6{,}5 = 26{,}5 \ м.$$

Максимальная разовая концентрация вредностей в приземном слое

$$G_{макс} = \frac{235 \cdot 0{,}195}{2{,}5 \cdot 3{,}5 \cdot 26{,}5^2} = 0{,}007 \ мг/м^3.$$

Предельно допустимая концентрация по нормам составляет 0,003 *мг/м*³. Из результатов расчета видна необходимость очистки газов до их выброса в атмосферу, так как 0,007 > 0,003, или увеличения в пределах технической целесообразности высоты шахты.

Необходимая высота шахты определяется по формуле

$$H = \sqrt{\frac{235}{2{,}5 v_0 G_{макс}}}.$$

Согласно расчету принимаем очистку выбросов и к. п. д. фильтра равным 0,8, тогда газовая концентрация будет

$$700\,(1 - 0{,}8) = 140 \ г/м^3 \cdot ч.$$

Секундный расход вредных выбросов

$$M = \frac{140}{3600} = 0{,}038 \ г/сек.$$

В этом случае при тех же данных предыдущего примера разовая концентрация в приземном слое составит

$$G'_{макс} = \frac{235 \cdot 0{,}038}{2{,}5 \cdot 3{,}5 \cdot 26{,}5^2} = 0{,}0015 \ мг/м^3,$$

что допустимо, так как 0,0015 < 0,003 *мг/м*³.

При наличии нескольких шахт на взаимно близком расстоянии расчет производится как для одного источника — по суммарному количеству вредностей. Шахты, расположенные на расстоянии одна от другой (40 ÷ 60) H, рассчитываются отдельно.

Максимальную концентрацию вредностей в приземном слое рекомендуется проверять при скорости ветра 0,5 ÷ 1 *м/сек*.

При отдалении цеха от населенных мест предельно допустимая концентрация газов в атмосферном воздухе, не указанная в таблице, принимается весьма приближенно равной 30% предельно допустимой концентрации их в воздухе рабочей зоны производственных помещений.

Высоту дымовой трубы котельных следует определять согласно данным табл. 12.

Таблица 12

Высота дымовой трубы котельной

Среднесуточный расход топлива в *т/ч*	Высота дымовой трубы в *м*	
	Многозольное топливо (приведенная зольность более 5% на 1000 *ккал/кг*)	Малозольное топливо (приведенная зольность менее 5% на 1000 *ккал/кг*)
До 5	30	30
Более 5 до 15	45	30
» 15 » 50	60	45
» 50 » 100	80	60

§ 10. ОЧИСТКА ВОЗДУХА ОТ ПЫЛИ

Обеспыливающая вентиляция удаляет обычно воздух с большим содержанием пыли. Если такой воздух удалять наружу без предварительной очистки от содержащейся в нем пыли, то прилегающая территория будет сильно загрязнена пылью, увеличится возможность поступления загрязненного воздуха в приточную вентиляцию.

Наиболее часто эффективность фильтров определяется как разность начальной концентрации пыли в воздухе до пылеуловителя и после него (в *г/м*^{3} или *мг/м*^{3}), отнесенная к начальному пылесодержанию и выраженная в процентах:

$$\eta_0 = \frac{d_1 - d_2}{d_1} \cdot 100.$$

При этом не следует упускать из виду, что при сравнении эффективности пылезадержания при остальных равных условиях имеет значение в сущности процент не задержанной, а пропущенной пыли, т. е. если одна установка задерживает 90%, а другая 95%, то реальная эффективность второй больше первой не на 5%, а на $\frac{100-90}{100-95} = 2$, т. е. в 2 раза.

Однако эффективность пылеуловителя характеризует не только процент весового пылезадержания. При различной дисперсности пыли различные типы и конструкции фильтров, характеризуемые одним и тем же процентом пылезадержания, могут задерживать

различные фракции. Поэтому для полной оценки эффективности пылеуловителя необходимо иметь показатель «пофракционной степени очисткн». Чем крупнее пылинки, тем легче они могут быть задержаны в пылеуловителе, причем крупные фракции, начиная с некоторого размера пылинок, задерживаются полностью. Чем мельче фракции, тем меньше степень пылезадержания, и, наконец, для некоторой части наиболее мелких фракций фракционная степень очистки может быть равна нулю.

Наиболее рациональный для каждого частного случая тип фильтра определяется в зависимости от требуемой степени очистки воздуха от пыли, характеристики агросмеси, поступающей в фильтр, начального весового пылесодержания, степени дисперсности и рода пыли, температуры и влажности аэросмеси, вредности пыли, ценности пыли, стоимости первоначального оборудования и эксплуатации.

Решающим условием для выбора способа очистки, а в дальнейшем типа и конструкции фильтра является необходимая полнота весового задержания и колнчественное содержание и размериость неуловленной пыли.

Очистку воздуха от пыли по эффективности можио разделить на грубую, среднюю и тонкую.

При грубой очистке единственной задачей является задержать максимальное количество пыли по весу (в процентах к первоначальному пылесодержанию) и, главным образом, пыли крупной — размерами больше 100 *мк*. При этом остаточное содержание пыли в очищенном воздухе и содержание в нем мелких ее фракций не представляется существенно важным.

При средней очистке задерживается пыль сравнительно мелкая (<100 *мк*). В то же время при достаточной эффективности весового пылезадержания обращается внимание на остаточное содержание пыли.

Тонкая очистка характеризуется тем, что в этом случае представляется необходимым задержать очень мелкую (<10 *мк*) пыль и довести остаточное весовое содержание до очеиь малых (1 *мг/м*^{3} и меньше) величин.

Сухая очистка осуществляется при помощи:

1) циклонов, в которых выделение из воздуха пылевых частиц происходит под влиянием центробежной силы; пыль, уловленную сухим пулеуловителем, по возможности следует направлять в технологический процесс (бункера, смесители);

2) рукавных фильтров, в которых запыленный воздух пропускается через пористую массу (ткани и бумага).

Фильтры необходимо оборудовать установкой для непрерывного автоматического удаления пыли. Конструкция фильтров должиа исключать возможность искрообразования. Для производственных помещений, где автоматическое удаление пыли экономически нецелесообразно, при производительности фильтрующих установок до 15 000 *м*^{3}*/ч* допускается периодическое удаление пыли вручную.

Пыль, оседающая на внутренней поверхности рукавов, путем периодического встряхивания их собирается в конусообразные пылесборники, из которых удаляется шнеками. При встряхивании рукавов секции автоматически отключаются от всасывающего воздуховода при помощи перекидных клапанов, расположенных в клапанных коробках. Встряхивающий механизм приводится в движение от электродвигателя через червячный редуктор.

При расчете производительности системы необходимо иметь в виду, что потери через неплотности с учетом продувки достигают 30% объема очищаемого воздуха. Разрежение в бункере фильтра должно быть не меньше 30 *мм вод. ст.* Фильтры ФВ используются для очистки воздуха от мелкой дисперсной слипающейся пыли при начальном пылесодержании в воздухе помещения 200 *мг/м*^{3} и больше. Степень очистки в фильтрах ФВ средняя и тонкая; сопротивление фильтров колеблется от 80 до 100 *мм вод. ст.* Продувка фильтров горячим воздухом может производиться от специальной или общей приточной системы с установкой последовательно на ответвлении воздуховода калориферов, количество и поверхность нагрева которых вычисляется для конечной температуры подогрева 50° С. Поверхность рукавных фильтров для цемента определяется из расчета нагрузки 50 *м*^{3}/*м*^{2}, а для других компонентов — 100 *м*^{3}/*м*^{2}.

Мокрая очистка может производиться одним из двух способов:

1) промыванием воздуха водой — этот процесс очистки воздуха осуществляется в пенных газоочистителях;

2) осаждением пыли, смоченной мелкораспыленной водой; на этом принципе работают различные скрубберы, циклоны-промыватели и др.; циклоны-промыватели и скрубберы должны устанавливаться в отапливаемых помещениях.

Промывная вода от циклонов с мокрой пленкой и скрубберов в производственно-ливневую канализацию сбрасывается после предварительной очистки воды от механического загрязнения в отстойниках. При отсутствии канализации вода отводится открытыми канавами в ближайшие овраги, кюветы.

В зависимости от требований, предъявляемых к очистке загрязненного воздуха, могут быть случаи, когда одной ступени очистки в виде какой-либо из конструкций фильтров недостаточно и требуются две и более ступени очистки.

Сухая двухступенчатая очистка применяется в тех случаях, когда улавливаемую пыль экономически целесообразно использовать как товарную продукцию цеха. Мокрая очистка производится, когда количество содержащейся в удаляемом воздухе пыли незначительно и ее товарное использование нецелесообразно.

Общая эффективность двухступенчатой очистки воздуха

$$\eta_{общ} = \eta_1 + \eta_2 - \eta_1\eta_2,$$

где η_1 и η_2 — эффективность очистки циклонов соответственно одно-двухступенчатой очистки.

Таблица 13

Характеристика некоторых видов промышленной пыли

Материал	Характеристика пыли	Удельный вес в *г/см³*	Концентрация пыли в воздухе в *мг/м³*	Распределение фракций в % по весу и скорости витания частиц в *см/сек*					
				Размеры частиц в *мк*					
				0—5	5—10	10—20	20—40	40—60	>60
Абразивная стальная пыль	Собрана от заточных станков	3,6	100—300 (в воздуховоде)	13,0 0,28	12,0 1,1	22,8 4,4	22,9 16	21,7 32,9	7,44 —
Цемент	Уловлена в воздуховоде перед циклоном	2,49	40 000—45 000 (в воздуховоде мельницы)	7,6 0,19	9,0 0,77	23,0 3,1	22,6 10,5	15,1 23,2	18,5 —
Глина	Собрана на заводе керамических изделий со строительных конструкций около дезинтегратора для размола глины	2,65	Нет данных	12,7 —	25,8 —	53,2 —	1,6 —	6,0 —	0,7 —
Керамика	Собрана на заводе керамических изделий со строительных конструкций дробильно-размольного отделения	2,53	650—850 (в воздуховоде после аспирационного шнека)	22,1 —	18,0 —	30,9 —	23,4 —	4,1 —	1,5 —
Песок	В воздуховоде от пескоструйных камер большого размера (объем камеры 78 *м³*)	2,6	2000—4000 (в воздуховоде)	27,8 —	8,2 —	19,0 —	12,0 —	10,5 —	22,5 —
	То же (объем камеры 10 *м³*)	2,6	4000—6000 (в воздуховоде)	6,0 —	12,0 —	6,8 —	32,8 —	8,4 —	34,0 —
Глина	В воздуховоде из шаровой мельницы перед пылеуловителем	2,6	10 500—14 500 (в воздуховоде)	82,4 0,5		13,4 2,0	2,2 5,0	4,98 —	

Примечание. В двойных строках таблицы в первой строке дано распределение фракций по весу, во второй — скорость витания.

Таблица 14

Основные показатели пылеотделителей и фильтров

Наименование	Назначение пылеотделителя или фильтра		Технические показатели			
	Вид пыли	*Начальное* пылесодержание в *мг/м³*	*Нормальная* нагрузка на 1 *м²* в *м³/ч*	Пылеемкость в *г/м²*	Сопротивление в *кг/м²*	Степень очистки в % по весу
Фильтр:						
рамочный с металлической сеткой	Для волокнистой пыли	200 и более	180—500	—	5—20	85
» с *фильтрующей тканью*	» *мелкой сухой пыли*	⩽500	40—50	—	50	95
» бумажный МИОТ К-53	» » » »	⩽3	600	80—125	10—15	84—96
рукавный матерчатый марки МФУ	» » » »	200 и более	120—150	—	80—100	99
» » » РФГ-УМС	» » » »	200 и более	120—150	—	80—100	⩽90
масляный, самоочищающийся	» » пыли	⩽40	10 000	—	—	98
Циклон:						
конструкции ЛИОТа *	Для сухой пыли 25 *мк* и выше	Не ограничено	1000—17500	—	25—50	—
» Гипродрева	» древесных стружек и опилок	То же	6000—24000	—	25	—
» Гипродревпрома	Для древесных стружек, опилок и пыли	»	500—23 000	—	Коэффициент местного отсоса, равный 5,0	—
» НИИОГАЗ ЦН-15 (не рекомендуется применять циклон ЦН-15 диаметром более 800 *мм*)	Сухая пыль из аспирационных систем помольных установок	5000 и более	От 70 до 6800 на 1 циклон	—	65—90	До 99
с обратным конусом	Рекомендуется для абразивной пыли	Не ограничено	—	—	80—166	Средняя очистка
» » » СИОТа	Для сухой, не слипающейся пыли	То же	—	—	54—78	То же
циклон-промыватель СИОТа	Для различных пылей, кроме цементной и волокнистой	»	—	—	45—90	»
батарейный (мультициклон)	Для мелкой и средней пыли 10 *мк* и выше	5000 и более	—	—	40—70	70—87
Центробежный скруббер ВТИ Промстройпроекта	Для мелкой пыли	5000 и более	1800 на площадь поперечного сечения	—	25	⩽98
Обеспыливающий вентиляционный агрегат ЗИЛ-900	Для пыли от абразивных кругов	Не ограничено	100—400	—	35—40	99,5

* Циклоны ЛИОТа как имеющие низкие показатели приведены в таблице только для справок.

Таблица 15

Рекомендации по выбору воздухоочистных устройств для очистки воздуха от промышленных вредностей, характерных для заводов строительной индустрии

Наименование промышленной вредности	Характер производства	Воздухоочистные производства
Пыли гранитных гнейсов, щебня, гравия, карьерного и речного песка, шлака (при соединении с водой их физический и химический составы не меняются)	Заводы товарного бетона, строительных растворов, железобетонных изделий и нерудных строительных материалов	Циклоны СИОТа (сухие и с водяной пленкой)
Пыли цемента, алебастра, извести, гипса и глины (при соединении с водой их физический и химический составы меняются)	Бетоносмесительные цехи заводов железобетонных изделий	Сухие циклоны СИОТа. Рукавные матерчатые фильтры
Древесные отходы при распиловке бревен и строительных материалов	Лесопильные и деревообрабатывающие цехи	Циклон Гипродрева
Древесная пыль при отделке поверхностей столярных изделий	Деревообрабатывающие и столярные цехи	Циклон Гипродревпрома
Древесные стружки и пыль при дроблении древесины и распиловке	Цехи древесноволокнистых и древесностружечных плит	Циклоны Гипродрева и Гипродревпрома
Древесная пыль (дисперсная) при полировке спичечной соломки	Спичечное производство	Циклон с мокрой пленкой СИОТа Скруббер Промстройпроекта ВТИ
Древесная мука	Цехи древесной муки	Рукавные матерчатые фильтры
Газы летучих испарителей при окраске готовых изделий	Малярные и олифочные цехи	Гидрофильтр

Согласно СН 245—71 степень очистки удаляемого воздуха устанавливается в зависимости от предельно допустимой концентрации пыли в воздухе рабочей зоны производственных помещений. Если удаляемый воздух содержит пыль в количестве, не превышающем допустимого, то очистка такого воздуха от пыли не требуется.

В целях наиболее правильного выбора типа и конструкции воздухоочистного устройства в табл. 13 приведеи дисперсный состав некоторых видов промышленной пыли по числу частиц [9].

В частности, химический состав каждого вида цемента может быть различным в зависимости от состава сырья. Ниже приведен примерный состав (в %) наиболее широко примеияемого для изготовления бетона портландцемента:

SiO_2 (в свободном состоянии) *	0,8—3,1
SiO_2 (в связанном состоянии)	20—70
Щелочи (негашеная известь)	0,2—3
CaO (в связи с другими соединениями)	50—66
Al_2O_3	2—10
Fe_2O_3	1,5—10
MgO	0,3—22,26

* Количество свободной SiO_2 во всех видах цемента дается для пыли, находящейся в воздухе.

SO_3	0,04—2
Соединения марганца	Следы
Хромовые соединения (шестивалентный хром)	0,00001—0,001

В пыли шлакопортландцемента свободного SiO_2 содержится до 3% , в пуццолановом портландцементе 10—37%, в кислотоупорном цементе 67%. Следовательно, предельно допустимой концентрацией пыли портландцемента и шлакопортландцемента в воздухе следует считать 5 *мг/м*³, а пуццоланового портландцемента и кислотоупорного цемента — 2 *мг/м*³.

Основные показатели пылеотделителей и фильтров приведены в табл. 14.

Конкретизируя сведения о структурном составе основных промышленных пылей, условиях и способах очистки загрязненного воздуха, в табл. 15 приведем рекомендации по выбору воздухоочистных устройств для очистки воздуха от промышленных вредностей.

В альбомах оборудования «Пылеуловители и фильтры» Сантехпроекта (часть 1 и 2, 1968 г.) приведены справочные сведения по конструктивным особенностям пылеуловителей и фильтров, области их применения, габаритов, установочных и присоединительных размерах, а также о некоторых расчетных данных.

§ 11. ВОЗДУШНО-ТЕПЛОВЫЕ ЗАВЕСЫ

Наиболее эффективным способом защиты помещения от охлаждения врывающимся холодным воздухом при открытых воротах и производственных проемах является устройство воздушно-тепловых завес.

Завеса, как правило, компонуется из двух самостоятельных агрегатов, состоящих из осевых или центробежных вентиляторов, калориферов и преимущественно вертикальных раздаточных коробов. Последние устанавливаются по обе стороны ворот или проемов в непосредственной близости от них.

Воздушный поток направляется через щели раздаточных коробов под углом 30° к плоскости проема, оборудованного завесой. Высота щелей принимается равной высоте открытого проема. Для обеспечения устойчивого направления воздушного потока длина щелевидного насадка для выпуска воздуха должна быть не менее 2,5 ширины щели, а для равномерности раздачи скорость воздуха в раздаточных коробах — не более 70% от скорости воздуха на выходе из щели. Температура воздуха, выходящего из щели завесы, должна быть не выше 70° С, а скорость — не более 25 *м/сек*.

При работе завесы воздух вентилятором забирается, как правило, из помещения, нагревается в калориферах и, выходя через щели раздаточных коробов, смешивается с холодным воздухом, прорывающимся в помещение через открытые ворота или технологический проем. Забор воздуха на завесу может осуществляться на уровне всасывающего патрубка вентилятора или, если темпера-

тура воздуха в верхней зоне на 5° С и более выше температуры в рабочей зоне,— из верхней зоны помещения.

Во взрывоопасных помещениях категории *А* и *Б* забирать допускается из этого же помещения воздух при условии выполнения агрегатов во взрывобезопасном исполнении, соблюдая при этом требования противопожарных норм.

Воздушно-тепловые завесы по своему назначению не являются приточными установками, поэтому при расчете воздухообмена в помещении не учитываются.

В настоящее время разработаны ГПИ «Сантехпроектом» и рекомендованы Главпромстройпроектом Госстроя СССР «Указания по расчету двусторонних воздушных и воздушно-тепловых завес у наружных ворот и технологических проемов производственных зданий». Эти Указания заменяют «Инструкцию по расчету воздушных и воздушно-тепловых завес», разработанную институтом «Проектпромвентиляция» в 1964 г. Конструкции завес рекомендуется принимать по типовым чертежам Тбилисского филиала Центрального института типового проектирования.

Для небольших производственных помещений площадью до 1500 *м*², при длине цеха не более 60 *м* и расположении ворот в торцевой стене цеха воздушно-тепловые завесы могут быть использованы одновременно и для воздушного отопления этих цехов. С этой целью воздушная завеса в зависимости от ширины и количества пролетов цеха снабжается воздушно-приточными насадками.

При открывании ворот воздух поступает через щелевые отверстия патрубков воздушной завесы, при закрытии ворот — через приточные насадки в цех. Изменение направления подачи воздуха достигается при помощи перекидных клапанов, положение которых автоматически связано с механизмом открывания ворот.

Производительность воздушной завесы по теплу и воздуху определяется по наибольшему значению, полученному расчетами отопления цеха и воздушно-тепловой завесы ворот цеха. В табл. 16 приведены рекомендуемые расходы воздуха и тепла воздушно-тепловых завес для производственных проемов лесопильных и деревообрабатывающих заводов по данным проектного института Гипродрев.

Таблица 16

Расход воздуха и тепла на воздушно-тепловые завесы производственных проемов лесопильных и деревообрабатывающих заводов

Размер производственного проема 3×4 в *м*	Расход воздуха в *м*³/*ч*	Расход тепла при $t_н = -30°$ С в *ккал/ч*	Размер производственного проема 3×4 в *м*	Расход воздуха в *м*³/*ч*	Расход тепла при $t_н = -30°$ С в *ккал/ч*
750×800	900	12 600	1000×800	1300	18 200
850×800	1000	14 000	1000×1400	2400	33 600
850×850	1100	15 400	1000×2300	5400	75 600
900×2000	3000	42 000	1250×850	1800	25 200

Дополнительно к типовым установкам на рис. 2 приведены различные варианты установок как с боковой раздачей воздуха, так и с подачей снизу по ширине ворот или производственного проема.

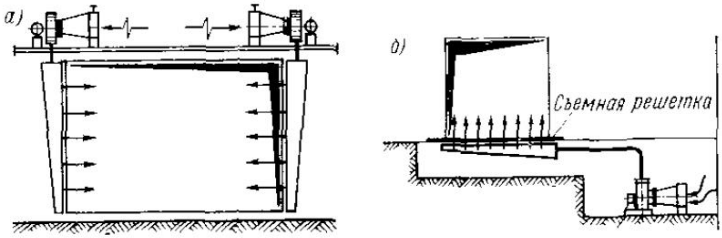


Рис. 2. Воздушно-тепловая завеса у ворот

а — боковая подача воздуха двумя вентиляторами; *б* — подача воздуха снизу

На рис. 3 представлен общий вид воздушной завесы и раздаточного патрубка, а на рис. 4 — эскиз установки воздушно-тепловой завесы, совмещенной с воздушным отоплением.

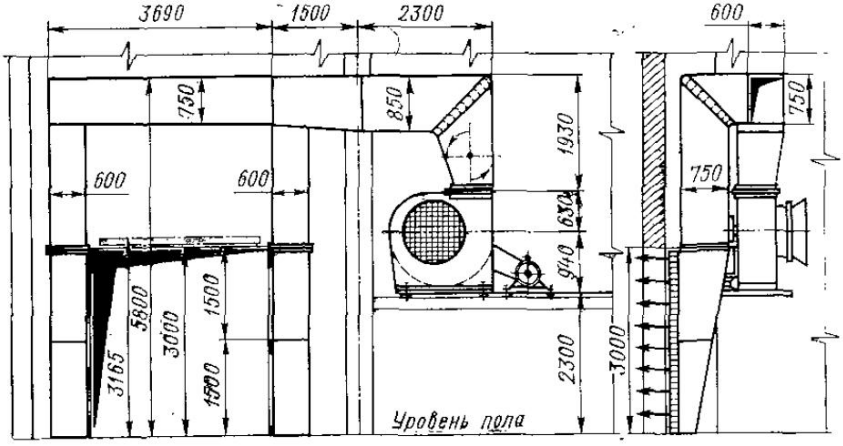


Рис. 3. Общий вид воздушной завесы и раздаточного патрубка

Для ориентировочных расчетов автор предлагает эмпирическую формулу, оправдавшую себя в практике проектирования, при следующем методе расчета воздушно-тепловых завес для производственных проемов.

Расход воздуха на завесу L ($м^3/ч$) определяется по формуле

$$L = \frac{HB}{2} \cdot 0{,}75 \cdot v \cdot K \cdot 3600,$$

где H — высота в *м*;

B — ширина производственного проема в *м*;

0,75 — коэффициент, учитывающий заполнение живого сечения производственного проема технологическим оборудованием; эта величина уточняется в зависимости от характера установленного технологического оборудования в пределах 0,6 ÷ 0,85 от $\frac{HB}{2}$;

v — средняя скорость ветра для данного географического района за отопительный сезон, принимаемая по данным СНиПа;

K — поправочный коэффициент, принимаемый в зависимости от направления господствующего ветра по отношению к вертикальной плоскости производственного проема.

Поправочный коэффициент K для проемов, завешенных эластичными шторами с наружной стороны, в зависимости от плотности притвора принимается 0,1 ÷ 0,25; для проемов, расположенных с подветренной стороны при направлении ветра:

под углом 90° . . . $K = 1$
» » 60° . . . $K = 0,75 \div 0,8$
» » 45 ÷ 30° . . $K = 0,60 \div 0,75$

Рис. 4. Воздушно-тепловая завеса, совмещенная с воздушным отоплением

Расход тепла Q на воздушную завесу определяется по формуле

$$Q = L \cdot 0,29\,(t_{вн} - t_н)\,\eta,$$

где $t_н$ — температура неотапливаемого помещения, принимается меньше на 5° С для проемов, обращенных в неотапливаемое помещение;

$t_{вн}$ — температура отапливаемого помещения в ° С;

η — коэффициент полезного действия завесы, принимаемый равным 0,8—1.

Приведенные формулы действительны для производственных проемов с отношением сторон $\frac{H}{B} = 1 \div 2$.

Пример. Размеры производственного проема $H = 2$ *м*, $B = 1,5$ *м*; проем сообщается с отапливаемым помещением: $t_н = -30°$ С; $t_{вн} = 16°$ С; $v = 1,5$ *м/сек*; $\eta = 1,0$.

С наружной стороны проем зашторен. Коэффициент заполнения завесы технологическим оборудованием составляет 0,6.

Расход воздуха на завесу

$$L = \frac{2 \cdot 1,5}{2} \cdot 0,6 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 3600 = 4900 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Расход тепла на воздушную завесу

$$Q = 4900 \cdot 0,29\,[16 + (30 - 5)]\,1 = 58\,000 \text{ ккал/ч}.$$

§ 12. АВТОМАТИКА И БЛОКИРОВКА ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ

Технологические процессы на заводах строительной индустрии не требуют регулирования относительной влажности и температуры воздуха. Поэтому установки кондиционирования воздуха не проектируются.

Автоматическое регулирование в цехах этих заводов заключается в автоматическом пуске и остановке вентиляционных систем, сблокированных с технологическим оборудованием, и в регулировании температуры приточного вентиляционного воздуха.

В приточных вентиляционных установках температура подаваемого в цех приточного воздуха регулируется количеством теплоно-

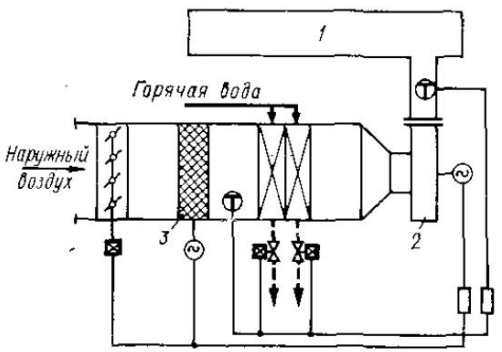


Рис. 5. Схема автоматизации приточной вентиляционной камеры при значительных тепловыделениях в помещении

1 — помещение; *2* — вентилятор; *3* — фильтр

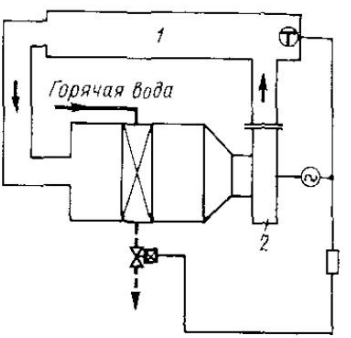


Рис. 6. Схема автоматизации отопительно-рециркуляционных агрегатов

1 — помещение; *2* — вентилятор

сителя и при помощи смесительного (обходного) клапана, через который подмешивается холодный наружный воздух.

При отоплении цеха несколькими отопительно-рециркуляционными агрегатами температура цеха регулируется включением или выключением того или иного количества их по отопительному графику, т. е. в зависимости от температуры наружного воздуха.

Работа воздушных и воздушно-тепловых завес у ворот и производственных проемов цеха, а также воздушно-тепловых завес, совмещенных с воздушным отоплением, должна блокироваться с механизмом открывания ворот пусковым устройством, обеспечивающим работу агрегатов завесы за 1—2 *мин* до и после открывания и закрывания ворот и проемов. В воздушно-тепловых завесах, совмещенных с воздушным отоплением, работа клапанов, переключающих подачу воздуха на завесу или отопление цеха, должна быть также соответственно автоматизирована.

Местные вытяжные установки, удаляющие загрязненный воздух от технологического оборудования, должны быть сблокированы

с технологическим оборудованием, чтобы вытяжная вентиляционная система автоматически включалась или выключалась одновременно с пуском или остановкой технологического оборудования.

Вытяжные установки общеобменной вентиляции цехов с выделением вредных газов должны быть связаны с установленными газоанализаторами. При достижении в рабочей зоне содержания вредных газов, близкого предельно допустимой норме, пусковое устройство газоанализаторов обеспечивает пуск вытяжных установок.

Принципиальные схемы автоматизации работы приточно-вытяжных вентиляционных установок разработаны Центральным институтом типовых проектов Москвы, серия ОВ-02-136/66-2.

На рис. 5 изображена типовая схема автоматизации приточных вентиляционных камер. По схеме автоматизируются приточные вентиляционные камеры, подающие в помещение наружный воздух с постоянной температурой притока от 14 до 22°, для душирования или подачи воздуха на компенсацию вытяжки местными отсосами в помещениях со значительными тепловыделениями, когда рециркуляция воздуха не допускается. Теплоноситель — вода.

Расчетная поверхность нагрева калориферов определяется нагревом воздуха от расчетной минимальной температуры для отопления до требуемой температуры притока.

Схемой предусматриваются:

а) управление электродвигателями вентилятора и фильтра;

б) автоматическое регулирование температуры притока путем изменения теплоотдачи калориферов клапанами на теплоносителе;

в) контроль параметров воздуха и теплоносителя;

г) блокировка клапанов наружного воздуха с электродвигателем вентилятора; при включении электродвигателя клапан наружного воздуха открывается, а при отключении — закрывается;

д) автоматическая защита первого ряда калориферов от замораживания;

е) сигнализация об аварийном отключении камеры.

По схеме рис. 6 автоматизируются отопительно-рециркуляционные агрегаты, рассчитываемые для воздушного отопления помещений. Теплоноситель — вода.

Регулятор настраивается на температуру воздуха в рабочей зоне или в случае использования агрегата для дежурного отопления на расчетную температуру для режима дежурного отопления.

Схемой предусматриваются:

а) двухпозиционное автоматическое регулирование температуры воздуха в помещении включением и отключением вентилятора агрегата;

б) блокировка клапана на теплоносителе с электродвигателем вентилятора; при включении электродвигателя клапан открывается, а при отключении закрывается.

Глаа III

ГИДРООБЕСПЫЛИВАНИЕ, ПНЕВМАТИЧЕСКАЯ И ВЛАЖНАЯ УБОРКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

§ 13. ГИДРООБЕСПЫЛИВАНИЕ

Одной из эффективных мер борьбы с пылью в цехах является прнменение систем гидрообеспыливания. Эффект обеспыливания достигается: а) смачиванием водой материала, который в процессе его перемещения или измельчения выделяет пыль; б) созданием водяной пленки, ограничивающей место пыления; в) подачей в зону пыления нли в помещенне в целом прн помощи форсунок распыленной воды, днсперсные частнцы которой связывают частнцы пыли, тем самым локалнзуя ее двнжение и распространение (витание) в помещеннн.

В некоторых случаях гндрообеспыливание заменяет аспирацию, которую сохраняют. только для тех укрытнй, где искусственное увлажнение матернала не устраняет пылеобразования.

Гидрообеспылнванне по сравнению с аспнрацней имеет ряд преимуществ: снижает запыленность воздуха в рабочей зоне, применяемые устройства просты в нзготовленин и эксплуатации.

Обычно гидрообеспыливанне требуется в местах разгрузки в прнемные бункера; сухого дробления, грохочения, просеивания (дробнлки, грохоты, снто); в местах перепадов с траиспортеров в бункера; перегрузкн транспортеров, течек н элеваторов; на выходе из закрытых течек; в местах выбнвки опок н др.

Для распылення воды рекомендуются форсунки типа У-1-М и др. прн шнрнне транспортерной ленты до 700 *мм* в количестве 1 шт.; прн ширнне более 700 *мм* — 2 шт. Диаметр форсунок следует принимать нз расчета расхода воды на 1 форсунку до 100 *л/ч**.

Рабочее давленне воды у форсунок следует приннмать равным 2—3 *кгс/см*^{2}. Расчетное количество воды, необходимое для гидрообеспыливання, увлажнення и образования водяных завес, определяется по формуле

$$Q = \frac{G\,(d_2 - d_1)}{100},$$

где Q — расчетное количество воды в *л/ч*;
G — производительность дробильно-транспортного оборудования в *кг/ч*;

* Использование форсунок большой производительности (более 250—300 *л/ч*) для целей гидрообеспыливания не рекомендуется.

d_1 — начальная влажность материала в %;

d_2 — предельно допустимая влажность материала в %.

Возможны две технологические схемы измельчения материалов: с разгрузкой непосредственно в дробящую аппаратуру или с разгрузкой через приемные бункера.

Распределение расхода воды по циклам технологического тракта в % от расчетного расхода рекомендуется принимать по табл. 17.

Таблица 17

Расходы воды по циклам

Технологические циклы	При разгрузке материала		Примечание
	непосредственно в дробилку в %	в приемный бункер в %	
Разгрузка и крупное дробление	40	50	В помещениях, где возможны в зимнее время отрицательные температуры, должно быть предусмотрено выключение гидрообеспыливания
Промежуточный транспорт	20	10	
Среднее дробление	40	30	

Каждый из очагов пылеобразования оборудуется двумя узлами гидрообеспыливания: с расположением одного узла на входе (для увлажнения) и второго на выходе из укрытия (для образования водяных завес).

Число устанавливаемых форсунок n определяется:

для отдельных очагов пылеобразования

$$n = \frac{q}{q_1},$$

где q — общий расход воды для соответствующего очага пылеобразования в *л/ч*;

q_1 — производительность форсунки при расчетном давлении в *л/ч*;

для узлов со сплошными водяными завесами при $H \leqslant B$

$$n = \frac{B}{b} = \frac{B}{2l \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}},$$

где B — ширина открытого проема укрытия или оборудования в *мм*;

H — высота открытого проема укрытия или оборудования в *мм*;

b — ширина водяного факела в *мм*;

α — угол водяного факела;

b — длина факела в *мм*;

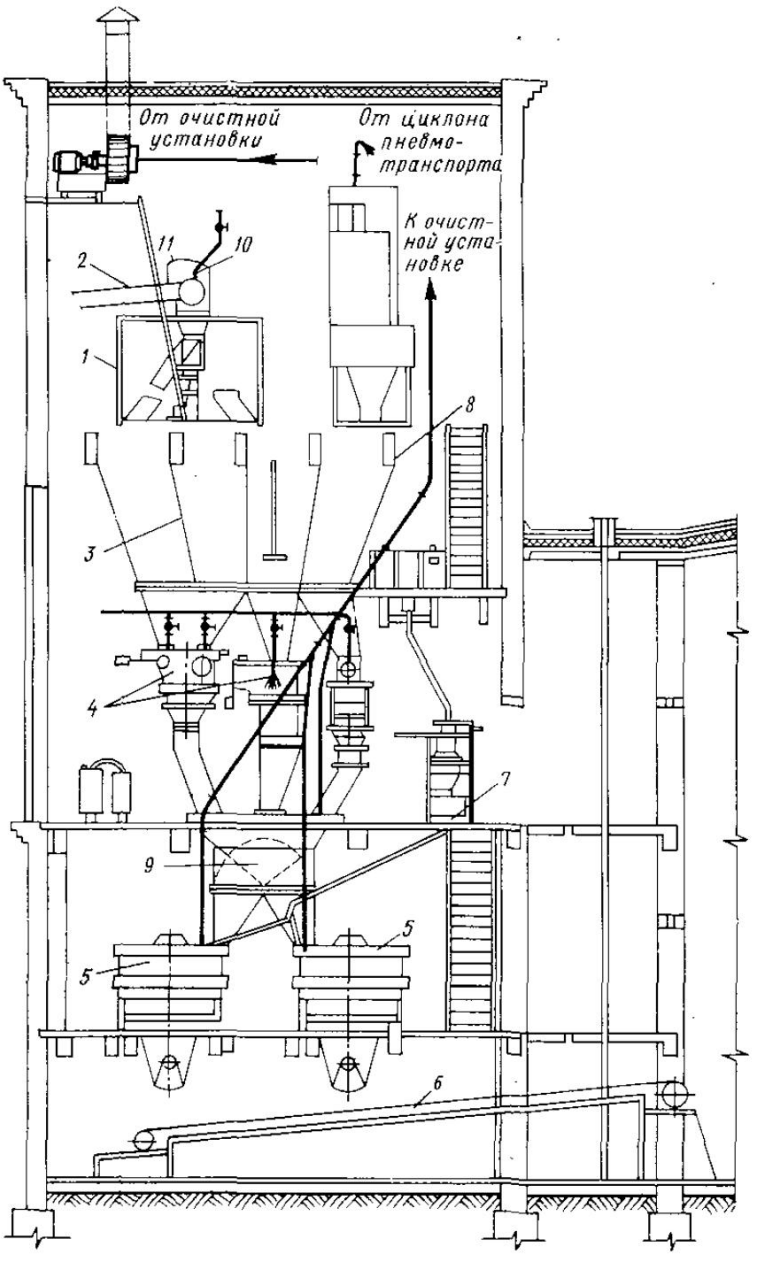


Рис. 7. Принципиальная схема аспирации и гидрообеспыливания бетоносмесительного цеха

1 — поворотная воронка; *2* — транспортерная лента; *3* — бункер инертных материалов; *4* — весовой дозатор; *5* — бетономешалка принудительного действия; *6* — транспортер для бетона; *7* — дозатор; *8* — бункер; *9* — сборно-приемная воронка; *10* — форсунка; *11* — отбойный лоток

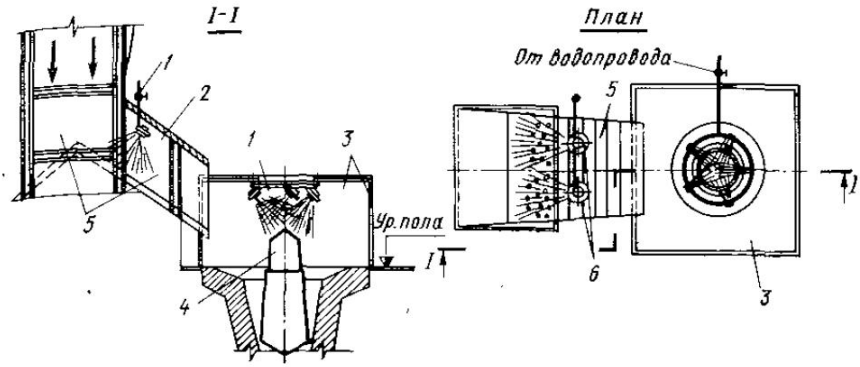


Рис. 8. Схема гидрообеспыливания дробилки

1 — гребенка с форсунками; *2* — укрытие течки; *3* — укрытие; *4* — дробилка; *5* — течка; *6* — отверстия для установки форсунок

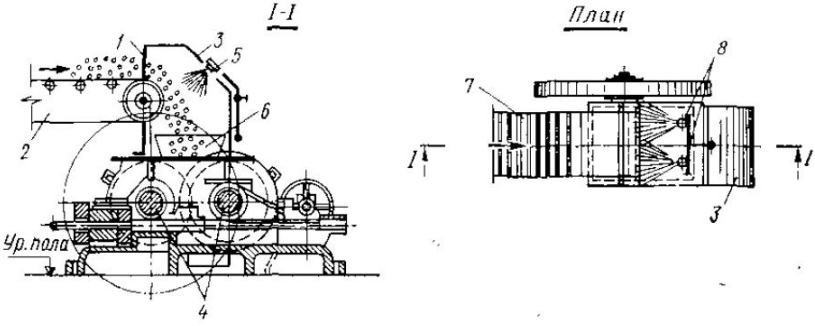


Рис. 9. Схема гидрообеспыливания валковой дробилки

1 — брезент; *2* — питатель; *3* — укрытие; *4* — оси валков; *5* — гребенка с форсунками; *6* — приемная течка дробилки; *7* — пластинчатый питатель; *8* — отверстия для установки форсунок

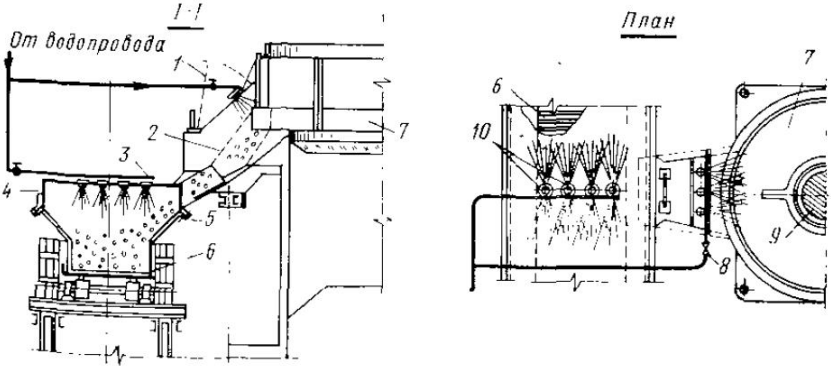


Рис. 10. Схема гидрообеспыливания течки из дробилки на пластинчатые питатели

1 — откидной фартук течки; *2* — течка; *3* — гребенка с форсунками; *4* — укрытие; *5* — прокладка; *6* — пластинчатый питатель; *7* — дробилка; *8* — разъемное соединение; *9* — конус; *10* — отверстия в укрытиях для форсунок

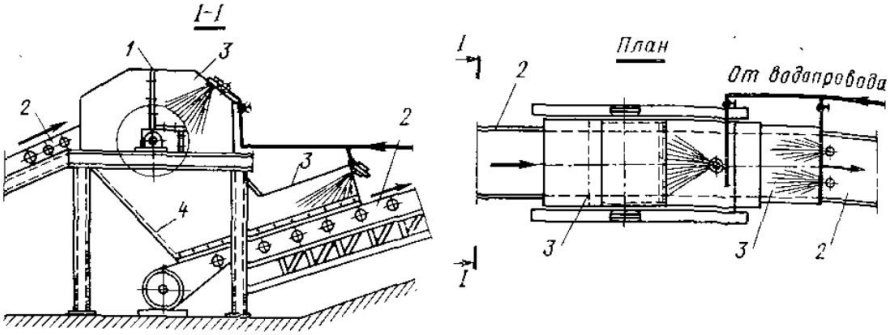


Рис. 11. Схема гидрообеспыливания перепада с транспортера на транспортер
1 — прокладка; *2* — транспортер; *3* — укрытие; *4* — течка

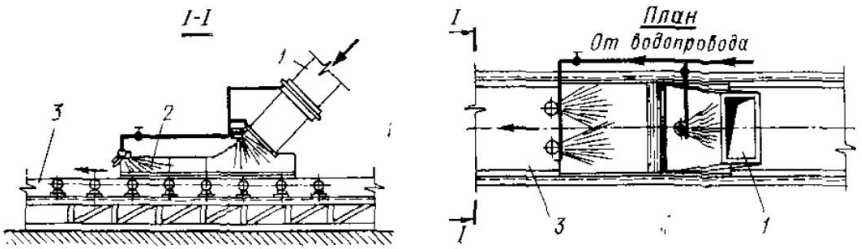


Рис. 12. Схема гидрообеспыливания течки на ленточный транспортер
1 — течка из дробилки; *2* — укрытие; *3* — транспортер

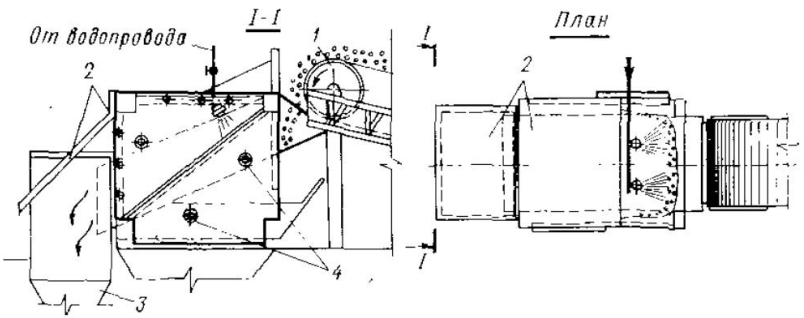


Рис. 13. Схема гидрообеспыливания вибрационного грохота
1 — головка транспортера; *2* — укрытие; *3* — течка в дробилку; *4* — смотровое окно

при $\frac{H}{B} > 1$

$$n = 2\frac{B}{l} = \frac{B}{l\,\mathrm{tg}\,\frac{\alpha}{2}},$$

при $\frac{H}{B} > 2$

$$n_1 = 3\frac{B}{b} = \frac{1{,}5B}{l\,\mathrm{tg}\,\frac{\alpha}{2}}.$$

Места для расположения форсунок у очагов пылеобразования рекомендуется выбирать исходя из следующих условий:

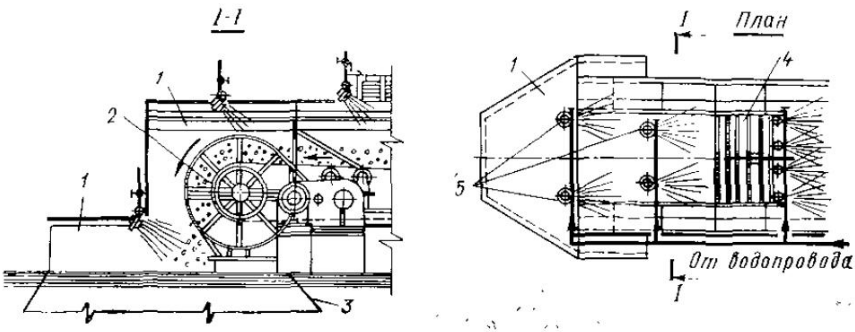


Рис. 14. Схема гидрообеспыливания перепада с пластинчатого питателя

1 — укрытие; *2* — головка пластинчатого питателя; *3* — течка на транспортер или на питатель; *4* — пластинчатый питатель; *5* — отверстия в укрытии для установки форсунок

водяной факел должен быть направлен у входа в укрытие параллельно потоку материала, у выхода из укрытия — навстречу потоку материала;

водяной факел не должен выходить за пределы ограждений укрытий и оборудования;

места установки форсунок должны быть доступны для свободного осмотра, ремонта и очистки.

Каждый из узлов гидрообеспыливания должен быть оборудован приборами для пуска и регулировки расхода воды. В качестве пусковых приборов рекомендуется применять сальниковые краны; пусковые приборы должны располагаться у рабочих мест. Водоснабжение узлов предусматривается от самостоятельной магистрали или от внутрицеховой водопроводной сети.

Проектирование сетей водоснабжения производится по существующим нормам.

При использовании для гидрообеспыливания воды из промышленного водопровода, содержащей механические примеси, на центральном узле управления должны быть установлены в трубах сетки

с ячейками 1 *мм*. При отсутствии необходимого напора во внутренних системах водоснабжения (2—3 *кгс/см*^{2}) следует предусматривать установки для повышения давления в узлах гидрообеспыливания.

Принципиальная схема аспирации и гидрообеспыливания бетоносмесительного цеха, а также схемы отдельных узлов основного технологического оборудования представлены на рис. 7—15.

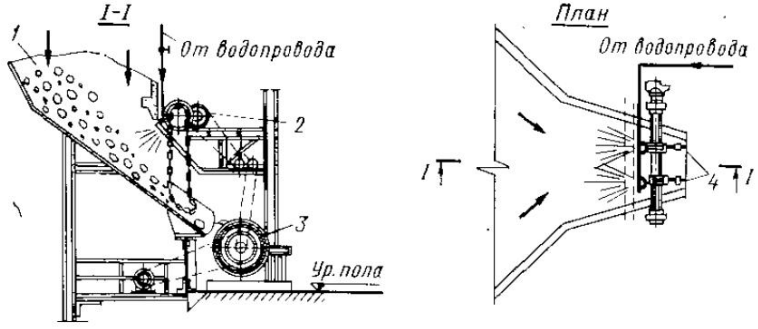


Рис. 15. Схема гидрообеспыливания цепного питателя
1 — разгрузочный бункер; *2* — цепной питатель; *3* — дробилка; *4* — цепи

В системах гидрообеспыливания должны быть предусмотрены:

1) включение узлов управления увлажнения при включении соответствующего производственного оборудования;

2) выключение этих узлов увлажнения при выключении или при холостом ходе производственного оборудования.

§ 14. ПНЕВМАТИЧЕСКАЯ УБОРКА

Пневматическая пылеотсасывающая установка состоит из отсасывающего сопла, гибкого шланга и вентилятора с электродвигателем. Сопла могут изготавливаться из алюминия или пластических масс.

Для уборки пыли с полов и горизонтальных плоскостей рабочих площадок применяют сопло с полками (рис. 16), для стен и других строительных конструкций — сопло-воронку (рис. 17), для уборки пыли от производственного оборудования — набор различных сопл в зависимости от формы и конструкции оборудования (рис. 18). Вес сопла с рукояткой должен быть не более 1,5 *кг*. Объемы отсасываемого воздуха приведены в табл. 18.

Сопло присоединяется к резиновому гибкому армированному шлангу $d = 38 \div 50$ *мм* с гладкой внутренней поверхностью. Вес шланга должен быть не более 0,5 *кг* при $d = 38$ *мм* и 0,7 *кг* при $d = 50$ *мм*. Длина шлангов 12—15 *м* (изготавливают шланги на Свердловском заводе резинотехнических изделий).

Гидравлическое сопротивление сопла и шланга H (*мм вод. ст.*) определяется по формуле

$$H = 115\,000 \left(\frac{L}{d^2}\right)^2,$$

где L — количество отсасываемого воздуха в *м*³/*ч*;
d — внутренний диаметр шланга в *мм*.

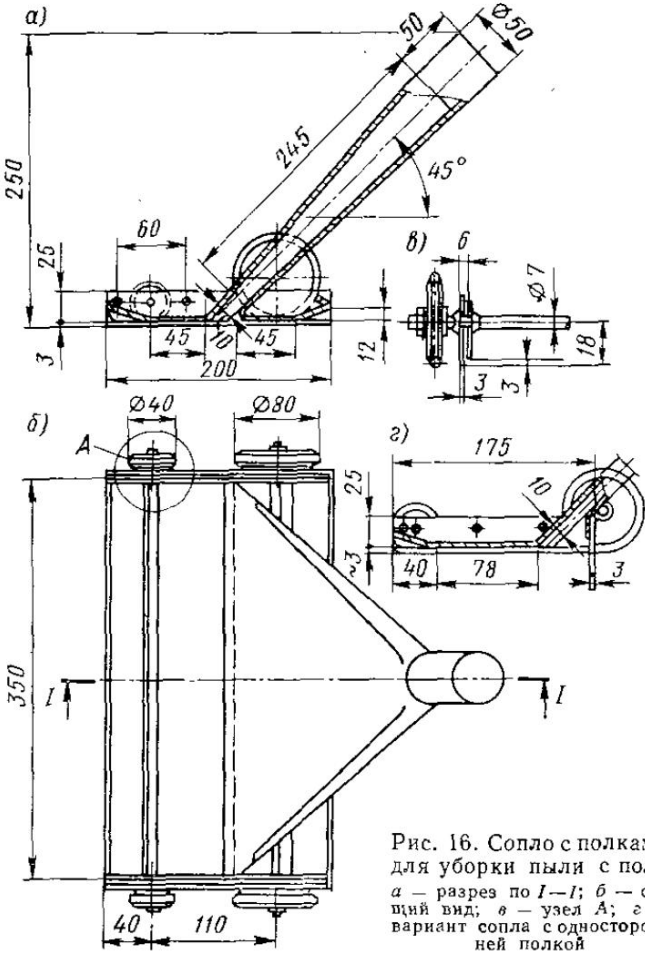


Рис. 16. Сопло с полками для уборки пыли с пола

а — разрез по *I—I*; *б* — общий вид; *в* — узел *А*; *г* — вариант сопла с односторонней полкой

Гибкие шланги присоединяются к трубопроводам центральной пневматической системы пылеуборки. Трубопроводы применяются из стальных бесшовных труб (ГОСТ 8732—70 и ГОСТ 8734—58), соединяемых на резьбе с обваркой соединительных муфт.

После монтажа система должна быть испытана на гидравлическое давление, равное 3 *кгс/см*². Шланги к магистральным трубопро-

водам присоединяются при помощи специальных штуцеров (рис. 19). При определении диаметров магистральных трубопроводов скорость движения воздуха принимается на горизонтальных участках равной 18—20 *м/сек*, на вертикальных — 8—14 *м/сек*. Гидравлический расчет пылесосных установок производится для чистого воздуха по

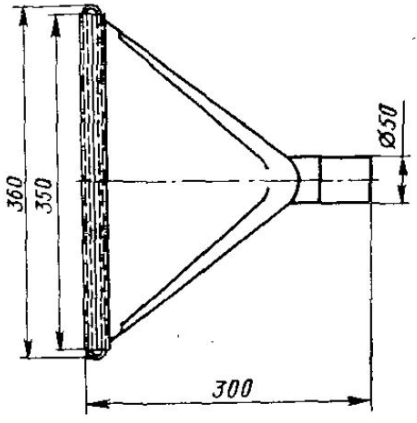


Рис. 17. Сопло для уборки пыли со стен

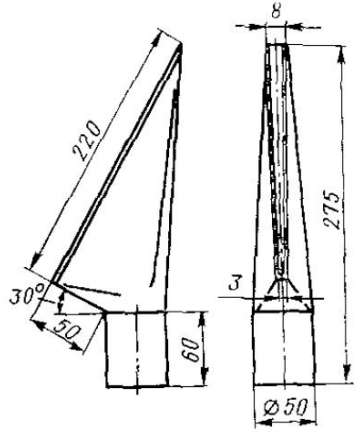
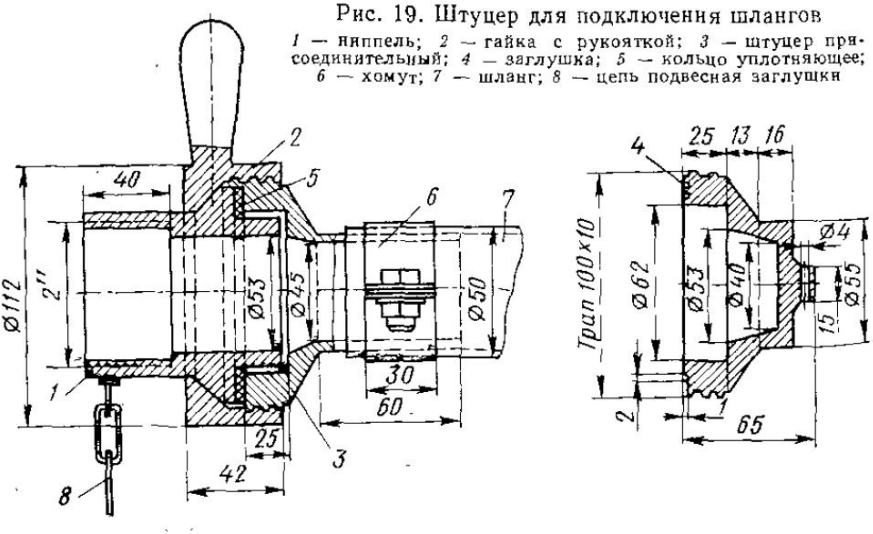


Рис. 18. Сопло для уборки пыли с оборудования

Рис. 19. Штуцер для подключения шлангов

1 — ниппель; *2* — гайка с рукояткой; *3* — штуцер присоединительный; *4* — заглушка; *5* — кольцо уплотняющее; *6* — хомут; *7* — шланг; *8* — цепь подвесная заглушки



номограмме Теплопроекта, составленной для расчета воздухопроводов. Полученное по расчету значение гидравлического сопротивления трубопроводов принимается с коэффициентом $K = 1{,}1 \div 1{,}4\mu$, где μ — отношение веса пыли к весу воздуха.

Таблица 18

Объемы воздуха, отсасываемого соплами

Тип сопла	Скорость воздуха в *м/сек*	Объем отсосов воздуха в $м^3/ч$	Продолжительность уборки кварцевой пыли слоем до 1 *мм* с 1 *м*
Для уборки пыли с горизонтальной плоскости при сечении щели 350×5 *мм*	35—40	220—250	2,5
Для уборки стен при щели 350×8 *мм*	10—12	100—120	6,0
Для уборки оборудования при щели 220×3÷8 *мм*	35—45	140—180	0,6

При расчете сопротивления отдельных ответвлений системы трубопроводов должны быть увязаны между собой; допустимая невязка — 10%. Полученное по расчету общее сопротивление установки должно быть увеличено на $K = 1,2 \div 1,3$, который учитывает подсосы воздуха в системе.

Обычно производительность пылеотсасывающей установки составляет 1500—2000 $м^3/ч$ при разрежении до 4000—5000 *мм вод. ст.* В настоящее время в качестве побудителей тяги применяются вакуум-насосы РМК-3 и РМК-4. Применение эжекторных установок в системах пылеуборки экономически нецелесообразно ввиду низкого коэффициента полезного действия этих установок.

Таблица 19

Коэффициенты трения для стальных трубопроводов

Наименование материала	Объемный вес в $кгс/м^3$	Коэффициент трения
Гравий	1,5—1,9	0,75—0,84
Известняк	1,19—2,0	0,56—1,00
Камень, клинкер	0,5—2,0	0,58—0,84
Песок	1,23—1,9	0,46—0,80
Цемент	0,9—1,6	0,45—0,65
Шлак	0,6—1,0	0,40—1,19
Щебень	1,32—2,0	0,47—0,63

Удаляемый воздух перед выбросом в атмосферу должен быть очищен от пыли. Для этого применяется двухступенчатая очистка в циклонах с мокрой пленкой или в рукавных фильтрах. Отсасывающий насос устанавливается после циклонов и фильтров. Пылеотсасывающая установка располагается в изолированном отапливаемом помещении. Смешивание разных пылей, а также сухой и влажной пыли в одной установке недопустимо.

В табл. 19 приведены коэффициенты трения, необходимые для расчета стальных трубопроводов. При расчете рекомендуется брать меньшие значения K.

Пневматическая уборка применяется во всех случаях и особенно тогда, когда использование воды невозможно из-за отсутствия канализации.

§ 15. ВЛАЖНАЯ УБОРКА

Уборка цеха производится при помощи форсунок, распыляющих воду над плоскостью пола, или поливочных кранов диаметром 19—25 *мм*. Расходы воды составляют: при работе форсунок 3 *л*, при работе поливочных кранов — 1,5 *л* на 1 $м^2$ площади пола и стен.

На заводах нерудных строительных материалов для отвода воды должно быть предусмотрено устройство лотков 250×250 *мм*, перекрытых съемными крышками, или половых трапов диаметром 100 *мм*. Уклон лотков принимается равным 0,01. Свободный напор поливочного крана определяется по гидравлическому расчету, но должен быть не менее 10 *м*.

Отвод смывной воды с верхних этажей следует производить по специальным стоякам диаметром 100 *мм* в лотки первых этажей, из которых вода после предварительного отстоя отводится в производственную или ливневую канализацию. Замена отводных лотков на трубопроводы нежелательна, так как может быть причиной засорения отводных труб.

Применение трубопроводов допустимо в исключительных случаях при условии, если длина отдельных участков не превышает 10 *м* при уклоне 10%; на поворотах обязательна установка ревизий и прочисток.

При влажной уборке стен помещений, полов, конструкций и оборудования пыль смывается водяной струей, подаваемой от системы внутреннего водопровода шлангом диаметром 25 *мм* со специальным насадком из 1—3 форсунок. В неотапливаемых помещениях влажная уборка заменяется пневматической. Влажную уборку производственных помещений рекомендуется делать с подачей воды на пол форсунками с автоматическим пуском. Исключение составляют помещения, насыщенные оборудованием, с большим количеством работающих при небольшой производственной площади помещения; в этих случаях для влажной уборки применяются поливочные краны диаметром 25 *мм*. Так как при самотечном отводе смывных вод из помещения образуются наносы из осадка, необходимо применять гидропобуждение. Расход воды на гидропобуждение составляет 1,5 *л/сек*, в зумпфах — 0,5 *л* при продолжительности работы гидропобудителей 30 *сек*. Общее периодическое увлажнение воздуха помещений производится при помощи форсунок центробежного типа, размещаемых в верхней зоне помещения, водопроводной водой. Периодичность работы зависит от климатических условий, наличия избыточных тепловыделений.

Глава IV

ЗАВОДЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

§ 16. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Основными производственными цехами современных заводов железобетонных изделий являются арматурный, помольно-смесительный и формовочный цехи. В зависимости от принятой технологической схемы и объема производства бетоносмесительный узел и арматурный участок решаются в блоке с формовочным цехом. При изготовлении изделий из обычных силикатных бетонов в формовочном цехе должны быть предусмотрены отделения для гидротермической обработки бетона и отделки изделий. Кроме этих цехов, значительный объем занимают транспортные надземные и подземные галереи, склад инертных материалов, открытые полигоны для гидротермической обработки изделий и целый ряд мелких вспомогательных зданий. Все производственные и вспомогательные помещения, не характерные с точки зрения устройства систем отопления и вентиляции для данного производства, как-то ремонтно-механические, компрессорные и др., в данной главе не рассматриваются.

Все производственные и вспомогательные помещения бетонных заводов и цехов должны иметь независимо от степени загрязнения в них воздуха надлежащую вентиляцию. На местах выделения пыли и влаги оборудуется местная вытяжная механическая вентиляция. В отделениях с избыточными тепло-влаговыделениями (по подогреву заполнителей бетона, мокрому помолу клинкера), кроме местных вытяжных устройств, следует устраивать естественную, а при невозможности ее устройства—механическую вытяжку из верхней зоны.

Для обеспечения подвижности воздуха в рабочей зоне пыльных помещений (надбункерное, дозировочное, бетоносмесительное отделения) не более 0,2—0,3 *м/сек* приточный воздух подается в верхнюю зону помещения с малыми скоростями — до 1,5 *м/сек*.

Приточный воздух в помещениях с избытками влаговыделений (по подогреву заполнителей бетона, мокрому помолу клинкера) рекомендуется подавать в две зоны: в нижнюю — с подогревом до температуры, близкой к температуре рабочей зоны, и в верхнюю — с подогревом до температуры 35—40° С. В прочих помещениях воздух подается равномерно в рабочую зону.

Подаваемый в помещения воздух в холодное время года должен быть подогрет с учетом нормируемой температуры воздуха в дан-

ном помещении. Забор наружного воздуха надо производить на высоте не менее 2 *м* от земли с наветренной стороны зданий в местах, не загрязненных различными вредностями, в случае невозможности этого приточный воздух следует очищать. Удаляемый из помещений запыленный воздух перед выбросом в атмосферу также очищают.

Для многопролетных зданий в теплый период года в зависимости от габаритов цехов, количества пролетов, наличия или отсутствия фонарей наряду с естественным притоком допускается и механический приток наружного воздуха.

Расположение в плане и по высоте приточных насадков для сосредоточенной подачи воздуха следует принимать, учитывая размещение в цехе крупногабаритного оборудования (мостовые краны, бетоновозные эстакады и др.) и мест длительного нахождения рабочих (проходы между оборудованием, рабочие площадки над кассетами, у стендов, пропарочных камер и др.).

В соответствии с основными данными, разработанными в типовых проектах для заводов железобетонных конструкций, в табл. 20 при-

Таблица 20

Показатели расхода тепла, электроэнергии и сжатого воздуха на 1 $м^3$ железобетонных конструкций

Наименование производственных помещений	Расход		
	пара в *кг*	электроэнергии в *квт*	сжатого воздуха в $м^3$
Склад заполнителей при мощности завода в тыс. $м^3$:			
20—70	17—29	0,63—1,92	Нет
30—200	26—35	0,95—1,3	»
Склад цемента в тыс. $м^3$:			
20—70	Нет	0,32—1,68	0,14
30—200	»	1,2—1,6	—
Арматурный цех мощностью в тыс. $м^3$:			
20—70	»	0,55—6,98	0,29—0,53
30—200	»	53—73 на 1 *т* арматуры	Нет
Бетоносмесительный цех мощностью в тыс. $м^3$:			
20—70	8—10,5	0,77—1,17	2,72—4,18
30—200	11—24	12—14	2,60—3,20
Формовочный цех (поточно-агрегатное производство) мощностью в тыс. $м^3$:			
20—70	224—273	3,32—6,30	12,10—20,82
30—200	220—350	Нет	10—14
Формовочный цех (стендовое производство) мощностью в тыс. $м^3$:			
20—70	181—241	8—12,9	12,10—17,48
30—200	185—240	Нет	12—14

Примечание. В таблице указан расход технологического пара. Приведенные данные взяты из типовых проектов заводов железобетонных изделий (№ 4—09—345 на 21,3 тыс. $м^3$; № 4—09—137 на 53,7 тыс. $м^3$; № 4—09—621 на 72 тыс. $м^3$).

Таблица 21

Показатели тепловлаговыделений, объемов приточно-вытяжной вентиляции для заводов железобетонных изделий различной технологии и производительности

Наименование производств	Производительность в год	Тепловыделения в ккал/ч	Влаговыделения в кг/ч	Требуемый воздухообмен в $м^3$/ч	
				летом	зимой
Агрегатно-поточное производство железобетонных конструкций для промышленного строительства с двумя формовочными постами 3 × 6 *м*	30 тыс. $м^2$	245 000 265 000	360	224 000 150 000	57 000
Агрегатно-поточное производство железобетонных панелей стен и покрытий для промышленного строительства с двумя формовочными постами 3 × 12 *м*	40 тыс. $м^3$	331 500 351 500	370	280 000 197 000	58 000
Агрегатно-поточное производство железобетонных конструкций для домов серии 1-464А с двумя формовочными постами 2 × 6 *м*	140 тыс. $м^2$	126 400 146 400	174	170 000 86 000	36 000
Агрегатно-поточное производство керамзитобетонных наружных стеновых панелей для домов серии 1-464А	140 тыс. $м^2$	257 000 277 000	480	240 000 157 000	75 000
Агрегатно-поточное производство силикатнобетонных конструкций для домов серии 1-464А	70 тыс. $м^2$	407 000 427 000	154	320 000 238 000	36 000
Агрегатно-поточное производство железобетонных панелей перекрытий и наружных стеновых панелей из ячеистого бетона для домов серии 1-468А	70 тыс. $м^2$	407 000 427 000	154	320 000 238 000	36 000
Агрегатно-поточное производство железобетонных панелей перекрытий керамзитобетонных наружных стеновых панелей для домов серии 1-468А	70 тыс. $м^2$	282 500 302 500	400	253 000 170 000	63 000
Агрегатно-поточное производство наружных стеновых панелей покрытий из ячеистых бетонов для промышленного строительства	40 тыс. $м^3$	229 000 249 000	121	225 000 142 000	36 000
Стендовое производство предварительно напряженных линейных конструкций для промышленного строительства	10 тыс. $м^3$	153 000 173 000	150	184 000 100 000	36 000
Производство железобетонных напорных труб (без арматурного отделения) методом гидропрессования	11 тыс. $м^3$	177 000 197 000	170	196 000 114 000	36 000
Кассетное производство железобетонных панелей внутренних стен и перекрытий для домов серии 1-464А	140 тыс. $м^2$	455 800 475 800	650	348 000 263 000	102 000
Кассетное и стендовое производство железобетонных конструкций и отделение сборки санитарно-технических кабин для крупнопанельных домов серии 1-468А	70 тыс. $м^2$	166 000 186 000	180	191 000 108 000	36 000
Производство арматуры для изделий:					
крупнопанельного домостроения	—	173 000 193 000	—	140 000 112 000	36 000
промышленного строительства	—	173 000 193 000	—	140 000 112 000	36 000

ведены показатели расходов тепла, электроэнергии и сжатого воздуха на 1 $м^3$ железобетонных конструкций по каждому цеху, складу в отдельности.

Для ориентировочных предварительных расчетов в табл. 21 приведены показатели тепловлаговыделений, объемов приточно-вытяжной вентиляции для заводов железобетонных изделий различной технологии и производительности.

§ 17. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА

При определении теплового баланса отапливаемых помещений следует иметь в виду:

1. В помещениях бункеров помольно-смесительных цехов надо учитывать теплопоглощение стенками бункеров, заполняемых холодными материалами (цементом и др.), и тепловыделения через стенки бункеров, загружаемых предварительно нагреваемыми заполнителями, а также через стенки баков с горячей водой и шламом.

При расчетах считают, что бункера заполнены на $^1/_3$ высоты. Температуру наружных поверхностей следует принимать равной: для бункеров песка 5° С, для бункеров щебня 20° С, для водяных баков 60° С, для бункеров цемента —2, —4, —6° С соответственно для районов с расчетной температурой наружного воздуха для холодного периода —20, —30 и —40° С.

Температуру остальной части бункеров, т. е. $^2/_3$ высоты, принимают при открытом надбункерном помещении равной расчетной отопительной температуре наружного воздуха. Эти теплопотери оцениваются в пределах 130—150 *ккал/ч* на 1 $м^2$ поверхности бункеров.

При составлении теплового баланса производственных помещений следует учитывать также поглощение или выделение тепла материалами, перемещаемыми на неукрытых конвейерах.

2. В арматурных цехах при расчете теплового баланса учитываются потери тепла на нагрев поступающих в цех материалов и выделение тепла от производственного оборудования.

Тепловыделения от производственного оборудования принимаются:

от электрооборудования	$0{,}25 \times 860\ N_1$,	*ккал/ч*
» сварочных аппаратов	$0{,}1 \times 860\ N_2$,	»
» электроконтактных машин	$0{,}25 \times 860\ N_3$,	»

где N_1 — суммарная мощность установленного электрооборудования в *квт*; N_2, N_3 — соответственно суммарная мощность одновременно работающих сварочных аппаратов и электроконтактных машин в *квт*.

3. В формовочных цехах следует учитывать выделение тепла от обращенных в помещение нагретых поверхностей ямных и туннельных камер, стендов, прокатных станов, автоклавов (с изоляцией),

воздуховодов горячего воздуха (заполненных паровоздушной смесью или горячим воздухом) и от открытых торцов конвейерных туннельных камер:

$$Q = kF\Delta t,$$

где k — коэффициент теплопередачи конструкции ограждения в *ккал/м²·ч·град*;

F — площадь поверхностей в *м²*;

Δt — разность температур среды установки и воздуха помещения в *град*.

Среднюю температуру паровоздушной смеси или воздуха в ямных камерах, стендах, работающих по циклическому графику, следует определять по формуле

$$t_{ср} = \frac{\left(\frac{t_{уст} + t_{нагр}}{2}\right) z_{нагр} + t_{из} z_{из} \left(\frac{t_{из} + t_0}{2}\right) z_0}{z_{нагр} + z_{из} + z_0},$$

где $t_{уст}$ — начальная температура воздуха в установке в *град*;

$t_{нагр}$ — температура нагрева изделий в *град*;

$t_{из}$ — температура изотермической выдержки изделий в *град*;

$t_о$ — температура остывания изделий в установке в *град*;

$z_{нагр}$, $z_{из}$, $z_о$ — продолжительность каждого из циклов в *ч*.

Значения F, t и z принимают по данным технологического процесса.

Для туннельных камер конвейерного типа следует принимать средние температуры по зонам нагрева, выдержки и остывания.

Тепловыделения от поверхностей паровых камер, кассет, карманов стендов, неизолированных поверхностей автоклавов и других поверхностей следует определять по формуле

$$Q = \alpha F \Delta t,$$

где α — коэффициент теплоотдачи соответствующих поверхностей в *ккал/м²·ч·град*;

F — площадь соответствующих поверхностей оборудования в *м²*;

Δt — разность температур нагретых поверхностей и воздуха помещения в *град*;

F и Δt — принимают по данным технологического процесса.

Тепловыделения от остывающих в цехе изделий следует определять по формуле

$$Q = V\gamma c \left[\left(\frac{t_0 + t_к}{2} - t_п\right)\right],$$

где V — объем остывающих изделий в *м³/ч*;

γ — объемный вес остывающих изделий в *кг/м³*;

c — теплоемкость изделий (для бетона $c = 0{,}25$) в *ккал/кг·град*;

t_0 и $t_к$ — начальная и конечная температуры остывания в *град*;

$t_п$ — температура помещения в *град*.

Тепловыделения от электрооборудования и поступление тепла от солнечной радиации следует принимать по действующим нормативным документам.

Количество пара, поступающего в помещение, принимают по данным технологического процесса с учетом поступления пара через неплотности коммуникаций, а также через затворы и неплотности в установках для обработки изделий.

Количество тепла, поступающего в помещение за счет циркуляции воздуха в торцах туннельных конвейерных камер, следует определять по приводимой ниже методике.

Количество воздуха L (*м³/сек*), циркулирующего в торцах туннельных камер непрерывного действия, следует вычислять по формуле

$$L = \frac{2}{3}\mu a \sqrt{2g\,\frac{\gamma_н - \gamma_{вн}}{\gamma_п}}\,h_1^3,$$

где μ — коэффициент расхода, определяемый по графику в зависимости от коэффициента заполнения торцевых проемов камер;

a — ширина торцевого проема камеры в *м*;

g — ускорение силы тяжести в *м/сек²*;

$\gamma_н$ и $\gamma_{вн}$ — удельный вес воздуха вне и внутри проема камеры в *кг/м³*;

h_1 — расстояние от нейтральной оси до верхней или нижней грани торца камеры в *м*.

Количества приточного и удаляемого воздуха должны быть приняты равными.

Расстояние от нейтральной оси до верхней или нижней грани торца камеры следует определять по формуле

$$h_1 = \frac{h}{1 + \sqrt{\left(\frac{\mu_1}{\mu_2}\right)^2 - \frac{\gamma_н}{\gamma_{вн}}}},$$

где h — высота камеры в *м*;

μ_1 и μ_2 — коэффициенты расхода воздуха на входе и выходе в нижней и верхней частях торца камеры.

Тогда количество воздуха G (*кг/сек*), циркулирующего в торцах туннельных камер непрерывного действия, будет:

$$G = \frac{2}{3}a\mu_1\mu_2\sqrt{\frac{2g\Delta\gamma\gamma_{вн}\gamma_н h^3}{\sqrt[3]{\mu_2^2\gamma_{вн}} + \sqrt[3]{\mu_1^2\gamma_н}}}.$$

Коэффициент заполнения торцевых проемов камер следует определять по формуле

$$k_з = \frac{F_з}{F_к},$$

где $F_з$ — площадь, занимаемая изделиями, вагонетками, в $м^2$;
$F_к$ — площадь торца камер в $м^2$.

Графики зависимости коэффициента расхода μ от коэффициента заполнения торцевого проема камеры $k_з$ приведены на рис. 20.

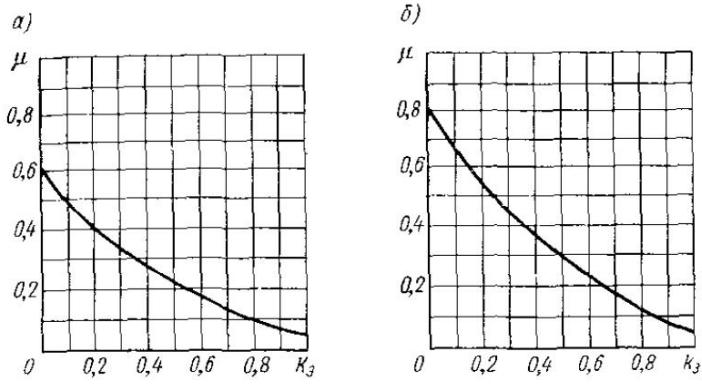


Рис. 20. Графики зависимости коэффициента расхода μ от коэффициента заполнения торцевого проема камеры $K_з$
а — на входе в камеру; *б* — на выходе из камеры

Для ориентировочных расчетов допускается принимать следующие параметры воздуха (табл. 22).

Таблица 22

Температурно-влажностные режимы

Характер движения материалов	В помещении		В камере	
	температура в *град*	относительная влажность в %	температура в *град*	относительная влажность в %
Загрузка	20	60	55	85
Разгрузка	20	60	40	70

По указанным данным по I — d-диаграмме надлежит определять количества тепла и влаги, поступающие в помещение цеха через торцы конвейерных туннельных камер.

Тепло-влаговыделения, определенные по указанным выше формулам, следует принимать: при наличии в торцах штор с коэффи-

циентом 0,44, при наличии в торцах воздушных завес — с коэффициентом 0,12.

Для герметизации проемов в торцах туннельных камер (конвейерного типа) и снижения тепло-влаговыделений рекомендуется предусматривать устройство штор (жалюзи) и воздушных завес по нижеприведенной схеме.

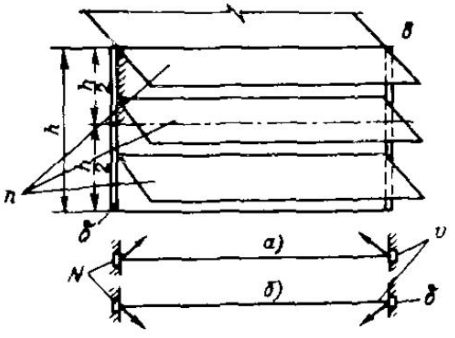


Рис. 21. Схема герметизации проемов в торцах туннельных камер

Схема герметизации проемов в торцах туннельных камер приведена на рис. 21. Приняты следующие условные обозначения:

n — шторы, автоматически открывающиеся и закрывающиеся;

δ — щели воздушной завесы;

B — проем в торце туннельной камеры;

N — направление потоков воздушной завесы: *а* — в верхней половине — вовнутрь камеры; *б* — в нижней половине — в цех;

v — скорость выхода струи из завесы, равная 7—10 *м/сек*.

§ 18. АРМАТУРНЫЙ ЦЕХ

Основное оборудование цеха составляют правильно-очистные станки, аппараты для сварки качественными электродами, станки для электроконтактной сварки.

В процессе выполнения таких операций, как правка, очистка и резка арматурной стали, сварка сеток и каркасов, приварка закладных элементов, выделяются металлическая пыль, окислы марганца и азота, а также окись углерода.

Для поддерживания нормального состояния воздушной среды в рабочей зоне помещения проектируются аспирация от пылящего оборудования с последующей очисткой удаляемого воздуха, местные отсосы от фиксированных сварочных постов и сдувка пыли сжатым воздухом.

Для удаления загрязненного воздуха от стационарных сварочных постов наиболее целесообразно применять панели равномерного всасывания при скорости движения воздуха в живом сечении панели от 3,5 до 4 *м/сек*.

В тех случаях, когда в цехе есть нефиксированные рабочие места, где производится сварка с использованием качественных электродов марки ОМ-5, ЦМ-7, ЦМ-8, К-5 и УОНИ-13, требуется устройство общеобменной вентиляции.

Объем общеобменной вентиляции при этих условиях следует определять:

а) при рассосредоточенной подаче приточного воздуха в нижнюю зону — 5 000 $м^3/ч$ на 1 *кг* сжигаемых электродов;

б) при сосредоточенной подаче приточного воздуха — 6 000 $м^3/ч$ на 1 *кг* сжигаемых электродов;

в) при отсутствии данных о расходе электродов — 36 000 $м^3/ч$ на каждые 100 $м^2$ площади этих участков;

г) на участках электроконтактной сварки при работе сварочных станков — 100 $м^3/ч$ на 1 *квт* расходуемой энергии.

Для снижения концентраций окислов азота и других вредностей в рабочей зоне у одноточечных станков электроконтактной сварки, не оборудованных местными отсосами, допускается предусматривать сдувку пыли от рабочих мест сжатым воздухом.

Система вентиляции арматурного цеха проектируется приточно-вытяжной с механическим побуждением. Воздух подается в рабочую зону через насадки. Если при таком способе подачи воздуха выделяющиеся вредности будут сдуваться в зону дыхания рабочих, то подачу приточного вентиляционного воздуха следует осуществлять по перфорированному воздуховоду. Воздух подается в рабочую зону со скоростью 0,3—0,5 *м/сек*. Большая скорость имеет место, когда в цехе есть избыточные тепловыделения. Наличие в цехе кранового хозяйства или особенности строительных конструкций цеха исключают возможность наружной прокладки воздуховодов. В этих случаях следует рекомендовать прокладку воздуховодов в подпольных каналах, что значительно улучшает санитарно-эстетические условия цеха. Кроме местных отсосов, должна быть предусмотрена механическая вытяжка из верхней зоны не менее двукратного обмена. В теплый период года приточный воздух подается естественным путем через открывающиеся фрамуги стенового остекления цеха. При этом расчетные объемы вентиляции следует проверить по избыточному теплу.

§ 19. ПОМОЛЬНО-СМЕСИТЕЛЬНЫЙ ЦЕХ

В состав помольно-смесительного цеха входят следующие основные производственные отделения.

Отделение помола номовой извести (при цехе обжига извести)

Здесь установлены транспортеры, элеваторы, бункера извести и песка, дробилки и мешалки.

В процессе дробления, составления сухой смеси, транспортирования выделяется пыль извести и песка. Локализация пылевыделения в значительной степени достигается увлажнением песка в местах перегрузки, а также аспирацией укрытий мест пересыпки извести и дробильно-смесительного оборудования.

Отделение помола компонентов и приготовления бетонных смесей

Это отделение, в свою очередь, состоит из:

а) надбункерного, оборудованного транспортными агрегатами и шлакомешалками.

В процессе работы оборудования происходит выделение пыли заполнителей, цемента и извести. Методы локализации очагов пылевыделения такие же, что и выше, т. е. увлажнение заполнителей в местах перегрузки и аспирация;

б) дозировочного, оборудованного расходными бункерами и подвесными дозирующими устройствами.

В процессе работы выделяется пыль заполнителей, цемента, извести, алюминия. Локализация пылевыделения осуществляется путем увлажнения заполнителей при загрузке дозаторов и аспирации сборных воронок под дозаторами для сухих компонентов;

в) смесительного, оборудованного бетоно-растворосмесительными агрегатами и транспортными сооружениями. В процессе работы выделяются пыль сухих компонентов и влага. Для локализации мест выделений применяется аспирация бункеров-сборников и смесительных агрегатов.

Для надбункерного, дозировочного и смесительного отделений количество приточного наружного воздуха следует принимать в объеме 80% производительности одновременно действующих аспирационных отсосов в соответствующих помещениях;

г) помольного, где устанавливаются мельницы для сухого и мокрого помола, сборники и пневмонасосы. В процессе работы выделяются пыль извести и влага. Проектируется аспирация мельниц сухого помола и шнеков;

д) бетоновозной эстакады, оборудованной ленточными транспортерами, контейнерами, пневмотранспортными коммуникациями.

Воздухообмен проектируется из расчета ассимиляции влаги, испаряющейся с открытых влажных поверхностей конструкций и транспортируемого бетона.

Помольно-смесительное отделение

Приточная вентиляция помольно-смесительных цехов должна решаться независимо от вентиляции смежных производственных цехов и отделений. Приточный воздух подается в верхнюю зону по перфорированным воздуховодам с малыми скоростями. Скорость движения в рабочей зоне не должна превышать 0,15—0,20 *м/сек*. Подача приточного воздуха из формовочного цеха в смежно расположенные помольно-смесительные цехи через приточные проемы даже по балансу недопустима. Разрезы вентиляции помольно-смесительного цеха показаны на рис. 22.

При загрузке бункеров увлажненным материалом допускается применять естественную вытяжную вентиляцию (характеристика

Таблица 23

Расчетные величины физических показателей основных строительных материалов

Наименование	Объемный вес в *кг/м³*	Коэффициент теплопроводности в *ккал/м²·ч·град*	Удельная теплоемкость в *ккал/кг·град*
Железобетон	2500	1,4	0,2
Бетон с каменным щебнем или гравием	2400	1,25	0,2
Бетон с кирпичным щебнем	2000	0,9	0,2
Крупнопористый беспесчаный бетон	1900	0,85	0,2
Шлакобетон на топливных шлаках	1600	0,6	0,2
	1600	0,65	0,19
	1400	0,55	0,18
	1200	0,45	0,18
	1000	0,35	0,18
Шлакобетоны на доменных гранулированных шлаках	1800	0,55	0,18
	1600	0,4	0,18
	1200	0,4	0,18
Керамзитобетон	1400	0,4	0,21
	1200	0,4	0,21
	1000	0,3	0,21
	800	0,25	0,21
Бетоны ячеистые автоклавные (газобетон, пенобетон)	1000	0,34	0,2
	800	0,25	0,2
	600	0,18	0,2
	400	0,13	0,2
	300	0,11	0,2
Гипсобетон из доменных гранулированных шлаков	1000	0,32	0,19
То же, на котельном шлаке	1300	0,48	0,19
Пеногипс	500	0,16	0,2
Газогипс			
Песок (сухой)	1500	0,16	0,2
Сталь строительная	1600	0,5	0,2
Щебень из гранита	7800	50	0,115
Щебень из тяжелых известняков	2800	3	0,22
Цементно-песчаный раствор или штукатурка	1700	0,8	0,22
	1800	0,8	0,2
То же, из песка, извести и цемента	1700	0,75	0,2
То же, из песка и извести	1600	0,7	0,2
То же, шлаковый раствор	1400	0,55	0,18
	1200	0,45	0,18

местных отсосов указана в гл. II, табл. 8). Приведенные данные могут быть дополнены Указаниями по проектированию санитарно-технических устройств основных цехов заводов огнеупоров СН 245—70. Скорости движения воздуха в местах присоединения аспирационных воронок к укрытиям и производственному оборудованию приведены в гл. II, табл. 9.

При трехсменной работе помольно-смесительного цеха на складе завода должен быть предусмотрен комплект запасного вентиляционного оборудования.

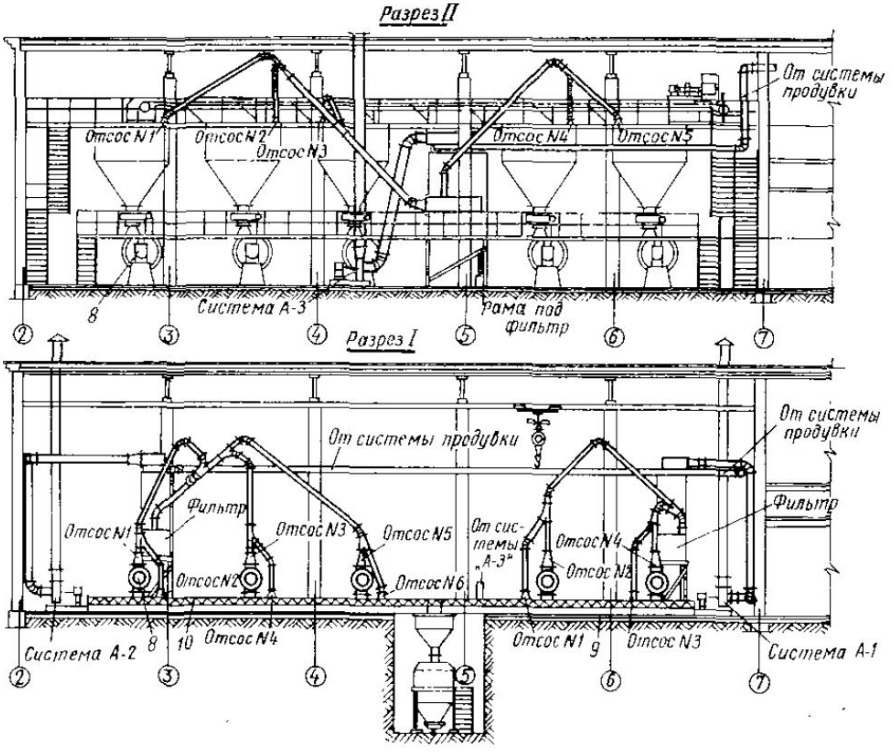


Рис. 22. Вентиляция помольно-смесительного цеха

В табл. 23 приведены расчетные величины физических показателей основных строительных материалов.

§ 20. ФОРМОВОЧНЫЙ ЦЕХ

В формовочном цехе производятся формовка изделий в виброкассетных формах, гидротермическая обработка их в ямных камерах и отделка. В процессе этих работ одновременно выделяются тепло и влага.

В формовочных цехах следует проектировать приточную вентиляцию для ассимиляции избыточных тепло-влаговыделений. Устройство приточно-вытяжной вентиляции в этих цехах обязательно и требует тщательного расчета, так как плохая работа приточно-вытяжной вентиляции может быть причиной активного конденсатообразования на внутренней поверхности стен и перекрытия, что при-

водит к разрушению строительных конструкций. Локализация указанных вредностей достигается средствами местной вытяжной и общеобменной механической вентиляции.

Для уменьшения количества выделяющегося в помещении избыточного тепла нагретые поверхности крышки ямных камер, стендовых и кассетных форм, паровых камер и паропроводов должны быть теплоизолированы. Температура теплоизолированных поверхностей должна быть не более 45° С.

Бункера для заполнителей бетона должны находиться под разрежением. От бункеров для подогрева заполнителей бетона необходимо предусмотреть постоянный отвод воды в канализацию.

Места попадания заполнителей бетона из бункеров подогрева на ленту транспортера и транспортера подачи материалов к расходным бункерам должны быть укрыты от водяных паров.

Объемы вентиляционного воздуха при совместном выделении тепла и влаги в формовочных цехах заводов железобетонных изделий определяются по количеству тепла Q и влаги G (табл. 24).

При отсутствии автоматического регулирования теплового режима значения тепло-влаговыделений определяются с введением поправочных коэффициентов K. В табл. 25 показан коэффициент K, учитывающий долю тепло-влаговыделений, оказывающих влияние на состояние воздушной среды в рабочей зоне.

Коэффициенты m принимают в зависимости от направления воздушных струй приточных установок цеха: при подаче приточного воздуха под углом вниз коэффициент $m = 1{,}2$, при направлении струи параллельно покрытию $m = 0{,}9$. При автоматическом регулировании значения Q и G принимаются с $K = 0{,}6$.

Следует учитывать влаговыделения от влажных поверхностей полов, площадок, форм, бетонных изделий до и после тепловой обработки и от водяных затворов по формуле (см. гл. II, § 6.)

$$G_{\text{исп}} = (a + 0{,}0174v)(P_2 - P_1)F.$$

Температуру остывающих изделий и площадь поверхностей, подлежащих учету, следует принимать по данным технологического процесса, а температуру воды в водяных затворах — в среднем равной 60° С.

Расчетную площадь поверхностей транспортирующих устройств для свежего бетона следует принимать: для контейнеров — с коэффициентом 1,5, для транспортеров — с коэффициентом 2,5.

Влаговыделения через открытые торцы туннельных конвейерных камер, а также количество пара, поступающего в помещения, надлежит определять, руководствуясь указаниями, изложенными в § 17.

Учитывая совместное выделение тепла и влаги в рабочей зоне помещений $Q_{\text{р.з}}$ (в *ккал/ч*) и $G_{\text{р.з}}$ (в *кг/ч*), количество их для определения производительности общеобменной вентиляции следует вычислять по формулам:

$$Q_{\text{р.з}} = KQ;$$
$$G_{\text{р.з}} = KG.$$

Таблица 24

Удельные тепло-влаговыделения в формовочных цехах с различными установками для тепловой обработки изделий

Вид установки	Единица измерения	Тепловыделения в цех в *ккал/ч*	Влаговыделения в цех в *кг/ч*
Ямные пропарочные камеры	1 $м^3$ камеры	2250	2,4
Стендовые формы	1 $м^3$ стенда	7640	8
Кассеты:			
а) типа Гипростройиндустрии, заглубленные напольные	1 кассета емкостью около 1 $м^3$	32 000 37 000	25,7 33
б) типа ВКМ-1-В1 НИАТ, напольные	То же	26 650	37,5
в) типа ЦДП (лестничные марши), напольные	1 кассета емкостью 0,25 $м^3$	11 000	10
Автоклавы:			
а) в отдельном помещении	Автоклав длиной 17,5 *м*, диаметром 2 *м*	105 000	62
б) в общем помещении с формовкой и остыванием изделий	То же	400 000	475
Прокатный стан системы Н. Я. Козлова:			
а) с металлическим основанием	1 стан с технологической вентиляцией производительностью 24 000 $м^3/ч$	360 000	360
б) с бетонным основанием и закрытой камерой	То же, с вентиляцией производительностью 22 000 $м^3/ч$	250 000	66
Туннельные камеры			
А. Конвейерные:			
а) в общем помещении цеха:			
количество камер в блоке — 2, жалюзи в торцах камер имеются	1 $м^3$ бетона в изделиях	136 000	170
количество камер в блоке — 1, жалюзи в торцах камер отсутствуют	То же	220 000	245
б) в отдельных помещениях, примыкающих к формовочному помещению:			
количество камер в блоке — 6, жалюзи в торцах камер отсутствуют	1 $м^3$ бетона в изделиях	120 000	92

Вид установки	Единица измерения	Тепловыделения в цех в *ккал/ч*	Влаговыделения в цех в *кг/ч*
в) по помещению формовки	1 $м^3$ бетона в изделиях	44 000	30
г) по помещению загрузки камер	То же	21 000	22
Б. Тупиковые количество камер в блоке — 1, жалюзи в торцах камеры отсутствуют	1 $м^3$ гипсошлаковых перегородок	190 000	180

Примечания:

1. Тепло-влаговыделения надлежит определять по ямным камерам, стендам, кассетам, автоклавам, находящимся в цикле тепловой обработки изделий (нагрев, выдержка, остывание).
2. По ямным камерам с автоматическим регулированием режима тепловой обработки изделий величины тепло-влаговыделений следует принимать с коэффициентом 0,6.

Таблица 25

Значение коэффициента K для расчета общеобменной вентиляции формовочных цехов

Вид установки	Значение K		
	$m = 0,9$	$m = 1$	$m = 1,2$
Ямные пропарочные камеры	0,58	0,65	0,78
Стендовые формы	0,63	0,70	0,84
Туннельные камеры	0,36	0,40	0,48
Автоклавы	0,54	0,60	0,72
Кассеты заглубленные	0,45	0,50	0,60
Кассеты напольные для рабочей зоны:			
на отметке 1,5 *м*	0,36	0,4	0,48
на отметке 4 *м*	0,54	0,6	0,72
Прокатные станы	0,36	0,4	0,48

При наличии в цехе установок для тепловой обработки изделий, которые характеризуются различными значениями удельных тепловлаговыделений, величины $Q_{р.з}$ и $G_{р.з}$ определяются из выражений:

$$Q_{р.з} = K_1Q_1 + K_2Q_2 + K_3Q_3 + \ldots + K_nQ_n;$$
$$G_{р.з} = K_1G_1 + K_2G_2 + K_3G_3 + \ldots K_nG_n.$$

Значения Q_1, Q_2, Q_3 и K_1, K_2, K_3 приведены в табл. 24 и 25.

По полученным значениям $Q_{р.з}$ и $G_{р.з}$ определяется количество наружного приточного воздуха, которое необходимо подать в цех для ассимиляций избыточного тепла и влаги. Расчет производится для трех периодов года: зимнего, переходного и теплого.

Подачу наружного воздуха, подогретого в холодный период года, следует предусматривать установками с сосредоточенной подачей воздуха через насадки и переменным углом наклона к полу цеха (для обеспечения сезонного регулирования подвижности воздуха в рабочей зоне).

Расчет объемов вентиляции производится по $I - d$-диаграмме (рис. 23; см. вклейку).

Пример. Определить объем приточного воздуха для формовочного цеха при следующих данных: количество выделяющегося избыточного тепла 235 000 *ккал/ч*, влаговыделения 1250 *кг/ч*.

Расчетное состояние наружного воздуха: $t_1 = 20°$ С, $\varphi_1 = 57\%$, $d_1 = 8{,}5$ *г/кг*.

Местные укрытия отсутствуют. Технологический процесс не предъявляет специальных требований к воздуху помещения.

Решение. Выделение в помещение влаги происходит за счет тепла испаряющейся жидкости. Количество скрытого (неявного) тепла

$$Q = 1250\,(595 + 0{,}46 \cdot 35) = 765\,000 \text{ ккал/ч}.$$

Направление процесса определяется лучом углового масштаба:

$$\varepsilon = \frac{\Delta I}{\Delta d} = \frac{Q}{G},$$

где ε — луч углового масштаба;
I — теплосодержание воздуха в *ккал/кг*;
Q — тепловыделения в *ккал/ч*;
G — влаговыделения в *кг/ч*.

Подставляя значения величин, находим

$$\varepsilon = \frac{235\,000 + 765\,000}{1250} = 800.$$

Этот луч должен пройти через точку *1* (рис. 23), соответствующую состоянию наружного приточного воздуха, параллельно лучу 0—800 углового масштаба. На этой линии процесса выбирается точка 2, характеризующая состояние воздуха в помещении, удовлетворяющее санитарным нормам: $t_2 = 24°$ С, $\varphi_2 = 7{,}0\%$, $d_2 = 13{,}5$ *г/кг*, $I_2 = 13{,}8$ *ккал/кг*.

Необходимый воздухообмен

$$L = \frac{Q}{I_2 - I_1} = \frac{G}{d_2 - d_1} = \frac{1\,250\,000}{13{,}5 - 8{,}5} = 250\,000 \text{ кг/ч}.$$

Примечания: 1. Если на линии процесса изменения состояния воздуха в помещении не представляется возможным выбрать состояние воздуха, удовлетворяющее санитарным нормам, то необходимо строить процесс иначе. Пусть допустимое состояние воздуха в помещении будет, например, в точке *3*: $t_3 = 20°$ С, $\varphi_3 = 80\%$, $d_3 = 12$ *г/кг*, $I_3 = 12{,}0$ *ккал/кг*.

Проводим через эту точку линию процесса *3—4* тепло-влагопоглощения в помещении параллельно лучу 0—800. В этом случае целесообразно наружный воздух охладить в приточной камере рециркулируемой водой. Процесс охлаждения в камере пойдет по линии *1—4* ($I = \text{const}$). Точка *4* пересечения линии *1—4* с линией *3—4* будет характеризовать состояние подаваемого в помещение воздуха: $t_4 = 18°$ С, $\varphi_4 = 70\%$, $d_4 = 9{,}3$ *г/кг*, $I_4 = 9{,}8$ *ккал/кг*.

Необходимый воздухообмен

$$L = \frac{Q}{I_3 - I_4} = \frac{G}{d_3 - d_4} = \frac{1\,250\,000}{12 - 9{,}3} = 463\,000 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

2. Если допустимое состояние воздуха будет характеризоваться, например, точкой *5*: $t_5 = 26°$ С, $\varphi_5 = 50\%$, $d_5 = 10{,}8$ *г/кг*, $I_5 = 12{,}8$ *ккал/кг*, то в этом случае следует наружный воздух нагреть в приточной камере. Процесс нагрева пройдет по линии *1—6* (d_{const}). Точка *6* пересечения этой линии с линией *5—6* процесса тепло-влагопоглощения в помещении (проведенной через точку *5* параллельно лучу 0—800) будет характеризовать состояние подаваемого в помещение воздуха: $t_6 = 24°$ С, $\varphi_6 = 43\%$, $d_6 = 8{,}4$ *г/кг*, $I_6 = 10{,}8$ *ккал/кг*. Необходимый воздухообмен

$$L = \frac{Q}{I_5 - I_6} = \frac{G}{d_5 - d_6} = \frac{1\,250\,000}{10{,}8 - 8{,}4} = 520\,000 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

После определения расчетного воздухообмена составляется проект. Общая вытяжка из формовочного цеха осуществляется из верхней зоны в объеме приточного воздуха при помощи крышных вентиляторов и вытяжных шахт, оборудованных осевыми вентиляторами. Пуск этих вентиляторов должен быть предусмотрен из рабочей зоны цеха. Использование фонарей в качестве вытяжного устройства в формовочных цехах малоэффективно ввиду незначительного теплового напора. В теплый период года приточный воздух поступает в цех естественным путем через фрамуги окон стенового остекления нижней зоны на уровне 3—3,5 *м*. Открывание фрамуг должно быть механизировано.

Камеры термической обработки оборудуются периодически работающей вытяжной вентиляцией. Вентиляция работает перед разгрузкой камер. Производительность вентилятора определяется по кратности воздухообмена, которая принимается равной 100, по формуле

$$L = V_к \cdot 100,$$

где L — производительность вытяжного вентилятора в $м^3/ч$;
$V_к$ — рабочий объем камеры в $м^3$.

Удаляемый из камер воздух притоком в цех не компенсируется.

§ 21. ЦЕХИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ БЕТОНА И СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ (ПОЛИГОННОГО ТИПА)

В цехах готовят различные по составу бетоны: пластичный, жесткий, конструктивный и товарный, которые затем автотранспортом доставляются на строительные объекты для изготовления индивидуальных конструкций. Процесс приготовления бетонов механизирован. В состав бетонного цеха входят: бетоносмесительный участок, дозировочное отделение, наклонная галерея, склады жидких добавок, заполнителей и цемента. Схема технологического процесса состоит в следующем. Заполнители бетонных смесей по конвейеру поступают в отделение загрузки бетоносмесительной

установки и через воронку распределяется по отсекам бункера. Цемент подается пневмотранспортом в загрузочное отделение, где смонтированы циклоны первой и второй ступеней очистки и рукавные фильтры. Компоненты бетона: песок, гравий, щебень и т. п. — автоматически дозируются в весовых дозаторах, установленных после бункеров. Из дозаторов смесь подается в бетономешалку. После смешения товарный бетон поступает на автотранспорт для вывоза к потребителям.

В процессе приготовления бетонов и при транспорте материалов происходит выделение пыли цемента и минеральных пылей от компонентов бетонных смесей (песок, гравий, щебень). Практически локализация пылевыделений средствами вентиляции не достигает цели. Подача приточного воздуха даже малыми скоростями может служить причиной увеличения запыленности воздуха производственных помещений. Поэтому для уменьшения количества пылевыделений в первую очередь должны быть проведены следующие мероприятия:

транспортировка материалов, поступающих для приготовления бетонов, максимально герметизирована и механизирована;

подача цемента производится пневматическим путем; технологический процесс должен быть автоматизирован, с тем чтобы количество обслуживающего производственного персонала было минимальным и не имело постоянных рабочих мест;

устроены клапаны в течках для гашения скорости падения материалов;

сухие заполнители (песок, щебень) увлажнены до 7—10% (обеспечивается системой гидрообеспыливания);

устроен байпас для перепуска вытесняемого воздуха из приемной воронки бункера бетономешалки в помещение;

устроены водяные завесы в местах подачи материалов в бетономешалку;

Таблица 26

Расход тепла на отопление цехов приготовления бетонов при $t_н = -30°$ С

Наименование	Расход тепла в *ккал/ч* при производительности цеха в *м³/ч* бетона		
	30	60	100—120
Бетоносмесительный узел	35 000	50 000	80 000
Склад цемента	10 000	15 000	25 000
Склад жидких добавок	8 000	8 000	10 000
Склад заполнителей	30 000	40 000	60 000
Итого:	83 000	113 000	175 000
Общий расход тепла на отопление в *ккал/ч·м³* бетона	2760	1900	1460—1750

устроены гибкие патрубки в местах поворотной течки.

Система вентиляции проектируется приточно-вытяжной. Механическая вытяжная вентиляция проектируется от бункеров цемента из расчета 500 $м^3/ч$ на один бункер. Естественная вытяжная вентиляция делается из верхней зоны при помощи вытяжных шахт или дефлекторов. Приточный воздух в теплый период подается естественным путем через оконные проемы, оборудованные для этой цели жалюзийными решетками. Ориентировочный расход тепла на нагрев воздуха при $t_н = -30°$ С может быть принят из расчета 25 000 *ккал/ч* на один бункер цемента.

Таблица 27

Расход воды на производственные нужды цехов приготовления бетона

Наименование	Количество воды в $м^3$
На приготовление 1 $м^3$ бетона	0,2
На мойку одной бетономешалки	1
Приготовление 1 *т* жидких добавок	0,15
Склад цемента (на 1 *т*) . . .	0,01

Расход тепла на технологические нужды (на нагрев материалов и приготовление горячей воды) следующий: для бетоносмесительного узла на 1 $м^3$ бетона—14 000, для склада жидких добавок на 1 *т* — 2800 ÷ 3000 *ккал/ч*. Общий расход тепла на технологические нужды составляет 20 000—25 000 *ккал/ч* на 1 $м^3$ бетона.

В табл. 26 приведен расход тепла на отопление в зависимости от производительности цеха, в табл. 27 — расход воды на производственные нужды.

§ 22. АСПИРАЦИЯ

Аспирационными установками называются механические вытяжные вентиляционные установки, назначением которых является удаление запыленного воздуха от укрытий технологического оборудования, мест пыления при дроблении и измельчении материалов, пересыпки материалов, сортировки и т. д.

При проектировании аспирационных систем применяется механическое удаление воздуха с очисткой его от пыли перед выбросом в атмосферу. Аспирационные установки проектируются для каждого вида пыли с минимальной протяженностью сети круглых воздуховодов. Количество отсосов, подсоединяемых к аспирационной установке, следует принимать наименьшим, исходя из необходимости прокладки вертикальных воздуховодов с ответвлениями, которые присоединяются или прокладываются под углом 45—60°, что должно соответствовать углу естественного откоса пыли, оседающей на внутренних стенках воздуховодов. Для участков воздуховодов, длина которых меньше 5 *м*, угол к горизонтальной плоскости прокладываемых воздуховодов может быть сделан меньше при условии постоянной скорости движения воздуха в воздуховодах не менее 15 *м/сек*.

Соблюдение этих требований в реконструируемых предприятиях не всегда возможно по конструктивным соображениям. В этих слу-

чаях местные децентрализованные установки с вертикальными воздуховодами могут быть заменены на централизованные системы с центральным вертикальным или горизонтальным коллекторами. Для очистки коллектора от пыли необходимо предусмотреть устройства скребков, шнеков или смыв водой. Применение смыва пыли водой наименее желательно, так как связано с загрязнением помещений и необходимостью устройства канализации.

Присоединение к вертикальному коллектору ответвлений воздуховодов должно быть тангенциальным с одним направлением вращения воздуха.

При подключении местных систем к горизонтальным или вертикальным коллекторам при расчете системы коэффициент одновременности работы местных отсосов практически принимается за единицу. Гидравлический расчет воздуховодов аспирационных установок производится по общеизвестным расчетным таблицам. В таблицах диаметры сети приняты из условий наивыгоднейшего раскроя стандартного листа кровельной стали.

В вертикальных и наклонных воздуховодах с углом наклона больше угла естественного откоса осевшей пыли скорость воздуха принимается равной 8—12 *м/сек*; в горизонтальных участках и при угле наклона меньше угла естественного откоса осевшей пыли — не менее 15 *м/сек*, в вертикальных и горизонтальных коллекторах — соответственно 5 и 8 *м/сек*. Скорость чистого воздуха принимается из условий гидравлического расчета системы в пределах 8—16 *м/сек*.

Горизонтальные участки воздуховодов рекомендуется проектировать с уклоном 10%, а присоединение к аспирационным воронкам делать вертикально или под углом не менее 60° к горизонтальной плоскости.

В аспирационных системах количество воздуха, удаляемого вытяжной вентиляционной установкой, $L_а$ ($м^3/ч$) определяется как сумма расходов воздуха, поступающего в укрытие вентилируемого оборудования с материалом, $L_э$ и воздуха, подсасываемого через неплотности укрытия из помещения, $L_н$:

$$L_a = L_э + L_н.$$

При поступлении материала из герметического оборудования, например бункера, объем воздуха, поступающего с материалом, не учитывается.

Объем воздуха, поступающий с материалом через течки, определяется по формуле

$$L_э = 0{,}04 K_у W_м v_к^2,$$

где $K_у$ — коэффициент, зависящий от конструкции укрытия, а именно: при укрытии на конвейерах с дополнительными вентилируемыми камерами, отделяющими стенки укрытия от помещения и при установке фартуков на пути движения воздуха, увлекаемого материалом, $K_у = 1{,}35$. При отсутствии вентилируемых камер и фартуков,

а также при укрытиях технологического оборудования, загружаемого через течки, $K_у = 3$;

$W_м$ — расход материала, загружаемого через течку, в *м³/ч*;

$v_к$ — скорость движения материала при входе в укрытие из загрузочной течки в *м/сек*;

$$v_к = \sqrt{19{,}62H(1-1{,}2)f\operatorname{ctg}\alpha},$$

H — высота падения материала в загрузочной течке в *м*;

f — коэффициент трения материала о поверхность течки, принимаемый по СН 245—70;

α — угол наклона течки к горизонтали в *град*.

Если течка имеет повороты, то приведенная выше формула применяется для первого участка. Значение скорости $v_к'$ для всех последующих прямых участков определяется последовательно по формуле

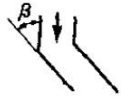
$$v_к' = \sqrt{(v_{под}K_т)^2 + 19{,}62(1-1{,}2f\operatorname{ctg}\alpha)},$$

где $v_{под}$ — скорость движения материала в конце предыдущего прямого участка загрузочной течки в *м/сек*;

$K_т$ — коэффициент, учитывающий уменьшение скорости при изменении направления движения материала (принимается по табл. 28).

Таблица 28

Значение коэффициента $K_т$ (по СН 245—70)

Схема поворота	Угол поворота β в *град*		
	30	45	60
	При уменьшении угла наклона β		
	0,85	0,69	0,45
	При увеличении угла наклона β		
	0,87	0,71	0,5

Объем воздуха $L_н$ (*м³/ч*), просасываемого через вентилируемые камеры и неплотности в укрытиях типа СИОТ на конвейерах, следует определять по формуле

$$L_н = 3600v_к(0{,}67f_к + 0{,}46f_п + 0{,}33f_з),$$

где $f_к$ — площадь поперечного сечения одной боковой вентилируемой камеры в $м^2$ (СН 245—70);

$f_п$ — площадь неплотностей в уплотнении передней торцевой стенки укрытия в $м^2$;

$f_з$ — площадь неплотностей в уплотнении задней торцевой стенки укрытия в $м^2$ (ориентировочное значение приведено в СН 245—70).

Объем воздуха $L_н$, просасываемого через неплотности в укрытиях бункеров и аспирируемых укрытиях дробильно-сортировочного оборудования, следует определять по формуле

$$L_н = 3600 F_н v_н,$$

где $F_н$ — площадь неплотностей в укрытии в $м^2$;

$v_н$ — скорость движения воздуха в неплотностях укрытий в *м/сек*.

Скорость движения воздуха в неплотностях укрытий принимается следующая (*м/сек*):

для бункеров и емких укрытий верхащековых дробилок	1
для шнеков и полностью укрытых конвейеров	1,3
для емких укрытий остального дробильно-помольного и рассевного оборудования и элеваторов	2
для неемких укрытий технологического оборудования, а также укрытий на конвейерах без боковых вентилируемых камер	0,65 $v_к$, но не менее 2

Для того чтобы пыль не попадала в помещение через неплотности конструкции укрытия, последние должны работать под разрежением. Формулы для определения величины разрежения приведены в табл. 29.

Таблица 29

Расчетные величины разрежений в аспирируемых укрытиях у мест присоединения аспирационных воронок

Тип укрытия	Значения P в $кг/м^2$
Укрытия на конвейерах типа СИОТ	$0{,}034 v_к^2$
То же, без вентилируемых камер	$0{,}065 v_к^2$
Укрытия оборудования дробильно-помольного и рассевного цехов	$0{,}143 v_н^2$
Укрытие конвейера и шнека	0,25
Элеваторы	0,2
Бункера	0,143

Таблица 30

Объемы удаляемого воздуха от основных видов оборудования

Наименование оборудования и его техническая характеристика	Объем удаляемого воздуха в $м^3/ч$	Примечание
Перепады у транспортеров (ленточных) при ширине ленты в *мм*:		1. Данные действительны для высоты перепада до 1 *м* и отношения глубины течки к ширине, равного 0,5. 2. Отсос присоединять к укрытию башмака течки, при горячих материалах допускается у головки транспортера
до 450	800	
от 450 до 600	1130	
» 600 » 900	1500	
свыше 900	2000	
Дробилки челюстные (Блек) и конусные (Саймана)	1000—1500	При механической загрузке и высоте подъема материала до 1,5 *м*
Валковые	1000	При высоте 1,5 *м*
Челюстные и валковые	Из расчета 15 *м/сек* в рабочем отверстии	При ручной загрузке
Шаровые мельницы:		
большие	2000/1000 + 850	Непрерывное действие
малые	1200/700 + 300	В числителе — при отсосе только от мельницы, в знаменателе — при одновременном отсосе от мельницы и загрузочной воронки
Бегуны диаметром в *мм*:		
1200	1200	
1600	1500	
2400	2300	
3000	2700	
Молотковые дробилки	1000—1500 из расчета 1,5 *м/сек*	Отсос от мест загрузки и выгрузки
Дезинтегратор	Борьба с пылевыбиванием путем использования вентиляционных мероприятий недостаточно эффективна. Необходимо после дезинтегратора устройство, заполненное перерабатываемым материалом (естественный затвор)	
Питатели:		
дисковый (тарельчатый)	500	Отсос от питателей всех типов устраивается от кожуха вбок или вверх
качающийся (вибрационный)	700	
ленточный (пластинчатый, фидерпитатель)	В зависимости от высоты перепада материала из питателя на транспортер	
Бункера емкостью до 100 $м^3$	3600	

Для удовлетворительной работы отсасывающих аспирационных устройств при необходимом соотношении объемов удаляемого и подсасываемого воздуха необходимо выполнение следующих условий:

1) площадь f_0 ($м^2$) каждого отверстия, соединяющая боковые вентилируемые камеры с пространством, находящимся под аспирационной воронкой, должна быть

$$f_0 = 0{,}24 f_к \sqrt[3]{v_к};$$

2) площадь отверстия f_φ между уплотняющим фартуком, установленным внутри башмака загрузочной течки, и слоем материала на конвейере должна быть

$$f_\varphi = \frac{L_э}{1200 v_к} + f_з.$$

Таблица 31

Объемы удаляемого воздуха от основных видов оборудования в зависимости от температуры материала

Наименование оборудования и его техническая характеристика	Объем удаляемого воздуха в $м^3/ч$	
	при холодном материале	при горячем материале (≈80° С)
Элеваторы шириной ковша в *мм*:		
до 300	600	800
от 300 до 400	700	1130
» 400 » 500	900	1500
» 500 » 600	1000	2000
свыше 600	1300	3150
Грохоты и сита плоские сплошные	900	1500
Вытяжной шкаф (при ручном просеивании)	Определяется по скорости в рабочем сечении шкафа	
Сита цилиндрические и полигональные (бураты) диаметром сита в *мм*:		
до 750	750	2500
от 750 до 1200	1000	3300
» 1200 » 1500	1500	5000
» 1500 » 1800	2000	6500
свыше 1800	2500	8400

Объемы удаляемого воздуха от основных видов оборудования приведены в табл. 30 и 31. В дополнение в табл. 32 приведены рекомендации по проектированию местной вытяжки от основных видов оборудования.

По графику (рис. 24) определяются объемы удаляемого воздуха из-под укрытий течек и перепадов (при $F = 0{,}165\ м^2$).*

Производительность аспирационных установок следует принимать по объему отсасываемого от укрытий воздуха с 10%-ной надбавкой на подсосы через неплотности. Надбавку на подсосы в пылеуловителях следует принимать в зависимости от характеристики последних.

Производительность вентиляторов и пылеуловителей необходимо рассчитывать на одновременную работу всех присоединенных к данной установке местных отсосов, кроме отсосов от резервного оборудования.

Монтаж аспирационных систем следует выполнять при следующих дополнительных требованиях. Центробежные вентиляторы в целях уменьшения износа лопаток надо устанавливать после пылеотделителя. Независимо от установки вентиляторов до и после пылеотделителей вентиляторы принимают только пылевые (ЦП7-40).

* Для других площадей L ($м^3/ч$) определить по графику и умножить на величину $\frac{F_1}{0{,}185}$.

Таблица 32

Рекомендации по проектированию местной вытяжки от основных видов оборудования

Производственное оборудование, отдельные пылящие места	Требования к вентиляции
Дробилка для дробления заполнителей бетона	Полное укрытие загрузочного отверстия с отсосом вверху и объемом отсасываемого воздуха (в зависимости от объема укрытия) от 500 до 1500 $м^3/ч$
Кожухи ковшовых элеваторов, шнековых и ленточных транспортеров по транспорту цемента и сухих заполнителей бетона	Отсос из башмаков и верхних кожухов головок элеваторов и транспортеров с объемом отсасываемого воздуха (в зависимости от объема кожуха) от 500 до 1500 $м^3/ч$. Скорость движения в открытых рабочих проемах должна быть не менее 1 *м/сек*
Течки (места сброса и перепада материалов) цемента и сухих заполнителей бетона	Кожух над местом перепада с отсосом вверх и объемом отсасываемого воздуха в зависимости от высоты падения материалов, угла наклона и ширины ленты транспортера
Бункера по подогреву заполнителей бетона	Полное укрытие загрузочного отверстия с отсосом вверх
Течки подогретых заполнителей бетона	Кожух над местом перепада с отсосом вверх. Скорость движения воздуха в открытых рабочих проемах кожуха должна быть не менее 0,3 *м/сек*.
Кожухи ленточных транспортеров с подогретыми заполнителями бетона	Отсос от кожуха вверх. Скорость движения воздуха в открытых рабочих проемах должна быть не менее 0,3 *м/сек*.
Места соединений расходных бункеров с цементом с дозировочными весами и весов с загрузочным отверстием бетономешалок	Вытяжная вентиляция с кольцевым воздухоприемником, максимально приближенным к местам соединений. Скорость движения воздуха в сечении воздухоприемника должна быть не менее 1 *м/сек*

При установке вентиляторов после мокрых пылеотделителей из нижней части кожуха вентилятора необходимо предусмотреть отвод воды через сифонную трубку $H = 200 \div 250$ *мм*. Внутренние части вентиляторов (кожух, колесо, лопатки) должны быть покрыты антикоррозионным составом (бакелитовый или асфальтовый лак).

Воздуховоды монтируются круглого сечения из листовой стали толщиной 1,5—3 *мм* с соединением звеньев воздуховодов и фасонных частей на фланцах. В местах возможного скопления пыли должны быть сделаны лючки 100×150 *мм* для прочистки воздуховодов сжатым воздухом от передвижной пневмоустановки. Для снижения шума вентиляторы следует устанавливать на пружинных звукоизолирующих основаниях и «плавающих плитах».

Аспирационные вентиляционные установки требуют регулировки в целях обеспечения удаления расчетного количества запылеиного воздуха. В связи с этим необходимы в определенных точках системы воздуховодов замеры давления воздуха. Конструкции лючков для замера давления воздуха с заглушкой и присоединительным ниппелем представлены на рис. 25.

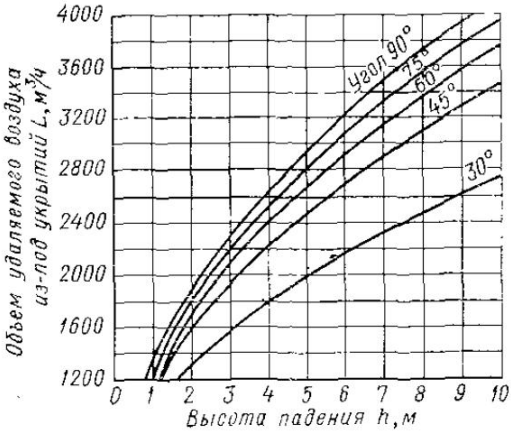


Рис. 24. График для определения объемов удаляемого воздуха из-под укрытий, течек и перепадов

Современное технологическое оборудование должно снабжаться встроенными вентиляционными отсосами заводского изготовления, а при отсутствии таковых — изготовляться на месте по рабочим чертежам. Материалом для укрытий и отсосов служит листовая сталь толщиной от 2 до 6 *мм* в зависимости от местных условий. Конструкция отсосов может быть сварной и на болтах. Конструкции местных отсосов и укрытий должны быть максимально герметичными

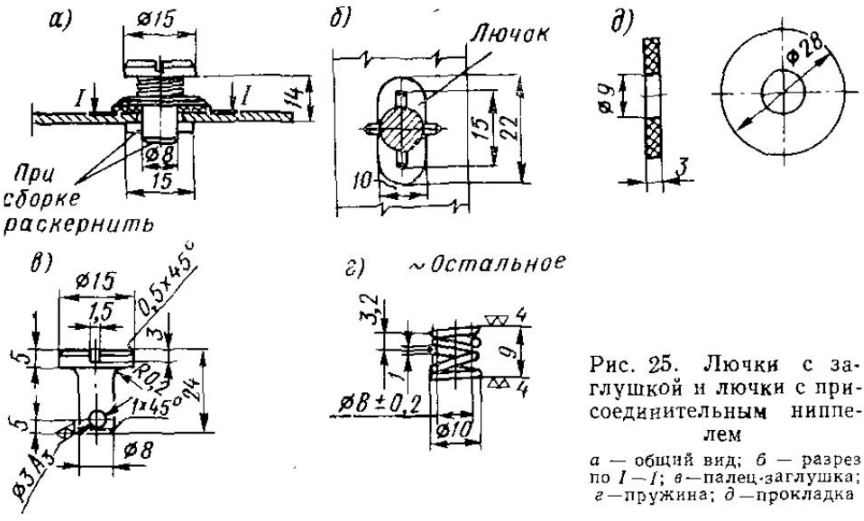


Рис. 25. Лючки с заглушкой и лючки с присоединительным ниппелем

а — общий вид; *б* — разрез по *I—I*; *в* — палец-заглушка; *г* — пружина; *д* — прокладка

и при необходимости легко заменяемыми в целом или частично по мере износа. Конструкции отсосов приведены на рис. с 26 по 39, там же даны необходимые пояснения.

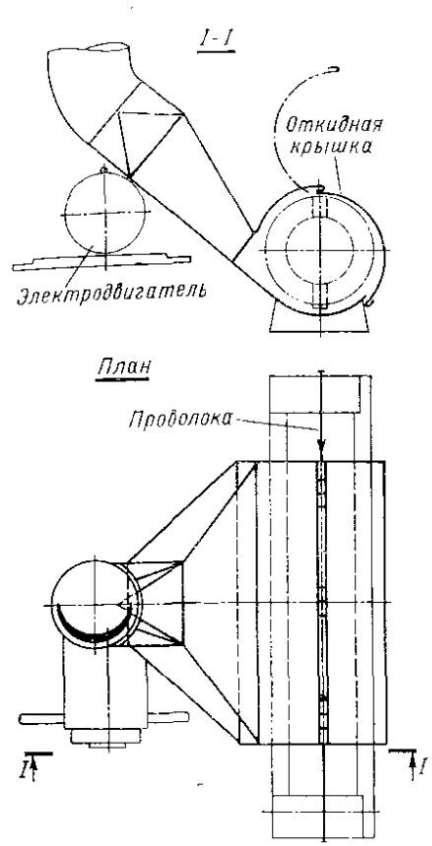


Рис. 26. Отсос от правильно-очистных станков марки С-338

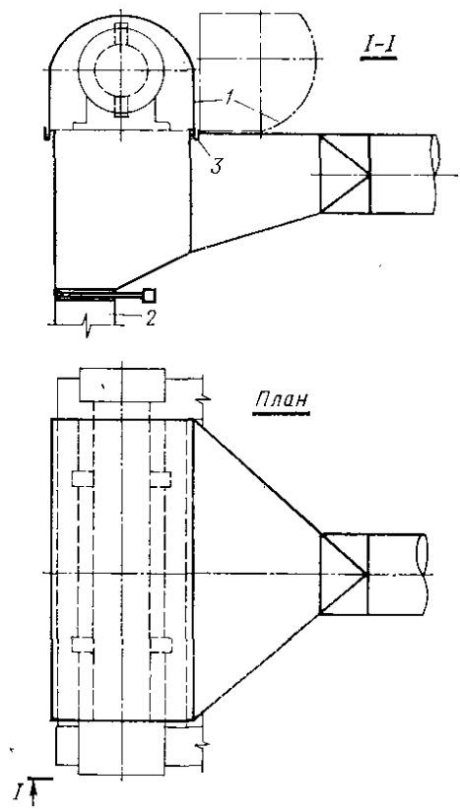
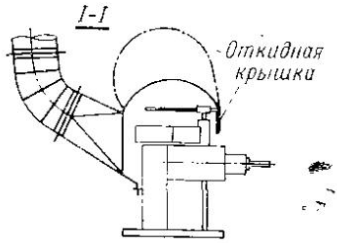


Рис. 27. Отсос от правильно-очистных станков марки АН-14 и АН-8

1 — откидная крышка; *2* — бункер для крупной пыли; *3* — шарнир



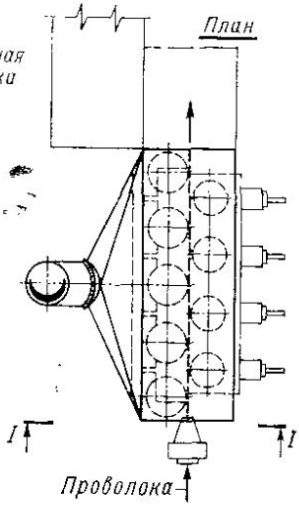


Рис. 28. Отсос от правильно-очистных станков марки И 035-8

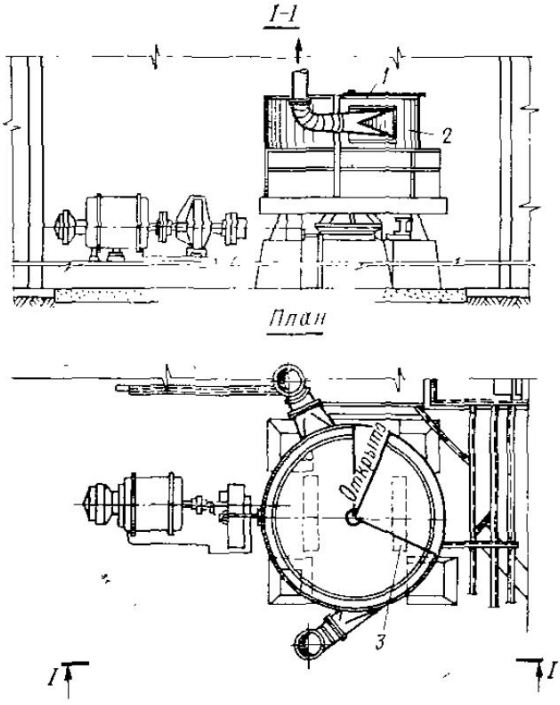


Рис. 29. Схема аспирации бегунов

1 — диск; *2* — закрытый кожух; *3* — сдвижной диск

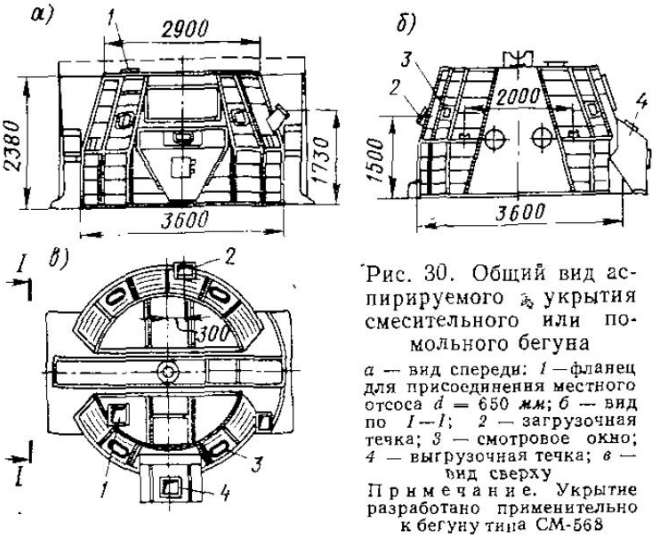


Рис. 30. Общий вид аспирируемого укрытия смесительного или помольного бегуна

а — вид спереди: *1* — фланец для присоединения местного отсоса $d = 650$ *мм*; *б* — вид по *I—I*; *2* — загрузочная течка; *3* — смотровое окно; *4* — выгрузочная течка; *в* — вид сверху

Примечание. Укрытие разработано применительно к бегуну типа СМ-568

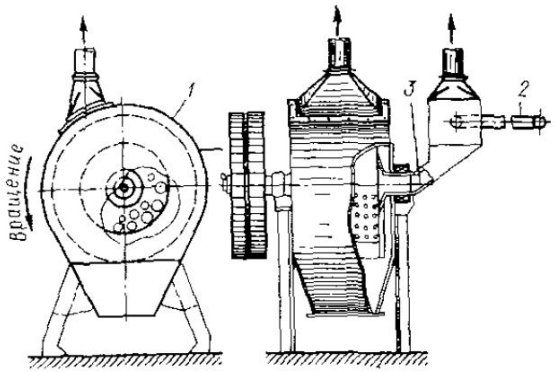


Рис. 31. Схема аспирации шаровой мельницы
1 — укрытие мельницы; *2* — питатель; *3* — полая ось

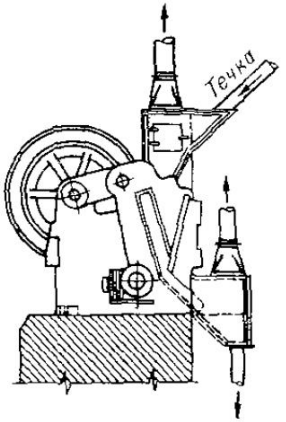


Рис. 32. Схема аспирации дробилки

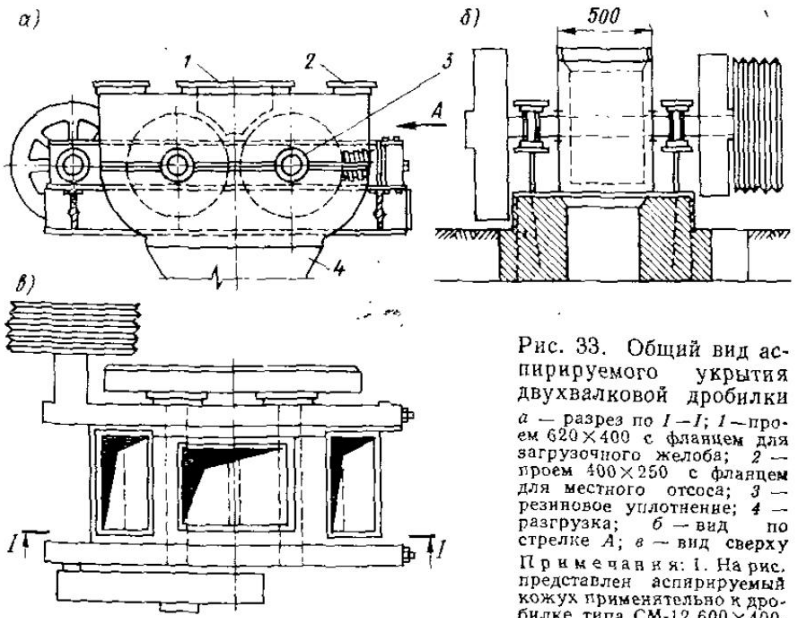


Рис. 33. Общий вид аспирируемого укрытия двухвалковой дробилки

а — разрез по *I—I*; *1* — проем 620×400 с фланцем для загрузочного желоба; *2* — проем 400×250 с фланцем для местного отсоса; *3* — резиновое уплотнение; *4* — разгрузка; *б* — вид по стрелке *А*; *в* — вид сверху

Примечания: 1. На рис. представлен аспирируемый кожух применительно к дробилке типа СМ-12 600×400.
2. В кожухе предусматривается один проем с фланцем для присоединения загрузочного желоба и два проема с фланцем для присоединения местных отсосов.
3. Выбор проема для местного отсоса осуществляется по месту в зависимости от положения загрузочного желоба

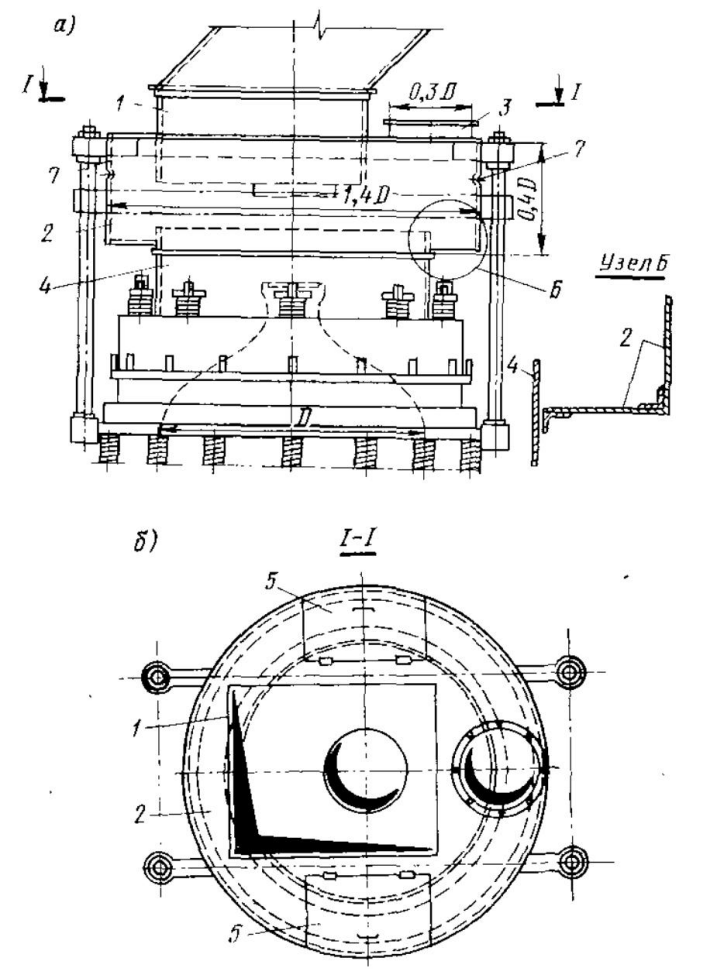


Рис. 34. Общий вид аспирируемого укрытия конусной дробилки

а — общий вид; *1* — загрузочная коробка; *2* — укрытие верах дробилки; *3* — аспирационный патрубок *4* — верхний пояс дробилки; *5* — крышки люков; *6* — узел *Б*; *7* — смотровое отверстие; *б* — вид по *I—I*

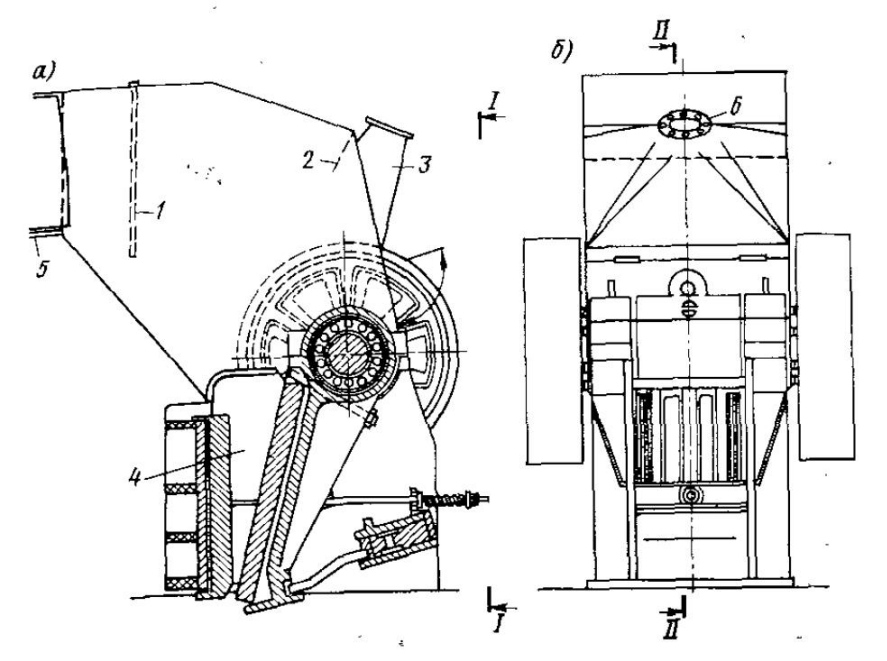


Рис. 35. Общий вид аспирируемого укрытия щековых дробилок типа ЩДС и СМ

а — разрез по *II—II*; *1* — фартук; *2* — щиток; *3* — аспирационная воронка; *4* — дробилка; *5* — питатель; *б* — разрез по *I—I*; *6* — аспирационная воронка

Примечания. 1. На рис. показан общий вид укрытия, применительно к дробилке типа СМ-116.

2. Укрытие опирается по периметру станины

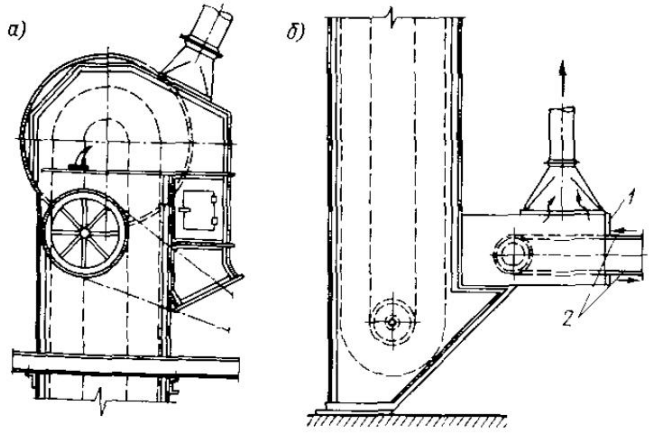


Рис. 36. Схема аспирации элеватора

а — вид головки элеватора; *б* — вид башмака элеватора: *1* — резина; *2* — лента транспортера

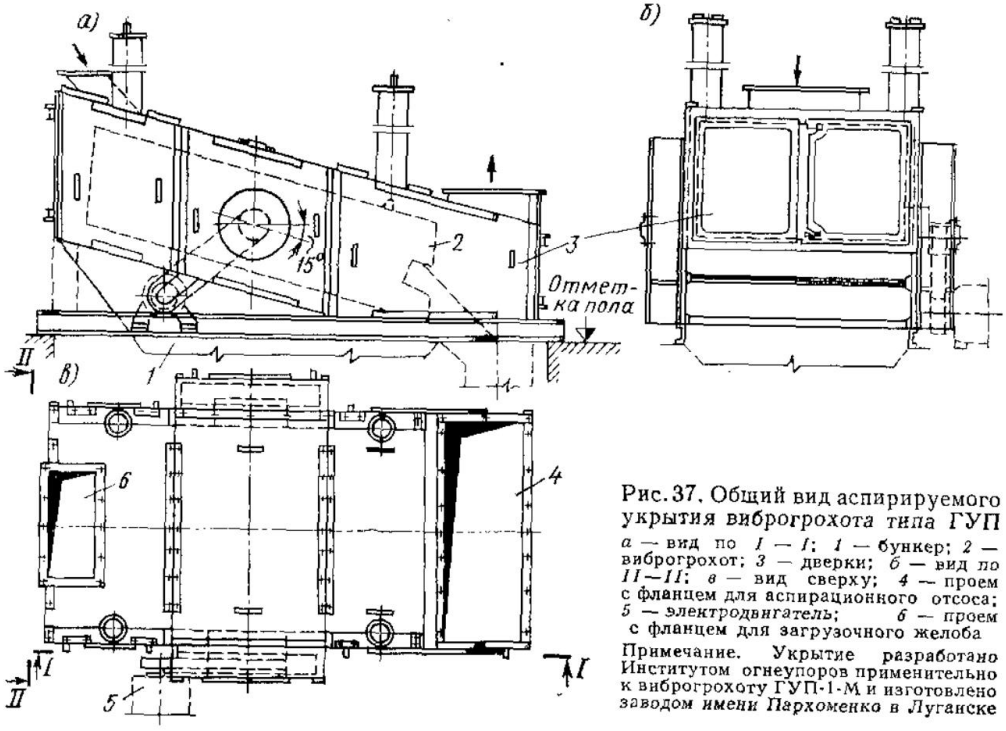


Рис. 37. Общий вид аспирируемого укрытия виброгрохота типа ГУП

а — вид по *I — I*; *1* — бункер; *2* — виброгрохот; *3* — дверки; *б* — вид по *II—II*; *в* — вид сверху; *4* — проем с фланцем для аспирационного отсоса; *5* — электродвигатель; *6* — проем с фланцем для загрузочного желоба

Примечание. Укрытие разработано Институтом огнеупоров применительно к виброгрохоту ГУП-1-М и изготовлено заводом имени Пархоменко в Луганске

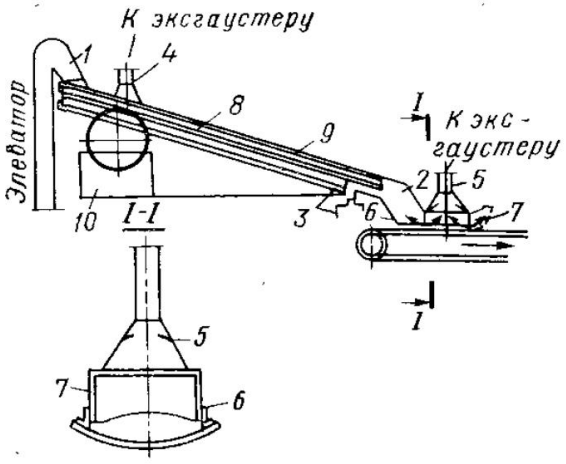


Рис. 38. Схема аспирации плоского грохота

1 — сход с элеватора; *2* — сход крупных отходов; *3* — гибкое соединение (брезент); *4* — отсос от верхней части грохота; *5* — отсос от кожуха транспортера; *6* — уплотняющее резиновое полотно; *7* — отбойный щиток; *8* — грохот; *9* — сито; *10* — приводной механизм

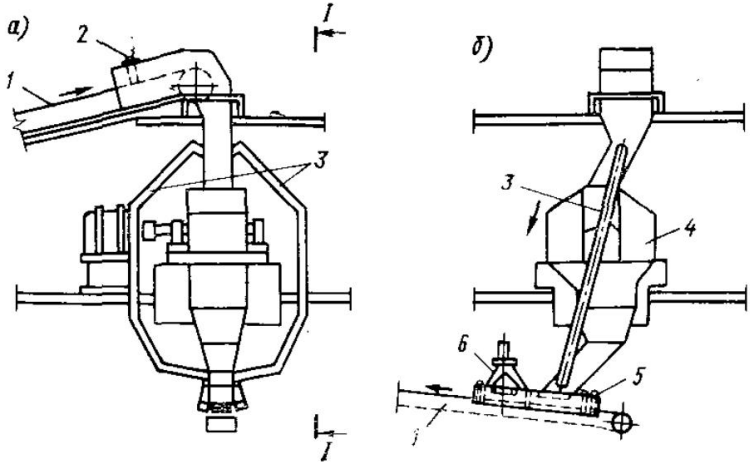


Рис. 39. Схема устройства укрытий оборудования и аспирации узла: ленточный конвейер — молотковая дробилка — ленточный конвейер

а — общий вид; *1* — ленточный конвейер; *2* — уплотняющий фартук; *3* — обводные трубы; *б* — вид по *1—1*; *4* — молотковая дробилка; *5* — укрытие типа СИОТ; *6* — аспирационная воронка

Глава V

ЗАВОДЫ ЛЕСОПИЛЕНИЯ И ДЕРЕВООБРАБОТКИ

§ 23. ЛЕСОПИЛЬНЫЕ ЦЕХИ

К числу предприятий строительной индустрии относятся лесопильные и деревообрабатывающие цехи, которые проектируются в составе крупных комплексных предприятий строительной индустрии или самостоятельных предприятий. Задачей таких предприятий является производство строительных деталей в виде древесных и оконных блоков для нужд промышленного и жилищного строительства. В состав таких предприятий входят следующие основные цехи: лесопильный с отепленным бассейном, окорочно-отжимной, раскроечный, сушильный и цехи по производству фанеры, древесноволокнистых и древесностружечных плит.*

Основной технологический процесс заключается в распиловке бревен на доски, окорке бревен, дроблении кусковых отходов и выработке из них отсортированной щепы и стружки для производства древесностружечных плит. Часть отходов, не используемых в деревообрабатывающих цехах, транспортируется для нужд гидролизного производства.

В современных лесоцехах с расходом воздуха более 6 000 $м^3/ч$, в основном в лесоцехах с окоркой бревен, транспортировка древесных отходов производится системами пневмотранспорта. Воздух удаляется от торцовочных и обрезных станков, количество которых устанавливается в зависимости от числа лесорам.

В настоящее время применяются 2-, 4-, 6- и 8-рамные лесоцехи, оборудованные лесопильными рамами РД-50, 75, 90 и 110. Строятся лесоцехи временного (полигонного) и постоянного типов. Лесоцехи полигонного типа просты по конструкции, обычно с неотапливаемой производственной частью и рассчитаны на кратковременный период эксплуатации. Лесоцехи постоянного типа со строительным объемом от 4 000 до 80 000 $м^3$ выполняются из кирпича и сборных железобетонных конструкций с применением для стен керамзитобетонных панелей, асбестоцементных фибролитовых плит и т. д.

Общими производственными вредностями, характерными для лесоцехов, являются влага на поверхности поступающих бревен, а также тепловыделения от работающих электродвигателей. Основ-

* Последние четыре цеха рассмотрены в книге Занина Е. Н. и Филиппова Ю. М. «Вентиляция и теплоснабжение предприятий строительной индустрии», Стройиздат, 1970 г.

ная вредность — тепло. В зимний период, вследствие активной инфильтрации воздуха через технологические проемы и строительные ограждения, избыточные тепловыделения локализуются. Расчетный воздухообмен по теплу определяется по переходному и летнему периодам года. Вентиляция проектируется естественной.

В зимний период года местная вытяжка от станочного оборудования притоком воздуха не компенсируется, так как обычно объем вытяжки меньше однократного объема помещения цеха.

Теплопроизводительность системы отопления определяется по тепловому балансу цеха. Имея в виду незначительную разницу в теплопотерях при $+10°$ С и дежурном отоплении $+5°$ С, можно не предусматривать выключение группы приборов, обеспечивающих в цехе во вне рабочее время внутреннюю температуру дежурного отопления.

Тепловой баланс

Суммарный расход тепла складывается из следующих слагаемых:

Q_1 — потери тепла через ограждающие конструкции здания;

Q_2 — расход тепла на нагрев воздуха, инфильтрующего через притворы окон, ворот, фонарей и дверей;

Q_3 — расход тепла на нагрев бревен, поступающих в цех,

$$Q_3 = Gc\,(t_{вн} - t_{бр})\,K.$$

Здесь G — вес бревен в *кг*; c — удельная теплоемкость древесины (для березы — 0,51, дуба — 0,67, ели — 0,38, ольхи — 0,42, осины — 0,38) в *ккал/кг·град*; $t_{бр}$ — температура бревен, равная $+5°$ С; K — поправочный коэффициент (см. стр. 89);

Q_4 — расход тепла на воздушные завесы;

Q_5 — расход тепла на нагрев влаги, поступающей в цех с древесиной:

$$Q_5 = G_1 c\,(t_{вн} - t_{вл}),$$

где G_1 — количество влаги в *кг/ч*; c — теплоемкость воды, равная 1; $t_{вн}$, $t_{вл}$ — температуры соответственно цеха и влаги в *град*;

Q_6 — расход тепла на нагрев наружного воздуха, поступающего через технологические проемы.

Тепловыделения $\Sigma\, Q_{т.\,выд}$ (*ккал/ч*) складываются из тепловыделений от электродвигателей

$$Q_1' = N \cdot 860 K_1 K_2 K_3 K_4,$$

где N — установленная мощность электродвигателей в *квт*;

K_1 — коэффициент использования электродвигателей (для лесоцехов равный 0,8);

K_2 — коэффициент загрузки, равный 0,7;

K_3 — коэффициент одновременности работы оборудования, равный 0,9;

K_4 — коэффициент перехода тепла в помещение, равный 0,3.

Ниже приводятся значения установленной мощности электродвигателей:

	N, *квт*
2-рамный лесоцех	750—800
4-рамный »	1 000—1 100
8-рамный »	1 920—2 100

Значения Q_2'—тепловыделения от производственных рабочих и Q_3' — тепловыделения от электроосвещения в зимний период незначительны и в тепловом балансе цеха не учитываются.

Таким образом, тепломощность системы отопления лесоцеха рассчитывается на величину

$$Q = \sum Q_{\text{т. пот}} - Q_1'.$$

Отделение распиловки бревен. Влаговыделения от смоченной поверхности поступающих в цех бревен не учитываются. Это положение подтверждается следующим примером.

Количество влаги на поверхности одного бревна при толщине слоя воды $\delta = 0{,}0005$ *м* и $K = 0{,}3 \div 0{,}5$ (учитывает смоченную поверхность бревна):

$$G_{\text{вл}} = \pi d l \delta K = 3{,}14 \cdot 0{,}2 \cdot 6 \cdot 0{,}0005 \cdot 0{,}5 = 0{,}00094 \text{ кг}.$$

Поступающая в цех с бревнами влага имеет температуру $+5°$ С. При таком соотношении температур воды ($+5°$ С) и воздуха помещения ($+10°$ С) испарения влаги практически не будет.

Станки, предназначенные для распиловки окоренных бревен, оборудуются системой пневмотранспорта. В цехах, где производится распиловка неокоренных бревен, система пневмотранспорта из-за необходимости удаления коры применяется реже. Расход воздуха на пневмотранспорт в лесоцехах (на один поток — 2 рамы) составляет от 4600 до 7000 *м*³/*ч* (табл. 33).

Таблица 33

Объемы воздуха, удаляемого пневмотранспортом (на один поток)

Наименование оборудования	Количество единиц	Расход воздуха в *м*³/*ч*	
		на единицу	общий
Лесорама	2	2400	4800
Торцовочный станок	1	1000	1000
Обрезной станок	1	1200	1200
Итого		4600	7000

Объем приточного воздуха принимается равным объему вытяжки. Воздух подается сосредоточенно в верхнюю зону. Если объем при-

точного воздуха равен или меньше объема вентилируемого помещения, то механическая вытяжка притоком не компенсируется. В этом случае необходимо предусмотреть соответствующее увеличение тепломощности системы отопления цеха с установкой дополнительных приборов отопления или отопительно-рециркуляционных агрегатов.

Пример. Производительность лесоцеха составляет 135 $м^3$ бревен в час. Определить Q_3 — расход тепла на нагрев древесины бревен ($d = 0{,}28$ *м* и $l = 6$ *м* с температурой $+3°$ С и глубиной прогрева $28 \div 30$ *мм*) и Q_5 — расход тепла на нагревание влаги.

При толщине слоя оттаивания диаметр нейтрального слоя древесины

$$d_н = 0{,}28 - (0{,}03 \cdot 2) = 0{,}22 \text{ м}.$$

Это соответствует (по табл. 34) объему 0,28 $м^3$.

Разность объемов будет

$$0{,}45 - 0{,}28 = 0{,}17 \text{ м}^3.$$

Отношение объемов — поправочный коэффициент:

$$K = \frac{0{,}17}{0{,}45} = 0{,}38.$$

Таблица 34

Таблица объемов бревен в $м^3$ в зависимости от диаметров и длины (по данным Гипродрева

Диаметр в *м*	Длина бревен в *м*		
	5,5	6,0	6,5
0,16	0,14	0,155	0,17
0,18	0,175	0,194	0,21
0,20	0,21	0,23	0,25
0,22	0,25	0,28	0,3
0,24	0,3	0,33	0,36
0,26	0,35	0,39	0,43
0,28	0,41	0,45	0,49

В практике расчетов принимают средний коэффициент $K = 0{,}33$.

Расход тепла на нагрев древесины

$$Q_3 = 135 \cdot 600 \cdot 0{,}6\,(10 - 3)\,0{,}33 = 112\,000 \text{ ккал/ч},$$

где 600 — вес древесины в *кг/м*^{3};

0,6 — теплоемкость древесины в *ккал/кг·град*.

Таблица 35

Оборудование отделения пилоножеточки

Тип станка с одним кругом	Назначение станка	Диаметр круга в *мм*	Способ заточки	Объем удаляемого воздуха в $м^3/ч$
ТЧН-12,3	Ножеточильный	200/75	Мокрый	400
ТЧН-6-3	»	200/75	»	400
ТЧПА-3	Пилоточильный	300/10	Сухой	540
ТЧФ	»	400/10	»	720
ТЧФ	»	200/8	»	400
ТЧПН-4	Пилоножеточильный	300/8	»	540
		220/4	»	440
ПШ-300	»	300	»	540

В тех случаях, когда расход тепла на нагрев бревен, поступающих в лесоцех, составляет менее 5% от расчетного значения теплопотерь отделения цеха, куда поступают бревна, он не учитывается.

Определим расход тепла на нагревание влаги при толщине слоя воды $\delta = 0{,}5 \div 1$ *мм* на половине периметра бревна Q_5.

Общее количество воды, стекающей с бревна,

$$G_1 = 0{,}5\pi dl\delta = 0{,}5 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}28 \cdot 6 \cdot 0{,}001 = 0{,}00264 \ кг/ч,$$

или 0,006 *кг* с 1 $м^3$ бревна. Общее количество влаги

$$135 \cdot 0{,}006 = 0{,}81 \ кг/ч.$$

Расход тепла Q_5 на нагрев 0,81 *кг* влаги в 1 *ч* до 10° С крайне незначителен, а потому в балансе по теплу не учитывается.

Отделение пилоножеточки. В этом отделении при помощи карборундовых и наждачных кругов производится механическая заточка круглых и продольных пил, используемых для лесопиления. При заточке инструмента без эмульсии выделяется металлическая и минеральная пыль, попадающая в зону дыхания рабочего. Локализация пылевыделения достигается устройством вытяжной вентиляции. Перечень станков, применяемых в указанном отделении, приведен в табл. 35.

Таблица 36

Значения толщин стенок кожуха отсоса

Диаметр круга в *мм*	Толщина стенок кожуха в *мм*	
	боковых	по периферии круга
До 350	3	4
375—450	4	5
475—600	5	6

Применение пылеотсасывающих установок МИОТ-59, ЗИЛ-900 не может быть рекомендовано, так как они являются источником значительного шума. Целесообразно объединение станков в общую вытяжную систему.

Объемы удаляемого воздуха от пилоножеточильных, заточных и других аналогичных станков определяются следующим образом:

при диаметре круга $d < 250$ *мм* $L = 2d$, $м^3/ч$;

при $d = 250 \div 600$ *мм* $L = 1{,}8d$, $м^3/ч$.

При установке воронок, улавливающих пыль,

$$L = 3600 v_н a^2 \left(\frac{K}{\frac{v_н}{v_к} - 1} \right)^{1,4},$$

где $v_к$ — необходимая конечная скорость вытяжного факела, равная 2 *м/сек*;

$v_н$ — необходимая начальная скорость вытяжного факела, равная скорости транспортирования отходов в воздуховодах, в *м/сек*;

a — рабочая длина вытяжного факела, определяемая конструктивными соображениями, в *м*;

K — поправочный коэффициент, зависящий от формы соотношения сторон всасывающей воронки (для круглого отверстия $K = 7{,}7$, для прямоугольного при соотношении сторон от 1:1 до 1:3 $K = 9{,}1$).

Необходимо отметить, что эффективность работы вытяжной вентиляции пилоножеточки в значительной степени зависит от

конструкции кожуха, в который заключается шлифовальный или заточный круг.

Согласно СН 245—71 содержание нетоксичной пыли в воздухе рабочей зоны производственных помещений не должно превышать следующих величин:

пыли, содержащие кварц в количестве более 10% (пыль кварца, кварцита, асбестовая пыль),— 1 *мг/м*³, пыль искусственных абразивов — 5 *мг/м*³.

Отделение пилоножеточки оборудуется системой приточно-вытяжной механической вентиляции. Наружный приточный воздух поступает в верхнюю зону по перфорированному воздуховоду, обеспечивающему его равномерное распределение по помещению.

Шлифовальные и заточные круги оборудуются местными отсосами в виде кожухов. Перед выбросом в атмосферу удаляемый воздух должен быть очищен от пыли в сухих или мокрых циклонах. Кожухи изготавливаются из листовой стали. Толщина их стенок принимается в зависимости от диаметра круга (табл. 36).

Между боковыми стенками кожуха и кругом делается зазор 10—15 *мм*, а между первоначальными размерами круга и внутренней образующей поверхностью кожуха 20—30 *мм*. Отсос необходимо снабжать отбойным козырьком, препятствующим выбрасыванию пылевоздушного потока. Кроме того, конструкция отсоса должна обеспечивать возможность раскрытия кожуха, в нижней части которого следует устраивать пылесборник.

Вытяжные воздуховоды с нижней разводкой монтируются в подпольных каналах. Скрубберы с мокрой пленкой и циклоны СИОТ должны быть в отапливаемом помещении.

§ 24. ОКОРОЧНЫЕ И ОКОРОЧНО-ОТЖИМНЫЕ ЦЕХИ

Процесс окорки бревен состоит из следующих производственных операций: обмывки бревен до окорки, отжима коры до остаточной влажности 50—55% и транспортировки коры за пределы цеха в котельную. Окоренные бревна из окорочного цеха поступают в лесоцех. Окорочные цехи оборудуются окорочными станками типа ОК-36, ОК-56, ОК-100. Строительный объем цеха составляет обычно 1000—3500 *м*³. Здания относятся к группе В II степени огнестойкости.

Окорочные цехи временного типа не отапливаются, а цехи стационарного типа оборудуются системами отопления. При определении тепломощности системы отопления необходимо учесть расход тепла на нагрев поступающих бревен от 3—5° С до температуры цеха и количество тепла на нагрев воздуха, поступающего в помещение через постоянно открытые технологические проемы, и на испарение влаги. Некоторые исходные данные, необходимые для составления теплового баланса, приведены в табл. 37.

Таблица 37

Некоторые исходные данные для составления баланса

Наименование окорочного цеха	Средний диаметр бревен в *м*	Суммарная мощность электрических двигателей цеха в *квт*	Тепловыделения от электрических двигателей в *ккал/ч*	Средняя сменная производительность в $м^3$	Количество воды в % к весу бревен			
					водяная доставка		сухопутная доставка	
					ель	сосна	ель	сосна
Одностаночный	0,16	23,1	5000	243	10	12	7	8
	0,20	23,1	5000	317	10	12	7	8
	0,24	23,1	5000	388	10	12	7	8
Двухстаночный	0,16	33,6	7200	634	10	12	7	8
	0,20	33,6	7200	776	10	12	7	8
	0,24	33,6	7200	830	10	12	7	8
Трехстаночный	0,16	37,6	8000	1050	10	12	7	8
	0,20	37,6	8000	1225	10	12	7	8
	0,24	37,6	8000	1951	10	12	7	8

По условиям технологического процесса в окорочном цехе приточно-вытяжная вентиляция не проектируется. В окорочно-отжимном цехе устраивается местная вытяжка от станков. Приток воздуха организуется механический или с естественным побуждением.

§ 25. РАСКРОЕЧНЫЕ ЦЕХИ

Раскроечные цехи предназначаются для производства нестроганых деталей. Процесс изготовления состоит из торцовки, продольной распиловки, косых резов и околотки отдельных конструктивных элементов. Часть деталей после торцовки дорабатывается на других станках. Все готовые детали антисептируются и высушиваются в сушильных камерах. Цех состоит из раскроечного отделения, отделения антисептирования с сушильными камерами и бытовых помещений. Здание относится к группе В III степени огнестойкости.

В цехе имеется приточно-вытяжная вентиляция, отопление по этой причине рекомендуется рассчитывать дежурным (на +5° С). Целесообразно устройство воздушного отопления, совмещенного с вентиляцией.

В раскроечном отделении для удаления древесных отходов проектируется система пневмотранспорта. Удаляемый воздух компенсируется приточным наружным воздухом в объеме вытяжки. Так как станки, оборудованные системой пневмотранспорта, распо-

ложены на площади цеха рассредоточенно, а размеры цеха незначительны, то приточный воздух может подаваться по разводящей сети приточных воздуховодов или сосредоточенно при скорости движения воздуха в рабочей зоне не более 0,3 *м/сек*.

В отделении антисептирования для пропитки лесоматериалов применяется фтористый натрий в количестве 4,1 *кг* на 1 $м^3$ антисептируемых деталей. В состав антисептика входят фтористый натрий (4,1 *кг*), краситель (0,5 *кг*) и вода (960 *л*). Продолжительность процесса составляет 4 *ч*. Антисептирование производится в горячем (до +90° С) и холодном (+20—40° С) растворах. Процесс происходит в закрытых ваннах. До освобождения ванн раствор из них откачивается насосом.

Несмотря на герметизацию процесса антисептирования, при работе с горячим раствором имеет место выделение паров антисептированного раствора через щели крышки ванн, с поверхности пакета антисептируемых деталей и со смоченной поверхности пола. Наиболее распространенный способ укрытия зеркала испарения ванн антисептирования — устройство глухой крышки.

Объем удаляемого воздуха определяется по скорости движения воздуха в сечении неплотностей укрытия, площадь которых (в $м^2$)

$$F = (0{,}001 - 0{,}015)\, l,$$

где 0,001—0,015 — ширина щели в *м*;

l — периметр ванны в *м*.

Скорость удаляемого воздуха принимается в пределах 0,5—0,7 *м/сек*.

Для предупреждения выделения в цех паров раствора проектируется вытяжка из-под крышки ванн. Причем удаление воздуха должно быть предусмотрено от каждой ванны, так как они работают с переменными температурами растворов. При разгрузке сушильных камер в помещение прорываются пары испаряющейся влаги, для улавливания которых над загрузочными воротами сушил также предусматривается устройство вытяжного колпака или штор. Объем удаляемого воздуха определяется по скорости в сечении колпака 0,25—0,30 *м/сек* и составляет на одну сушильную камеру в зависимости от конструкции и размеров колпака 4 000—5 000 $м^3/ч$.

Воздухообмен в отделении антисептирования принимается по объему воздуха, удаляемого местными отсосами от ванн антисептирования и сушилок, и проверяется по количеству выделяющейся влаги. Размер пакета считают равным $1 \cdot 1 \cdot 6{,}5$ *м*. Испарение с поверхности пола принимается от 30 до 50% общей площади пола отделения антисептирования.

Объем общеобменной вентиляции по количеству выделяющейся влаги G (в *кг/ч*) определяется для холодного и теплого периодов года. Количество испаряющейся влаги с поверхности ванн, бассейнов и т. д. вычисляется по формуле, приведенной в гл. II, § 6.

В варочных бассейнах, где процесс испарения происходит в границах кипения, количество испаряющейся влаги определяется по

количеству подводимого тепла. Для упрощения расчетов количество влаги, испаряющейся с поверхности пола, в условиях лесопильно-деревообрабатывающих цехов с достаточной точностью можно принимать равным 0,05 *кг/м²·ч* (по Рысину).

При постоянной температуре в помещении ($t = 20°$ С и $\varphi = 70\%$) температура поверхности испарения принимается в зависимости от температуры воды:

Температура воды в °С	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Температура поверхности испарения в °С . . .	18	28	37	45	51	59	69	82	97

Количество тепла Q (*ккал/ч*), которое расходуется на испарение влаги, составляет:

$$Q = G\,(595 - 0{,}54t),$$

где t — температура испаряющейся воды в °С;
G — вес испаряющейся воды в *кг*.

Количество тепла, выделяющегося с поверхности нагретой воды:

$$Q = (4{,}9 + 35v)\,(t_{вод} - t_{возд})\,F,$$

где v — скорость движения воздуха над водой в *м/сек*;
$t_{воды}$ — температура воды в °С;
$t_{возд}$ — температура воздуха в °С;
F — поверхность воды в *м²*.

Приточный воздух подается в верхнюю зону. Вытяжка из верхней зоны помещения проектируется дефлекторами или вытяжными шахтами.

Вентилятор, удаляющий воздух от ванн антисептирования, устанавливается в вентиляционной камере. В нижней части кожуха вентилятора необходимо предусмотреть сифонную трубку диаметром 13 *мм*, высотой 100—150 *мм* для отвода конденсата. Изнутри вентилятор следует покрыть антикоррозионным лаком.

§ 26. ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ГИДРОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Установки для тепловой обработки изделий могут быть непрерывного и периодического действия. К установкам непрерывного действия относятся горизонтальные тоннельные камеры (одноярусные и многоярусные), а также вертикальные камеры башенного типа.

Камеры непрерывного действия применяются в основном на заводах с конвейерной организацией технологических процессов. К установкам периодического действия относятся: камеры ямного типа (напольные и заглубленные в землю), камеры тоннельные

(тупиковые и проходные), формы, вибропакетные формы (горизонтальные и вертикальные кассеты с контактным нагревом изделий через ограждения паровых рубашек), смотровые установки.

Тепловой баланс зоны подогрева, нагреваемой циркулирующим воздухом, составляется для случая, когда не происходит конденсации водяного пара из среды и нет испарения воды, потери же тепла имеют место только через ограждение (без уноса влаги). Схема зоны подогрева без конденсации и испарения представлена на рис. 40.

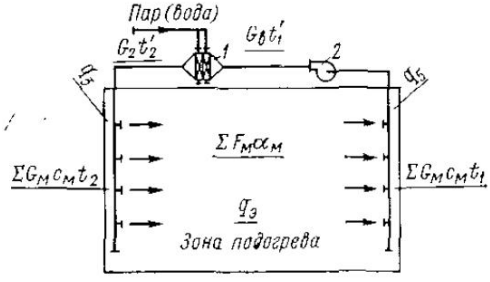


Рис. 40. Расчетная схема зоны подогрева (без конденсации и испарения)

1 — калорифер; 2 — вентилятор

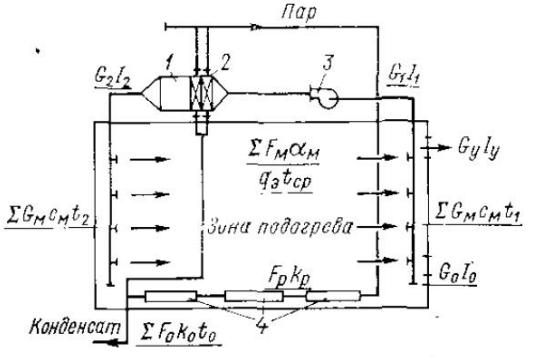


Рис. 41. Расчетная схема зоны подогрева действующей камеры

1 — увлажнительная камера; 2 — калорифер; 3 — вентилятор; 4 — регистры

Расчетная формула теплового баланса зоны подогрева в соответствии с рис. 40:

$$G_в c_в (t_2' - t_1') + q_э = \sum G_м c_м (t_2 - t_1) + q_5 = 0{,}5 \sum F_м \alpha_м (t_2' + t_1' - t_2 - t_1) + q_5,$$

где $G_в$ — количество воздуха, циркулирующего в зоне, в *кг/ч*;

$c_в$ — теплоемкость воздуха в *ккал/кг·град*;

t_1' и t_2' — температура среды до и после калориферов;

$q_э$ — среднечасовое поступление тепла гидратации цемента за период нагрева в *ккал/ч*;

$\sum G_м c_м$ — сумма произведений весов материалов, подаваемых в камеру, на величину их теплоемкостей в *ккал/ч·град*;

t_2 — температура, до которой материалы нагреваются в зоне подогрева;

t_1 — начальная температура изделий при их поступлении в камеру;

q_5 — потери тепла в окружающую среду в *ккал/ч*;

$\sum F_м \alpha_м$ — сумма произведений поверхностей нагрева (изделия, формы, вагонетки), воспринимающих тепло от среды,

на соответствующие коэффициенты теплоотдачи в *ккал/ч·град*.

В приведенном тепловом балансе первое равенство отражает расход тепла на нагрев циркулирующего воздуха и тепловыделение цемента; второе равенство — расход тепла на нагрев изделий и покрытие потерь тепла в окружающую среду; третье учитывает тепло, воспринятое изделиями из окружающей среды, и тепловые потери в окружающую среду.

Температура, до которой нагреваются изделия:

$$t_2 = t_1 + \frac{2G_в c_в (t_2' - t_1) - q_5 + q_э}{\dfrac{2G_в c_в \Sigma G_м c_м}{\Sigma F_м \alpha_м} + G_в c_в + \Sigma G_м c_м}.$$

Температура, до которой охладится воздух, поданный в зону подогрева:

$$t_1' = t_2' - \frac{\Sigma G_м c_м}{G_в c_в}(t_2 - t_1) - \frac{q_5 - q_э}{G_в c_в}.$$

Пример. Исходные данные: выход изделий из камеры — 2,5 вагонетки в 1 *ч*; объем бетона в изделиях на форме-вагонетке — 2,2 $м^3$; объемный вес железобетона — 2,6 *т/м*^{3}; максимальный вес изделия — 5,7 *т*; вес формы-вагонетки (без изделия) — 7,5 *т*; воды затворения в 1 $м^3$ бетона — 160 *л*; начальная температура изделий + 15° С; длительность нагрева изделий до максимальной температуры — 4 *ч*; количество воздуха, циркулирующего в первой зоне камеры,— 30 000 *кг/ч*; средний коэффициент теплоотдачи от среды к бетону $\alpha = 15$ *ккал/м*^{2}*·ч·град*; общая тепловоспринимающая поверхность вагонеток с бетонными изделиями — 1 500 $м^2$; температура воздуха при входе в зону + 90° С, тепловые потери в окружающую среду — 50 000 *ккал/ч*, тепло гидратации цемента — 40 000 *ккал/ч*. Движение воздуха противоположно движению изделий (противоток).

Определить действительную температуру бетона к концу пребывания в зоне подогрева и температуру воздуха при выходе из нее.

Решение. Определяем:

$$\Sigma F_м \alpha_м = 1500 \cdot 15 = 22\,500 \text{ ккал/ч·град};$$

$$\Sigma G_м c_м = (5700 \cdot 0{,}2 + 7500 \cdot 0{,}115 + 2{,}2 \cdot 160 \cdot 1) \cdot 2{,}5 = 5860 \text{ ккал/ч·град};$$

$$G_в c_в = 30\,000 \cdot 0{,}24 = 7200 \text{ ккал/ч·град};$$

$$t_2 = 15 + \frac{2 \cdot 7200\,(90 - 15) - 50\,000 + 40\,000}{\dfrac{2 \cdot 7200 \cdot 5860}{22\,500} + 7200 + 5860} = 15 + 63{,}5 = 78{,}5^\circ \text{ С};$$

$$t_1' = 90 - \frac{5860}{7200}(78{,}5 - 15) - \frac{50\,000 - 40\,000}{7200} = 37^\circ \text{ С}.$$

Проверяем уравнение теплового баланса:

$$30\,000 \cdot 0{,}24\,(90 - 37) + 40\,000 = 5860\,(78{,}5 - 15) + 50\,000 =$$
$$= 0{,}5 \cdot 22\,500\,(90 + 37 - 78{,}5 - 15) + 50\,000 = 422\,000.$$

При расчете камер учитывают, что тепло в зону подогрева вносится циркулирующим воздухом и регистрами, кроме того, изделия нагреваются также и за счет тепла, выделяемого цементом при его гидратации. Схема зоны подогрева действующей камеры представлена на рис. 41.

Тепловые потери происходят не только через ограждения камеры, но и с воздухом, уходящим из камеры в цех через неплотности.

В конце зоны подогрева может иметь место испарение воды из бетона, а в начале ее — конденсация воды на поверхности изделий и форм-вагонеток. В этих случаях тепловой баланс (в *ккал/ч*) камеры приобретает следующий вид:

$$G_2 I_2 - G_1 I_1 + 0{,}5 F_р K_р (t_п - t'_{ср}) + q_э = \sum G_м c_м (t_2 - t_1) + \\ + \sum F_0 K_0 (t'_{ср} - t'_0) + G_у I_у - G_0 I_0 = 0{,}5 \sum F_м \alpha_м \times \\ \times (t''_2 + t''_1 - t_2 - t_1) + \sum F_0 K_0 (t'_{ср} - t'_0) + G_у I_у - G_0 I_0,$$

где G_1 — количество паровоздушной смеси, забираемой вентилятором из зоны нагрева, в *кг/ч*;

G_2 — количество паровоздушной смеси, поступающей в камеру, в *кг/ч*;

I_1 — эптальпия паровоздушной смеси, забираемой из камеры, в *ккал/кг* смеси;

I_2 — эптальпия смеси, выходящей из увлажнительной камеры, в *ккал/кг* смеси;

$F_р$ — поверхность нагрева регистров в *м*^{2};

$K_р$ — условный коэффициент теплопередачи регистров в *ккал/м*^{2}*·ч·град*;

$t_п$ — температура пара в регистрах в ° С;

$t'_{ср}$ — температура среды в зоне расположения регистров в ° С;

$q_э$ — среднечасовое тепловыделение цемента в *ккал/ч*;

$\sum G_м c_м$ — сумма произведений весов материалов, ежечасно подаваемых в камеры, на теплоемкости этих материалов, в *ккал/ч·град*;

t_2 и t_1 — температуры материалов и изделий соответственно в конце и в начале зоны подогрева;

$\sum F_0 K_0$ — сумма произведений поверхностей ограждения камеры (в *м*^{2}) на соответствующие коэффициенты теплопередачи (*ккал/м*^{2}*·ч·град*) через конструкции ограждения в *ккал/ч·град*;

t'_0 — температура окружающего воздуха в ° С;

$G_у$ — количество паровоздушной смеси, уходящей из камеры через неплотности в ограждениях, в *кг/ч*;

G_0 — количество паровоздушной смеси, поступающей в камеру из цеха, в *кг/ч*;

$I_у$ и I_0 — эптальпия паровоздушной смеси, соответственно выходящей из камеры через неплотности в ограждениях и входящей в камеру, в *ккал/кг* смеси;

$\sum F_м \alpha_м$ — сумма произведений поверхностей изделий и форм-вагонеток, воспринимающих тепло из окружающей среды, на соответствующие коэффициенты теплоотдачи от среды к изделиям (с учетом конденсации и испарения) в *ккал/ч·град*;

t_2'' и t_1'' — температура паровоздушной смеси, соответственно подаваемой в камеру и забираемой из нее.

При составлении теплового баланса принято, что вес подаваемых материалов $G_м$ остается неизменным независимо от возможной конденсации на них водяного пара или испарения воды из бетонной смеси.

Количество тепла, уносимого с паровоздушной смесью через неплотности, $G_у I_у$ (*ккал/ч*) может быть в общем случае выражено следующим образом:

$$G_у I_у = G_0 c_0 (t_у - t_0) + G_и I_и + G_п I_п.$$

Здесь первый член правой части равенства — количество тепла, затраченного на повышение температуры инфильтрующегося воздуха; второй член — количество тепла, затраченного на испарение воды из бетонной смеси; третий член — количество тепла, унесенного с водяным паром, не сконденсировавшимся в камере.

При определении требуемой поверхности теплообмена следует учитывать тепло, не только израсходованное на повышение температуры материалов от t_1 до t_2, но и затраченное на испарение воды из бетонной смеси ($G_и$ и $I_и$).

Пример. Произвести тепловой расчет зоны подогрева трехъярусной камеры для следующих условий. В камеру ежечасно подаются 4 вагонетки, на каждой из которых 2 *м*³ железобетона с объемным весом 2 400 *кг/м*³; вес воды в бетонной смеси равен 150 *кг/м*³; вес цемента — 300 *кг/м*³, марка цемента — 500; вес металлической формы-вагонетки — 8 000 *кг*; начальная температура материалов, подаваемых в камеру, 15° С, а температура, до которой изделия должны быть нагреты в этой зоне, принимается 70° С; количество паровоздушной смеси, забираемой из камеры, составляет 30 000 *кг/ч*; параметры смеси: $t_1 = 40°$ С; $I_1 = 37{,}6$ *ккал/кг*; $\psi_1 = 0{,}0461$ *кг/кг* смеси; степень влажности $\varepsilon = 1$; потери тепла через ограждающие конструкции на 1° С разности температур $\Sigma F_0 K_0 = 600$ *ккал/ч·град*.

Средняя температура среды в зоне подогрева при расчете теплопотерь ограждениями равна 55° С; средняя температура окружающего воздуха камеры 15° С; его теплосодержание $I_0 = 9{,}6$ *ккал/кг* смеси; влажность $\psi_0 = 0{,}0106$ *кг/кг* смеси; количество паровоздушной смеси, поступающей в камеру через щели, $G_0 = 2\,000$ *кг/ч*; паровоздушная смесь, уходящая из камеры через неплотности, имеет температуру $t_у = 40°$С; эптальпия $I_у = 37{,}6$ *ккал/кг* смеси; влажность $\psi_у = 0{,}0461$ *кг/кг* смеси. Тепло экзотермии 1 *кг* цемента принимаем 20 *ккал/кг*, исходя из $\frac{B}{I} = 0{,}5$ при 120° С. Поверхность изделий и форм-вагонеток, воспринимающая тепло в зоне нагрева, равна 1 500 *м*².

Количество тепла, вносимое регистрами на 1° С разности температур, составляет 300 *ккал/ч·град*; давление пара в регистрах $p = 3$ *ати*, температура насыщения 143° С.

Требуется определить параметры воздуха, поступающего в камеру после прохождения через калориферы и камеры увлажнения, средний коэффициент теплообмена от среды к изделиям.

Решение. Количество тепла, необходимое для нагрева материалов на четырех вагонетках, поступающих ежечасно в камеру:

$$\Sigma G_м c_м (t_2 - t_1) = (2400 \cdot 2 \cdot 0{,}2 + 8000 \cdot 0{,}115 + 150 \cdot 2 \cdot 1) \times \\ \times 4\,(70 - 15) = 480\,000 \text{ ккал/ч}.$$

Потери тепла через ограждающие конструкции:

$$\sum F_0 K_0 \left(t'_{ср} - t'_0\right) = 600\,(55 - 15) = 24\,000 \text{ ккал/ч}.$$

Весовое количество паровоздушной смеси, уходящей из камеры, определяем исходя из условия, что сухой воздух, входящий в камеру, выходит в том же количестве, унося с собой дополнительно полученную влагу. Тогда количество уходящей паровоздушной смеси

$$G_у = 2000\,\frac{1 - 0{,}0106}{1 - 0{,}0461} = 2080 \text{ кг/ч}.$$

Потери тепла через неплотности ограждений камеры:

$$2080 \cdot 37{,}6 - 2000 \cdot 9{,}6 = 56\,000 \text{ ккал/ч}.$$

Всего расход тепла:

$$480\,000 + 24\,000 + 56\,000 = 560\,000 \text{ ккал/ч}.$$

Тепло от экзотермии цемента:

$$20 \cdot 300 \cdot 2 \cdot 4 = 48\,000 \text{ ккал/ч}.$$

Здесь 300 — расход цемента на 1 $м^3$ бетона в *кг*;
2 — количество бетона в вагонетке в $м^3$;
4 — число вагонеток, подаваемых в камеру в 1 *ч*.

Количество тепла, поступающего от регистров:

$$300\,(143 - 55) = 26\,400 \text{ ккал/ч}.$$

Эптальпия поступающей в камеру паровоздушной смеси определяется из выражения

$$I_2 = \frac{560\,000 - 48\,000 - 26\,400 + 30\,000 \cdot 37{,}6}{30\,000} = 53{,}8 \text{ ккал/кг смеси}.$$

Количество тепла, которое вносится в камеру при нагреве воздуха в калориферах и острым паром:

$$30\,000\,(53{,}8 - 37{,}6) = 500\,000 \text{ ккал/ч}.$$

В том числе количество тепла, внесенного калориферами, при температуре воздуха за ними 90° С:

$$30\,000 \cdot 0{,}24\,(90 - 40) = 360\,000 \text{ ккал/ч};$$

количество тепла, внесенного острым паром при увлажнении:

$$500\,000 - 360\,000 = 140\,000 \text{ ккал/ч};$$

количество пара, подаваемого для увлажнения циркулирующей воздушной смеси:

$$G_п = \frac{140\,000}{653{,}9 - 90} = 248 \text{ кг/ч},$$

где 653,9 *ккал/кг* — эптальпия насыщенного пара давлением 3 *ати*.

Влажность паровоздушной смеси, выходящей из увлажнительной камеры:

$$\psi_2 = \psi_1 + \frac{G_п}{G_1\,(1 - \psi_1)} = 0{,}0461 + \frac{248}{30\,000\,(1 - 0{,}0461)} = 0{,}0541 \text{ кг/кг смеси}.$$

Вес паровоздушной смеси на выходе из вентиляционной установки

$$G_2 = G_1 + G_п = 30\,000 + 248 = 30\,248 \text{ кг/ч}.$$

Тогда действительная эптальпия паровоздушной смеси

$$I_2 = \frac{53{,}8 \cdot 30\,000}{30\,248} = 53{,}8 \text{ ккал/кг смеси.}$$

Для практических расчетов принимаем следующие параметры: $t_2 = 90°$ С, $\psi_2 = 0{,}0541$ *кг/кг* смеси, $I_2 = 53{,}8$ *ккал/кг* смеси.

Средний коэффициент теплообмена в зоне подогрева

$$\alpha = \frac{30\,248 \cdot 53{,}8 - 30\,000 \cdot 37{,}6 + 26\,400 + 30\,000 - 24\,000 - 56\,000}{0{,}5 \cdot 1500\,(90 + 40 - 70 - 15)} = 14{,}2 \text{ ккал/ч} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{град.}$$

Аналогично могут быть произведены расчеты зон изотермической выдержки и охлаждения. Необходимые параметры среды в периоды изотермической выдержки и охлаждения следует определять после решения вопросов нагрева изделий до оптимальной температуры.

Приведенные выше расчетные формулы приняты из практики проектирования Оргэнергостроя.

Глава VI

ЦЕХИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ

§ 27. ЦЕХИ КАРБАМИДНЫХ СМОЛ

В состав карбамидных смол входят отделение варки смолы, насосная, лаборатория, склад формалина и бытовые помещения. Эти цехи относятся к IV степени огнестойкости. Цех располагается в отдельно стоящем здании и предназначается для изготовления карбамидных смол марок 60 и 43, применяемых для производства древесностружечных плит. Для изготовления вакуумированной смолы употребляются мочевина безводная и формальдегид CH_2O с 40%-ным содержанием формалина и до 12—20% метилового спирта. Карбамидная смола содержит свободного формальдегида 3%. Хранение формальдегида производится в открытом складе.

Варочное отделение является основной частью цеха, где происходит весь технологический процесс приготовления формальдегидных смол. К технологическому оборудованию цеха, являющемуся источником выделения производственных вредностей, относятся напорный сборник для формалина, варочные котлы и мешалки для смолы.

Поступающий с железнодорожных платформ предварительно разогретый формалин подается центробежными насосами в напорный бак, из которого самотеком через автоматический непрерывный объемный дозатор поступает в варочные котлы. Раздробленная на дробилках мочевина по ленточному транспортеру подается в передвижной бункер, из которого по брезентовому рукаву загружается через люк в варочные котлы. Щелочь из напорного бака поступает самотеком в варочные котлы через дозировочные бачки. Охлажденная в варочных котлах готовая смола перекачивается в баки с мешалками, из которых затем насосами подается в цех древесностружечных плит.

Процесс изготовления смолы состоит в следующем: формалин с компонентами загружается в реакторы, где нагревается до 50—56° С. За счет экзотермической реакции нагрев продолжается до 80° С, после этого производятся дополнительная загрузка мочевины и дальнейшая выдержка при 50° С. Затем добавляется раствор хлористого аммония и смесь выдерживается при 80° С. В течение 2 *ч* происходит вакуум-сушка при 60—70° С с охлаждением в течение 45 *мин*. Продолжительность всего процесса 405 *мин*. Перемещение всех жидких продуктов производится по закрытой схеме.

Весь процесс транспортировки смолы в цехе герметизирован. Расчетный воздухообмен определяется из условий ассимиляции выделяющихся паров формальдегида, избыточного тепла и компенсации местных отсосов. Наибольшее количество паров формальдегида и тепла выделяется в зоне расположения варочных котлов и мешалок, устанавливаемых на высоте 2—2,5 *м* от пола.

В отделении варки и в насосной выделяются пары фомальдегида через неплотности соединений трубопроводов и арматуры, а также тепло от нагретых поверхностей варочных котлов. При определении объема общеобменной вентиляции, необходимого для ассимиляции паров формальдегида, следует вводить $K=1,5$ на неравномерность распределения вредностей в помещении. Кратность воздухообмена для отделения варки формальдегида обычно колеблется в пределах 6—8, а в насосных 8—10. Количество выделяющегося тепла зависит от качества теплоизоляции источников тепловыделений (горячих поверхностей трубопроводов, варочных котлов), а также насыщенности цеха оборудованием и составляет 5—10 *ккал/м³·ч* (внутреннего объема помещения).

Учитывая незначительный объем помещений и наличие токсичных газов, исключающих возможность применения рециркуляции воздуха, в цехах карбамидных смол проектируется центральное отопление с местными нагревательными приборами (ребристые трубы и радиаторы), обеспечивающими дежурное отопление (+5° С). Недостающее количество тепла (от 5 до 16° С) поступает за счет перегрева приточного вентиляционного воздуха. Если величина перегрева приточного воздуха не превышает регламентированные нормами значения температуры (16—20° С), то приточный воздух от общей вентиляционной установки может подаваться и в другие мелкие производственные помещения, в которых есть вытяжная вентиляция и нет избыточных тепловыделений.

Приточный воздух подается над площадкой обслуживания варочных котлов и мешалок, а также в рабочую зону цеха через приточные насадки от наружных стен к середине цеха. Над площадкой приточный воздух рекомендуется подавать по перфорированному воздуховоду, чем достигается равномерное распределение воздуха в зоне его подачи. Удаление паров формальдегида производится из нижней зоны непосредственно в местах возможного их выделения, которыми являются поверхность площадки для обслуживания варочных котлов и загрузочные отверстия в баках-мешалках, расположенные в верхней части баков.

Над загрузочными отверстиями баков-мешалок для улавливания выделяющихся паров формальдегида должны быть сделаны вытяжные колпаки с бортом из прорезиненной ткани или асбестового шнура высотой 200—250 *мм*.

Вытяжные колпаки в момент загрузки должны поворачиваться на 90—120°. В цехе необходимо предусмотреть аварийную вентиляцию при помощи осевых вентиляторов, устанавливаемых в количестве не менее 2 шт. и обеспечивающих 10-кратный воздухообмен.

Эти же вентиляторы могут служить для периодического проветривания верхней зоны.

Воздуховоды приточных систем могут быть выполнены с верхней или нижней разводкой. В последнем случае они делаются подпольными из кирпича или бетона с обязательным железнением внутренней поверхности каналов. Подпольные каналы должны быть перекрыты съемными плитами, поверх которых устраивается чистый пол цеха.

Насосная для перекачки формальдегидных смол оборудуется системой приточно-вытяжной вентиляции с механическим побуждением. Приточный воздух должен подаваться через приточные насадки в рабочую зону со скоростью не более 0,5 *м/сек*. Удаляется воздух самостоятельной вытяжной установкой из верхней и нижней зон (на высоте 0,3 *м* до низа решетки от пола и 0,15 *м* до верха решетки от потолка помещения) в равных количествах. Взаимное расположение приточных и вытяжных отверстий должно обеспечивать равномерное распределение приточного воздуха по всему помещению.

Лаборатория цеха размещается в составе бытовых помещений и оборудуется механической вытяжкой от лабораторного шкафа. Так как шкаф работает периодически, приточная вентиляция в лаборатории может быть выполнена в виде приточного шкафа. Объем удаляемого воздуха определяется в зависимости от токсичности выделяющихся вредностей. При допустимой концентрации газов выше 10 *мг/м*^{3} скорость в сечении рабочего окна шкафа должна быть не менее 0,5 *м/сек*, а при ПДК ниже 10 *мг/м*^{3} — 0,7 ÷ 1 *м/сек*. Практически кратность воздухообмена в цеховых лабораториях колеблется в пределах 10—20.

Склад формалина целесообразно располагать в непосредственной близости к цеху открыто на благоустроенной площадке, обеспечив в холодное время года подогрев цистерн с формалином до 5° С с подачей тепла от парораспределителя цеха.

Практика размещения склада формалина в отапливаемом здании цеха не оправдывает себя, так как приводит к значительному увеличению строительного объема здания (на 30%) и повышает эксплуатационные расходы на отопление и вентиляцию.

§ 28. ЦЕХИ ДРЕВЕСНОЙ МУКИ

Древесная мука — продукт сухого механического размола отходов лесопиления и деревообработки (опилки и стружки) — применяется в производстве пластмасс, линолеума, ксилолита и промышленных взрывчатых веществ. Влажность муки не должна превышать 8%.

Технологический процесс приготовления древесной муки организуется сверху вниз, поэтому строительная часть здания решается в два или три этажа. Древесные отходы подаются в цех по наружной линии пневмотранспорта в циклоны, из которых поступают в молотковые дробилки, а из дробилок — в бункера буферного склада.

Дробленая стружка попадает сначала в сушильные барабаны, а затем в молотковые мельницы. Размолотая в муку стружка пневмотранспортом подается на рассев, где происходит дополнительный отбор муки определенного помола для последующего размола на жерновах-поставах.

Из рассевов мука собирается в мучные бункера, откуда с помощью набивочных аппаратов затаривается в бумажные мешки. Обеспыливание рассевов и выбойных аппаратов производится при помощи аспирационной установки с фильтрами, из которых отделенная из воздуха мучная пыль собирается и также затаривается.

В качестве нагревательных приборов допустимо использование только гладких радиаторов, устанавливаемых без ниш. При проходе трубопроводов отопления через сгораемые конструкции трубы должны прокладываться в гильзах и изолироваться асбестом. Приборы устанавливаются от сгораемых элементов здания на расстоянии 100 *мм*; допускается прокладка трубопроводов отопления через брандмауэрные стены при условии плотной и тщательной заделки отверстий.

Применение воздушного отопления с полной или частичной рециркуляцией не допускается. Смешанная система отопления приемлема для случаев, когда приточная вентиляционная камера обслуживает одно помещение. Разноэтажные помещения могут считаться за одно, если площадь производственных или иных проемов в междуэтажном перекрытии составляет 40% или более от площади пола этажа.

В сушильном отделении при определении расчетной тепломощности системы отопления необходимо учитывать тепловыделения от сушилки и от работающих электродвигателей. Температура на поверхности нагревательных приборов и всех неизолированных трубопроводов должна быть не более 110° С.

Основными производственными помещениями цехов древесной муки являются следующие отделения: размольно-сушильное, рассевное, выбойное, сортировочное, фильтров. Кроме того, при цехе изолированно располагаются конторско-бытовые помещения.

Производственные вредности цехов — тепло, выделяющееся в сушильном отделении, а во всех остальных производственных участках — древесная пыль. По степени пожарной опасности цехи древесной муки относятся к категории Б, при количестве в здании шести этажей — к зданиям II степени огнестойкости, а трех этажей — I степени.

При выборе схемы приточно-вытяжной вентиляции и ее конструктивном решении особое внимание следует обратить на соблюдение всех норм безопасности, так как древесная пыль, образующаяся в процессе производства древесной муки, может быть причиной взрывов большой разрушительной силы. Взрывоопасность древесной муки обусловлена тем, что мельчайшие пылевые частицы (условно диаметром от 1 до 0,01 *мк*) находятся постоянно во взвешенном состоянии и непрерывном движении, которое вызывается уда-

рами молекул газа о поверхность пылевых частиц (Броуновское движение), находящихся в воздухе. Взвешенная пыль в воздухе, если она представляет собой в дисперсном состоянии вещество, которое интенсивно реагирует с кислородом, может гореть и при определенной концентрации взвеси образует взрывчатую смесь. Взрыв приводит в движение пылевые частицы, находящиеся до взрыва в состоянии покоя; это повышает взрывоопасность среды.

По степени воспламенения и взрывоопасности различают три класса пыли; древесная мука относится к первому классу. Другой причиной взрывов является способность пылевых частиц древесной муки под влиянием взаимного трения и трения о воздух заряжаться статическим электричеством. Причем обусловленный этими зарядами потенциал достигает 10 000 и больше. При таком потенциале искровой разряд вызывает взрыв и пожар. Во избежание этого явления технологическое оборудование, в котором может иметь место скопление или постоянное образование пыли, должно быть обеспечено надежным заземлением. Для предупреждения пожаров и взрывоопасности воздух производственных помещений должен периодически увлажняться; рекомендуется поддерживать влажность до 70%, с абсолютным содержанием влаги в воздухе помещения 9—9,5 *г/м*³.

Древесная мука по степени пожаро-взрывоопасности аэровзвесей характеризуется следующими данными: температура искрения 315° С, температура вспышки 430° С, температура воспламенения 77° С; нижний предел взрыва 27,7 *г/м*³. Горячие пыли относятся к взрывоопасным, если нижний предел их взрываемости не превышает 65 *г/м*³.

Производственные отделения цеха древесной муки должны быть оборудованы приточно-вытяжной механической вентиляцией. Воздухообмен для сушильного отделения, если оно выделено в самостоятельное помещение, определяется по избыточному теплу и производительности местных отсосов, а для всех других производственных помещений — по объему воздуха, удаляемого системами пневмотранспорта и аспирационными установками.

Технологический процесс и оборудование должны быть максимально герметизированы. Отверстия для забора или выброса воздуха в атмосферу следует располагать в местах, исключающих возможность попадания в них искр. На нагнетательном воздуховоде приточного вентилятора в пределах камеры необходимо устанавливать противопожарные клапаны. Все элементы вентиляционных систем должны быть заземлены.

Вытяжка осуществляется при помощи местных отсосов от технологического оборудования в местах выделения пыли (табл. 38). Помимо систем пневмотранспорта и аспирации, в одноэтажных и в верхних этажах многоэтажных зданий цеха необходимо предусмотреть естественную вытяжку из верхней зоны из расчета однократного обмена в 1 *ч*. Эжекторное побуждение взамен вентиляторов рекомендуется применять только для производств, где взрыв пыли

может быть не только от удара, но и от трения. Приточный воздух следует подавать по перфорированному воздуховоду в верхнюю зону при скорости воздуха в рабочей зоне 0,15—0,25 *м/сек*.

Таблица 38

Объемы воздуха, удаляемого от технологического оборудования в цехе древесной муки

Наименование оборудования	Объем удаляемого воздуха в $м^3/ч$	Примечание
Размольно-сушильное отделение		
Молотковая мельница ХТ ОДАХ без эксгаустера	2100	Сопротивление отсоса 10 *мм вод. ст* при скорости в сечении отсоса $v = 1$ *м/сек*
Молотковая мельница ДМ-600 с эксгаустером	2100	То же
Молотковая мельница ДМ-1	2100	»
Мельница тонкого помола	1250	»
Валковая дробилка	1000	» при $v = 1,15$ *м/сек*
Сушильный аппарат	1230—1300	» » $v = 0,7$ *м/сек*
Слив муки от шнека после центробежных буратов:		—
М-150	1250	—
М-180	1200	
Вертикальный жерновой постав № 14	720—900	—
Горизонтальный жерновой постав	1200	—
Бункера емкостью до 100 $м^3$	3600	
Отделение рассевов		
Тарельчатый питатель	500	—
Двухъярусный рассев	250—500	—
Выбойное и сортировочное отделения		
Грохота и плоские сита	900	На 1 $м^3$ сита
Бураты цилиндрические и полигональные:		
до 750	750	—
750—1200	1000	—
1200—1500	1500	—
1500—1800	2000	—
больше 1800	2500	—
Станок-бурат	480—500	Сопротивление отсоса 6 *мм вод. ст.*
Вальцовый станок	360—400	То же, 10 *мм вод. ст.*

Приточный воздух может подаваться в верхнюю зону одного из этажей цеха через приточные отверстия в воздуховоде с малыми скоростями при условии, что вентилируемые этажи соединены между собой производственными проемами, площадь которых составляет не менее 25% свободной площади пола, или специальными вентиляционными приточными проемами, расположенными в местах наибольших расходов удаляемого воздуха из помещения данного этажа.

Приточные отверстия в воздуховодах должны быть затянуты сеткой и снабжены движками шиберного типа, положение которых в приточных отверстиях стабилизируется после регулировки системы. Приточные отверстия в перекрытии цеха необходимо отго-

раживать и перекрывать сеткой, а при размерах более 0,5 $м^2$ — решетками из стальной полосы, поставленных на ребро. Вместо аспирационных установок может применяться гидрообеспыливание. Кроме вентиляции, помещения цеха должны быть оборудованы передвижными пылесосными установками.

Удаляемый вытяжными установками запыленный воздух перед выбросом в атмосферу должен быть очищен. В соответствии с указаниями СЭС применяются сухая двухступенчатая очистка в циклонах Ц и фильтрах ФВ и мокрая — в циклонах с мокрой пленкой и центробежных скрубберах.

Для удаления взвешенной пыли из рабочего объема сушильных аппаратов последние оборудуются вытяжной вентиляцией. Вытяжка производится из верхней части сушильного аппарата в объеме 3 750 $м^3/ч$; каждый аппарат снабжается индивидуальной вытяжной установкой. Очистка воздуха от пыли перед выбросом в атмосферу производится в циклонах СИОТ.

В выбойном отделении вытяжная вентиляция проектируется из нижней части весовыбойных аппаратов.

От автовесов через вытяжные воронки воздух в объеме 1 200 $м^3/ч$ удаляется двумя отсосами. Конструктивно отсос выполняется в виде щели 400×50 *мм* с объемом удаляемого воздуха 700—800 $м^3/ч$ из условий создания скорости в живом сечении отсоса, равной 10 *м/сек*. Воздух очищается в рукавных фильтрах ФВ и удаляется в атмосферу.

Основной объем запыленного воздуха — отработанный воздух, получающийся после двухступенчатой очистки в пылеотделителях ЗУЦ-700 и в рукавных фильтрах ВФ,— удаляется в атмосферу пылевыми вентиляторами. Сопротивление вытяжных установок колеблется в пределах 100—180 *мм вод. ст.* При расчете воздуховодов вытяжных установок скорость движения воздуха в воздуховодах принимается в пределах 14—18 *м/сек*.

Приточно-вытяжные установки и фильтры к ним должны располагаться в изолированных от производства помещениях, выполненных из несгораемых материалов. Вход в вентиляционные камеры следует делать снаружи из лестничных клеток или коридоров бытовых помещений при условии устройства противопожарных дверей с пределом огнестойкости не менее 0,75 *ч*. Камеры, расположенные на чердаках, должны иметь такие же двери. Кроме того, в камерах необходимо предусмотреть естественную вытяжку в однократном объеме.

При компоновке вентиляционных камер не разрешается устанавливать в одной камере вентиляционное оборудование, обслуживающее отдельные части здания, разделенные брандмауэрами. Для приточных и вытяжных установок необходимы самостоятельные камеры; монтаж в одной камере вытяжных установок, обслуживающих взрывоопасные и невзрывоопасные помещения, не допускается.

Для привода вентиляторов устанавливаются электродвигатели во взрывобезопасном исполнении. Электродвигатели приточных вентиляционных установок, расположенные в изолированных помеще-

ниях, могут быть открыты или защищены. Конструкция применяемых вентиляторов должна исключать возможность искрения, что достигается применением вентилятора с кожухом и турбиной из алюминия или специальных типов вентиляторов из разнородного материала.

Воздуховоды, камеры, фильтры необходимо выполнять из несгораемых материалов. Объединять горизонтальные воздуховоды в одну установку можно только в тех случаях, когда помещения расположены в пределах одного этажа и сообщаются между собой незащищенными проемами.

Воздуховоды должны располагаться в доступных для осмотра местах, для чего в них необходимо предусматривать люки. Прокладка приточных и вытяжных систем в подземных каналах и в полу не допускается. Воздуховоды, транспортирующие пыль, прокладываемые через другие помещения, должны быть герметичными и проложены в железобетонном коробе. При прохождении воздуховодов через брандмауэрные стены внутри воздуховодов необходимо предусматривать автоматически закрывающиеся огнезадерживающие заслонки. Не допускаются монтаж на воздуховодах и пропуск через них электропроводов, трубопроводов и т. п.

Все съемные части местных отсосов должны крепиться на болтах или задрайках с прокладками из резины. Воздуховоды следует выполнять только круглого сечения из кровельной стали на фланцах с прокладками из резиновых колец. Швы воздуховодов должны быть пропаяны. В остальном устройство вентиляционных систем должно отвечать общепринятым нормам и правилам проектирования и эксплуатации.

§ 29. ЦЕХИ СПИЧЕЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Технологический процесс изготовления спичек состоит из двух технологических потоков по изготовлению спичек и спичечных коробок.

Размеры соломки: длина — 43 *мм*, поперечное сечение 2,2 × × 2,2 *мм*. Коробка наружная: длина — 51; ширина — 37,5, высота — 16,5, толщина шпона — 0,7 *мм*.

Технологические операции проходят в следующей последовательности:

а) предварительный процесс подготовки древесины для изготовления спичек и спичечных коробок: распиловка бревен на чураки, окорка бревен и тепловая обработка древесины;

б) изготовление спичечной соломки: лущение чураков на соломочный шпон, рубка соломочного шпона, пропитка и сушка соломки, шлифовка, очистка и укладка в кассеты, изготовление обмазки и изготовление спичек на автоматах;

в) изготовление спичечных коробок — лущение чураков на коробочный шпон, резка коробочного шпона, приготовление клея, клейка и сушка коробок, сборка коробок и наклейка этикеток.

В дальнейшем оба процесса объединяются, производится набивание спичек в коробки, намазывание бочков коробок, изготовление тары и упаковка спичек.

В некоторых случаях древесина на спичечные фабрики поступает в виде окоренных чураков, тогда процессы предварительной обработки древесины сводятся только к ее тепловой обработке.

Материалом для изготовления спичек служат береза, сосна, ольха и осина. В табл. 39 приведены, по данным проф. Ванина, некоторые теплотехнические показатели древесины.

Таблица 39

Теплотехнические данные древесины

Порода дерева	Теплотворная способность на единицу веса в *ккал/кг*	Объемный вес абсолютно сухой древесины в *г/см³*
Береза	4695	0,80
Сосна	2922	0,42
Ольха	4792	0,43
Осина	4695	0,37

Отделение тепловой обработки древесины. Для увеличения пластичности древесины перед процессом лущения последняя подвергается тепловой обработке способом пропаривания. Другие способы (воздушно-тепловой и проварочный) в спичечной промышленности применяются редко. Расход тепла на оттаивание и нагрев древесины составляет 3 000 *ккал/ящик*.

При тепловой обработке древесины в камерах нагрев ее производится или паром, непосредственно впускаемым через перфорированные трубопроводы, или нагретым воздухом.

Вентиляция камер предусматривается естественная с дефлекторным побуждением. Если двери пропарочных камер выходят в общее помещение с лущильным цехом, то над дверьми камер устраиваются вытяжные зонты с механической или естественной вытяжкой.

При размерах вытяжных колпаков 2×1 *м* или секционных штор объем удаляемого воздуха на 1 камеру составляет 1 500 *м³/ч*. При организации механической вытяжки последнюю целесообразно устраивать непосредственно из рабочего объема камер, причем вытяжные вентиляторы должны включаться в работу за 5—10 *мин* до разгрузки камер.

Лущильное отделение. В лущильном отделении чураки, поступившие после тепловой обработки, превращаются в непрерывную ленту стружки-шпона путем срезания ее ножом по всей длине чурака.

Отопление лущильных отделений должно обеспечивать температуру в помещении 16—20° С. Обычно устраивается центральное, водяное или паровое отопление с местными нагревательными приборами, или смешанное, совмещенное с вентиляцией.

Лущильные отделения характеризуются повышенной влажностью воздуха и требуют устройства приточно-вытяжной общеобменной вентиляции, поддерживающей влажность воздуха в пределах 50—58%.

Объем вентиляции определяется по количеству выделяющейся влаги с поверхности шпона, температура которого по условиям технологического процесса должна быть 10—20° С, но не выше 25—30° С. Практически количество выделяющейся влаги с поверхности шпона берется из расчета 0,03 *кг/м*² шпона.

Установить среднее значение суммарной поверхности получаемого и обрабатываемого шпона довольно трудно. На практике при определении объема вентиляции исходят или из опыта работы аналогичных лущильных отделений других производств, или из данных об относительной влажности воздуха помещения для холодного, переходного и теплого периодов года.

Кратность воздухообмена лущильных отделений колеблется обычно в пределах $\pm 5 \div 7$. Полученный шпон превращается на соломкорубительных машинах в спичечную соломку; на делительных станках из шпона заготавливаются спичечные коробки. Тот и другой процессы выделением производственных вредностей не сопровождаются.

Приточный воздух целесообразно подавать в зону выделения водяных паров, т. е. в рабочую зону на высоте 1,5—2 *м*. Если температура приточного воздуха в результате перегрева получается выше допустимой по нормам, то приточный воздух можно подавать сосредоточенно вдоль длинной оси помещения в верхнюю зону.

В обоих случаях воздух удаляется из верхней зоны помещения с таким размещением вытяжных отверстий воздуховода или осевых вытяжных вентиляторов, чтобы было обеспечено организованное одностороннее движение вентиляционного воздуха в помещении.

Пропиточное и сушильное отделения. По соображениям пожарной безопасности спичечная соломка импрегнируется, т. е. пропитывается в специальных растворах, в состав которых входят: ортофосфорная кислота H_3PO_4, аммофос $(NH_4)2HPO_4$, сульфат аммония $(H_4)_2SO_4$ и суперфосфат с серной кислотой.

Раствор приготавливается в специальных деревянных чанах, где подогревается до 70—85° С и подается в пропиточные устройства.

В устройствах периодического действия пропитка производится в контейнерах емкостью 1—1,5 *м*³, а в установках непрерывного действия — в шнековых пропиточных аппаратах, ленточно-барабанных, барабанных и гидротранспортных пропиточных устройствах. После пропитки спичечная соломка имеет влажность 130—150%.

Пропиточное отделение характеризуется повышенной влажностью воздуха помещения (обычно 70—85%), что является при отсутствии вентиляции причиной конденсации влаги на стенах помещения.

Мерами понижения влажности воздуха являются: объединение пропиточного отделения с сушильным, которое характеризуется

избыточными тепловыделениями; изоляция мест выделения влаги, т. е. укрытие пропиточных устройств и организация мест отлеживания пропитанной соломки в специально выгороженных кабинах на складах.

Объемы приточно-вытяжной вентиляции определяются по количеству выделяющейся влаги. Источником выделения влаги являются: в пропиточном аппарате «Спичпроекта» — открытая поверхность испарения резервуара, в котором вращается шестигранный барабан с лопастями, а в гидротранспортном пропиточном устройстве — лотки, по которым движется соломка; смоченная поверхность пола берется в пределах 60—80% от площади пола отделения и мест отлеживания соломки, площадь испарения которых принимается по занятой площади пола с $K = 2 \div 3$.

Вытяжная вентиляция решается в виде местных отсосов для локализации выделяющихся паров в месте их образования. Объемы удаляемого воздуха следует компенсировать притоком, причем в изолированном сушильном отделении объем притока должен быть меньше вытяжки на 15—20% для создания подсоса из сушильного отделения в пропиточное.

При устройстве центрального отопления с местными нагревательными приборами последнее, учитывая повышенную влажность помещения, целесообразно проектировать как дежурное (на 5° С) с подачей остального количества тепла, необходимого для отопления (до 16° С), за счет перегрева приточного воздуха. Приточный воздух подается сосредоточенно в верхнюю зону.

Устройство вытяжной вентиляции должно быть предусмотрено от следующих мест влагообразования.

1. Баки для приготовления пропиточного раствора. Баки оборудуются вытяжным укрытием в виде колпака, перекрывающего бак в горизонтальной проекции с рабочим проемом для подачи химикатов и для перемешивания раствора. Емкость баков 1—2 *м*³. К бакам предусматривается подводка пара для нагрева раствора и водопроводной воды.

В качестве раствора применяют растворы фосфорной кислоты технической или экстракционной, диамонитфосфата и суперфосфата с серной кислотой.

Объем удаляемого воздуха составляет 750—800 *м*³/*ч*.

2. Пропиточный аппарат «Спичпроекта». Аппарат представляет собой корыто длиной 1 *м*, емкостью 400 *л*, в котором вращаются лопасти длиной 0,6 *м*. Загрузка соломки производится транспортером, выгрузка — лопастями барабана. Над барабаном устраивается вытяжной колпак, снабженный шторами.

Объем удаляемого воздуха, определяемый при скорости $0{,}3 \div 0{,}5$ *м*/*сек*, составляет на каждый пропиточный барабан 1200—1800 *м*³/*ч* (рис. 42).

3. Гидротранспортное устройство. В этом устройстве движение соломки происходит в потоке под напором или самотеком в потоке пропитывающего раствора.

Открытые лотки снабжаются откидными крышками. Над местами входа и выхода соломки устанавливаются вытяжные колпаки с боковыми шторами с расходом воздуха на каждое место 500—600 $м^3/ч$ (рис. 43).

4. Места для отлеживания соломки. Эти места для отлеживания оборудуются специальными кабинами, конструкция которых указана на рис. 44. Объем удаляемого воздуха при скорости воздуха в рабочем сечении кабины 0,5*м/сек* составляет 3 600 — — 5 400 $м^3/ч$.

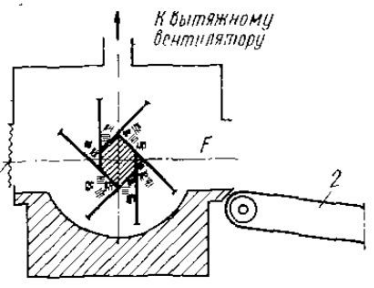


Рис. 42. Вытяжка от пропиточного барабана

1 — брезентовая штора; *2* — транспортер

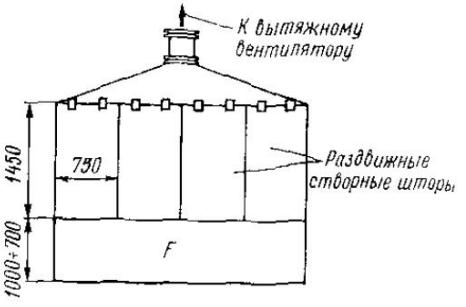


Рис. 44. Кабина для отлеживания соломки

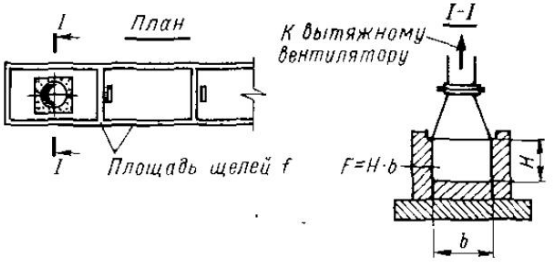


Рис. 43. Вытяжка от пропиточного лотка

В пропиточных отделениях устанавливаются сушильные аппараты непрерывного действия, в которых производится сушка пропитанной соломки. В настоящее время применяются сушильные аппараты СпС. Сушка производится при помощи горячего воздуха, который нагревается в калориферах соломосушильного аппарата и циркулирует при помощи установленных там же осевых вентиляторов.

Пропитанная влажная соломка поступает в сушильные камеры по ленте транспортера. На выходе в сушильную камеру она пересыпается на сетчатую ленту транспортера сушилки, на которой и происходит сушка соломки. Продолжительность процесса сушки соломки до 36,3 *мин*.

На некоторых производствах сушильные отделения выделены в самостоятельные помещения, что в практике эксплуатации себя не оправдывает, так как метеорологические условия рабочей зоны из-за постоянных и значительных избыточных тепловыделений в течение смены не соответствуют нормам, а вынужденные решения приточно-вытяжной вентиляции получаются в эксплуатации неэкономичными и громоздкими. Схемы вентиляции для случаев размещения пропиточного и сушильного отделений вместе или раздельно решаются различно.

Тепловыделения от сушильных камер при установившемся режиме достигают весьма больших значений, повышая внутреннюю

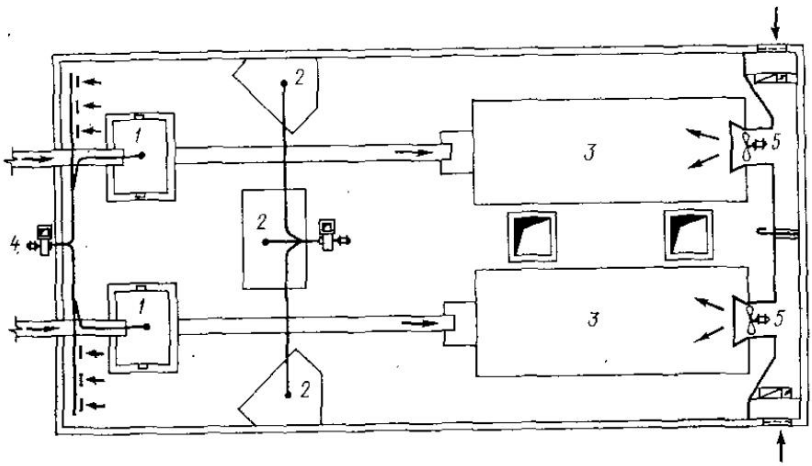


Рис. 45. Схема вентиляции пропиточно-сушильного отделения

1 — пропиточные барабаны; *2* — кабины для вылеживания соломки; *3* — сушильные агрегаты; *4* — вытяжная установка; *5* — приточная установка

температуру изолированного помещения до 40—50° С (спичечная фабрика «Пролетарское знамя»).

Источником тепловыделений являются наружные поверхности сушильных камер, трубопроводы пара и арматура. Количество выделяющегося в помещение тепла от сушильных камер ориентировочно определяется величиной 40 000 *ккал/ч* на 1 камеру; в зависимости от качества теплоизоляции стен и потолка камер, плотности притворов контрольных дверец тепловыделения составляют до 400 *ккал/ч·м*^{2}.

Для изолированных сушильных отделений объемы вентиляции определяются по избыточным тепловыделениям, а для пропиточно-сушильных — по избыточному теплу и влаге. На рис. 45, 46 представлены вентиляционные схемы пропиточно-сушильного и раздельно пропиточного и сушильного отделений.

В пропиточно-сушильном отделении пропиточный воздух подается в верхнюю зону осевыми вентиляторами с подогревом или

без подогрева в зависимости от объема подаваемого приточного воздуха и количества работающих вентиляторов. В теплый период года приточный воздух поступает естественным путем.

Вытяжная вентиляция запроектирована в виде двух систем, из которых одна удаляет воздух от кабин для отлеживания соломки, другая — от пропиточных барабанов и из верхней зоны, чем обеспечивается сквозное проветривание всего цеха. На летний период помимо механической вытяжки предусматривается естественная при помощи вытяжных шахт.

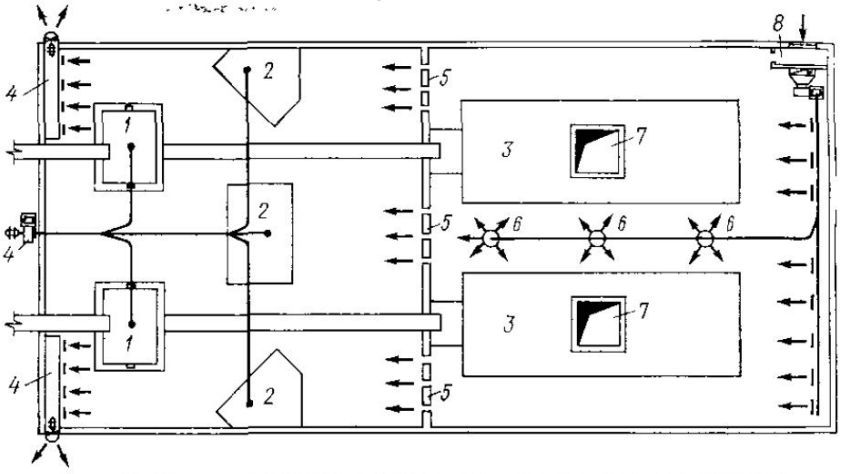


Рис. 46. Схема вентиляции пропиточного и сушильного отделений

1 — пропиточные барабаны; *2* — кабины для вылеживания соломки; *3* — сушильные агрегаты; *4* — вытяжные установки; *5* — отверстия для подачи приточного воздуха из верхней зоны сушилки; *6* — душирующие патрубки; *7* — вытяжная шахта; *8* — приточная вентиляционная установка

При выделении сушильного отделения в самостоятельное помещение вентиляционная схема принимает следующий вид. В холодный и переходный периоды приточный воздух подается в верхнюю зону помещения и через приточные насадки — в рабочую зону коридора обслуживания. Удаляется воздух вытяжными установками смежного пропиточного отделения, куда поступает через жалюзийные решетки, установленные в стене, разделяющей пропиточное и сушильное отделения.

В летнее время приточный воздух подается естественным путем через оконные проемы и удаляется через вытяжные шахты в кровле. Если над сушильными и пропиточными отделениями имеется этаж, то вытяжные шахты заменяются осевыми вентиляторами.

Желательно иметь не менее двух вытяжных установок, что позволяет регулировать объемы вентиляции в зависимости от периода года.

Рабочие места у сушильных и пропиточных аппаратов должны оборудоваться душирующими патрубками. Для расчета душирую-

щих установок при легкой работе в цехе принимаются следующие параметры воздуха у рабочих мест:

в зимний период $t = 19 \div 21°$ С, $v = 0{,}5 \div 1$ *м/сек*,

в летний » $t = 22 \div 24°$ С, $v = 0{,}5 \div 1$ » .

Средняя температура $t_{р.м}$ и скорость воздуха $v_{р.м}$ в поперечном сечении воздушного потока, направляемого в зону дыхания работающего, принимаются по данным:

в зимний период $t_{р.м} = 15 \div 23°$ С; $v_{р.м} = 1 \div 3$ *м/сек*,

в летний » $t_{р.м} = 18 \div 28°$ С; $v_{р.м} = 2 \div 4$ » .

Пример. В помещении с большими выделениями конвективного и лучистого тепла приточный воздух подается сверху вниз цилиндрическими насадками с короткими диффузорами на конце [7]. Воздух подается непосредственно на посты наблюдения. Высота установки насадок от уровня пола 3,8 *м*; фронт каждого рабочего места 1,5 *м*. Температура помещения $t_в$: в зимний период 26° С, в летний 32° С. Относительная влажность внутреннего и наружного воздуха находится в пределах 45—50%. Расчетная температура наружного воздуха $t_н$: в зимний период —16° С, в летний +24° С.

Определить диаметр насадок, количество подаваемого воздуха и температуру его подогрева в зимний период.

Примем высоту человека в среднем 1,8 *м*. Расстояние от работающего до приточного насадка 3,8 — 1,8 = 2 *м*.

Расчет будем вести по летнему периоду при $t_{р.м} = 28°$ С и $v_{р.м} = 4$ *м/сек*.

Определяем скорость выхода воздуха из насадок:

$$\frac{v_{р.м}}{v_0} = \frac{t_в - t_{р.м}}{t_в - t_{пр}} = \frac{32 - 28}{32 - 24} = 0{,}5,$$

где $t_в$ — температура воздуха в помещении;

$t_{пр}$ — температура приточного воздуха.

Требуемая скорость выхода воздуха из насадок:

$$v_0 = \frac{v_{р.м}}{0{,}5} = \frac{4}{0{,}5} = 8 \text{ м/сек}.$$

Диаметр цилиндрического приточного патрубка определяется из следующего выражения:

$$\frac{v_{р.м}}{v_0} = \frac{0{,}226}{\frac{ax}{d} + 0{,}145},$$

где a — коэффициент турбулентности, для цилиндрических насадков принимается в пределах 0,07 — 0,08;

x — расстояние от насадки до рабочего в *м*;

d — диаметр насадки в *м*.

Принимаем $a = 0{,}08$ *м*, $x = 2$ *м*, тогда

$$\frac{v_{р.м}}{v_0} = \frac{0{,}226}{\frac{0{,}08 \cdot 2}{d} + 0{,}145} = 0{,}5,$$

откуда $d = 0{,}521$.

Принимаем стандартный диаметр насадки $d = 545$ *мм*.

При новом значении d

$$\frac{v_{р.м}}{v_0} = 0{,}515 \text{ и } t_{р.м} = 27{,}9° \text{ С}.$$

Пересчитываем скорости: при $\frac{v_{р.м}}{v_0} = 0{,}515$

$$v_0 = \left(\frac{521}{545}\right)^2 \cdot 8 = 7{,}33 \text{ м/сек},$$

$$v_{р.м} = 7{,}33 \cdot 0{,}515 = 3{,}78 \text{ м/сек}.$$

Количество воздуха, проходящего через насадок,

$$L_н = 3600 \cdot 0{,}785 \cdot 0{,}545^2 \cdot 7{,}33 = 6150 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Диаметр факела в зоне рабочего места

$$D = 6{,}8d\left(\frac{ax}{d} + 0{,}145\right) = 6{,}8 \cdot 0{,}545\left(\frac{0{,}08 \cdot 2}{0{,}545} + 0{,}145\right) = 1{,}63 \text{ м} > 1{,}5 \text{ м}.$$

Следовательно, факел перекрывает рабочее место, что и требуется.

Общее количество воздуха (включая подсос), проходящего через рассматриваемое сечение факела:

$$L_x = 4{,}36 L_н\left(\frac{0{,}08 \cdot 2}{d} + 0{,}145\right) = 4{,}36 \cdot 6150 \cdot 0{,}441 = 11\,800 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Количество воздуха, подмешивающегося из помещения к приточному воздуху:

$$L_в = 11\,800 - 6150 = 5650 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Фактическая температура воздуха

$$t_{с.м} = \frac{L_в\gamma_в t_в + L_н\gamma_н t_н}{L_в\gamma_в + L_н\gamma_н},$$

где $\gamma_в = 1{,}157$ кг/м³,
$\gamma_н = 1{,}189$ кг/м³,

$$t_{с.м} = \frac{5650 \cdot 1{,}157 \cdot 32 + 6150 \cdot 1{,}189 \cdot 24}{5650 \cdot 1{,}157 + 6150 \cdot 1{,}189} = 27{,}4^\circ \text{ C}.$$

Для зимнего периода принимаем $v_{р.м} = 2{,}5$ м/сек.

Так как $d = 545$ мм, то по-прежнему:

$$\frac{v_{р.м}}{v_0} = 0{,}515, \quad v_0 = \frac{2{,}5}{0{,}515} = 4{,}9 \text{ м/сек}.$$

Примем $t_{р.м} = 21^\circ$ С. При этой температуре, относительной влажности, равной 50%, и $v_{р.м} = 2{,}5$ м/сек соблюдаются условия комфорта в зимний период:

$$\frac{t_в - t_{р.м}}{t_в - t_{пр}} = \frac{26 - 21}{26 - t_{пр}} = 0{,}515,$$

откуда температура подогрева приточного воздуха $t_{пр} = 16{,}3^\circ$ С.

В основном цилиндрические патрубки применяются при душировании фиксированных рабочих мест, а патрубки Батурина — для душирования площадок, размер которых должен быть не менее 1 × 1 м.

Расстояние от выходного сечения патрубка до зоны нахождения рабочего принимают 1,2 — 2 м при высоте расположения пат-

рубка над полом 1,9 — 2,3 *м*. Температуру воздуха вблизи от источников облучения принимают летом на 5 ÷ 7, зимой на 2 ÷ 3° С выше температуры в цехе. В табл. 40 указаны основные размеры патрубков Батурина.

Таблица 40

Размеры душирующих патрубков Батурина

№ патрубка	Размеры в *мм*		№ патрубка	Размеры в *мм*	
	А	Б		А	Б
1	260	400	5	340	525
2	280	432	6	360	555
3	300	463	7	380	585
4	320	494	8	400	615

В отделении полировки уничтожают заусенцы и усики на соломке. Полировальный барабан представляет собой шестигранный вращающийся корпус призматической формы, устанавливаемый с наклоном в направлении к выходу соломки.

Полировка соломки производится внутренней поверхностью стенок барабана. После этого соломка поступает на сито (поступательно-возвратное движение), в котором происходит отсеивание неполномерной соломки. Затем полированная соломка подается в бункера укладочных машин, где укладывается в специальные кассеты, которые поступают в автоматное отделение.

Основной производственной вредностью полировального отделения является древесная пыль. Местом наибольшего выделения древесной пыли являются отверстия входа и выхода соломки из полировального барабана (до 115 *мг/м*³) и лоток укладочной машины (760 *мг/м*³).

Данные о запыленности воздуха в полировальном отделении приведены ниже в табл. 41 и характеризуют запыленность воздуха в зоне дыхания рабочего.

Особенностью древесной пыли, выделяющейся в зоне рабочего места у укладочных машин, являются очень незначительные размеры (5—6 *мк*) и легкость пылевых частиц, что делает их очень подвижными в воздухе помещения и способными перемещаться в воздушном потоке. Наиболее крупная пыль выделяется у полировальных барабанов и у сит.

При работе вытяжной вентиляции запыленность воздуха значительно снижается.

Некоторые данные об объемах удаляемого воздуха по проектам «Спичпроекта» приведены в табл. 42. В табл. 43 и 44 даны процентные содержания древесной пыли у полировальных барабанов и укладочных машин в зависимости от разномерности пылинок.

В табл. 45 приведены данные исследований эффективности вентиляционных систем при работе шлифовальных барабанов и укладочных машин.

Таблица 41

Запыленность воздуха полировального отделения спичечной фабрики им. С. М. Кирова

Место взятия пробы	Уровень забора пробы от пола в *м*	Температура в помещении в *град*	Атмосферное давление в *мм вод. ст.*	Количество пыли	
				по весовому методу в *мг/м³*	по счетному методу в *см³*
У заслонки полировального барабана	2,5	28	748	115,94	636
У транспортера полировального барабана	1,5	28	748	44,9	331
Между укладочными машинами	1,5	28	748	59,07	259
В центре лотка укладочной машины	1,5	30	748	764,2	—
В центре фартука воздухозаборного колпака укладочной машины	2,0	30	—	485,0	—

Таблица 42

Объемы удаляемого воздуха по проектам

Место отсоса	Скорость в сечении отсоса в *м/сек*	Сечение отсоса в *м²*	Объем удаляемого воздуха в *м³/ч*
Пылеприемник верхней части барабана	6,7	0,038	1000
» лотка сортировочной машины	2,7	0,172	1750
У пневматического подсоса соломки	0,7	0,3	750

Из приведенных данных видно, что содержание пыли значительно превышает допустимую норму содержания древесной пыли в воздухе помещения (5 *мг/м³*).

Повышенная температура помещения (около 30° С вместо требуемых по нормам 16° С) в данном случае объясняется подсосом теплого воздуха из смежных помещений, имеющих теплоизбытки. Инж. Г. Ф. Вишняков, производивший обследование вентиляции спичечной фабрики им. Смирнова в г. Ново-Борисове, для уменьшения запыленности воздуха рекомендует объединение полировальных отделений с лущильным отделением, так как выделение влаги в последнем способствует быстрейшему осаждению пыли у мест ее образования и затрудняет ее распространение по помещению.

Наиболее эффективным мероприятием является устройство приточно-вытяжной вентиляции и герметизация технологического процесса и оборудования. Необходимо предусмотреть герметизацию мест прохода соломки от транспортера через желобок в полировальный барабан, самого барабана, лотка сортировки или снт (трусков),

Таблица 43

Процентное содержание древесной пыли у шлифовальных барабанов в зависимости от размерности пылинок

Место забора пробы	Уровень от пола в *м*	Температура помещения в °С	Процентное содержание древесной пыли при размерах пылинок в мк				
			до 10	10—20	20—30	30—40	более 40
У заслонки полировального барабана	2,5	31,5	21,3	5,4	16,2	14,9	42,2
У пылеприемника при ситах	1,5	31,5	12,9	5,2	20,7	26,8	34,4
У рабочего места при ситах	На уровне дыхания	31,5	21,9	4,2	12,5	29,2	32,2
Между шлифовальными барабанами	То же	30	53,0	19,6	8,2	11,1	8,2
Над транспортером . . .	»	30	46,0	26,0	22,0	6,0	—

Таблица 44

Размерность пылинок древесной пыли и их процентное содержание у укладочной машины

Место взятия пробы	По размерам в *мк*					
	до 3	3—6	6—9	9—12	12—15	более 15
В центре укладочной машины . . .	10,3	2,3	1,2	1	0,6	0,3
В месте осаждения	3,9	1,9	1,6	1,6	1,3	1,9
У рабочего места укладчицы	18,6	3,1	2	1,3	0,4	0,2

Продолжение табл. 44

Место взятия пробы	По размерам в *мк*					
	до 3	3—6	6—9	9—12	12—15	более 15
В центре укладочной машины . . .	65,3	14,6	8	6,2	4	1,9
В месте осаждения	33,6	16,4	13,8	13,8	11,2	11,2
У рабочего места укладчицы	72,6	12,4	7,8	4,4	1,8	0,8

мест засоса соломки у края сортировки для пневматической ее подачи к укладочным машинам.

Полировальные отделения должны быть оборудованы самостоятельными установками приточно-вытяжной механической вентиляции. Приточный воздух подается в верхнюю зону помещения с малыми скоростями по перфорированному воздуховоду, при этом

Таблица 45

Данные исследования эффективности вентиляционных систем при работе шлифовальных барабанов и укладочных машин

Место забора пробы воздуха	Уровень забора пробы от пола в *м*	Температура помещения в *град*	Запыленность			
			при бездействии вентиляции		при действии вентиляции	
			по весовому методу в *мг/м*³	по счетному методу количества пылинок в *см*³	по весовому методу в *мг/м*³	по счетному методу в *см*³
У заслонки шлифовального барабана	2,5	28	115,94	636	30	226
У транспортера	1,5	28	44,9	331	3,5	112
В центре укладочной машины	1,5	28	764,2	—	277,6	—
В центре фартука воздухозаборного колпака	2,0	28	485	—	38,7	—
Между укладочными машинами, 0,5 *м* от машины	1,5	30	59,1	259	9,6	142
У транспортера 2,5 *м* от машины,	1,5	30	44,9	331	3,8	259

скорость движения воздуха в рабочей зоне не должна превышать 0,15 — 0,2 *м/сек*.

В порядке экспериментирования следует исследовать вопрос подачи искусственно увлажненного приточного воздуха через форсунки, установленные в воздуховоде в непосредственной близости от выхлопа приточного вентилятора.

Объем приточного воздуха во избежание попадания вредностей из автоматного отделения должен быть сбалансирован.

Вытяжная вентиляция полировальных отделений решается в виде местных отсосов-пылеприемников, устанавливаемых в местах пылеобразования.

При герметизации процесса или оборудования следует обратить особое внимание на плотность всех конструктивных сопряжений, которые для достижения герметичности должны выполняться на резиновых прокладках и болтовых соединениях.

Объем удаляемого воздуха от полировальных барабанов различными проектными организациями определяется различно в зависимости от конструктивного решения отсосов и скорости воздуха в их сечении.

Так как конструкция барабана негерметична, целесообразно укрывать сам барабан в герметичный кожух с устройством из внутреннего его пространства двух отсосов, создающих разрежение 0,2 *мм вод. ст.* при объеме удаляемого воздуха $750 \cdot 2 = 1500$ *м*³/*ч*.

У места входа соломки над переходным желобком от транспортера к полировальному барабану необходимо устройство щелевого отсоса при скорости движения воздуха в живом сечении последнего 3 *м/сек* с объемом удаляемого воздуха 1000 *м*³/*ч*.

В конструкции другого местного отсоса, в месте выхода соломки на сито (труски), следует предусмотреть дверцы для загрузки отходов размером 350 × 400 *мм* и смотровые дверцы 250 × 400 *мм*. Объем удаляемого воздуха 1500 $м^3/ч$, т. е. всего на один полировальный барабан 4 000 $м^3/ч$.

Укладочные машины. Выделение древесной пыли происходит наиболее интенсивно в середине лотка, куда высыпается из бункера соломка, создавая добавочное положительное давление.

Из предложенных конструктивных решений отсасывающих устройств применяются следующие:

1) воздухозаборный пылеприемник в виде колпака, закрывающего весь верх по лотку укладочной машины. С торцевых сторон колпака устраиваются отсосы, расположенные по общим сторонам бункера. Скорость воздуха в живом сечении колпака принимается 1 *м/сек*, в сечении местных отсосов — 3 *м/сек*;

2) передвижной отсос для локализации пылевого потока устанавливается у рабочего места с противоположной его стороны. С торцевых сторон укладочной машины устраиваются неподвижные металлические фартуки, с двух других сторон — откидные фартуки, соединенные между собой при помощи шарнирных тяг; вертикальное положение фартука с одной стороны соответствует горизонтальному его положению с другой. Объем удаляемого воздуха на одну машину составляет 1250 $м^3/ч$ при скорости в воздухозаборном отверстии 1 *м/сек*;

3) колпак, перекрывающий весь лоток укладочной машины с необходимым допуском на ход лотка машины при пуске. Колпак должен быть глухо соединен с лотком укладочной машины при помощи брезентовой гофрированной вставки. В колпаке необходимо предусмотреть щель для рычага, при помощи которого производится механическое перемещивание соломки.

Вытяжные воздуховоды присоединяются с торцевых сторон колпака, для того чтобы направление пылевого потока, образующегося при падении соломки из бункера, и направление струи отсоса в отсасывающем патрубке совпадали. Объем отсасываемого воздуха на один патрубок составляет 1600 $м^3/ч$, т. е. всего на укладочную машину 3200 — 3500 $м^3/ч$ при оптимальной скорости в сечении колпака 1,5 — 2 *м/сек*. Такая конструкция представляется наиболее рациональной и эффективной.

Выбор оптимальной скорости пылевых частиц в сечении колпака определяется как функция от скорости витания пылевых частиц, т. е. от скорости, при которой данная частица материала — древесная пылинка — находится во взвешенном состоянии. Скорость витания (*мм вод. ст.*) определяется по уравнению инж. Блесса:

$$H_v = G\gamma d,$$

где G — постоянное число, равное 1,3 — 1,4;

γ — удельный вес тела, принимаемый равным 0,5 $кг/дм^2$;

d — диаметр идеального шара в *мм*.

Скорость перемещения W (*м/сек*):

по формуле Блесса

$$W = 4\sqrt{H_v};$$

по формуле Гастерштадта

$$W = \sqrt{0{,}0284 d_э \frac{\gamma_м}{\gamma_в}},$$

где $\gamma_м$ — удельный вес тела в *кг/м*^{3};

$\gamma_в$ — удельный вес воздушной среды в *кг/м*^{3};

$d_э$ — диаметр идеального шара в *мм*.

Пример. Выделяющуюся мелкую пыль при работе укладочных машин принимаем с диаметром идеальной пылинки порядка 50 *мк*, или 0,05 *мм*.

Скорость витания

$$H_v = 1{,}4 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}05 = 0{,}035 \text{ мм вод. ст.}$$

Скорость перемещения

$$W = 4\sqrt{0{,}035} = 0{,}74 \text{ м/сек},$$

или

$$W = \sqrt{0{,}0284 \cdot 0{,}05 \frac{500}{1{,}2}} = 0{,}76 \text{ м/сек}.$$

Скорость перемещения частиц обычно составляет от 1,25 до 1,5 скорости витания или колебательных скоростей:

$$W_1 = 1{,}5W = 1{,}5 \cdot 0{,}76 = 1{,}14 \text{ м/сек}.$$

Скорость витания пылевых частиц должна быть меньше скорости витания спичечной соломки. Соблюдение этого условия всегда необходимо во избежание уноса соломки воздушным потоком, который создается механической вытяжкой.

Скорости движения воздуха в воздуховодах принимаются не менее 12 *м/сек*; при этих скоростях, значительно превышающих скорость витания, оседание пыли не будет иметь место.

Фильтры для очистки воздуха от пыли должны удовлетворять следующим основным требованиям: эффективность, т. е. степень очистки воздуха, должна быть максимальной, конструкция их должна быть с относительно небольшими габаритами и экономична при сооружении и в эксплуатации.

Таблица 46

Размеры помещений под фильтры

Производительность фильтров в м^3/ч	Размеры помещения в *м*		
	длина	ширина	высота
8 000	3	2	4
16 000	4	3	4
24 000	4,5	3,6	4,5

Сухой способ очистки пыли от полировальных барабанов и укладочных машин нецелесообразен, так как требует применения больших пылеосадочных камер или дорогостоящих и сложных в эксплуатации фильтров. Более рациональным является ис-

пользование для очистки воздуха от пыли мокрых фильтров в виде промывных камер, циклонов ударно-смывного действия, или скрубберов ВТИ Промстройпроекта, характеристика которых приведена в гл. II.

Установка фильтров с мокрой пленкой и промывных камер производится в отапливаемом помещении. Необходимая площадь помещения зависит от количества отсасываемого воздуха и приводится в табл. 46.

Отделение приготовления зажигательной массы. Спичечная зажигательная масса представляет собой взвесь разнообразных химических веществ в клеевом растворе. Средний диаметр зерен зажигательной массы колеблется от 28 до 42 *мк*.

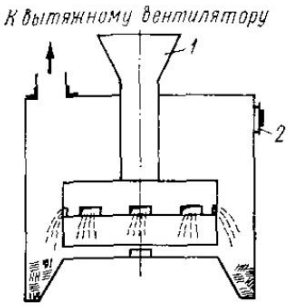


Рис. 47. Схема вентиляции жерновой мельницы

1 — приемное отверстие; *2* — контрольные дверцы 300×400 *мм*

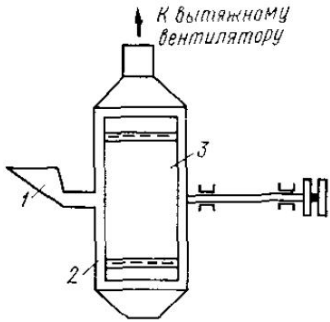


Рис. 48. Схема вентиляции барабанно-шаровой мельницы

1 — загрузочное отверстие; *2* — приемный кожух; *3* — барабан

В состав зажигательной массы входят по весу: бертолиновая соль — 52,3%, хромпик калиевый — 1,4%, пиролюзит — 1,2%, сера — 5,1%, цинковые белила — 4,7%, молотое стекло — 15,6%, железный сурик — 9,0%, мездровый клей — 7,8%, костный клей — — 2,6%, гумит рагант — 0,3%. В процессе изготовления зажигательных масс применяются жерновые (рис. 47 и 48) и шаровые мельницы для сухого размола стекла, пиролюзита, комовой серы и антимония.

Лучшими являются барабанно-шаровые мельницы с воздушной сепарацией, работающие по схеме, указанной на рис. 49. Сущность воздушной сепарации состоит в том, что воздух, пропускаемый через барабан мельницы, уносит с собой измельченные частицы, которые и осаждаются в циклоне: более крупные частицы отделяются сепаратором, затем поступают на повторный размол.

Для просеивания измельченных материалов применяются сита с отверстиями от 0,04 до 0,23 *мм*, при размерах частиц не более 60 *мк*, что соответствует ситу № 100. Конструкция применяемых сит: сита качающиеся, вибрирующие сита, сита-грохоты.

Объемы удаляемого воздуха через местные отсосы от оборудования приведены в табл. 47.

Объем удаляемого воздуха компенсируется притоком, который подается в верхнюю зону помещения при скорости движения воздуха в рабочей зоне 0,25 — 0,3 *м/сек*. Удаляемый воздух перед выбросом его в атмосферу должен быть очищен от пыли.

Для приготовления клеевых растворов применяются пароводяные плиты, на которых в бачках производится приготовление клея. Готовый клей с химикатами смешивается вручную. Приготовленная масса после мокрого размола поступает в производство. Процесс клееприготовления сопровождается выделением паров воды и клея.

Установку для клееварки целесообразнее размещать в укрытии. Кратность воздухообмена клееприготовительного отделения ÷ 3. Приточный воздух подается по балансу.

Автоматное отделение. Современные автоматные цехи оборудуются автоматами марки СПА, МА и ИН (и в меньшей степени автоматами «Идеал», «Червени»), в которых при движении кассет со спичечной соломкой, установленных на полотно автомата, происходят выравнивание спичечной головки, парафинирование, обмазка зажигательной массой и сушка. Влажность спичечной соломки, поступающей на отяживание, составляет обычно 3,5—4%, что является, однако, недостаточным, так как набивочные машины требуют меньшей влажности головок — 2,5 ÷ 3%. В табл. 48 приведен режим сушки спичек.

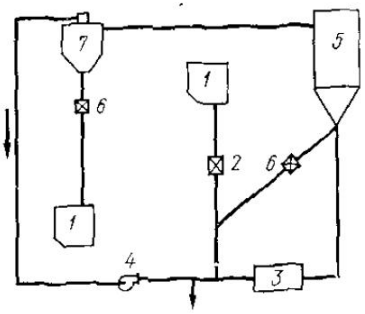


Рис. 49. Схема вентиляции барабанно-шаровой мельницы с воздушной сепарацией

1 — бункер; *2* — питатель; *3* — мельница; *4* — вентилятор; *5* — сепаратор; *6* — затвор; *7* — циклон

Опыт показывает, что в процессе сушки спичечной соломки на нижних полотнах автомата воздух следует подавать с повышенной влажностью (до 70%), на верхних — с пониженной влажностью, что достигается интенсивной продувкой сухим воздухом со скоростью 1 — 1,5 *м/сек* при температуре 80° С через плоскости верхних движущихся полотен автомата. Рекомендуется на уровне 1,5 *м* от пола цеха поддерживать следующие температуру и относительную влажность воздуха:

t, °С	20—22	23—24	25—26	27—28
φ, %	35—40	40—45	45—50	50—60

Работа автоматных отделений характеризуется выделением влаги и конвективного тепла от:

а) металлических конструкций аппаратов, имеющих температуру 40—50° С;

Таблица 47

Объемы удаляемого воздуха через местные отсосы от оборудования

Наименование	Скорость в сечении отсоса в *м/сек*	Объем удаляемого воздуха в *м³/ч*
Жерновая мельница	1	600
Шаровая горизонтальная мельница диаметром 600—800	—	500—800
Шаровая вертикальная мельница диаметром 700	—	600
Сито качающееся	1—1,5	1500 на 1 *м²* поверхности сита
» вибрирующее	1—1,5	То же
Сито-грохот	1—1,5	»
Клееприготовительный стол	0,5	750

Таблица 48

Режим сушки спичек

№ полотна	Продолжительность сушки в *мин*	Температура в *град*	Относительная влажность воздуха в %	Скорость движения воздуха в *м/сек*
1	3	25	70	0
2—3	10	27—28	60	0
4—8	23	29—31	30	1
8	2	26	30—50	0,5

б) нагретой поверхности высушиваемой соломки (при температуре 30 — 40° С) и обмазанных зажигательной массой головок с температурой 30° С;

в) от водяной рубашки и поверхности испарения варочного бака для зажигательной массы при температуре водяной рубашки 60° С, поверхности массы 30° С.

Выделение влаги — антисептического состава — происходит в процессе сушки на полотне автомата при понижении начальной влажности до 3—4%.

Сушка наиболее интенсивно протекает при температуре в цехе 20—30° С; при более высокой температуре процесс сушки замедляется. Повышение влажности в нижней зоне автоматов до 70% предохраняет головки от заклеивания. В составе зажигательной массы должны отсутствовать сильно гигроскопические вещества, как, например, натриевый хромпик и клеи, содержащие соли.

Автоматные отделения оборудуются приточно-вытяжной механической вентиляцией. Количество выделяющегося тепла от автоматов определяется из расчета 150 *ккал/ч* на 1 *м²* наружной поверхности автомата и ориентировочно составляет 15 000 — 20 000 *ккал/ч*,

от нагретой поверхности соломки — 80 ÷ 100 *ккал/ч* на 1 $м^2$, от работающих электродвигателей — 215 *ккал/ч* на 1 *квт* установленной мощности электродвигателей, от поверхности водяной рубашки варочного бака — 200 *ккал/ч* на 1 $м^2$.

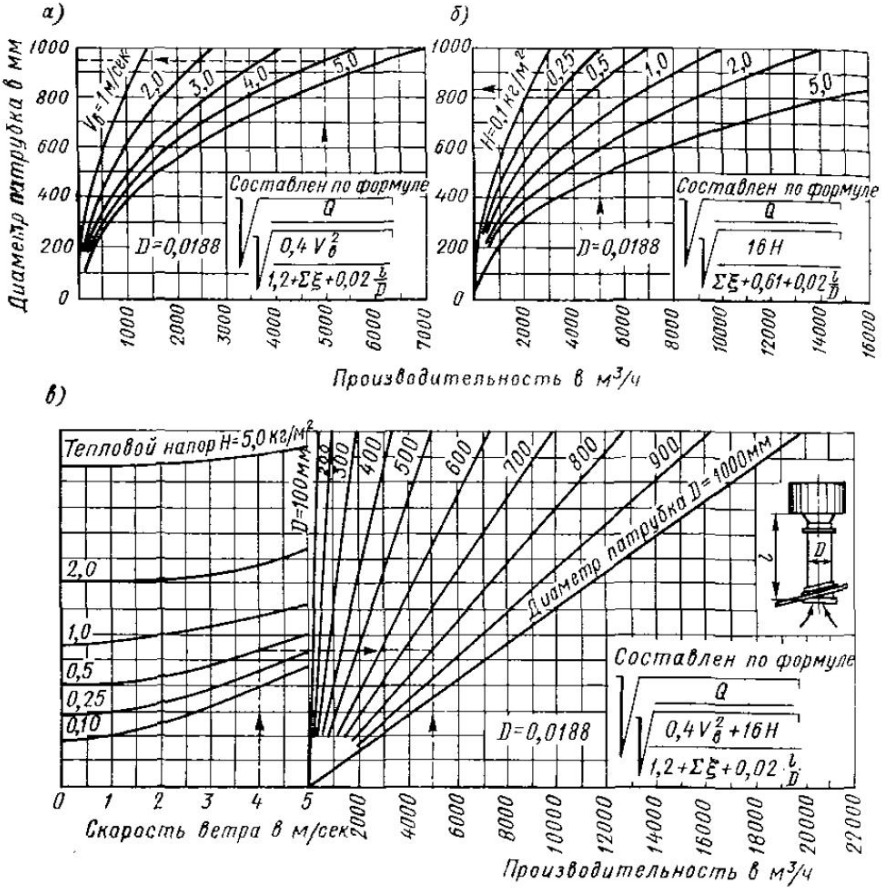


Рис. 50. Графики для подбора дефлекторов типа ЦАГИ

а — при учете одного ветрового напора; *б* — при учете одного теплового напора; *в* — при учете ветрового и теплового напоров; D — диаметр патрубка, *мм*; Q — производительность, $м^3/ч$; $v_в$ — скорость ветра, *м/сек*; H — тепловой напор, $кг/м^2$

Количество испаряемой влаги $G_{вл}$ (*кг/ч*) от высушиваемой на автоматах соломки при продолжительности сушки 38 *мин*

$$G_{вл} = \frac{G_с (\varphi_н - \varphi_к)}{60} 38,$$

где $G_с$ — вес соломки в *кг*;

$\varphi_н$, $\varphi_к$ — соответственно начальное и конечное влагосодержание соломки.

Количество выделяющейся влаги от работающих принимается из расчета на одного человека 180 — 200 *г/ч*; с поверхности варочных ванн и баков — 0,3 ÷ 0,5 *кг/м²·ч*, с поверхности пола — 0,05 *кг/м²·ч*. На основании приведенных данных определяется суммарное количество выделяющегося тепла и влаги. Для ориентировочных расчетов суммарное количество выделяющегося тепла на один установленный автомат можно принимать 15 000 *ккал/ч*, влаги 8 ÷ 10 *кг/ч*.

Установлены следующие нормы воздухообмена на один автомат:

для теплого периода	9 000 *м³/ч*
» переходного периода	4 000 »
» холодного »	2 500 »

Наличие постоянных и избыточных тепловыделений требует в конструктивном решении вентиляции автоматных отделений предусмотреть душирование не только постоянных рабочих мест, но

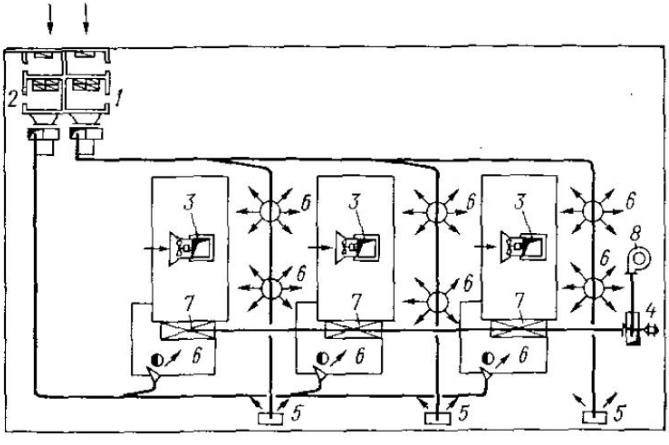


Рис. 51. Схема вентиляции автоматного отделения (с самостоятельной душирующей установкой)

1 — приточная вентиляционная установка; *2* — душирующая вентиляционная установка; *3* — вытяжные осевые вентиляционные установки; *4* — вытяжная вентиляционная установка; *5* — приточные воздухораспределители; *6* — душирующие патрубки; *7* — автоматы, *8* — циклон

и проходов между автоматами, куда воздух подается через приточные насадки, конструкции и высота расположения которых должны обеспечивать скорость движения воздуха в рабочей зоне 0,5 *м/сек*.

Наличие избыточных тепловыделений предъявляет дополнительные требования также к строительной части здания; предполагается устройство аэрационных фонарей или вытяжных шахт.

Помимо общеобменной вентиляции, в воздушном балансе должны быть учтены расходы воздуха по местным отсосам. Вароч-

ный котел для приготовления зажигательной массы устанавливается в укрытии с рабочим проемом 0,6 × 0,7 *м*, местный отсос проектируется над местом ссыпки соломки.

Объем вытяжки от варочного котла определяется при скорости 0,5 — 0,6 *м/сек* и составляет 800 — 1000 $м^3/ч$; вытяжка обычно устраивается естественная при помощи дефлектора ЦАГИ. Графики для подбора дефлекторов представлены на рис. 50.

Графики построены по материалам инж. Ханженкова и составлены при $\Sigma\xi = 0{,}5$ и $l = 5$ *м*. Для значений $\Sigma\xi > 0{,}5$ взятые по графикам диаметры патрубков следует умножать на поправочный коэффициент k, при $\Sigma\xi = 1$ равный 1,06, при $\Sigma\xi = 1{,}5$ равный 1,12, при $\Sigma\xi = 2$ равный 1,18.

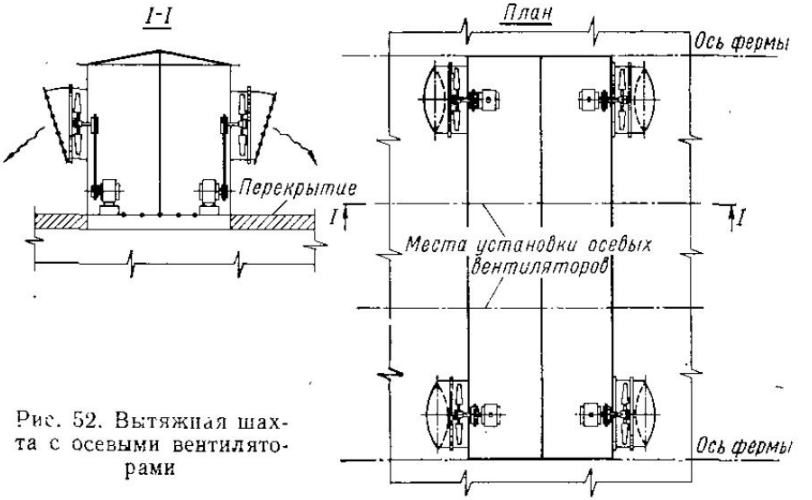


Рис. 52. Вытяжная шахта с осевыми вентиляторами

Пример. Определить диаметры патрубков дефлекторов при $Q = 5000$ $м^3/ч$, $v_в = 4$ *м/сек*, $H = 0{,}5$ $кг/м^2$ и $\Sigma\xi = 0{,}5$.

Решение. Пользуясь графиками, находим: по графику *а* $Д = 940$ *мм* (принимаем 1000 *мм*), по графику *б* $Д = 840$ *мм* (принимаем 900 *мм*), по графику *в* $Д = 800$ *мм* (принимаем 800 *мм*). Ход решения показан пунктирной линией.

Объем вытяжки от места ссыпки в автоматах определяется при скорости в сечении отсоса 2 *м/сек* и составляет на один автомат 1000 $м^3/ч$.

Местные отсосы от автоматов должны быть выделены в самостоятельную вытяжную установку, в составе которой следует предусматривать циклоны или скрубберы с мокрой пленкой.

Схема вентиляции решается в следующем виде (рис. 51). Приточный воздух подается в верхнюю зону через тарельчатые насадки на места обслуживания автоматов и в рабочую зону через приточные насадки с подачей приточного воздуха на фронт автоматов. Самостоятельная установка подает приточный воздух на постоянные рабочие места через дущирующие патрубки, конструкция ко-

торых должна допускать изменение направления воздушной струи и скорости воздуха. Общая вытяжка воздуха из цеха обеспечивается вытяжными шахтами с осевыми вентиляторами, располагаемыми на кровле в зоне максимальных тепловыделений.

В качестве варианта на рис. 52 изображена вытяжная шахта с осевым вентилятором.

В теплый период года работа приточно-вытяжной вентиляции при наличии фонарей заменяется организованной естественной вентиляцией с подачей приточного воздуха естественным путем

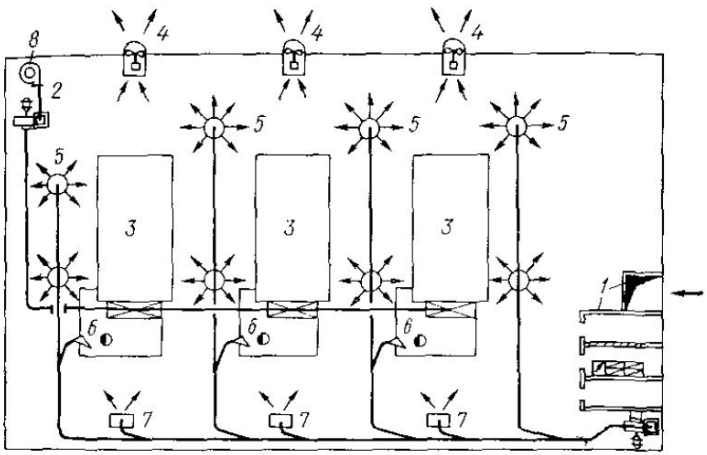


Рис. 53. Схема вентиляции автоматного отделения

1 — приточная камера; *2* — вытяжная вентиляционная установка; *3* — автоматы; *4* — вытяжные осевые вентиляторы; *5* — сферические приточные насадки; *6* — душирующие патрубки; *7* — приточные воздухораспределители; *8* — циклон

через управляемые открывающиеся фрамуги стенового остекления. У варочного бака и автоматов предусматриваются самостоятельные вытяжные установки.

На рис. 53 приведена схема приточно-вытяжной вентиляции автоматного отделения на три автомата. Приточный воздух подается в отделение и на постоянные рабочие места через душирующие патрубки от одной системы. Размещение осевых вытяжных вентиляторов с противоположной стороны от притока при отсутствии фонарей и при невозможности устройства в покрытии вытяжных шахт обеспечивает необходимое сквозное проветривание отделения.

Объемы вентиляции автоматного отделения рассчитываются по количеству выделяющегося тепла и влаги. Примеры комбинированного расчета объемов вентиляции по теплу и влаге будут приведены ниже.

Сушильные аппараты для сушки спичечной соломки. При сушке спичечной соломки тепло расхо-

дуется на нагрев древесины соломки, испарение влаги, содержащейся в ней, нагрев рециркуляционного воздуха и остаточной влаги.

1. Расход тепла на нагрев древесины Q_1 (*ккал/ящ*):

$$Q_1 = G_{др} c_{др} \left(t_к^с - t_н^с\right),$$

где $G_{др}$ — вес сухой древесины в одном ящике спичечной соломки в *кг*,

$$G_{др} = \gamma_{др} V_{др} = (0{,}44 \div 0{,}462)\, V_{др};$$

$c_{др}$ — теплоемкость сухой древесины, равная 0,27 *ккал/кг·град*.
$t_к^с$ — конечная температура спичечной соломки, равная 40° С;
$t_н^с$ — начальная температура спичечной соломки, равная 20°С;
$\gamma_{др}$ — удельный вес сухой древесины в *кг/м³*;
$V_{др}$ — объем древесины на один ящик спичек в *м³*.

2. Расход тепла на испарение влаги в древесине Q_2:

$$Q_2 = G_{вл}(595 - 0{,}54t), \text{ ккал/ч},$$

где t — температура испаряющейся воды в *град*;
$G_{вл}$ — количество испаряемой влаги в *кг/ящ*.

3. Расход тепла на нагрев сухого воздуха и испарение начальной влаги воздуха Q_3 (*ккал/кг*)

$$Q_3 = G_в c_в (t_к - t_н) + G_{вл.\,в} \cdot c_п (t_к - t_н),$$

где $G_в$ — количество сухого воздуха, необходимого для сушки одного ящика соломки, в *кг*;
$c_в$ — теплоемкость сухого воздуха, равная 0,24 *ккал/кг·град*;
$G_{вл.\,в}$ — количество начальной влаги в воздухе в *кг/кг* воздуха;
$t_к$ — конечная температура воздуха, равная 50 — 70° С;
$t_н$ — начальная температура воздуха, равная 20° С;
$c_п$ — теплоемкость начальной влаги воздуха в помещении (при $t = 20°$ С, $c_п = 0{,}47$ *ккал/кг·град*).

Количество сухого воздуха $L_{с.\,возд}$ (*м³/ч*), необходимое на сушку одного ящика спичечной соломки, определяется по I—d-диаграмме в соответствии с уравнением

$$L_{с.\,возд} = \frac{G_{вл.\,в}}{d_к - d_н},$$

где $d_к$ — конечное влагосодержание отработанного воздуха в зависимости от его конечной температуры;
$d_н$ — начальное влагосодержание воздуха.

4. Расход тепла на нагрев остаточной влаги в спичечной соломке Q_1 (*ккал/ящ*):

$$Q_4 = G_{о.\,вл.\,с}\, c \left(t_к^с - t_н^с\right),$$

где $G_{о.\,вл.\,с}$ — вес остаточной влаги в спичечной соломке в *кг/ящ*.

Суммарный расход тепла Q на сушку спичечной соломки определяется как сумма слагаемых расходов тепла:

$$Q = (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4) K.$$

Коэффициент $K = 1{,}15$ вводится на неучтенные потери.

Расход тепла в сушильных аппаратах марки СПС составляет 700—900 *ккал/кг* испаряемой влаги, что при общем количестве испаряемой влаги в сушильном аппарате, равном 350 *кг/ч*, составляет 350 000 *ккал/ч*.

Сушильные аппараты для сушки спичечных коробок (СпСК). Расчет коробосушильных аппаратов сводится к определению расходов тепла и воздуха, которые необходимы для сушки спичечных коробок.

При расчетах принимают: начальную влажность спичечных коробок 140 — 150%, конечную влажность 10%, температуру подаваемого воздуха 25° С, относительную влажность 60%, температуру уходящего воздуха 50° С, относительную влажность 50%, температуру спичечных коробок, поступающих в сушильный аппарат, 20° С, выходящих после сушки — 40 ÷ 45° С. Приведенные данные в каждом частном случае принимаются по заданию технологов спичечного производства.

По данным С. В. Александрова, сушка наружных коробок формата 4 × 4 характеризуется:

количество испаряемой влаги в кг/ящ	2,75
расход воздуха на сушку одного ящика в *кг* . . .	64
» » на 1 *кг* испаряемой влаги в *кг* . .	23,2
расход пара на сушку одного ящика в *кг*	5
» » на 1 *кг* испаряемой влаги в *кг*	1,8
» тепла на 1 *кг* испаряемой влаги в *ккал* . .	1 000

Расход тепла может быть определен также по $I - d$-диаграмме. Зная теплосодержание и влагосодержание отработанного I_2 и d_2 и поступающего I_1 и d_1 воздуха, количество тепла, расходуемое на 1 *кг* испаряемой влаги, можно определить следующим образом:

$$Q = \frac{I_2 - I_1}{d_2 - d_1}.$$

Упаковочное отделение. Набивка спичек в коробки производится при помощи коробконабивных машин марки СпН (МНО), а намазка фосфорной массы на боковые стороны коробок — при помощи коробконамазывательных машин марки СпК. После нанесения фосфорной массы коробки высушиваются при температуре 70° С.

Сушка коробок производится или при прохождении коробок по направляющему ползунку, который располагается между двумя паропроводами, или при движении коробок между двумя воздуховодами, из которых через воздуховыпускные отверстия с направляющими патрубками горячий воздух подается против движения спичечных коробок на сушильной дорожке. Воздуховоды и сушильная дорожка перекрываются металлическим кожухом.

В упаковочном отделении системой отопления должна быть обеспечена температура 16° С. Здесь имеет место выделение конвективного тепла от нагретой наружной поверхности сушильных устройств и тепла от работающих электродвигателей технологического оборудования. Объемы общеобменной вентиляции определяются на ассимиляцию избыточного тепла, что соответствует обычно кратности воздухообмена ± 3.

В воздушном балансе следует учесть количество воздуха, необходимого на конвективную сушку спичечных коробок. Приточный воздух подается механическим путем в рабочую зону через приточные насадки, а удаляется из верхней зоны при помощи местных вытяжных установок с осевыми вентиляторами, которые монтируются или в вытяжных шахтах, устанавливаемых на перекрытии цеха, или в наружных стенах.

Помимо общеобменной приточно-вытяжной вентиляции в цехе должна быть предусмотрена аварийная вытяжная вентиляция. Необходимость устройства последней обусловлена имеющим место в практике производства возгоранием спичек с периодическим выделением продуктов сгорания зажигательной массы на спичечных головках. Производительность аварийной вентиляции определяется из условий создания 10-кратного воздухообмена. Количество удаляемого воздуха аварийной вентиляцией в воздушном балансе цеха не учитывается. Пуск аварийной вентиляции должен быть предусмотрен на участках возможного возгорания зажигательной массы.

Коробкоклеильное и сушильное отделения. В коробкоклеильном и сушильном отделениях производится изготовление на автоматах спичечных коробок. Основным оборудованием являются коробкоклеильные машины СпКН и СпКВ для склеивания наружных и внутренних коробок с последующей сушкой в коробкосушильных аппаратах марки СпСК и КС-2, куда склеенные коробки подаются по ленточным транспортерам.

Материалом для склейки служит клейстер, приготовленный из пшеничной и ржаной муки, картофельного и мансового крахмала, воды (от 85 до 92%) и каустической соды. Расход пара на приготовление клейстера 0,3 *кг/ящ* составляет 200 *ккал/ящ*. Поступающие на транспортер склеенные коробки имеют начальную влажность для наружных коробок 110 — 140%, для внутренних 130 — 170%, конечную влажность 8 — 10%, сушка продолжается 40—45 *мин*.

Основные технические показатели для сушильных аппаратов приведены ниже.

	СпСК	КС-2
Давление пара в *ати*	2,5	1
Относительная влажность отработанного воздуха в %	18	55
Количество испаряемой влаги в *кг/ч*	141	157
Расход пара в *кг/ч*	410	270
Температура воздуха в °С:		
перед слоем коробок	95—113	75—85
после слоя коробок	65—80	55—65
Расход пара на 1 *кг* влаги	2—91	1—62

Метеорологические условия в помещении коробкоклеильных отделений с сушильными аппаратами аналогичны пропиточно-сушильному отделению, поэтому методы определения вентиляционных объемов и решения схем вентиляции идентичны, но исходные количественные показатели различны.

Производственными вредностями коробкоклеильных отделений с сушильными аппаратами являются влага в коробкоклеильном отделении и избыточное тепло в сушильном отделении. Коробкоклеильные и сушильное отделения могут рассматриваться

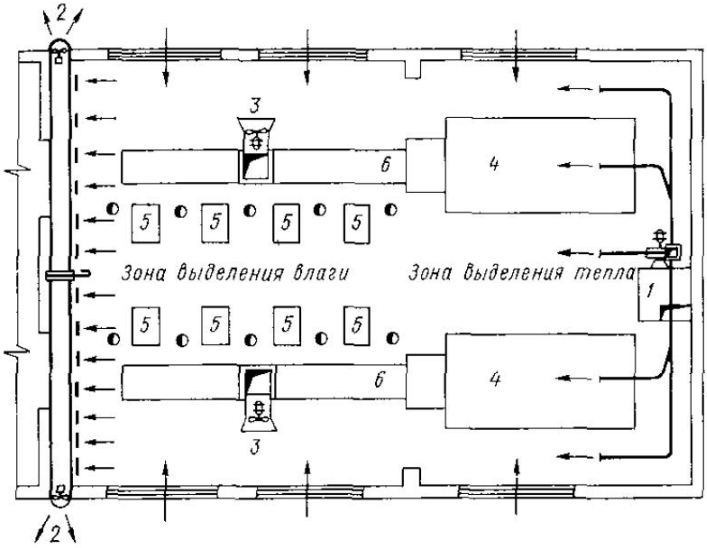


Рис. 54. Схема вентиляции коробкоклеильного цеха

1 — приточная установка (П-1); *2* — вытяжная вентиляционная установка (В-1); *3* — осевые вентиляторы в кровле (В-2); *4* — сушильная камера; *5* — автомат по изготовлению коробок; *6* — конвейер

как одно общее помещение или как два самостоятельных смежных помещения, что нежелательно, так как коробкоклеильное отделение характеризуется выделением влаги, а сушильное — выделением избыточного тепла. Последний случай характерен главным образом для старых, не реконструированных предприятий.

Расчетная внутренняя температура помещения для коробкоклеильного отделения рекомендуется в пределах 18—20° С при относительной влажности воздуха 60—65%.

Для коробкоклеильных отделений с сушильными аппаратами тепловой и воздушный баланс рассматривается как для одного общего помещения, а при раздельном размещении коробкоклеильного и сушильного отделений — как для самостоятельных помещений.

Источником выделения влаги является поверхность спичечных коробок, которые по лентам транспортера по всей длине цеха

подаются в сушильные аппараты. С достаточной для практики расчетов точностью за поверхность испарения можно принимать площадь

$$F = 4L_т b_т n,$$

где $L_т$ и $b_т$ — длина и ширина ленты транспортера в *м*;
n — количество транспортеров;
4 — коэффициент, учитывающий вертикальные плоскости влагоиспарения.

Сушильные отделения коробкоклеильного цеха аналогичны по режиму своей работы сушильным аппаратам для сушки спичечной соломки, поэтому вопросы устройства их вентиляции в данном случае не рассматриваются.

На рис. 54 приведена схема приточно-вытяжной вентиляции коробкоклеильного отделения. В холодный и переходный периоды года приточный воздух подается сосредоточенно приточной установкой П-1 в верхнюю зону помещения. Для нагрева приточного воздуха предусмотрены калориферы с обводным клапаном, при помощи которого регулируется температура подаваемого воздуха. Удаляется воздух с противоположной стороны цеха установками В-1 в том же объеме.

В теплый период приточный воздух поступает естественным путем через окна или при запыленности атмосферного воздуха механическим путем при помощи установки П-1.

Для очистки воздуха предусматриваются фильтры. Дополнительная вытяжка осуществляется из верхней зоны вытяжными шахтами с осевыми вентиляторами (В-2). При невозможности устройства вытяжных шахт (при наличии вышележащих этажей) устанавливаются осевые вентиляторы в боковых стенах цеха. При раздельном размещении коробкоклеильного и сушильного отделений первое оборудуется самостоятельной приточной установкой, производительность которой или рассчитывается для холодного и переходного периодов для данного отделения, или балансируется по воздухообмену со смежным сушильным отделением. Воздух удаляется вытяжными шахтами из верхней зоны или осевыми вентиляторами, устанавливаемыми в боковых стенах цеха, причем производительность и количество вытяжных установок должны соответственно меняться в зависимости от периода года.

Глава VII

СКЛАДСКИЕ ПОМЕЩЕНИЯ И АККУМУЛЯТОРНАЯ

§ 30. СКЛАДСКИЕ ПОМЕЩЕНИЯ

Склады формалина и формальдегидных смол. Формалин хранят в цилиндрических металлических цистернах емкостью 25,5 и 100 $м^3$. Склады устраивают закрытые в отапливаемых помещениях в составе цеха карбамидных смол и открытые, располагаемые в непосредственной близости к обслуживаемым цехам.

Система отопления закрытых складов должна обеспечивать внутреннюю температуру помещений 10° С, а вентиляция складов — 3-кратный обмен при помощи дефлекторов. Приточный воздух подается по балансу. Необходимо предусмотреть устройство механической аварийной вентиляции при помощи осевых вентиляторов, обеспечивающих 10-кратный обмен, которые устанавливают в стенах или в шахтах на кровле.

Пуск вентиляторов должен быть предусмотрен за пределами помещения склада. Открытые склады следует обеспечивать теплом для подогрева хранящегося в резервуарах формальдегида. Этот вопрос рассмотрен в гл. VIII.

Склады мебели. В складах мебели требуется поддерживать температуру 10° С. Система отопления рекомендуется центральная водяная или воздушная. Влажность внутреннего воздуха в помещении должна быть 50%.

Склады древесностружечных и древесноволокнистых плит. В складах, кроме хранения готовой продукции, производится рассортировка плит по сортам и размолу, ведется учет поступления из цеха и отпуск. Отопление складов устраивается центральное с местными нагревательными приборами из ребристых труб или воздушное, при помощи отопительно-рециркуляционных агрегатов. Бестамбурные ворота должны быть оборудованы воздушными завесами. Внутреннюю температуру в складе следует поддерживать не ниже 5° С. Вентиляция помещения склада естественная.

Склад мазута. Мазут хранят в открытых складах. Отепление емкостей для хранения мазута и цистерн рассмотрено в гл. VIII.

Склады ГСМ. Склады ГСМ тарного хранения наиболее полно представлены в составе следующих складских помещений: для масла и смазки, обтирочных материалов, краски, химикатов и отделения для регенерации масел, раздаточной. Здание оборудуется системой центрального водяного или парового отопления с местными

приборами. Теплоносителем могут служить перегретая до 130° С вода или пар с давлением до 3 *ати*, также необходимый и для производственного пароснабжения отделения регенерации масел. Температуры отапливаемых помещений и кратности вентиляционных обменов приведены в табл. 49. Вытяжка предусматривается из верхней и нижней зон. В большинстве складских помещений вентиляция устраивается естественная или вытяжная при помощи встроенных в стены приставных каналов или дефлекторов.

Склады древесной муки. Древесная мука хранится в отдельно стоящем здании (складе) при цехе древесной муки. На склад мука поступает по транспортеру в бумажных пакетах. Так как упаковка не обеспечивает герметичности, а древесная мука гигроскопична, в складах должно быть предусмотрено центральное отопление, обеспечивающее температуру в помещении 10° С. В производственном проеме для подачи муки при продолжительности открывания ворот более 45 *мин* в смену следует устроить воздушно-тепловую завесу или предусмотреть установку отопительно-рециркуляционных агрегатов, тепломощность которых выбирается в зависимости от расхода тепла на нагрев воздуха, врывающегося через проем.

Таблица 49

Температуры отапливаемых помещений и кратности воздухообменов

Наименование	$t_{вн}$, *град*	Кратность вентиляционных обменов	
		+	—
Раздаточная	16	—	5
Масла и смазки	8	—	2
Обтирочные материалы	8	—	1
Краски	8	—	2
Химикаты	8	—	2
Регенерация масла	16	5	5

В тепловом балансе склада расход тепла на нагрев поступающей готовой продукции не учитывается, так как материал поступает на склад из отапливаемого помещения. Вытяжная вентиляция склада естественная.

Склады бочкотары. В складах бочкотары требуется поддерживать температуру 5° С. Так как помещение склада представляет собой одно помещение площадью от 500 $м^2$ и больше, отопление целесообразно делать воздушное при помощи отопительно-рециркуляционных агрегатов, количество которых должно быть не менее двух. Для небольших складов не исключается применение и центрального отопления с отопительными приборами из ребристых труб.

В складах бочкотары в южных районах с расчетной температурой для вентиляции в летнее время более 25° С и влажностью наружного воздуха 35—40% требуется в летнее время поддерживать влажность до 80% и принимать соответствующие меры против инсоляции. Повышение влажности внутреннего воздуха склада осуществляется распылением в воздух помещения склада воды при

помощи форсунок или путем подачи увлажненного воздуха. Количество испаряемой воды определяется по расчету, исходя из условий необходимого влагонасыщения внутреннего воздуха помещения.

В строительной части не рекомендуется делать оконные проемы нормального типа, их следует заменять расположенными на высоте под покрытием окнами с деревянными жалюзи на летний период. Кратность воздухообмена складов колеблется в пределах 1÷3. Воздух удаляется из верхней зоны через вытяжные шахты или дефлекторы.

Для распыливания и рециркуляции воды устанавливаются:

а) центробежный насос типа 2К-6;

б) электродвигатель типа АО на одном валу с насосом 2К-6 (соединяется муфтой);

в) фильтр коксовый или гравиевый для очистки воды после камеры (устанавливается перед насосом);

г) фильтр сетчатый для вторичной очистки воды после коксового фильтра конструкции Промстройпроекта (устанавливается после насоса).

Система приточного воздуха принимается с рециркуляцией.

Камеры увлажнения воздуха и вентилятор с электродвигателем монтируются на отметке 3 *м* от уровня пола на металлических площадках.

Коксовый фильтр и насос с электродвигателем устанавливаются на полу под площадкой. Для вытяжки воздуха принимаются дефлекторы ЦАГИ, которые снабжаются утепленными дроссель-клапанами.

Регулирование относительной влажности в помещении в зависимости от температуры воздуха должно быть автоматизировано.

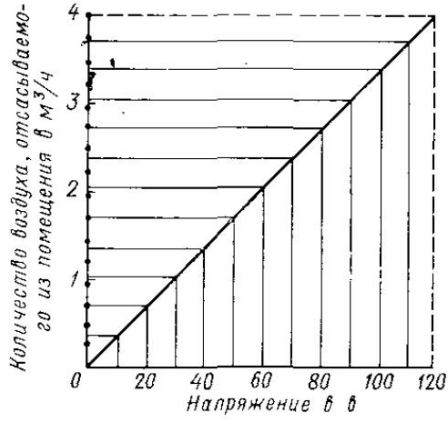


Рис. 55. График для определения вентиляционных обменов в аккумуляторных помещениях

§ 31. АККУМУЛЯТОРНЫЕ, ЗАРЯДНЫЕ

Для стационарных аккумуляторных принимаются кислотные (свинцовые) аккумуляторы, которые выпускаются промышленностью от 36 до 5328 *а·ч*.

Рециркуляция воздуха не допускается. Соединения труб выполняются на сварке, приборы и трубы окрашиваются кислотоупорным лаком, арматура выносится в другие помещения. Расстояние отопительных приборов от

аккумуляторных батарей должно быть не менее 1,5 *м*. Устройство подпольных каналов для труб отопления под аккумуляторными батареями не допускается.

При зарядке безаккумуляторных батарей происходит выделение H_2O и дисперсных частиц электролита. Смесь кислорода с водородом может образовать гремучий газ. Количество выделяющихся газов водорода и кислорода прямо пропорционально силе зарядного тока. Допустимое содержание водорода в воздухе помещения из условий взрывобезопасности принимается по объему равным 0,07%. Среднее количество водорода V ($м^3/ч$), выделяющегося в час, определяется по формуле

$$V = 0{,}063\,(I_1 n_1 + I_2 n_2 + \ \ldots \ + I_n n_n),$$

где I — максимальная сила тока в *а*;

n — число элементов в батареях.

Количество воздуха, удаляемого из помещения на 1 *а* зарядного тока или 4 *а·ч* емкости аккумуляторной батареи, в зависимости от напряжения батарей может определяться по графику (рис. 55).

Максимальная зарядная сила для стационарных аккумуляторов

$$I = \frac{Q_{10}}{36}\,9 = 0{,}25 Q_{10},$$

где Q_{10} — общее количество энергии в *а·ч*, нормально отдаваемое аккумуляторной батареей при разряде ее в течение 10 *ч* для аккумуляторов типа Сп и СпК;

36 *а·ч* — номинальная емкость аккумулятора C_1, принятого за единицу измерения;

9 *а* — максимальная сила зарядного тока для аккумулятора C_1.

Аккумуляторные оборудуются общеобменной приточно-вытяжной вентиляцией с устройством аварийных вытяжных шахт. Объемы вентиляции определяются из условий растворения водорода до допустимой концентрации, $^2/_3$ воздуха удаляется из верхней зоны; $^1/_3$ — из нижней на уровне 0,3—0,5 *м* от пола. Приточный воздух подается в рабочую зону в объеме с $K = 0{,}8$ по отношению к объему вытяжки. Расчетную температуру для вентиляции считают равной оптимальной.

Вентиляционные камеры располагаются вне аккумуляторного помещения с электродвигателями газо-взрывобезопасного исполнения. Конструкция и материалы вытяжных систем должны исключать возможности искрообразования, что достигается выполнением кожуха вентилятора и лопаток из разнородных материалов. Воздуховоды вытяжных систем следует выполнять из материалов, не подверженных воздействию кислот (кровельная сталь, окрашенная кислотоупорным лаком).

Глава VIII

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ

§ 32. РАСХОД ТЕПЛА НА ТЕРМИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ И ИНЕРТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Теплоноситель, параметры. Основным потребителем пара и горячей воды является технологическое оборудование. Кроме того, пар и вода расходуются на отдельных этапах технологических процессов. При этом давление пара, поступающего в цех, должно быть 6—8 *кгс/см*^{2}.

В табл. 50 приведены расходы пара и воды в зависимости от номенклатуры изделий, выпускаемых предприятиями Главзапстроя, по данным ПКБ Оргтехстроя и типовым проектам.

Основные потребители пара — полигоны, формовочные цехи, где производится термическая обработка свежеотформованных железобетонных конструкций, и бункера инертных материалов.

Термическая обработка может производиться как на полигоне, так и в цехе, в ямных камерах и на стендах. Продолжительность цикла термической обработки изделий на полигоне составляет 13,5 *ч*, в цехе — 11 *ч*, на стенде — 46 *ч*.

Термическая обработка железобетонных изделий в камерах цеха производится следующим образом: после загрузки изделий соответствующая камера закрывается крышкой с песочным или водяным затвором, после чего внутрь ее по перфорированной трубе, размещенной по всему периметру камеры, подается острый пар с давлением 1,7 *ата* для подогрева изделий до 85° С и выдерживания их при этой температуре в течение 3—3,5 *ч*.

После термической обработки изделий камера проветривается, затем затвердевшие изделия выгружаются, камера загружается вновь, и цикл повторяется.

В процессе термостатической обработки железобетонных изделий с помощью регулятора в камере поддерживается постоянная температура на уровне 85° С.

Регулятор подачи пара в камеру устанавливается на паропроводе соответствующей камеры твердения. Температурная кривая процесса термической обработки железобетонных изделий отражается на диаграмме электронного автоматического моста, установленного на пульте регистрации температуры. Для обеспечения равномерной подачи пара при полностью открытом вентиле на

Таблица 50

Расход пара и воды в производстве изделий из бетона

Наименование расхода	Единица измерения	Количество расхода
Расход пара на 1 $м^3$ бетона при работе в полигонных условиях:		
на подъем температуры (нагрев)	*кг/м³*	113
за цикл (4 *ч*) пропаривания (113×4)	»	452
на выдержку	»	8,2
за цикл (16 *ч*) пропаривания (8,2×16)	»	131
общий расход пара на весь процесс приготовления изделий в безнапорных камерах (452+131)	»	583
с учетом непредвиденных потерь, по опытным данным, принимаются	»	750
Расход пара на 1 $м^3$ бетона при работе в камерах (изготовление в цехе):		
на подъем температуры в продолжение 4 *ч* (47×4)	»	188
на выдержку 8 ч (4,5×8)	»	36
общий расход пара	»	224
Расход пара на обогрев 1 $м^3$ инертных материалов:		
песка при влажности 5%	»	32,4
щебня при влажности 2,5%	»	21
Расход воды на 1 $м^3$ бетона:		
на промывку гравия или щебня	*л/м³*	500—1000
то же, песка	»	1250—1500
на приготовление бетона в бетономешалках	»	210—400
» изготовление железобетонных изделий	»	150—250
то же, с пропариванием	»	400—500
на поливку железобетонных изделий	»	200—400
Расход воды на другие производственные нужды:		
на гашение 1 *т* извести	*л*	2500—3500
на паровые котлы с возвратом конденсата на 1 *кг* пара	»	0,15—0,2
то же, без возврата на 1 *кг* пара	»	1—1,2
охлаждение в компрессорных станциях на 1 м³ воз-	»	5—10
духа на обогрев 1 машины водой $t = 70°$ С	»	25
то же, на заправку 1 машины	»	25

паропроводе между вентилем и камерой устанавливается дроссельная шайба, обеспечивающая также и равномерный подъем температуры.

Продолжительность термической обработки изделий на стенде с приведенным слоем бетона до 400 *мм* составляет 46 *ч*.

В процессе термообработки свежеотформованные изделия на стенде покрываются брезентом, после чего в паровые регистры, уложенные в полу стенда, подается пар давлением 3 *ати* для нагрева изделий до определенной температуры и выдерживания их при этой температуре в течение 42 *ч*. Охлаждение изделий производится в течение 1 *ч* после отключения регистров и снятия брезента с изделий.

Снабжение паром осуществляется от котельной завода.

Пример. В соответствии с технологическим заданием для теплотехнических расчетов камер термообработки изделий принимаются следующие исходные данные.

Для камер твердения на полигоне размером 7×2,4×1 *м*

Цикл термической обработки изделий	13,5 *ч*
Нагрев от 5 до 85° С	3,5 »
Выдерживание при температуре 85° С	10 *ч*
Охлаждение изделий от 85 до 50° С	естественное
Объем загружаемых в камеру изделий $V_{изд}$	4 $м^3$
Удельный вес загружаемых изделий $\gamma_{изд}$	2,5 $т/м^3$
Теплоемкость железобетона $c_{ж.б.}$	0,2 *ккал/кг·град*
» металла $c_м$	0,115 *ккал/кг·град*
Вес загружаемых в камеру изделий $G_{изд}$	10 *т*
» загружаемого в » металла $G_м$	5 »
» воды затворения на 1 $м^3$ бетона перед термической обработкой изделий $G_в$	180 *кг*
Вес воды затворения на 1 $м^3$ бетона после термической обработки изделий $G'_в$	150 *кг*

Для ямных камер в цехе размером 7×2,4×2 *м*

Цикл термической обработки изделий	11 *ч*
Нагрев от 15 до 85° С	3 »
Выдерживание при температуре 85 С	7 »
Вентиляция камеры с одновременным охлаждением изделий	1 »
Объем загружаемых в камеру изделий $V_{изд}$	5 $м^3$
Вес загружаемых в камеру изделий $G_{изд}$	12,5 *т*
» загружаемого в камеру металла $G_м$	5,2 »
Удельный вес загружаемых изделий $\gamma_м$	2,5 $т/м^3$
Вес воды затворения на 1 $м^3$ бетона перед термической обработкой изделий $G_в$	180 *кг*

Для стенда с приведенным слоем бетона, равным 400 *мм*

Площадь теплового пода F	336 $м^2$
Цикл термической обработки изделий	46 *ч*
Нагрев изделий	3 »
Способ термообработки	подовый с парообогревом глухим паром, с помощью регистров
Выдерживание изделий	42 *ч*
Охлаждение изделий	1 »
Вес загружаемых в стенд изделий $G_{изд}$	160 *т*
Объем загружаемых в стенд изделий $V_{изд}$	64 $м^3$
Вес загружаемого в стенд металла $G_м$	24 *т*
Удельный вес железобетона $\gamma_{ж.б}$	2,5 $т/м^3$
Вес воды затворения, находящейся в 1 $м^3$ изделий перед термообработкой, $G_в$	150 *кг*
Вес воды затворения, находящейся в 1 $м^3$ бетона после термообработки, $G'_в$	90 »
Количество цемента на 1 $м^3$ бетона $G_ц$	300 »

» воды затворения, находящейся в загружаемых изделиях, $G_в = 150 \times 64 = 9\,600$ *кг*;

Согласно конструктивным размерам, длина труб, размещаемых в полу стенда	1 820 *м*
Эффективная глубина заложения труб	0,223 *м*
Шаг труб	150 *мм*
Диаметр труб	89 *кг*

Расчет количества тепла по периодам термической обработки изделий.

Расчет тепла в первый период — подъема температуры от 5 до 85° С составит:

а) для нагрева изделий

$$Q_1 = c_{ж.б} G_{изд} (t_к - t_н) = 0{,}2 \cdot 10\,000\,(85 - 5) = 160\,000 \text{ ккал};$$

б) для нагрева металла

$$Q_2 = c_м G_м (t_к - t_н) = 0{,}115 \cdot 5000\,(85 - 5) = 46\,000 \text{ ккал};$$

в) для нагрева воды затворения

$$Q_3 = c_в G_в V_{изд} (t_к - t_н) = 1 \cdot 180 \cdot 4\,(85 - 5) = 57\,600 \text{ ккал};$$

г) для нагрева стенок камеры твердения при объеме нагреваемого железобетона камеры

$$V_к = 0{,}38 \cdot 2 \cdot 1\,(2{,}4 + 7) + 0{,}3 \cdot 7 \cdot 2{,}4 = 12{,}2 \text{ м}^3;$$

и весе железобетона нагреваемой камеры

$$G_к = V_к \gamma_к = 12{,}2 \cdot 2{,}5 = 30{,}4 \text{ т}, \quad Q_4 = 3{,}5 G_к = 3{,}5 \cdot 30\,400 = 107\,000 \text{ ккал}.$$

Здесь 3,5 — количество тепла (определено расчетом), необходимое для нагрева 1 *кг* массы бетона;

д) тепло экзотермии, выделяемое цементами при гидратации по формуле ВНИИ железобетона

$$Q' = 0{,}00137 \cdot 100 \cdot 300 \cdot 4 \cdot 50 \cdot 3{,}5 = 28\,800 \text{ ккал},$$

е) потери тепла в окружающую среду через неплотности камеры принимаем в размере 12% от часового расхода тепла, затрачиваемого при нагревании изделий.

Суммарный часовой расход тепла за первый период

$$Q_{час} = 1{,}12 \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 - Q'}{3{,}5} =$$

$$= 1{,}12 \frac{160\,000 + 46\,000 + 57\,600 + 107\,000 - 28\,800}{3{,}5} = 110\,000 \text{ ккал/ч}.$$

Основные

Процесс термообработки	Цикл термической обработки в *ч*	Нагрев	Продолжительность нагрева в *ч*	Выдерживание в *ч*	Вес воды затворения на 1 м³ бетона в *кг*
В камерах на полигоне	13,5	От 5 до 85° С	3,5	10	180
В ямных камерах в цехе	11	От 15 до 85° С	3	7	180
На стенде в цехе . . .	46	То же	3	42	150

Во второй период — термической обработки изделий — тепло затрачивается на восполнение потерь в окружающую среду через стены камер и крышку и составляют 12% от часового расхода тепла при нагревании изделий.

Количество тепла, затрачиваемое во втором периоде для поддержания постоянной температуры 85° С,

$$Q_5 = 0{,}12 \cdot 110\,000 = 13\,200 \text{ ккал/ч}.$$

В третий период — охлаждения изделий, металла и железобетонной массы камеры — температура снижается с 85 до 50° С.

Так как камеры находятся на открытой площадке, то охлаждение будет естественное, путем приоткрывания крышки камеры и поддержания в ней температуры 50° С.

Общее количество тепла, расходуемого на термическую обработку изделий в одной камере:

$$Q_{\text{расч}} = 110\,000 \cdot 3{,}5 + 13\,200 \cdot 10 = 518\,000 \text{ ккал}.$$

Часовой расход тепла на одну камеру в первом периоде составит 110 000 *ккал/ч*, или в переводе на нормальный пар

$$G'_{\text{п}} = \frac{110\,000}{540} = 204 \text{ кг/ч};$$

расход пара при работе камеры во втором периоде

$$G''_{\text{п}} = \frac{13\,200}{540} = 25 \text{ кг/ч}.$$

Расход тепла на 1 $м^3$ изделий

$$Q'' = \frac{518\,000}{4} = 130\,000 \text{ ккал/м}^3,$$

или в переводе на нормальный пар

$$G'''_{\text{п}} = \frac{130\,000}{540} = 240 \text{ кг/м}^3.$$

Основные показатели по термической обработке изделий из железобетона приведены в табл. 51.

Таблица 51

рмативные показатели по термообработке изделий (по данным Оргэнергостроя)

Вес воды после термической обработки на 1 $м^3$ бетона в *кг*	Способ охлаждения до 50° С	Приведенный слой бетона в *мм*	Способ термообработки	Максимальный расход пара на 1 $м^3$ изделия
150	Естественное	100	Острый пар	250
150	Механическое	—	То же	242
90	Естественное	400	Глухим паром (подовый)	250

§ 33. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДА ТЕПЛА НА НАГРЕВ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ БЕТОНА

Инертные материалы хранятся на открытых площадках и в бункерах. Подача материалов производится по транспортерам в надземных и подземных галереях. При хранении инертных материалов необходимо, чтобы температура материала постоянно была $\geqslant +5°C$.

Расход тепла на нагрев инертных материалов в бункерах слагается из расходов тепла на нагрев материала и возмещение теплопотерь в окружающую среду строительными конструкциями бункеров хранения.* Расходуется тепло на нагрев материала от наружной температуры отопительного периода до $+5°$ С.

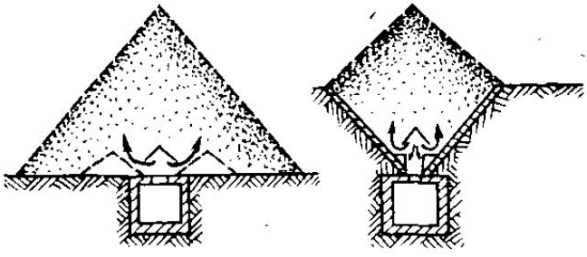


Рис. 56. Подогрев заполнителей продувкой дымовыми газами

Так как инертные постоянно расходуются и пополняются новыми, постоянный расход тепла относится к периоду нагрева. Нагрев материалов в бункерах производится при помощи сварных регистров глухим паром. При складировании на открытых бетонных площадках материал нагревался также при помощи сварных регистров, заделанных в бетонное покрытие. При определении расхода пара учитывается слой складируемого материала высотой 0,5 *м*.

Расход тепла на нагрев материала определяется по формуле

$$Q = Fh\gamma c\,(t_н - t_к),$$

где F — площадь, занимаемая материалом, в $м^2$;
h — высота прогреваемого слоя материала в *м*;
γ — удельный вес материала в $кг/м^3$;
c — теплоемкость материала в *ккал/кг·град*.

В зимний период песок, гравий и щебень перед использованием на производстве следует размораживать. В качестве теплоносителя используют глухой и острый пар, перегретую воду.

---

* А. П. Владимиров, Е. Ю. Бройнина. Выгрузка и подогрев нерудных строительных материалов в зимних условиях. Госстройиздат.

Размораживать и нагревать заполнители можно также отходящими газами, имеющими температуру 200—250° С. Конструктивное решение такого способа сушки показано на рис. 56. На предприятиях строительной индустрии такой способ размораживания применяется только в исключительных случаях, обусловленных местными условиями.

Наиболее распространенные способы хранения и подогрева заполнителей производятся в бункерах и на открытых специально оборудованных площадках в штабелях (рис. 57). Заполнители для приготовления бетона должны иметь положительную температуру.

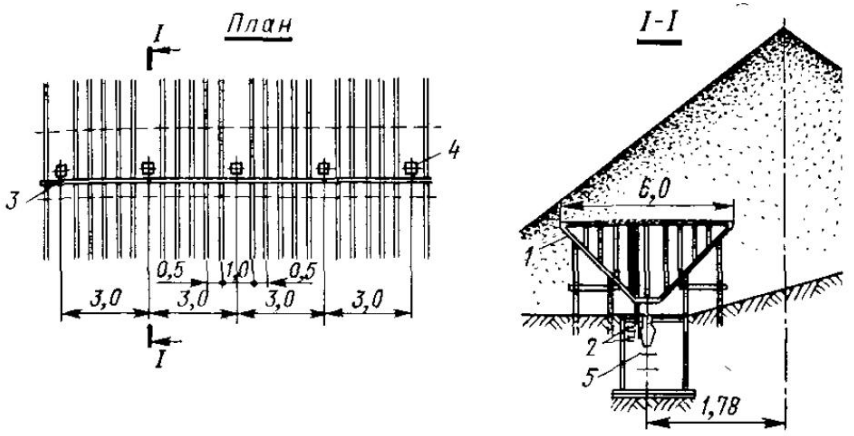


Рис. 57. Схема подогрева заполнителей в штабелях

1 — регистры; *2* — подвод пара и отвод конденсата; *3* — пароподводящая труба; *4* — течка; *5* — транспортер

Песок подогревают до 20—30° С, щебень — до 10—20° С. Расход тепла на нагрев заполнителей ориентировочно составляет 75 000 — 90 000 *ккал/м*^{3} материала. Определение температуры заполнителей бетона перед подачей их в бетономешалку в оттаявшем состоянии производится по следующим формулам:

для песка

$$t_1 = \frac{t_{см}\,[0{,}2\,(g_1 + g_2 + g_ц) + g_в] - (0{,}2 - i_2)\,g_2 t_2}{(0{,}2 + i_1)\,g_1} - \frac{(g_2 - i_1)\,(g_1 - i_2 g_2)\,t_в - 0{,}2 g_ц t_ц}{(0{,}2 + i_2)\,g_1};$$

для щебня

$$t_2 = \frac{t_{см}\,[0{,}2\,(g_1 + g_2 + g_ц)\,g_в] - (0{,}2 + i)\,g_1 t_1}{(0{,}2 - i_2)\,g_2} - \frac{(g_в - i_1 g_1 - i_2 g_2)\,t_в - 0{,}2 g_ц t_ц}{(0{,}2 - t_2)\,g_2},$$

где $t_{см}$ — температура бетонной смеси в *град*;
i_1 — относительная (на сухой вес) влажность песка;
g_1 — удельный расход песка в *кг/м*^{3} бетона;
t_1 — температура песка в *град*;
t_2 — температура крупного заполнителя (щебня, гравия) в *град*;
i_2 — относительная (на сухой вес) влажность крупного заполнителя;
$g_ц$ — удельный расход цемента в *кг/м*^{3} бетона;
g_2 — удельный расход крупного заполнителя в *кг/м*^{3} бетона;
$t_ц$ — температура цемента в *град*;
$g_в$ — вес воды в *кг/м*^{3} бетона;
$t_в$ — температура воды в *град*;
0,2 — удельная теплоемкость песка, крупного заполнителя и цемента в *кдж/кг·град*.

Удельный расход тепла $Q_{уд}$ (*кдж*) на размораживание и подогрев 1 *м*^{3} заполнителя определяется по следующим формулам:

при $t \leqslant 0°$ С

$$Q'_{уд} = \gamma_з \{c_з (1 - i_з)(t_к - t_н)' + i_з [-2{,}1 \cdot t_н + 80 + t_к + n(2490 + 1{,}96 t_{от} - t_н)]\};$$

при подогреве оттаявших заполнителей

$$Q''_{уд} = \gamma_з [c_з (1 - i_з) + i_з](t_к + t_н) + n i_з (2490 + 1{,}96 t_{от} - t_н)],$$

где $\gamma_з$ — объемный вес заполнителей в *кг/м*^{3};
$c_з$ — удельная теплоемкость сухих заполнителей в *кдж/кг·град*;
$i_з$ — относительная (на сухой вес) влажность заполнителей;
$t_н$ и $t_к$ — соответственно начальная и конечная температуры заполнителей в *град*;
2,1 и 80 — соответственно удельная теплоемкость льда и скрытая теплота его плавления в *кдж/кг·град*;
$t_{от}$ — температура отходящих газов в установках с теплоносителями — дымовыми газами, непосредственно соприкасающимися с материалом при передаче тепла от теплоносителя к материалу через стенку;
$2490 + 1{,}96\ t_{от}$ — теплосодержание пара в *кдж/кг*;
n — количество испаряющейся влаги: при подогреве заполнителей в складах, емкостях или бункерах подогрева $n = 0{,}1$, при подогреве во вращающихся барабанах типа сушильных $n = 0{,}2 \div 0{,}25$.

При отсутствии экспериментальных замеров $t_н$ можно принимать по следующим данным:

Расчетная зимняя температура наружного воздуха (средняя наиболее холодной пятидневки) в *град*	Начальная температура в *град*
—40	—20
—30	—15
—20	—10

Для пунктов с другими значениями расчетных зимних температур наружного воздуха начальная температура заполнителей определяется путем интерполяции.

Удельный расход тепла на размораживание и подогрев 1 $м^3$ заполнителей при различных $t_н$ и $t_к$ определяется по номограмме (рис. 58) по заданным значениям φ, $t_н$ и $t_к$. Полученный по номограмме расход тепла на 1 *кг* материала умножают на его объемный вес и получают удельный расход тепла на подогрев 1 $м^3$ материала без учета теплопотерь в нагревательном устройстве.

При расчете бункеров подогрева и силосных складов в случае движения сыпучего материала в процессе нагрева время пребывания заполнителей в нагревательном устройстве определяется по формуле

$$\tau = \frac{VQ_{уд}}{q},$$

где τ — продолжительность подогрева заполнителей в *ч*;
V — объем нагреваемого материала в $м^3$;
$Q_{уд}$ — удельный расход тепла на размораживание и подогрев 1 $м^3$ заполнителя в *кдж*/$м^3$;
q — теплопроизводительность склада в *кдж*/*ч*.

Расчетный расход тепла для определения тепломощности нагревательных устройств

$$Q_{н.у} = \frac{Q_{уд}B}{\tau k},$$

где B — расход заполнителей в $м^3$/*сутки*;
τ — время работы нагревательных приборов в сутки в *ч*;
k — коэффициент, учитывающий теплопотери.

Величина k при открытом складе для песка равна 0,75, для щебня — 0,6, при закрытом складе соответственно 0,85 и 0,82.

Поверхность нагревательных приборов

$$F_п = \frac{Q_{н.у}}{K_п(t_п - t_м)},$$

где $K_п$ — средний коэффициент теплопередачи прибора, отнесенный к массе материала, разогреваемого в неподвижном состоянии, и к 1 $м^2$ поверхности нагрева сплошных труб;

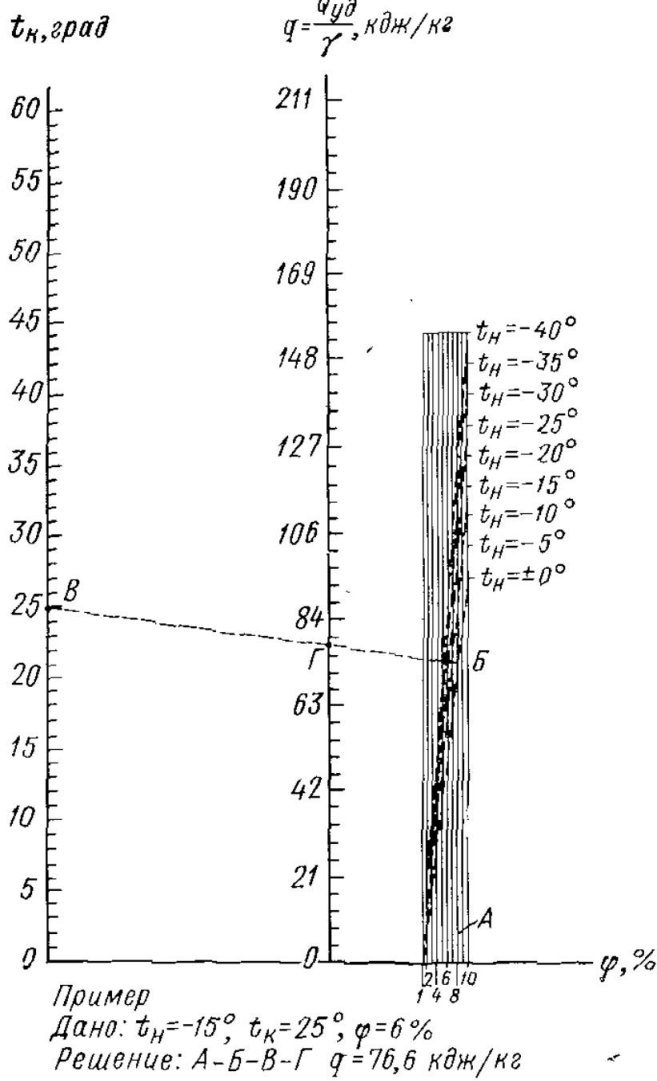


Рис. 58. Номограмма для определения затрат тепла на подогрев заполнителей

$t_п$ — температура насыщения пара в *град*;

$t_м$ — средняя температура заполнителей в *град*:

$$t_м = \frac{t_н - t_к}{2},$$

$t_н$, $t_к$ — соответственно температуры материала при поступлении в нагревательное устройство и при выходе из него в *град*.

Пример. Определить удельный расход тепла на нагрев 1 $м^3$ песка при $\varphi = 6\%$, $t_к = 25°$ С, $t_н = -15°$ С. Удельный вес песка 1 550 *кг/м*^{3}.

Влажность песка $\varphi = 6\%$ определяется на оси абсцисс точкой *А*. Из точки *А* проводят вертикальную линию до пересечения с прямой $t_н = -15°$ С, что соответствует точке *Б*. На шкале конечных температур находят точку *В*, которая соответствует $t_к = 25°$ С. Точки *Б* и *В* соединяют прямой. Точка *Г* пересечения со шкалой расхода тепла дает расход тепла на подогрев 1 *кг* песка. Находим 76,6 *кдж/кг*, откуда расход тепла на 1 *кг* песка будет $76{,}6 \times 1550 = 118\,730$ *кдж/м*^{3}.

Для определения удельного расхода тепла на нагрев заполнителей необходимо полученные по номограмме результаты, выраженные в килоджоулях, перевести в килокалории. Таким образом, удельный расход тепла на нагрев 1 $м^3$ заполнителей будет

$$\frac{118\,730 \cdot 10^3}{4\,190} = 28\,000 \text{ ккал/м}^3.$$

§ 34. РАСХОД ТЕПЛА НА ТЕПЛОВУЮ И ТЕПЛОВЛАЖНОСТНУЮ ОБРАБОТКУ СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Для ускорения процесса затвердения изделий из бетона, железобетона и известково-песчаных смесей применяется тепловая и тепловлажностная обработка изделий, что сокращает срок гидратации до 24 *ч*. При гидратации изделий из бетона и железобетона происходит образование гидросиликатов и гидроалюминатов кальция.

Лучшие результаты дает тепловлажностная обработка изделий, выпускаемых на основе шлакопортландцементов и пуццолановых цементов; производится она в ямных камерах-автоклавах.

Тепловлажностная обработка несерийных и крупногабаритных изделий производится в кассетных формах и на стендах (рис. 59). Кроме того, используются камеры непрерывного действия туннельного горизонтального и вертикального типов. Тепловлажностная обработка состоит из трех периодов. I период — нагрев мало- и среднеалюминатных портландцементов до 80° С и высокоалюминатных цементов — до 60° С, пуццолановых цементов и шлакопортландцементов — до 90° С; II период — изотермический прогрев изделий; III период — остывание. Пропаривание изделий на портландцементах длится 6—8 *ч*.

Интенсивность нагрева зависит от массивности обрабатываемых изделий. Для тонкостенных изделий средняя скорость подъема

температуры 25° С в 1 *ч*, для массивных изделий — от 20 до 40° С в 1 *ч*. Соответственно скорость остывания должна быть 35° С и от 30 до 50° С в 1 *ч*. Влажность воздуха в камере пропаривания должна быть в пределах 80—100%, что соответствует температурам при пропаривании 174—180° С.

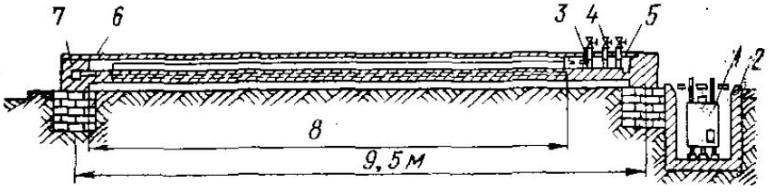


Рис. 59. Стенд для изготовления и пропарки изделий

1 — переносной ресивер; *2* — приямок для ресивера; *3* — паропровод; *4* — вакуум-привод; *5* — водопровод; *6* — приямок для слива конденсата; *7* — конденсатоотвод

На наших предприятиях до настоящего времени для пропаривания изделий применяются ямные камеры (рис. 60 и 61). Различные варианты пароснабжения ямных безнапорных камер приведены на рис. 62. При обработке изделий на стендах или в кассетных формах нагрев изделий производится при скорости 15—20° С в 1 *ч*, при температуре греющих поверхностей 60—70° С.

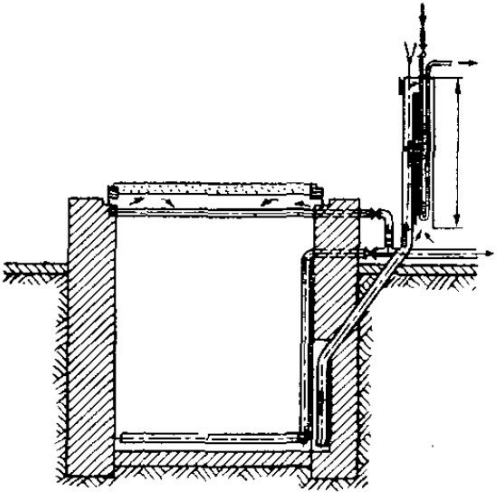


Рис. 60. Ямная камера конструкции Л. А. Семенова

Тепловой расчет камер периодического действия тепловлажностной обработки сводится к определению часового расхода тепла (пара) для трех периодов работы: периода нагрева, гидротермической обработки, остывания и разгрузки.

Режим пропарки изделий, объем и размеры конструкции камер определяются технологами в зависимости от годовой программы цеха и типа изделий.

В период нагрева расход тепла на подогрев заполнителей, составляющих бетонные и железобетонные изделия, при термовлажностной обработке в *ккал*

$$Q_1 = \gamma_{сух} c (t_к - t_н) + \frac{\varphi}{100} \cdot 1000 (t_к - 0{,}5 t_н + 80),$$

где $\gamma_{сух}$ — объемный вес сухого материала в *кг/м*³;
c — удельная теплоемкость заполнителя в *ккал/кг·град*;
$t_н$, $t_к$ — начальная и конечная температуры в °С;
φ — влажность заполнителей по объему в %.

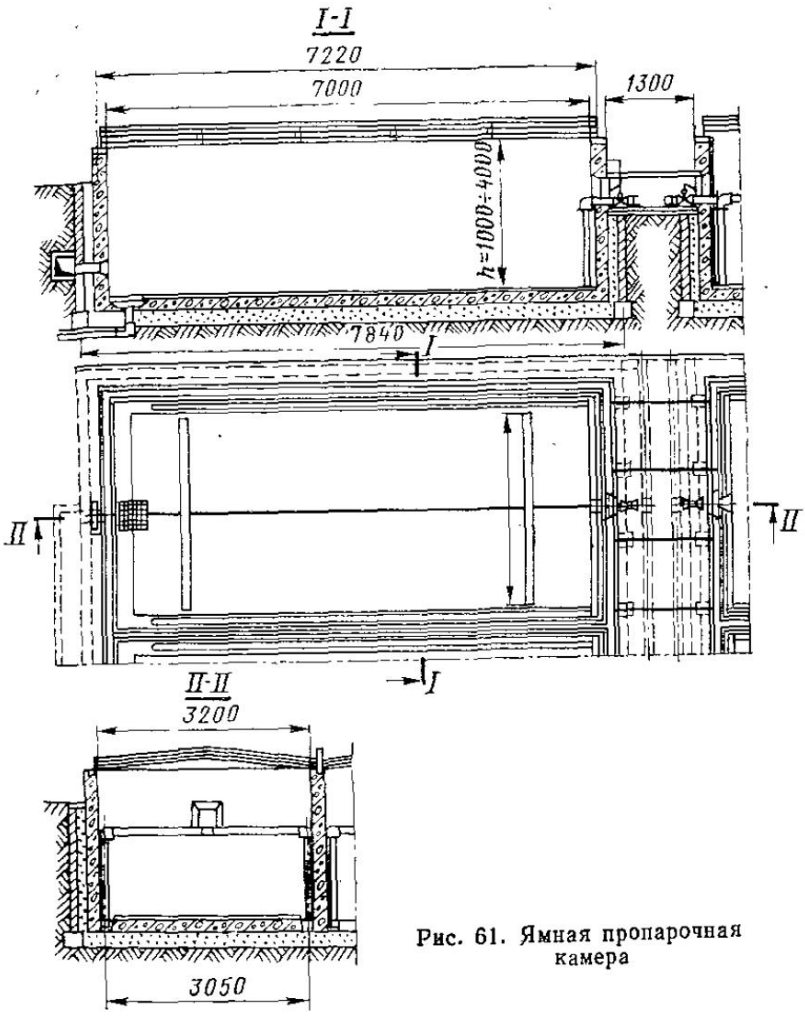


Рис. 61. Ямная пропарочная камера

Расход тепла на нагревание воды для затвердения бетона

$$Q_2 = G_{вл} \cdot 1\,(t_{к.\,в} - t_{н.\,в}),$$

где $G_{вл}$ — расход воды на приготовление 1 *м*³ бетонной смеси в *кг*;
$t_{к.\,в}$, $t_{н.в}$ — конечная н начальная температуры воды соответственно 70—80° С и 5° С;
1 — удельная теплоемкость воды в *ккал/кг·град*.

Расход воды для затвердения бетона принимается из расчета 0,16 — 0,2 $м^3$ на 1 $м^3$ бетонной массы. Количество воды уточняется в зависимости от марки бетона в лабораторных условиях.

Расход тепла на нагревание опалубки

$$Q_3 = G_1 c_1 (t_к - t_н).$$

Расход тепла на нагрев транспортных средств ввиду незначительной величины

$$Q_4 = \sum Q \cdot 1{,}05.$$

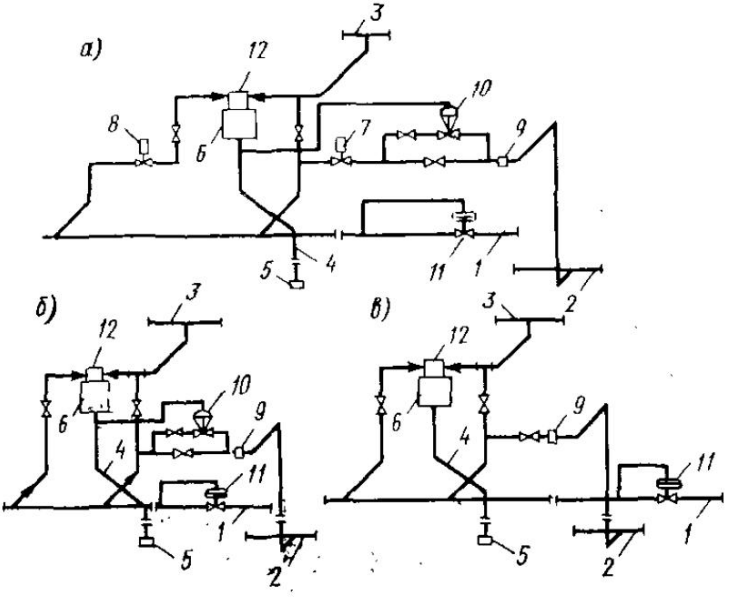


Рис. 62. Схема снабжения безнапорных камер

а — первый вариант; *б* — второй вариант; *в* — третий вариант; *1* — труба для подвода пара в цех; *2* — нижняя перфорированная труба; *3* — верхняя перфорированная труба; *4* — воздухоподводящая труба; *5* — гидравлический клапан; *6* — контрольный конденсатор; *7* — электромагнитный вентиль на нижней трубе; *8* — электромагнитный вентиль на верхней трубе; *9* — дроссельная диафрагма; *10* — автоматический регулятор температуры прямого действия на нижней трубе (РПД); *11* — автоматический регулятор давления пара (РД); *12* — автоматический регулятор температуры прямого действия (РПДС-11) на верхней трубе

Расход тепла на нагрев камеры

$$Q_5 = G_к c_к (t_н - t_к),$$

где $G_к$ — вес конструкции камеры в *кг*;

$c_к$ — удельная теплоемкость материала строительных ограждений камеры в *ккал/кг·град*;

$t_н$ — начальная температура конструкции камеры, принимаемая на 5° С ниже температуры цеха, в °С;

$t_к$ — конечная температура нагрева конструкции камеры, принимаемая равной 60—80° С.

Расход тепла на возмещение теплопотерь через строительные ограждения камеры (крышка, стенки и дно) в окружающую среду (в цех и в грунт) в *ккал/ч*:

$$Q_6 = FK(t_в - t_к),$$

где F — поверхность охлаждения соответствующей поверхности конструкции в $м^2$;

K — коэффициент теплопередачи соответствующего элемента конструкции в $ккал \cdot ч \cdot м^{2\circ} \cdot C$.

Значения K при многослойной конструкции принимается по наибольшему значению наиболее теплопроводного конструктивного слоя строительного ограждения камеры;

$t_в$ — внутренняя температура камеры, принимается для периода разогрева 30—40° С, для установившегося режима — 60 ÷ 80° С;

$t_н$ — температура наружной среды в °С.

Расход тепла на испарение влаги в *ккал/ч*

$$Q_7 = G(595 - 0{,}54t),$$

где G — количество влаги в *кг*;

t — температура испаряемой воды, равная 80—90° С.

Количество испаряющейся воды G ориентировочно может быть определено в размере 1 — 1,5% от веса загруженных в камеры изделий.

Расход пара на пропаривание изделий в *ккал*

$$Q_8 = 1\,250V(1 - q),$$

где V — внутренний объем камеры в $м^3$;

1250 — теплосодержание 1 $м^3$ пара в $кдж/м^3$;

q — коэффициент заполнения камеры, принимаемый в пределах 0,3—0,5.

Потери в окружающую среду учитываются через неплотности конструкции камеры в размере 5—12% от суммарного расхода тепла первого периода. Таким образом, общий расход тепла в период разогрева

$$Q' = (1{,}05 \div 1{,}12)(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8).$$

Среднечасовой расход пара в *кг/ч* в период разогрева

$$D = \frac{Q'}{\tau(i_п - i_к)},$$

где τ — продолжительность цикла (табл. 52);

$i_п$ — теплосодержание пара при входе в нагреватели или в перфорированную трубу;

$i_к$ — теплосодержание конденсата.

Таблица 52

Тепловой режим изделий

Изделие	Температура в °С	Продолжительность в ч		
		подъем температуры	выдержка	остывание
Обработка в камерах				
Изделия на портландцементе	70	2—3	15	3—4
То же, с ускорителем	70	2—3	10	3—4
Изделия на пуццолановом портландцементе	80	2—3	10	3—4
То же, с ускорителем	80	2—3	7	3—4
Изделия на шлакопортландцементе	85	2—3	12	3—4
То же, с ускорителем	85	2—3	8	3—4
Тонкостенные изделия:				
на портландцементе	8	2—3	2	10
» шлакопортландцементе	90	2—3	3	7
Массивные изделия:				
на портландцементе	8	3—4	3	10
» шлакопортландцементе	90	3—4	4	8
Автоклавная обработка				
Крупные изделия из бетона	174,5	2—4	6—8	2—3
Мелкие изделия из бетона	174,5	1—2	6—8	1,2
Известково-шлаковый кирпич	174,5	2	6	2
Крупные силикатные изделия	174,5	3,5	9	3
Стеновые силикатные блоки	174,5	2	6—8	2
Изделия из пенобетона	174,5	4—6	3—7	5
Армосиликатные изделия	174,5	2	8	1,5
Обработка в матрицах				
Изделия на портландцементе марки 300—400	55—65	3—4	15	3—4

В период тепловой обработки изделий при установившемся режиме расход тепла уменьшается и определяется равенством

$$Q'' = Q_6 + Q_7 + Q_8.$$

Расход пара на обработку 1 $м^3$ изделий составляет 200—300 $кг/м^3$. В период остывания и разгрузки пар не расходуется.

При подаче в камеры острого пара по перфорированному трубопроводу количество отверстий n определяется по формуле

$$n = \frac{D}{0{,}67d^2\,(0{,}2 + 0{,}48P_1)\,(P_1 - P_2)},$$

где d — диаметр одного отверстия в *мм* (обычно равен 2—4 *мм*);

P_1, P_2 — абсолютные давления пара соответственно в перфорированной трубе и камере.

§ 35. РАСХОД ТЕПЛА НА СУШКУ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ НА ЗАВОДАХ ЛЕСОПИЛЕНИЯ И СТОЛЯРНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ЦЕХОВ

Расход тепла на сушку древесины в балансе тепла предприятия составляет значительную величину. Расход тепла зависит от начальной, конечной влажности древесины, количества, породы дерева. Расход тепла на сушку древесины и необходимое количество сушильных камер рекомендуется определять по данным эксплуатации Гипродрева.

В сушильную камеру подается насыщенный пар с давлением 4—6 *кг/см*^{2}.

Определение расхода тепла на сушку пиломатериалов в сушильной камере производится в следующем порядке:

1) расход тепла на прогрев пиломатериалов $Q_п$ в *ккал/м*^{3};

2) расход тепла на испарение влаги пиломатериала $Q_{вл}$ в *ккал*;

3) расход тепла на потери $Q_{пот}$ — потери тепла через ограждения и потери тепла на прогрев транспортных устройств и пр., учитываемые коэффициентом $K_{тр}$.

1. Расход тепла на прогрев пиломатериалов в камере для зимнего периода

$$Q_п = 1000V_{усл}\left\{0{,}68\,(t_к - t_н) + \frac{W_п - 30}{100}\,[0{,}5\,(-t_н) + 80 + t_к]\right\},$$

где $V_{усл}$ — удельный объемный вес, равный для сосны 0,43, для ели, лиственницы, кедра — 0,37, для дуба — 0,56 *г/см*^{3};

0,68 — теплоемкость древесины при 30% влажности в *ккал/кг·град*;

$t_к$ — температура воздуха в камере в °С;

$t_н$ — температура наружного воздуха в °С;

$W_п$ — влажность пиломатериалов в %;

30 — влажность древесины в момент насыщения волокон в %;

0,5 — теплоемкость льда в *ккал/кг·град*;

80 — скрытая теплота плавления льда в *ккал/кг*.

Расход тепла на прогрев пиломатериалов в среднегодовых условиях

$$Q'_п = 1000V_{усл}\,(0{,}38 + W_п/100)\,(t_к - t_{ср}),$$

где 0,38 — теплоемкость сухой древесины в *ккал/кг·град*;

$t_{ср}$ — среднегодовая наружная температура в *град*.

Часовой расход тепла на прогрев древесины (без учета потерь тепла)

$$Q_ч = \frac{Q'_п E}{t_{пр}},$$

где E — емкость камеры в $м^3$; $t_{пр}$ — время прогрева всей древесины с момента достижения заданной температуры (время прогрева 1 *см* толщины материала составляет 1,5 — 2 *ч*).

$$E = lbhm\beta_{об},$$

где l, b, h — соответственно длина, ширина и высота штабеля в *м*;
m — число штабелей в камере в шт.;
$\beta_{об}$ — объемный коэффициент заполнения штабеля,

$$\beta_{об} = \beta_l \beta_b \beta_h.$$

Здесь β_l — коэффициент заполнения штабеля по длине, принимается равным 0,9;
β_b — коэффициент заполнения штабеля по ширине; при естественной и противоточной циркуляции принимается равным 0,6 — 0,7, при скоростной — 0,8 — 0,9;
β_h — коэффициент заполнения штабеля по высоте,

$$\beta_h = \frac{B}{25 + 1{,}088},$$

B — толщина досок в *мм*.

2. Расход тепла на испарение влаги пиломатериалов

$$Q_{вл} = q_{исп.\ расч} M_{кам.\ расч},$$

где $q_{исп.\ расч}$ — удельный расход тепла на испарение 1 *кг* влаги в *ккал/кг*.

$$q_{исп.\ расч} = 540 + c\,(t_{расч} - 100),$$

c — теплоемкость пара, равная 0,47 *ккал/кг·град*;
540 — теплота парообразования *ккал/кг*;
$t_{расч}$ — температура в камере в °С;
$M_{кам.\ расч}$ — количество влаги, испаряемое в камере на 1 $м^3$ пиломатериала, в $кг/м^3$:

$$M_{кам.\ расч} = K_н 10 - V_{усл}\,(W_н - W_к),$$

здесь $K_н$ — коэффициент неравномерности сушки, равный 1,4;
$V_{усл}$ — удельный объемный вес в $г/см^3$;
$W_н$, $W_к$ — влажность пиломатериалов начальная и конечная в %.

Часовой расход тепла на испарение влаги

$$Q_{вл.\ ч} = q_{исп.\ расч} \frac{M_{кам\ расч}}{K_{об} 24},$$

где E — емкость камеры в $м^3$;

$K_{об}$ — общий поправочный коэффициент для перевода в условный пиломатериал:

$$K_{об} = 5K_т K_с K_п K_W K_н + K_д + K_к.$$

Здесь $K_т$ — коэффициент, вносящий поправку на толщину пиломатериала;

$K_с$ — то же, на сечение;

$K_п$ — то же, на породу;

K_W — то же, на влажность;

$K_н$ — то же, на назначение;

$K_д$ — то же, на длину;

$K_к$ — то же, на конструкцию камер;

$Q_{ог}$ — потери тепла через ограждения в окружающую среду в *ккал/м³*:

$$Q_{ог} = \frac{1{,}1 F_{ог} K_{ог} (t_к - t_н) T}{П},$$

$F_{ог}$ — площадь ограждений в $м^2$;

$K_{ог}$ — коэффициент теплопередачи ограждения в *ккал/м²·ч·град*;

$t_к$ — температура в камере в °С;

$t_н$ — температура снаружи ограждения в °С;

П — производительность сушилки за период T в $м^3$;

T — число часов работы сушилки.

Значения коэффициентов K приведены в табл. 53—60.

Полный расход тепла на сушку пиломатериалов в *ккал/м³*

$$H_{т.с} = \frac{\left(Q'_п \cdot 4 + Q_{вл} \cdot 4 + Q_{ог}\right) K_{тр}}{10^6},$$

где $K_{тр}$ — коэффициент, учитывающий потери на прогрев ограждений, транспортных устройств и пр., равный 1,2.

Таблица 53

Коэффициент $K_т$

Толщина в *мм*	$K_т$	Толщина в *мм*	$K_т$	Толщина в *мм*	$K_т$
16	0,32	40	0,80	75	1,73
18	0,36	45	0,90	80	2,01
20	0,40	50	1,00	85	2,21
25	0,44	55	1,15	90	2,40
28	0,50	60	1,31	95	2,61
30	0,60	65	1,48	100	2,81
35	0,70	70	1,65	—	—

Таблица 54

Коэффициент K_c

Сечение материала	K_c
Бруски	0,80
Доски шириной до 200 *мм*	1,00
То же, более 200 *мм*	1,10
Необрезные доски	1,16

Таблица 55

Коэффициент $K_н$

Назначение материала	$K_н$
Для строжки	0,80
Для грубых столярных изделий	0,90
Для мебели	1,00
Спецназначения	1,33
Авиастроение	1,65

Таблица 56

Коэффициент $K_п$

Порода	Срок сушки В-50 при $W_н = 60$, $W_к = 12$	$K_п$
Ель	4,5	0,9
Сосна, пихта, кедр, осина	5,0	1,0
Лиственница	12,0	2,4
Береза	8,0	1,6
Бук	12,0	2,3
Дуб	23,0	4,6

Таблица 57

Коэффициент K_W

Влажность в %	$0{,}625\ I_п W$ %	Влажность в %	$0{,}625\ I_п W$ %	Влажность в %	$0{,}625\ I_п W$ %
6	1,120	30	2,126	56	2,516
8	1,300	32	2,166	60	2,560
10	1,439	34	2,204	64	2,600
12	1,553	36	2,240	68	2,640
14	1,649	38	2,274	72	2,673
16	1,733	40	2,306	76	2,707
18	1,806	42	2,336	80	2,740
20	1,873	44	2,365	83	2,769
22	1,932	46	2,393	84	2,798
24	1,986	48	2,419	95	2,846
26	2,036	50	2,445	100	2,878
28	2,083	52	2,470	120	2,992

Часовой расход тепла на сушку пиломатериалов при наличии нескольких камер в сушильном цехе

$$Q_{сущ.\ ч} = (П_{кам.\ пр} Q'_{п.\ ч} + Q_{ог}) K_{тр} + (П_{кам.\ исп} Q_{вл.\ исп} + Q_{ог}) K_{тр},$$

где $П_{кам.\ пр}$, $П_{кам.\ исп}$ — количество камер, находящихся под прогревом и под сушкой.

Таблица 58

Коэффициент $K_д$

Материал длиной в *м*	$K_д$
0,5—0,6	0,8
0,7—0,8	0,9
1 и выше	1,0

Таблица 59

Коэффициент $K_к$

Конструкция камер	$K_к$
Камеры непрерывного действия с зигзагообразной и продольной циркуляцией	0,91
Камеры с реверсивными вентиляторами	0,83
Прочие камеры . . .	1,00

Таблица 60

Коэффициент $K_{ог}$

Ограждение	$K_{ог}$
Кирпичная стена с односторонней штукатуркой толщиной в *мм*:	
250	1,76
380	1,32
510	1,06
640	0,89
Бутовая кладка с односторонней штукатуркой толщиной в *мм*:	
750	1,12
550	1,41
Потолок железобетонный с настилом двух слоев рубероида со слоем засыпки в *мм*:	
из шлака 190	0,96
из опилок 290	0,70
Пол для стены	0,5
Двери наружные:	
одинарные	4,00
двойные	2,00

Во всех формулах пиломатериал принят условный — доски толщиной 50 *мм*, шириной 150 *мм*, длиной 5,5 *м*, с начальной влажностью 60%, с конечной 12%.

Пример. Определить расход тепла на сушку древесины, порода древесины — сосна, количество высушиваемого пиломатериала 122 000 *м*³. Расчетная наружная температура — 42° С. Средняя зимняя температура — 9,8°С.

Расход тепла на сушку пиломатериалов в *ккал/м*³:

$$H_т = \left(Q'_п + Q_{вл} + Q_{ог}\right) K_{тр},$$

где $K_{тр}$ — коэффициент, учитывающий потери на прогрев ограждений, транспортных устройств и пр., равный 1,2.

Расход тепла на прогрев пиломатериалов для зимнего периода

$$Q'_н = 1000 \cdot 0{,}43 \left\{0{,}68(110 + 9{,}8) + \frac{90 - 30}{100} \cdot [0{,}5\,(-9{,}8) + 80 + 110]\right\} =$$

$$= 82\,500 \text{ ккал/м}^3.$$

Расход тепла на испарение влаги пиломатериалов

$$Q_{вл} = 540 + 0{,}47\,(110 - 100)\ 1{,}4 \times 10 - 0{,}43\ (90 - 18) = 237\,000 \text{ ккал/м}^3.$$

Расход тепла на компенсацию теплопотерь ограждений в *ккал/м*³

$$Q_{ог} = \frac{1{,}1 F_{ог} K_{ог} (t_к - t_н)\, T}{П},$$

$$F_{ог} = F_{прод.\,ст} + F_{торц.\,ст} + F_{пот} + F_п + F_{дв},$$

где $F_{прод.\,ст} = 54 \cdot 5{,}9 \cdot 2 = 640$ *м*² (толщина стены 770 *мм*);
$F_{торц.\,ст} = 37{,}75 \cdot 5{,}9 \cdot 2 = 420$ *м*² (толщина стены 520 *мм*);
$F_{пот} = 54 \cdot 35{,}75 = 1920$ *м*²;
$F_п = 1920$ *м*²;
$F_{дв} = 2{,}4 \cdot 3{,}8 \cdot 2 = 18{,}2$ *м*²;
$Q_{ог} = 1{,}1 \cdot 640 \cdot 0{,}89 \cdot 119{,}8 + 1{,}1 \cdot 420 \cdot 1{,}06 \cdot 119{,}8 + 1{,}1 \cdot 1920 \cdot 0{,}89 \times 0{,}5 \cdot 119{,}8 + 1{,}1 \cdot 1920 \cdot 0{,}96 \cdot 119{,}8 + 1{,}1 \cdot 18{,}2 \cdot 2 \cdot 119{,}8 = 458\,000$ *ккал/ч*.

Потери тепла на 1 *м*³ пиломатериалов

$$\frac{458\,000 \cdot 249 \cdot 24 \cdot 0{,}8}{90\,000} = 24\,300 \text{ ккал/м}^3.$$

Количество пиломатериалов, высушиваемых в зимний период,

$$\frac{122\,000 \cdot 249}{335} = 90\,000 \text{ м}^3.$$

Коэффициент, учитывающий количество камер в работе, равен 0,8.

Таким образом, технологическая норма тепла на сушку пиломатериалов составляет

$$H_т = (0{,}0825 + 0{,}237 + 24\,300)\,1{,}2 = 410\,000 \text{ ккал/м}^3.$$

Поверхность нагрева калориферов. Для камер непрерывного действия: для нормальных и мягких режимов — 3 *м*² на 1 *м*³ загружаемого условного пиломатериала (пластинчатые калориферы); для ускоренных и высокотемпературных режимов — 6 *м*²/*м*³ (пластинчатые калориферы).

Для камер периодического действия: для нормальных режимов 7 ÷ 10 *м*²/*м*³ (ребристые трубы); для высокотемпературных режимов 15—16 *м*²/*м*³ (ребристые трубы).

Средний расход пара в сушилках, отнесенный к 1 *м*² калорифера в 1 *ч*. Для камер непрерывного действия (пластинчатые калориферы) 1,7 — 1,5 *кг/м*²·*ч*.

Для камер периодического действия 0,75 — 0,66 *кг/м*²·*ч* (ребристые трубы).

Расход пара на камеру в 1 *ч*.

Для одноштабельных камер при высокотемпературном режиме среднечасовой расход 150 *кг/ч*, максимальный — 500 *кг/ч* (с прокоркой).

Для двухштабельных камер при высокотемпературном режиме среднечасовой расход 280 *кг/ч*, максимальный — 800 *кг/ч*.

При нормальных режимах расход пара в 2,4 — 2,5 раза меньше среднего.

Количество воздуха, циркулирующего в камере, принимается из расчета скорости по материалу в штабеле — расчетная скорость принимается от 3 до 4,5 *м/сек*, тогда как фактическая скорость будет 2—3 *м/сек*, если считать, что 2/3 воздуха проходит через штабели, а 1/3 — по зазорам между штабелем и ограждениями.

Объем воздуха определяется по следующей формуле:

$$L = F_{штаб} v\,(1 - K_в)\,3600 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

§ 36. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДА ТЕПЛА НА НАГРЕВ ВОДЫ В БАССЕЙНАХ ПРИ ЛЕСОЦЕХАХ

Расход тепла на отепленный бассейн при лесоцехе определяется как сумма расходов тепла на оттаивание и нагревание древесины, на испарение влаги с зеркала бассейна, возмещение теплопотерь

Таблица 61

Расход тепла на отепленный бассейн заводов лесопиления

Показатели	Единица измерения	Расход тепла в *Гкал* при годовом грузообороте 100 тыс. $м^3$					
		Бассейн перед окорочным цехом		Бассейн перед лесопильным цехом			
				для неокоренных бревен		для окоренных бревен	
		при работе в 2 смены	при работе в 3 смены	при работе в 2 смены	при работе в 3 смены	при работе в 2 смены	при работе в 3 смены
Площадь бассейна (зеркало воды) при среднем диаметре бревен в *см*:							
16	$м^2$	810	540	2030	1350	1420	945
20	»	655	440	1640	1090	1150	770
24	»	550	365	1370	915	960	640
28	»	460	305	1150	765	800	535
Расход тепла на обогревание бассейна с учетом потерь при среднем диаметре бревен в *см*:							
16	*Гкал/ч*	0,28	0,19	1,06	0,71	0,81	0,54
20	»	0,26	0,17	0,92	0,61	0,69	0,46
24	»	0,24	0,16	0,86	0,58	0,64	0,43
28	»	0,23	0,16	0,79	0,52	0,57	0,38
Суточный расход тепла на обогревание бассейна с учетом потерь при среднем диаметре бревен в *см*:							
16	»	4,89	4,06	17,42	15,36	13,12	11,71
20	»	4,41	3,75	14,94	13,26	11,04	9,88
24	»	4,09	3,53	13,78	12,44	10,12	8,85
28	»	3,81	3,35	12,46	11,26	8,98	8,15

Таблица 62

Расход тепла деревообрабатывающей промышленности при наружной температуре —30° С

Название цехов	Строительный объем здания в $м^3$	Расход тепла в *ккал/ч* на				
		отопление	вентиляцию	горячее водоснабжение	технологические нужды	всего
Лесоцехи						
2РД-75. Д-60	12 549	348 970	—	72 150	—	457 120
4РД-61. Б-ж/б	19 256	665 250	—	126 500	—	791 750
2-рамный лесоцех 2РД-75-6 (деревянное здание)	6 800	307 900	—	78 000	—	385 900
4РД	39 500	495 200	—	—	—	495 200
Раскроечные						
С отделением антисептирования в кирпичном здании	12 703	250 130	—	198 000	515 500	963 630
Сушила						
5-камерная паровая сушилка непрерывного действия производительностью 70,5 тыс. $м^3$ в год (СП-5, КН-59)	879	22 500	—	32 500	810 000	865 000
Деревообрабатывающие						
Кирпичное здание (типовой)	42 601	712 940	1 796 000	214 000	638 200	3 361 140
Деревообрабатывающий цех Ленинградского ДОЗа	133 428	1 326 800	3 624 000	300 000	1 378 690	6 629 490
Цехи древесностружечных плит						
Дубровского ДСК	53 073	707 540	3 203 300	—	—	3 910 840
Цех ДСП производительностью 12 тыс. $м^3$ в год	13 886	310 400	801 600	85 000	325 000	1 522 000
То же, с отделкой плит шпоном	19 000	498 600	1 516 600	85 000	700 000 $P = 13$ *ати* 325 000 $P = 4$ *ати*	3 125 200
Цех ДСП производительностью 220 тыс. $м^3$ в год	6 503	112 600	539 000	30 000	460 000 $P = 4$ *ати* 232 000 $P = 8$ *ати*	1 373 600
Цех ДСП производительностью 140 тыс. $м^3$ в год	4 988	108 500	500 000	24 000	95 000 $P = 4$ *ати* 142 000 $P = 8$ *ати*	869 500
Цехи древесноволокнистых плит						
Цех отделки твердых древесноволокнистых плит эмалями производительностью 500 тыс. $м^2$ в год	—	209 700	243 000	43 200	80 000	575 900
Завод древесноволокнистых плит производительностью 5,5 млн. $м^2$ в год	40 447	68 000	2 263 000	—	487 000 $P = 22$ *ати*	2 818 000
Типовой проект:						
РМЦ-ЛДП-60	8 102	160 130	323 000	82 000	170 000	735 130
РМЦ-4р-58-К	7 218	155 110	268 000	60 300	177 000	660 410
РМЦ-8р-50-К	8 820	179 900	316 000	85 500	177 000	758 400

Название цехов	Строительный объем здания в $м^3$	Расход тепла в *ккал/ч* на				
		отопление	вентиляцию	горячее водоснабжение	технологические нужды	всего
Цех древесной муки производительностью 3 000 *т*	8 220	170 000	433 000	20 000	580 000	1 203 000
Цех древесной муки Онежского лесозавода	9 345	162 750	645 000	12 360	300 000	1 120 110
Цех древесной муки производительностью 3 000 *т* в год	—	125 200	158 200	32 000	335 000	650 400

Примечания.

1. Приведенные данные получены из проектов, разработанных институтом «Гипродрев», за исключением особо оговоренных случаев. Расход тепла на отопление учитывает постоянные теплопотери на воздушно-тепловые завесы.

2. Расход тепла подсчитан при внутренней температуре производственной части цеха 10° С и бытовых помещений 14—25° С. Теплопотери бытовых помещений составляют 10% от общей суммы теплопотерь (с колебанием от 4% в малых и 14% в больших лесоцехах).

3. Расход тепла на отопление в цехе древесной муки Гипролеспрома указан с учетом тепловыделения 500 540 *ккал/ч*.

через стенки и дно бассейна в грунт. Так как тепловой расчет является весьма трудоемким, проектным институтом «Гипродрев» разработана вспомогательная таблица (табл. 61), из которой можно получить необходимые данные по расходам тепла.

При пересчете на наружную температуру — 20° С приведенные в таблице данные должны быть умножены на поправочный коэффициент $K = 0{,}9$, при пересчете на наружную температуру — 40° С коэффициент должен равняться 1,2. Если расчетная наружная температура отопительного периода не совпадает с данными таблицы, то принимают ближайшую бо̀льшую —20, —30 или —40° С.

В табл. 62 приведены данные расходов тепла по основным цехам деревообрабатывающей промышленности на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение и технологические нужды при $t_{нар} = -30°$ С.

§ 37. КОТЕЛЬНЫЕ

В соответствии с указаниями СНиП II-Г. 9—65 строительство котельных следует предусматривать только в тех случаях, когда получение тепла от ТЭЦ невозможно или экономически нецелесообразно.

Проектирование котельных для групп или отдельно стоящих зданий допускается только при наличии соответствующего технико-экономического обоснования.

При соответствующем обосновании для всех технологических потребителей может быть принят пар с давлением до 10 *кгс/см²*; рабочее давление — в пределах 4—6 *кгс/см²* при давлении на вводе

6—8 *кгс/см²*. Исключение составляют цехи древесноволокнистых плит, где давление пара должно быть не менее 10—25 *кгс/см²*. Учитывая специфические условия эксплуатации и технологии производства заводов железобетонных изделий, автор считает целесообразным в качестве теплоносителя для всех потребителей применять пар давлением 6—8 *кгс/см²*.

В состав предприятий строительной индустрии расширенного профиля входят лесопильные и деревообрабатывающие цехи, являющиеся для предприятия поставщиками древесных отходов в виде корья, опилок, реек, обрезков стружки, чураков и т. д.

Эти древесные отходы могут быть использованы в качестве дешевого топлива для собственной котельной предприятия, целесообразность проектирования которой с учетом использования древесных отходов определяется на основании баланса количества этих отходов и расходов тепла по предприятию.

Количество получающихся древесных отходов зависит от технологического процесса обработки древесины и составляет 42÷46% объема этой древесины в плотной массе. Для ориентировочных подсчетов испарительную способность древесных отходов можно принимать равной 1,8 — 2,2 *кг/кг*, т. е. для выработки 1 *т* пара необходимо затратить 0,5 *т* отходов в плотной древесине.

Таблица 63

Технические данные котельных

Шифр котельной	Суммарная паропроизводительность в *т/ч*	Общий расход топлива в плотной древесине в *т*
Отопительно-производственная котельная на древесном топливе, оборудованная:		
2ДКВР-2,5-13	0,5	0,25
2ДКВР-4-13	8	4
2ДКВР-6,5-13	13	6,5
2ДКВР-10-13	20	10

Институтом «Гипродрев» разработаны типовые проекты котельных для сжигания древесных отходов, техническая характеристика которых дана в табл. 63. Котельные оборудованы котлами ДКВР с топками скоростного горения конструкции Померанцева.

При размещении котельной на генплане предприятия необходимо предусмотреть площади для следующих ее составных частей: наземных воздухопроводов пневмотранспорта от цехов к складу, отдельно стоящих зданий склада с установкой для дробления крупных отходов, транспортных галерей от склада к котельной, зданий собственно котельной, станций сбора и перекачки конденсата.

§ 38. ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОРГАНИЧЕСКИХ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ

Высокотемпературные технологические процессы нашли в последние годы широкое применение в промышленности. С успехом применяются органические теплоносители при одинаковых поверхностях нагрева теплообменных аппаратов вместо пара среднего и высокого давлений за счет более высокой температуры теплоносителя ДФС.

Высокотемпературное теплоснабжение органическими теплоносителями [1, 2, 3, 5] освоено на ряде крупнейших предприятий нашей страны: на Киевском заводе искусственного волокна, Днепропетровском лакокрасочном заводе, Гатчинском деревообрабатывающем комбинате и других предприятиях.

Различают два метода компоновки парогенератора и обслуживаемой им аппаратуры: индивидуальное теплоснабжение, при котором каждый аппарат — потребитель тепла — обслуживается своим парообразователем — дифенильной смесью (ДФС) или другим органическим теплоносителем; централизованное теплоснабжение всего комплекса аппаратов-потребителей из общей котельной, расположенной, как правило, вне цеха.

Циркуляция теплоносителя в системе теплоснабжения может быть естественной (гравитационной) или принудительной с помощью насосов.

Естественная циркуляция теплоносителя происходит за счет разности высот между входной точкой конденсата ДФС в аппарат-потребитель и штуцером возврата этого конденсата в парогенератор или между выходом конденсата из аппарата и паросборником.

Такое движение ДФС осуществимо при минимальном числе аппаратов-потребителей, близко расположенных к парогенератору и работающих при одинаковом температурном режиме. В тех случаях, когда приходится снабжать паром ДФС много крупных потребителей тепла с разветвленной сетью коммуникаций пара, наиболее целесообразно использовать систему централизованного теплоснабжения с принудительным возвратом конденсата в парогенератор или в промежуточный буферный сборник. При этом не затрудняет эксплуатации установка нескольких терморегуляторов или расходомеров, а также применение различных температурных режимов работы.

При принудительной циркуляции теплоносителя нет необходимости в высотной компоновке цеха-потребителя и размещении потребителей тепла на большей высоте по сравнению с отметкой пола котельной ДФС.

Котлы, работающие на ДФС и аналогичных теплоносителях, можно разделить на три основные группы:

1) котлы в обмуровке со встроенной топкой для сжигания жидкого, газообразного, твердого топлива и древесных отходов;

2) жаротрубные агрегаты без обмуровки типа вертикальных котлов Шухова или ВТКБ с вмонтированной в нижнюю часть корпуса топкой;

3) парогенераторы с электрообогревом.

Котлы первой группы по конструктивным признакам делятся на:

а) двухбарабанные с вертикальными кипятильными трубками и развитой конвективной поверхностью нагрева;

б) трубчатые радиационные котлы с развитым топочным экраном при небольшой конвективной поверхности нагрева;

в) парогенераторы типа «труба в трубе»;

г) змеевиковые малогабаритные нагреватели.

Белгородский котлостроительный завод выпускает в настоящее время парогенераторы производительностью до 2 *Гкал/ч* на газовом топливе с поверхностью нагрева 150 $м^2$.

К достоинствам двухбарабанных парогенераторов относятся:

значительная аккумуляция тепла, обусловленная большим объемом жидкости в парогенераторе;

надежная циркуляция парожидкостной эмульсии;

быстрота разогрева;

небольшая площадь, занимаемая установкой;

простота и удобство обслуживания;

надежная работа по обеим схемам циркуляции теплоносителя как при индивидуальной, так и при централизованной системе подачи пара на производство.

Недостатками барабанных парогенераторов являются: значительный расход металла и облицовочных материалов, большая высота при поверхности нагрева, превышающей 50 $м^2$.

Трубчатые радиационные парогенераторы представляют собой систему труб, размещаемых в основном топочном пространстве и образующих экранную часть поверхности нагрева. Основными достоинствами трубчатых радиационных парогенераторов являются малогабаритность, небольшой вес металлической части, простота конструкции и обслуживания. К недостаткам относятся малый размер зеркала испарения, малый объем парового пространства, перегрузка поверхности нагрева. Эти особенности ограничивают их применение при естественной циркуляции ДФС.

Малогабаритные парогенераторы «труба в трубе» отличаются малым весом, малой высотой, небольшой производительностью. Простота конструкции позволяет изготавливать их в механических мастерских любого предприятия при малых затратах.

Парогенераторы с электрообогревом находят у нас ограниченное применение в связи с высокой стоимостью электроэнергии.

Во многих отраслях промышленности используют различные высокотемпературные теплоносители (табл. 64), такие, как минеральные масла типа Выпор, глицерин, кремний, органические соединения типа силикон, расплавленные соли и расплавленные ще-

Таблица 64

Сравнительные теплофизические характеристики высокотемпературных теплоносителей

Характеристика	Масло Выпор	Глицерин	Силикон	Дифенильная смесь	Ароматизированное масло	Дитомилметан	Расплавленные соли	Сплав натрия и калия
Температура плавления при атмосферном давлении $t_{пл}$ в °С	—	—18	—70	12	—10	—32	142	—11
Температура кипения $t_{кип}$ при атмосферном давлении в °С	—	290	282	258	325	292	680	784
Упругость паров p при 300° С в *ати*	—	1,1	1,47	2,38	0,8	1,1	0,02	0,02
Удельный вес жидкости при 300° С в *кг/м³*	741	1051	744	825	815	744	1856	803
Теплоемкость жидкости C_p при 300° С в *ккал/кг·град*	0,64	0,92	0,61	0,66	0,62	0,77	0,34	0,25
Теплопроводность жидкости λ при 300° С в *ккал/м·ч·град*	0,09	0,236	0,063	0,083	0,085	0,060	0,338	22,2
Вязкость жидкости μ при 300° С в *кг/сек·м²*	65	0,94	44	23,2	53	21	315	30
Начало термического $t_{нач}$ разложения в °С	250	230	310	385	315	320—350	>600	—

лочные металлы, дифенильная смесь (даутерм), ароматизированные масла и углеводороды дифенилметанового ряда.

Наибольшее применение нашел дитомилметан, который синтезируется и применяется в промышленности с 1953 г.

Дитомилметан представляет собой бесцветную или слегка желтоватую жидкость, он хорошо растворим в бензоле, толуоле и ароматических углеводородах, растворим в спирте и не растворим в воде. При давлении 760 *мм рт. ст.* температура кипения дитомилметана 292° С, застывания 30—38° С, вспышки 142° С, но при этой температуре он не может поддерживать своего горения.

По заключению кафедры промышленной гигиены Центрального института усовершенствования врачей дитомилметан является относительно малотоксичным веществом, значительно менее токсичным, чем широко применяющаяся в промышленности дифенильная смесь.

Теплофизические свойства дитомилметана и ряд других вопросов применения последнего в промышленности исследованы и разработаны в Московском институте точной химической технологии им. М. В. Ломоносова.

В 1962 г. Гатчинский деревообрабатывающий комбинат был поставлен перед проблемой реконструкции своего сушильного хозяйства. На комбинате построили четыре высокотемпературные камеры периодического действия для сушки пиломатериалов в среде перегретого пара с использованием в качестве теплоносителя дитомилметана. Установка смонтирована силами комбината при участии сотрудников ЦНИИФа и Гипродрева и находится в эксплуатации с 1963 г.

Схема установки изображена на рис. 63. Поступающий на комбинат в бочках дитомилметан сливается в сборную емкость *3* объемом 7 *м*³, установленную возле котельной в бетонированном приямке на отметке — 4 *м*. Эта емкость одновременно является и аварийной, куда при необходимости можно самотеком слить весь теплоноситель. Исходя из этого, объем сборной емкости принимается в 1,5 раза больше общего объема теплоносителя в системе.

Из сборной емкости теплоноситель шестеренчатым насосом *4* РЗ-30-4 подается в циркуляционный контур. Наблюдение за уровнем заполнения системы ведется по манометру, установленному на

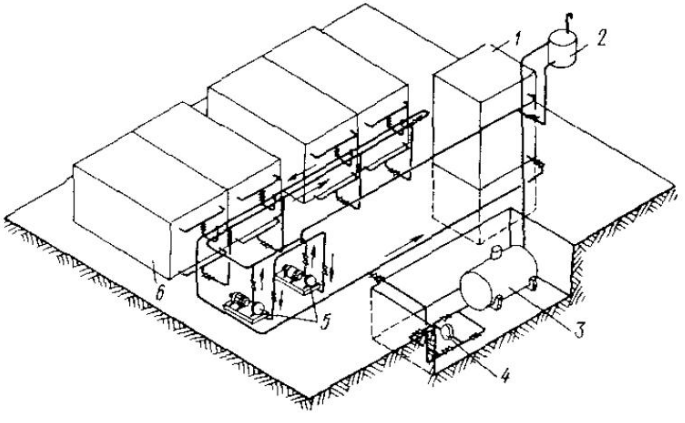


Рис. 63. Схема установки для высокотемпературной сушки пиломатериалов

нижнем коллекторе генератора тепла *1*. Так как разница в отметках нижнего коллектора и самой высшей точки циркуляционного кольца — расширительного бака *2* — составляет около 11 *м*, то нормальному уровню заполнения системы соответствует давление 0,9 — 1,1 *кгс/см*². Во избежание переполнения расширительного бака предусмотрен трубопровод, по которому избыток теплоносителя переливается обратно в сборную емкость.

При заполнении циркуляционного контура дитомилметаном для удаления из системы воздуха должны быть открыты вентили на входе и выходе циркуляционного насоса *5*, генератора тепла и регистров сушильных камер *6*. Когда вся система наполнится теплоносителем, шестеренчатый насос выключается и вентиль, по которому производилось наполнение системы, перекрывается. После этого включается один из центробежных насосов *5* типа 4НГК-5 ×1 для осуществления циркуляции теплоносителя.

Для того чтобы обеспечить бесперебойную работу насоса, необходимо иметь постоянный подпор. Этот подпор создается присое-

динением к всасывающему трубопроводу распределительного бака, который установлен на отметке +11 *м*.

Через 5—10 *мин*, когда весь воздух, находившийся в системе, удаляется через воздушник расширительного бака, растапливают топку генератора. Во избежание коксования теплоносителя на внутренних стенках змеевиков, а также деформации труб и других элементов разогрев генератора производится со скоростью не более 60 — 75° С в 1 *ч*. В течение 2 *ч* теплоноситель, циркулирующий по замкнутому контуру системы, проходя по змеевикам генератора тепла, нагревается топочными газами до температуры 150—160° С. После того как растоплена топка генератора, циркуляция теплоносителя должна осуществляться непрерывно. В случае выхода из строя работающего циркуляционного насоса немедленно должен быть включен резервный насос. Сконструированный генератор тепла экономичен и прост. Схема его приведена на рис. 64.

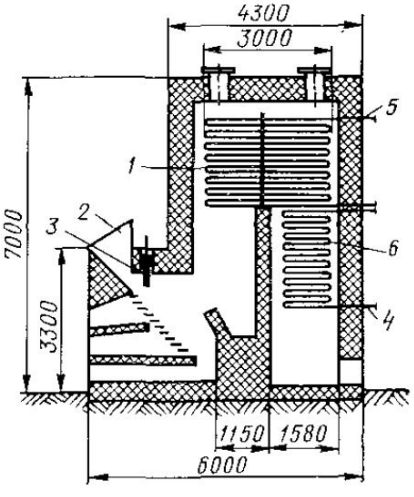


Рис. 64. Схема генератора тепла

Нагревательные элементы *1* и *6* генератора выполнены в виде двух групп змеевиков из труб диаметром 50 *мм* — верхней *5* и нижней *4*. Параллельные ветви как верхних, так и нижних змеевиков объединены коллекторами из труб диаметром 100 *мм*. Поверхность нагрева змеевиков 75 $м^2$, внутренний объем 0,82 $м^3$. Расчетная теплопроизводительность генератора 500 000 *ккал/ч*. Генератор обеспечивает теплом камеры с производительностью 9 600 $м^3$ условных пиломатериалов в год. Топливом для него служат древесные отходы и опилки, расход топлива составляет 200 *кг/ч*. Топливо загружается в шахтную топку генератора через бункер *2*. Температурный режим генератора регулируется при помощи шибера *3* и количеством подаваемого топлива. Разность температур на входе и выходе генератора принимается 25—50° С.

За время эксплуатации на комбинате не было зарегистрировано ни одного случая отравления или какого-либо другого отрицательного влияния дитомилметана на обслуживающий персонал.

Опыт эксплуатации данной установки доказал высокую эффективность мероприятия по переводу сушильных камер на ВОТ дитомилметан. Это позволило:

а) увеличить производительность сушильных камер в 2—3 раза;

б) уменьшить трудовые затраты на обслуживание и ремонт как генератора тепла, так и всей системы;

в) уменьшить расход топлива на сушку пиломатериалов;

г) исключить расход пара, а следовательно, и воды (исключая незначительное количество на пропарку).

Практика эксплуатации отечественных установок для теплоснабжения паром ДФС или аналогичных теплоносителей показала, что правильно спроектированная и смонтированная установка ДФС с первых часов ее пуска нормально работает в течение ряда лет, причем в интервале температур пара ДФС 280—320° С и при средних тепловых нагрузках поверхности нагрева парогенератора 10 000 — 12 000 *ккал/м²·ч* изменений свойств ДФС и параметров теплового режима не наблюдается.

Присущая жидкой ДФС повышенная текучесть вызывает необходимость обеспечения максимальной плотности соединений фланцев трубопроводов и арматуры и отказа от применения в установках деталей из бронзового и чугунного литья во избежание утечек ДФС и распространения при этом неприятного концентрированного запаха герани.

Применение органических теплоносителей типа ДФС отличается высокой эффективностью и экономичностью. Экономия достигается за счет:

1) ускорения процесса нагрева материала, сокращения времени на тепловую обработку материалов и увеличения производительности установки;

2) низкой стоимости тепловой энергии;

3) снижения капитальных затрат на постройку и оборудование дифенильных тепловых установок по сравнению с тепловыми установками, применяющими пар высокого давления.

Сравнительная стоимость установки мощностью 500 000 *ккал/ч* показывает, что установка, применяющая ДФС, обходится на 50% дешевле, чем пароводяная котельная.

§ 39. ОСНОВНЫЕ УСЛОВИЯ ПРОКЛАДКИ НАРУЖНЫХ СЕТЕЙ

В зависимости от гидрогеологических условий площадки предприятия прокладка наружной сети трубопроводов может быть решена надземной (на высоких и низких опорах) или подземной (в непроходимых каналах или бесканальной). Выбор того или иного способа прокладки зависит от многих условий: гидрогеологии промплощадки, географического положения, решения генплана, этажности и конструкции зданий, возможности использования подвалов, требований архитектурного и эстетического порядка, ПВО и т. д. Поэтому дать обобщающие конкретные решения способов прокладки для всех случаев не представляется возможным. В каждом отдельном случае этот вопрос приходится решать с учетом всех местных условий. В табл. 65 приведены основные условия прокладки наружных сетей. Наиболее экономичной и удобной в эксплуатационном отношении является надземная прокладка, которая по отно-

Таблица 65

Основные условия прокладки наружных сетей

Способ прокладки	Местные условия	Примечания
	1. Надземная прокладка трубопроводов	
На низких опорах (рис. 65, *а*)	Высокий уровень стояния грунтовых вод, агрессивных по отношению к бетону. Архитектурно-эстетические требования отсутствуют. Нет пересечений с железнодорожными путями и дорогами	Магистральные трассы прокладываются вдоль дорог и по сельской местности
На высоких опорах (рис. 65, *б*)	Высокий уровень грунтовых вод. Трудно поддающиеся разработке грунты. Трассировка удобна для решения генплана (проезды, дороги, здания и сооружения)	Все виды трубопроводов прокладываются на опорах при $d = 250 \div 300$ *мм* по стенам и кровле зданий; при $d > 400$ *мм* только на эстакадах и опорах
	2. Подземная прокладка трубопроводов	
Бесканальная (рис. 65, *д*)	Сухие грунты, поддающиеся разработке механизмами и вручную. Повышенные архитектурно-эстетические требования. Спецтребования МПВО	Все виды трубопроводов без ограничения диаметра. Для прокладки желательно использовать подвалы, подземные галереи и туннели
В непроходных каналах (рис. 65, *в*, *г*)	Сухие грунты и, как исключение, высокий уровень грунтовых вод	При числе труб до 6—8 и среднем диаметре $d = 200$ *мм*; при количестве труб более 8 и диаметре $d = 200$ *мм* необходимо устройство туннеля

Примечание. Подземные непроходные каналы, в порядке исключения, выполняются и при высоком уровне грунтовых вод с устройством попутного дренажа и водоотвода.

шению к подземной дешевле на 40% при высоких опорах и на 60% — при низких опорах. При надземной прокладке и линейной застройке генплана галереи, эстакады и подкрановые пути нередко используются для прокладки наружных теплопроводов. Конструктивные схемы прокладки тепловых сетей приведены на рис. 65.

Наиболее сложным вопросом является канальная прокладка теплосетей на промплощадках с высоким уровнем стояния грунтовых вод, особенно если эти воды агрессивны по отношению к бетону.

В этом случае локальное решение понижения уровня грунтовых вод по отношению к прокладываемой трассе теплосети неэффективно. По мнению автора, вопрос понижения уровня грунтовых вод должен решаться для всей промплощадки в целом. Устройство попутного дренажа по трассе тепловых сетей даже при тщательном выполнении системы дренажа не гарантирует трассу каналов от затопления. Дренажная система, как показывает опыт эксплуатации, часто выходит из строя.

При невозможности по техническим причинам понижения грунтовых вод, что имеет место обычно на действующих предприятиях, попутный дренаж может быть заменен новой конструкцией подземных непроходных каналов теплосети за счет увеличения высоты опорных подушек трубопроводов до 250 — 300 *мм* или устройства в дне канала водоотводного лотка глубиной не менее 200 *мм* по всей длине трассы.

Для дренажа трубопроводов водяных тепловых сетей и конденсатопроводов предусматриваются: в низших точках трубопроводов — устройства для выпуска воды, в высших точках — устройства для выпуска воздуха. Ниже приведены данные о диаметрах арматуры для выпуска воды и воздуха.

На стройплощадках с резко выраженным разностороннем рельефом, где разница в вертикальных отметках достигает значительной величины (более 2—3 *м*), прокладка наружных коммуникаций осу-

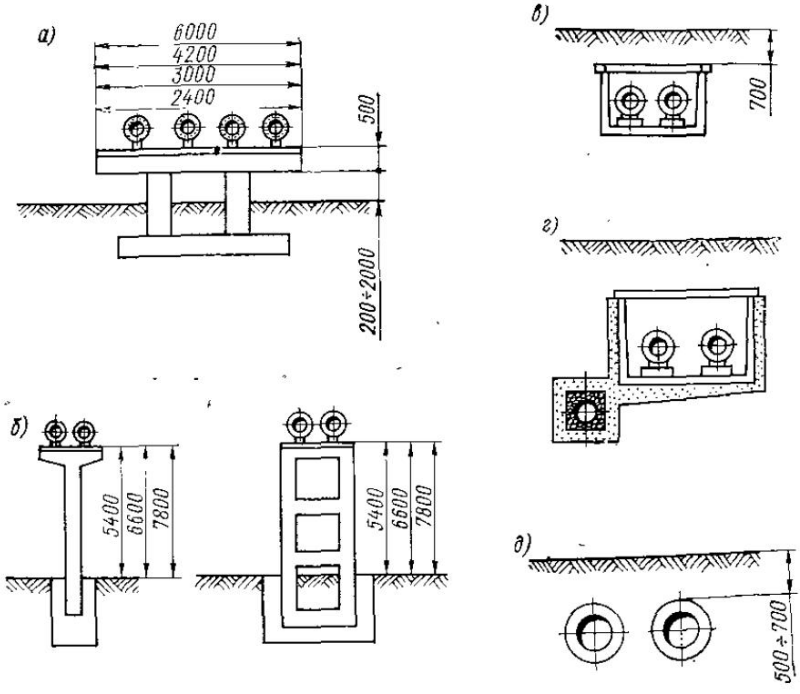


Рис. 65. Прокладка наружных тепловых сетей

а — на низких опорах; *б* — на высоких опорах; *в* — в непроходных каналах; *г* — то же, с попутным дренажом; *д* — бесканальная

ществляется на большой глубине. При этих условиях затрудняется поверхностный водоотвод и создается необходимость в дополнительных сооружениях (насосные станции и т. п.), что, естественно, осложняет эксплуатацию инженерных подземных коммуникаций и увеличивает общую стоимость строительства.

При определении экономической целесообразности применения того или иного способа прокладки наружных тепловых сетей стоимость их устройства определяется по весу трубы среднего диаметра:

$$G_{ср} = \frac{G_1 l_1 + G_2 l_2 + \ldots + G_n n_n}{\Sigma l},$$

где $G_{ср}$ — вес 1 *м* трубы диаметром $D_{ср}$ в *кг*;

G_1, G_2, G_n — вес 1 *м* трубы соответственно расчетному диаметру участка в *кг*;

l_1, l_2, l_n — длины расчетных участков труб в *м*.

По определенному выше весу 1 *м* трубы диаметром $D_{ср}$ по сортаменту труб подбирается ближайший больший диаметр.

Общая стоимость сооружения тепловых сетей промплощадки S (в руб.) определяется по формуле

$$S = D_{ср} \cdot s \cdot \Sigma l,$$

здесь s — стоимость прокладки 1 *м* трубы (табл. 66).

Таблица 66

Стоимость прокладки наружных трубопроводов

Способ прокладки наружных трубопроводов	$D_{ср}$ в *мм*	Стоимость прокладки 1 *м* трубы в руб.—коп.
Воздушная прокладка на высоких опорах	100	12—52
	150	16—78
	200	27—02
То же, на низких опорах	100	6—00
	150	8—00
	200	14—00
Бесканальная прокладка в сухом грунте	100	14—48
	150	18—96
	200	29—72
Прокладка в непроходных каналах	100	11—36
	150	15—40
	200	25—12
Устройство непроходных каналов из сборных железобетонных плит на две трубы	—	51—00
Опора железобетонная для воздушной прокладки труб	—	220—00

Примечание. В приведенных данных не учтена стоимость производства земляных работ, непроходных каналов и опор.

При проектировании наружных сетей необходимо соблюдение минимальных расстояний между трубопроводами и сооружениями промплощадки, а также глубины заложения подземных сетей (табл. 67, 68, 69).

При решении схемы трубопроводов наружных тепловых сетей предприятия, для компенсации линейной деформации трубопроводов необходимо максимально использовать повороты трассы трубопроводов, а на прямых участках трассы значительной длины предусмотреть установку компенсаторов.

Следует отдать преимущество установке П-образных компенсаторов, которые надежны в работе и просты в изготовлении. Сальниковые компенсаторы требуют тщательного эксплуатационного надзора и сложны в монтаже.

Таблица 67

Минимальные расстояния между подземными сетями (в свету)

Наименование сети	Расстояние до сетей в *м*			
	водопровод	канализация	дренаж и водосток	теплопровод
Водопровод	1,5	См. примечания	1,5	1,5
Канализация	См. примечания	0,4	0,4	1,0
Дренаж и водосток	1,5	0,4	0,4	1,0
Теплопровод	1,5	1,0	1,0	—

Примечания:

1. При параллельной прокладке водопроводов питьевой воды и канализационных линий расстояние между трубопроводами должно быть не менее 1,5 *м* при диаметре водопроводных труб до 200 *мм* и не менее 3 *м* при диаметре более 200 *мм*.

На этих участках водопроводные трубы должны быть металлическими. При тех же условиях, но при расположении водопроводных линий ниже канализационных указанное расстояние должно быть увеличено на разницу в отметках глубин заложения трубопроводов.

2. При невозможности обеспечения между теплопроводом и электрокабелем расстояния 2 *м* необходимо предусмотреть теплоизоляцию, при которой дополнительный нагрев грунта в любое время года не превышал бы 10° С.

Таблица 68

Минимальные расстояния подземных сетей от зданий, сооружений и дорожных устройств (в свету) в *м*

Наименование сетей	Обрезы фундаментов зданий и сооружений	Мачты и столбы наружного освещения контактной сети и сети связи	Железные дороги (до оси ближайшего пути, но не менее чем на глубину траншей от подошвы насыпи)	Трамвайные пути (от крайнего рельса)	Путепроводы, тоннели (от стен или опор) на уровне оснований фундаментов или ниже их	Автомобильные дороги	
						До бордюрного камня	До наружной бровки кювета или подошвы насыпи
Водопроводы	5	1,5	4	2	5	2	1
Канализация и водостоки	3	3	4	1,5	3	1,5	1
Дренажи	3	1,5	4	2	1	1,5	1
Теплопроводы . . .	5	1,5	4	2	2	1,5	1
Трудопроводы горючих жидкостей .	3	1,5	4	2	2	1,5	2,5

Примечания:

1. Для напорной канализации расстояния подземных сетей до зданий, сооружений и устройств надлежит принимать как для водопровода.

2. При расположении водопроводной или канализационной трубы выше основания фундамента путепровода или тоннеля на 0,5 *м* и более расстояние от этой трубы до фундамента должно быть не менее 2 *м*.

3. Расстояние от теплопровода до трубопроводов горячих и легковоспламеняющихся жидкостей надлежит принимать по расчету на нагревание грунта.

4. При прокладке водопроводных линий расстояние между силовыми кабелями и водопроводными линиями рекомендуется принимать не менее 1 *м*.

Таблица 69

Наименьшая глубина заложения подземных сетей считая от верха труб

Наименование подземных сетей	Глубина заложения сетей
Водопроводные трубы	Ниже глубины промерзания грунта при диаметре труб $\leqslant 300$ *мм* — на 0,2 *м*. Выше глубины промерзания грунта при диаметре труб $\leqslant 600$ *мм* — на 0,25 диаметра, а при диаметре > 600 *мм* — на 0,5 диаметра
Канализационные трубы	Выше глубины промерзания при диаметре труб до 500 *мм* — на 0,3 *м*, при диаметре более 500 *мм* — на 0,5 *м*, но не менее 0,7 *м* до верха трубы, считая от планировочной отметки
Теплопроводы (до верха конструкции канала)	0,5 *м*
Теплопроводы при бесканальной прокладке (до верха конструкции)	0,7 *м*

Примечание. При прокладке водопроводов в зоне промерзания грунта материалы труб и стыковых соединений должны быть морозостойкими.

Для неподвижных опор, закрепляющих участок компенсации, могут быть использованы строительные конструкции зданий при условии соответствующего проверочного расчета на прочность, так как возникающие усилия тепловых напряжений достигают значительной величины.

П-образные компенсаторы, несмотря на значительный вылет, достигающий порой 2—3 *м*, необходимо располагать в горизонтальной плоскости. Не исключается возможность установки П-образных компенсаторов и в вертикальной плоскости (вверх и вниз), что менее желательно, так как требует устройства дренирующих устройств на компенсаторе для опорожнения их и выпуска воздуха.

При установке в грунте при бесканальной прокладке теплосети компенсаторы должны быть размещены в каналах с прямыми участками от 3 до 5 *м* в каждую сторону. При подводке трубопроводов к тепловым камерам такие же прямые участки должны быть предусмотрены длиной не менее 3 *м*.

Каналы должны прокладываться с уклоном, соответствующим уклону трубопровода, т. е. порядка 0,002 — 0,003. Сток воды из каналов предполагается в тепловые камеры, на дне которых должны быть предусмотрены водоприемные колодцы размером 500 × 500 *мм*, глубиной не менее 700 *мм*, перекрытые съемными решетками.

Отвод воды из тепловых камер предполагается в ближайшие колодцы ливневой канализации по трубопроводу диаметром не менее 100—150 *мм*. Трубопровод, отводящий аварийную или грунтовую воду, должен быть снабжен обратным клапаном типа заглушки,

исключающим возможность при переполнении колодцев ливневой канализации попадания воды обратным стоком в тепловые камеры. Отвод воды из тепловых сетей в хозяйственно-фекальную канализацию не допускается.

Если по условиям существующих или проектируемых отметок использование колодцев ливневой канализации для спуска в них воды из тепловых камер невозможен, то спуск может быть запроектирован в удобных местах непосредственно из каналов теплосети. С этой целью в таких точках предусматривается соответствующее углубление дна канала для установки водоотводной трубы.

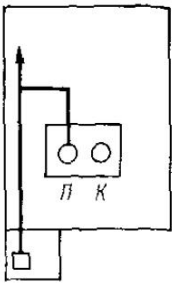


Рис. 66. Схема установки парового инжектора для откачки воды

При агрессивности грунтовых вод каналы и тепловые камеры должны выполняться из кислотоупорного бетона с оклеечной гидроизоляцией по наружной поверхности каналов и камер.

Тепловые сети следует монтировать из труб с готовой тепло-и гидроизоляцией на сварке.

Тепловые камеры должны иметь высоту от дна до выступающих частей покрытия не менее 1 800 *мм* с двумя люками и скобами для спуска.

В камере необходимо предусмотреть установку в наивысших точках трубопровода сварных вентилей диаметром 13—19 *мм*, а в низших точках трубопроводов — спускных пробочных кранов диаметром 32—38 *мм* для опорожнения отдельных участков теплосети. Служба эксплуатации предприятия должна иметь передвижную насосную установку для откачки воды из тепловых камер. В некоторых случаях такие насосные установки, если позволяют размеры тепловой камеры, могут быть заменены стационарными инжекторными установками (рис. 66).

§ 40. ЧАСТНЫЙ СЛУЧАЙ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

В случае необходимости приготовления горячей воды для бытовых нужд, отопления и вентиляции в котельной следует предусмотреть водонагревательную установку. Приготовление горячей воды для бытовых потребителей, если последние сосредоточены в одном месте в бытовом корпусе, столовой и т. п., при наличии потребителей технологического пара можно производить в местной водонагревательной установке. В качестве водонагревателей в котельной устанавливаются скоростные пароводяные нагреватели Промстройпроекта, скоростные секционные паронагреватели Мосэнерго и МЭ СССР (ОСТ 34—588—68 ÷ 34—607—68 и 34—531—68 ÷ 34—587—68).

В местных установках целесообразно предусмотреть емкие бойлеры СТД в количестве не менее двух на максимальный расчетный расход горячей воды. При постоянном в течение смены расходе го-

рячей воды наружные сети выполняются по тупиковой схеме. При периодическом расходе горячей воды, при разветвленной сети горячего водоснабжения, когда по условиям потребления температура воды должна быть постоянной, необходима прокладка циркуляционного трубопровода до теплового ввода.

В зависимости от величины и постоянства напора в водопроводной сети горячая вода к потребителям подается в местных установках под напором, а в центральных циркуляционных системах — насосами.

Известный интерес представляет несложное конструктивное решение, позволяющее готовить горячую воду в небольших объемах, порядка 1 000 — 1 500 *л/ч*, с температурой потребления 40—70° С.

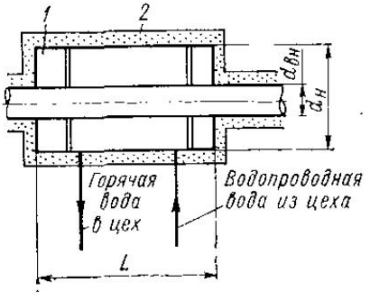


Рис. 67. Водонагреватель на тепловой сети

1 — кожух из труб; *2* — изоляция

Подогревать воду можно и на прямых участках подающих магистралей теплосети. В этом случае водонагревателем является участок теплосети, заключенный в футляр трубы бо́льшего диаметра («труба в трубе») с заваренными торцевыми концами. Этот участок делается без тепло- и гидроизоляции (рис. 67).

Холодная вода в емкость такого водонагревателя подается из сети питьевого водопровода по трубе диаметром 19 ÷ 25 *мм*. Горячая вода к потребителям цеха поступает под давлением, равным давлению в водопроводе холодной воды, которое должно быть не менее 1 ÷ 1,5 *кг/см²*. Запорная арматура устанавливается в цехе.

Теплоотдача и емкость такого водонагревателя характеризуются данными, приведенными в табл. 70.

Таблица 70

Техническая характеристика водонагревателей «труба в трубе»

$d_{вн}$ в *мм*	$d_н$ в *мм*	Емкость в *л/м*	Теплоотдача в *ккал/ч·м*	
			Пар с давлением 3 *кг/см²*	Вода с температурой 130—70° С
38	150	16,5	7 560	2531
50	200	31,4	10 080	3375
70	200	29,8	12 096	3950
89	250	47,4	14 112	4725
100	250	45,7	16 128	5400
125	300	62,7	21 168	7088
150	300	57,3	24 192	8100

Наружная поверхность футляра (бойлера) должна быть теплоизолирована с гидроизоляцией из тех же материалов, что и трубопроводы наружной теплосети.

Для облегчения расчетов по подбору водонагревателей в табл. 71 указана теплопроизводительность 1 $м^2$ поверхности водонагревателя в зависимости от типа теплоносителя. Если теплоноситель — пар, то следует предусмотреть дренаж попутного конденсата.

Таблица 71

Теплопроизводительность поверхности водонагревателей при различных теплоносителях

Теплоноситель и его параметры	Коэффициент теплопередачи в *ккал/ч·м²××град*	Теплопроизводительность 1 $м^2$ поверхности нагрева греющей трубы	
		$t = 40°$ С	$t = 70°$ С
Пар с давлением 6 *кгс/см²* при $t_п = 158{,}1$ °С	600	66 900	57 900
То же, с давлением 3 *кгс/см²* при $t_п = 132{,}9°$ С	600	59 400	50 400
Вода с $t = 130 \div 70°$ С	250	20 625	16 875
Вода с $t = 95 \div 70°$ С	250	16 250	12 500

Водонагреватели «труба в трубе» рекомендуется применять для таких объектов промплощадки предприятия, где устройство водонагревательных установок в помещении невозможно, а подводка трубопроводов горячей воды из-за отдаленности потребителя экономически нецелесообразна.

При определении теплопроизводительности установки температуру поверхности трубы-водонагревателя нужно принимать на 10—15° С ниже температуры теплоносителя.

Пример. Расход тепла на два головных душа составляет 500 × 2 = = 1000 *л* в 1 *ч* при температуре $t = 40°$ С. Температура теплоносителя-пара 132° С. Диаметр трубы теплосети на данном участке $d_{вн} = 70$ *мм*. Определить длину водонагревателя.

Расход тепла на подогрев воды составляет

$$1000 \cdot 1 \cdot 40 \cdot 1{,}1 = 44\,000 \text{ ккал/ч}.$$

Согласно табл. 69 теплоотдача 1 *м* трубы $d_{вн} = 70$ *мм* составляет 12 096 *ккал/ч*.

Необходимая длина бойлера будет $\frac{44\,000}{12\,096} = 3{,}6 \approx 4$ *м*.

Пример. Температура теплоносителя-пара 147,2° С. Расход горячей воды 1300 *л* при температуре потребления 70° С. Диаметр трубы теплосети 76 *мм*. Поверхность 1 *пог. м* трубы теплосети 0,24 $м^2$, емкость 1 *пог. м* трубы — 3,8 *л*.

Определить конструктивные размеры водонагревателя теплосети. Расход тепла на нагрев горячей воды составляет

$$1300 \cdot 1(70 - 5) = 84\,500 \text{ ккал/ч}.$$

При коэффициенте теплопередачи $k = 600$ *ккал/ч·м²·град* теплоотдача греющей трубы равняется

$$600\left(\frac{147{,}2+100}{2}\right)-\left(\frac{70-5}{2}\right)=54\,900 \text{ ккал/ч·м}^2.$$

Необходимая поверхность греющей трубы будет $\frac{84\,500}{54\,900}=1{,}5$ *м²*. Длина прямого участка греющей трубы составит

$$1{,}5:0{,}24=6 \text{ м}.$$

Емкость, приходящаяся на 1 *пог. м* длины бойлера,

$$1\,300:6=216 \text{ л}.$$

Емкость бойлера с учетом греющей трубы

$$216+3{,}8=220 \text{ л}.$$

При такой емкости 1 *пог. м* бойлера диаметр футляра получается очень большим, около 700—800 *мм*, что по конструктивным соображениям неприемлемо. Уменьшение диаметра футляра достигается за счет увеличения длины бойлера. Принимаем (по конструктивным соображениям) длину бойлера 10 *м*.

Тогда необходимая емкость 1 *пог. м*

$$1300:10=130 \text{ л}.$$

Необходимая емкость 1 *пог. м* бойлера будет

$$130+3{,}8=134 \text{ л}.$$

Емкость трубы диаметром 426 *мм* составляет 131 *л*, что соответствует условиям задачи, так как $131 \approx 134$ *л*.

Глава IX

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ КАНАЛИЗАЦИЯ

§ 41. КАНАЛИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОНДЕНСАТА

При проектировании наружной сети хозяйственно-бытовой, производственной и ливневой канализации возникает необходимость в решении ряда вопросов, специфических для предприятий строительной индустрии, основными из которых являются:

сброс в канализацию производственного конденсата от технологических потребителей;

отвод бетонных смесей и строительных растворов на участке расположения бетоносмесительного узла по трассе автодорог и решение очистки производственно-сточных вод отдельных технологических процессов;

сброс в канализацию ливнестоков, смешанных с мазутом на площадках мазутохранения при котельных предприятиях, в которых в качестве топлива используется и мазут;

очистка сточных вод от стенда промывки радиаторов отопления и от аккумуляторной установки.

Производственный конденсат, получающийся при пропарке бетона на полигоне и в цехе, и конденсат в холодный и переходный периоды от систем отопления и вентиляции рекомендуется использовать для обмыва технологического оборудования, например смесительных машин. Расход воды на обмыв составляет 200—300 *л* на одну машину. Обмыв оборудования производится под напором 1,5 — 2 *кгс/см*^{2}, который создается специальной насосной установкой. Производственный конденсат имеет значительное количество механических примесей в виде песка и цемента и высокую температуру — до 80°, что исключает возможность непосредственного спуска конденсата в канализацию.

Для снижения температуры конденсата устанавливаются специальные колодцы-охладители (рис. 68). Емкость колодца принимается по удвоенному часовому расходу конденсата, но не менее 1000 *л*.

Осаждение из конденсата механических примесей осуществляется в отстойниках.

Расчетная скорость движения производственного конденсата принимается 0,005 *м/сек*. Степень очистки может быть принята из расчета 100 *мг/л*.

Если за время отстаивания температура конденсата понизится и будет меньше 45° С, конденсат может быть сброшен в ливневую канализацию, а при небольших количествах конденсата (до 1—3 $м^3/ч$) — в хозяйственно-фекальную.

Если по техническим причинам конденсат в котельную не возвращается, например в случаях, когда источник потребления с малым (до 0,5 $м^3/ч$) расходом конденсата расположен отдельно, возникает необходимость устройства станции перекачки конденсата, что экономически нецелесообразно, последний отводится в канализацию с предварительным охлаждением его в колодце-охладителе. Охлаждение производится холодной водой из наружного водопровода. Количество добавляемой воды (в $л/ч$) определяется из выражения

$$q_в = \frac{(cq_к t_к) - (cq_к t_{к.к})}{t_{к.к} - t_в},$$

где

c — теплоемкость воды, равная единице;

$q_к$ — количество конденсата в $л/ч$;

$q_в$ — количество добавляемой воды в $л/ч$;

$t_к$ — температура конденсата;

$t_{к.к}$ — конечная температура конденсата;

$t_в$ — температура добавляемой воды.

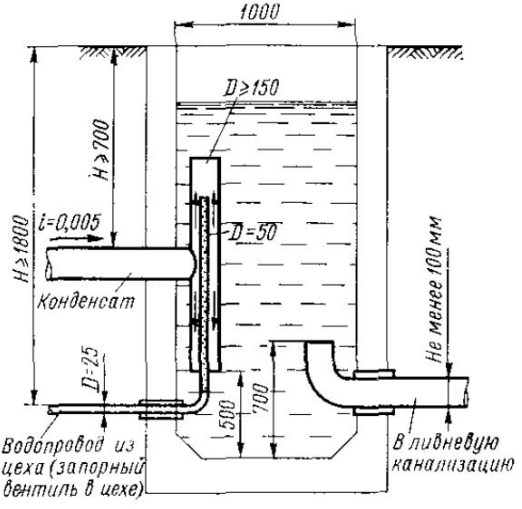


Рис. 68. Колодец-охладитель конденсата

Пример. Количество конденсата $q_к = 1\,000$ $л/ч$. Температура конденсата $t_к = 90°$ С, конечная температура конденсата $t_{к.к} = 40°$ С, температура добавляемой воды $t_в = 14°$ С, c — теплоемкость воды. Определить количество добавляемой для охлаждения воды:

$$q_в = \frac{(1 \cdot 1000 \cdot 90) - (1 \cdot 1000 \cdot 40)}{40 - 14} = 1\,940 \text{ л/ч}.$$

При определении производительности станции перекачки конденсата необходимо иметь в виду, что конденсат в котельную возвращается в количестве от 40 до 15% в основном от систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. Остальное количество конденсата от технологического пара сбрасывается после соответствующей обработки в канализацию.

§ 42. КАНАЛИЗАЦИЯ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ И СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ

При загрузке автомашин раствором часть его из-за плохой герметичности затворов бункеров и бортовых емкостей автосамосвалов проливается на площадке бетонорастворного узла и по авто-

дороге до стройплощадки. Проливаемый раствор в границах предприятия попадает в ливневую канализацию, засоряет и выводит сеть канализации из строя в течение 1—2 лет эксплуатации. Отвод растворов с площадки бетонорастворного узла производится с помощью открытых лотков размеров 500 × 500 × 600 *мм*, перекрытых съемными решетками из уголка 75 × 75 × 5 *мм*. По этим лоткам проливаемые растворы отводятся в подземный резервуар с контейнерами. Резервуар должен иметь переливную трубу диаметром 100—150 *мм* в канализацию. Раствор с площадки периодически смывают с помощью поливных шлангов водой под напором 2 — 2,5 *кгс/см*^{2}. Вдоль дороги рекомендуется устройство открытых бетонных лотков, в которые должен стекать раствор с полотна дороги. Лотки дороги и площадки должны иметь уклон $i = 0{,}01$ и присоединяться к подземному резервуару-отстойнику.

Приведенные инженерные решения применимы к действующим предприятиям. Для нормальной работы бетоносмесительного отделения и транспорта растворов необходимо полностью герметизировать процесс как в части загрузки автомашин, так и транспорта растворов на стройплощадке в герметических емкостях.

§ 43. КАНАЛИЗАЦИЯ ЛИВНЕСТОКОВ, ЗАГРЯЗНЁННЫХ МАЗУТОМ

На площадке мазутохранилища ливневые воды смешиваются с мазутом, поэтому перед отводом в ливневую канализацию их очищают. Технологическая схема очистки приведена на рис. 69.

Содержание мазута в капельном состоянии составляет 200 *г/л*, а в эмульгированном состоянии — 0,1 ÷ 0,5 *г/л*. По нормам допустимое содержание мазута 0,05 *мг/л*, для малосернистых — 0,3 *мг/л*, для высокосернистых — 0,1 *мг/л*.

Отстаивание стоков снижает загрязнение только на 30—40% и требует доочистки на гравийно-песчаных фильтрах. Скорость фильтрации принимается равной 4 *м/сек*. Толщина слоя гравия с крупностью зерен 0,4 — 2 *мм* в фильтре равна 0,6 *м*. Продолжительность фильтрации составляет 75 *ч*, содержание мазута после фильтрации 5—20 *мг/л*. Фильтр промывается водой с температурой 60° С и паром с температурой 350° С, что соответствует давлению 10 *кгс/см*^{2}. Расход воды 2 *л·сек·м*^{2} фильтра, пара 10 *кг·сек·м*^{2}. Грязеемкость фильтра 4,5 *кг/м*^{3}.

Для очистки загрязненных мазутом ливнестоков применяются отстойники, конструктивная схема и размеры которых приведены на рис. 70.

При удельном весе мазута $\gamma_м = 0{,}96 \div 0{,}82$ *кг/м*^{3} и воды $\gamma_в = 1$ *кг/м*^{3} высота утки по воде и мазуту определится из равенства

$$\gamma_в h_в = \gamma_м h_м,$$

откуда $h_в = \frac{\gamma_м h_м}{\gamma_в}$, причем $h_м$ и $h_в = 120$.

Расход воды на промывку фильтра составляет приблизительно 8 $м^3/ч$ при расходе тепла приближенно до 500 000 *ккал/ч*.

Для очистки ливнестоков от мазутных загрязнений применяются механические фильтры Бийского завода. Необходимая площадь фильтра F (в $м^2$) определяется в зависимости от расчетного количества стоков q ($м^3/ч$) при скорости $v_р = 4 \div 6$ *м/сек*.

Пример. Расход стока 3 $м^3/ч$. Определить размер фильтра.

Площадь фильтра $F = q/v_р = \frac{3}{6} = 0{,}5$ $м^2$.

Диаметр фильтра 1 *м*, что соответствует площади 0,78 $м^2$.

Скорость фильтрации

$$v_ф = \frac{q}{0{,}78} = \frac{3}{0{,}78} \approx 4 \text{ м/сек.}$$

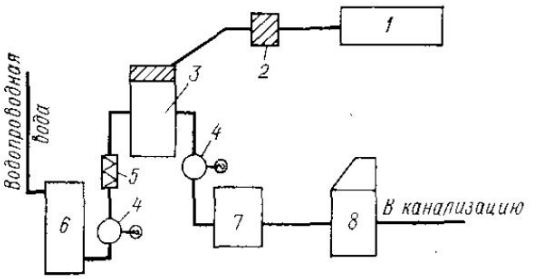


Рис. 69. Технологическая схема очистки канализационных вод, загрязненных мазутом

1 — мазутохранилище; 2 — сборник; 3 — отстойник; 4 — насос; 5 — теплообменник; 6 — резервуар; 7 — фильтр; 8 — колодец

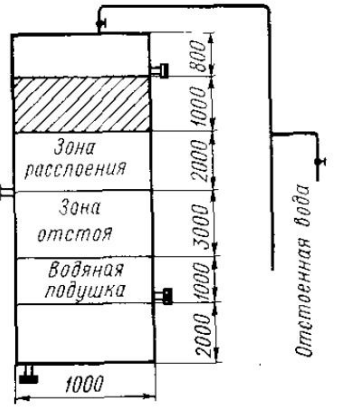


Рис. 70. Схема отстойника для очистки ливневых стоков, загрязненных мазутом

К установке принимается фильтр Бийского завода: $D = 1$ *м*, $H = 2{,}912$ *м*.

Фильтрующим слоем являются слой гравия толщиной 0,6 *м* и слой песка толщиной 0,4 *м* с крупностью зерен 2 *мм*.

§ 44. ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ ПРОМЫВКИ РАДИАТОРОВ ОТОПЛЕНИЯ

Промывка радиаторов производится раствором NaOH. Концентрация раствора 0,1%, т. е. 1 *г* в 1 *л* воды. Нейтрализация производится HCl.

Пример. Определить количество чистой HCl для нейтрализации 1 *л* раствора NaOH. Количество HCl определится из формулы реакции:

$$NaOH + HCl \rightarrow NaCl + H_2O,$$

что соответствует

$$\frac{23 + 16 + 1}{40} \rightarrow \frac{1 + 35{,}5}{36{,}5}.$$

Таким образом, если

$$40\ г\ NaOH \rightarrow 36{,}5\ г\ HCl,$$

то для нейтрализации 1 *г* NaOH необходимо HCl

$$\frac{36{,}5 \cdot 1}{40} = 0{,}9\ г.$$

Количество технической 30%-ной кислоты на 1 *л* промывной воды составляет

$$\frac{0{,}9 \cdot 100}{30} = 3\ г,$$

что при удельном весе $\gamma = 1{,}19$ *г/мл* составит

$$\frac{3}{1{,}19} = 2{,}5\ мг.$$

§ 45. ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ АККУМУЛЯТОРНЫХ УСТАНОВОК

На 1 *л* дистиллированной воды расходуется 0,265 *мг* кислоты H_2SO_4 с плотностью 1,83 при 15° С и удельном весе 1,79 *г/л*. Кислота H_2SO_4 нейтрализуется известью CaO.

Пример. Определить количество CaO для нейтрализации H_2SO_4, содержащейся в стоках аккумуляторной станции, если количество стоков q_2 составляет 3,06 *м³/сутки*, или 0,51 *м³/ч*, а количество электролита — 0,3 *м³/сутки*.

Количество H_2SO_4

$$0{,}265 \cdot 1000 \cdot 1{,}79 = 475\ г,$$

расход H_2SO_4

$$\frac{475 \cdot 300}{1000} = 143\ г.$$

Количество CaO для нейтрализации 143 *г* H_2SO_4

$$\frac{40 + 16}{56} \rightarrow \frac{2 + 32 + 64}{98}.$$

Количество CaO в сутки

$$\frac{56 + 143}{98} = 2{,}02\ г.$$

Необходимое количество технической извести в сутки (50%) для нейтрализации стоков аккумуляторной установки

$$CaO = \frac{2{,}02 \cdot 100}{50} = 4\ г.$$

Перед выпуском в канализацию сточных вод аккумуляторной необходимо устройство отстойника для улавливания выпадающего осадка. Емкость отстойника V (в *м³*) определяется по удвоенному расходу сточных вод:

$$V = q_2 2 = 0{,}51 \cdot 2 = 1{,}02\ м^3.$$

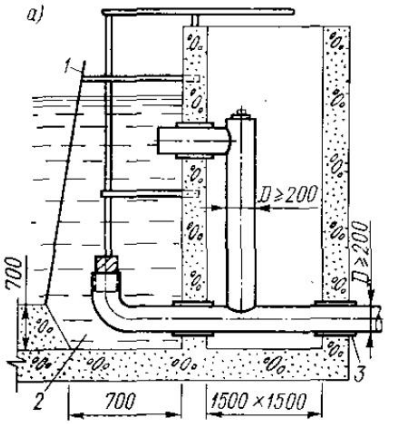
Глубина отстойника H (в *м*) при диаметре колодца, равном 1 *м*,

$$H = \frac{4V}{\pi D^2} = \frac{1{,}02 \cdot 4}{3{,}14 \cdot 1^2} = 1{,}3\ м.$$

Из отстойника сточная жидкость поступает в канализационную сеть через переливную трубу $d = 100$ *мм*.

§ 46. КАНАЛИЗАЦИЯ БАССЕЙНОВ ПРИ ЛЕСОЦЕХАХ И СТОКОВ В ЦЕХЕ ДРЕВЕСНОВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ

В отепленных бассейнах при лесоцехах происходит освобождение бревен от льда, минеральных отложений, части коры и волокон. Для поддержания постоянной температуры воды в бассейне (+ 5° С) в него непрерывно подается горячая вода (25—35° С). Так как вода бассейна загрязнена, то оборотный цикл подачи исключается. Избыток воды из бассейна должен удаляться в ливневую канализацию, открытые канавы или водоем, если рельеф мест-



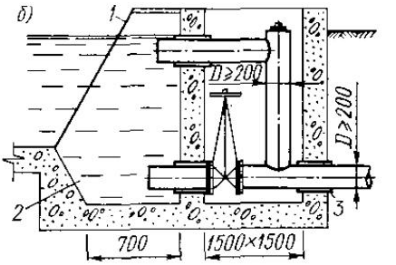


Рис. 71. Переливной и опорожнительный колодец

а — с пробочным затвором; *б* — с задвижкой; *1* — металлическая сетка; *2* — грязесборник; *3* — сальник

ности делает возможным самотечный отвод. Бассейн снабжается переливными колодцами (рис. 71), количество которых должно быть не менее двух, и опорожнительным. Специальных очистных установок не требуется. Очистка воды от механической взвеси и плавающей древесины производится в переливных колодцах вручную при опорожнении бассейна. Часть механической взвеси осаждается в осадочной части колодца, откуда убирается при отключении переливного колодца; плавающая древесина вынимается сетчатыми совками. В качестве отключающих устройств рекомендуется установка пробочных затворов или затворов типа заглушки. По сравнению с пробочным затвором заглушки менее герметичны, поэтому требуют высококачественного выполнения. Помимо указанных затворов могут применяться задвижки с диаметром не менее 200 *мм*.

Сточные воды, получающиеся в результате промывки в массных бассейнах цеха древесноволокнистых плит, загрязнены дисперсными волокнами древесины, идущей на изготовление плит. Эти волокна представляют большую опасность для рыбоводства, так как попадают в жаберные полости рыб и являются причиной ее уничтожения. Поэтому эти воды перед отводом в естественные водоемы должны быть очищены. Очистка стоков производится при помощи

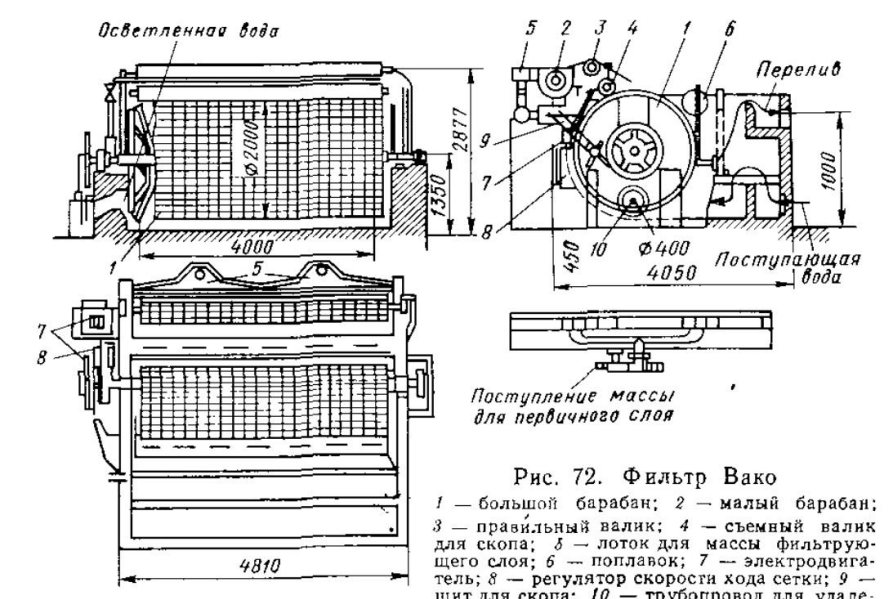


Рис. 72. Фильтр Вако

1 — большой барабан; *2* — малый барабан; *3* — правильный валик; *4* — съемный валик для скопа; *5* — лоток для массы фильтрующего слоя; *6* — поплавок; *7* — электродвигатель; *8* — регулятор скорости хода сетки; *9* — щит для скопа; *10* — трубопровод для удаления осветленной воды

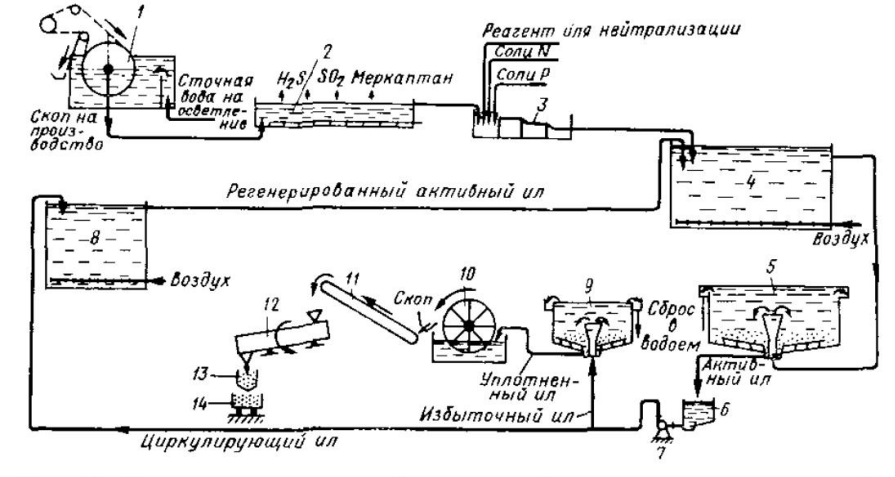


Рис. 73. Принципиальная схема биологической очистки сточных вод целлюлозного производства

1 — фильтр Вако, или первичный отстойник; *2* — преаэратор; *3* — смеситель; *4* — аэротенк; *5* — вторичный отстойник; *6* — силовой резервуар; *7* — насос; *8* — регенератор ила; *9* — илоуплотнитель; *10* — вакуум-фильтр; *11* — транспортер; *12* — барабанная сушилка; *13* — бункер; *14* — вагонетка

фильтров Вако. Для цеха древесноволокнистых плит Дубровского ДСК в Ленинграде проектный институт «Гипродрев» принял схему, изображенную на рис. 72.

Фильтры финской фирмы «Вако» предназначаются для механической очистки производственных стоков от волокна. Принцип очистки сточной воды заключается в пропускании этих стоков через искусственно созданную пленку из скопа (древесных волокон)

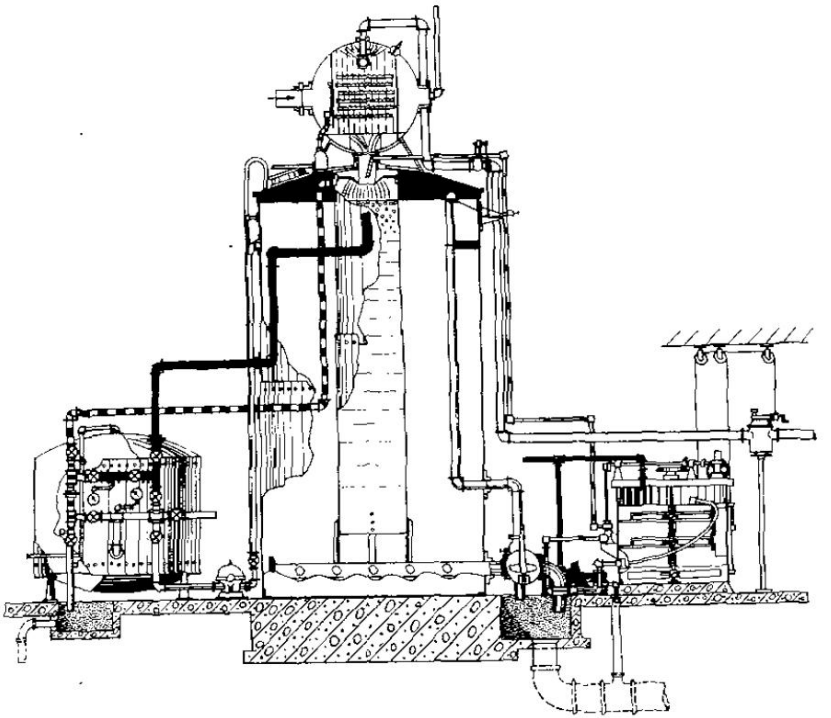


Рис. 74. Напорный фильтр для очистки производственных сточных вод

на поверхность вращающегося сетчатого барабана, заглубленного в бассейн. Фильтры Вако состоят из 2 ванн, малой и большой. В большой ванне вращается барабан с открытой ребристой поверхностью. На оба барабана натянута сетка, которая проходит еще через правильные и съемные валики. Правильный валик служит для выравнивания сетки, а съемный — для снятия с сетки фильтрующего слоя с удержанными на нем взвешенными частицами. Скоп волокна снимается со съемного валика шабером, передается в массный бассейн и используется при изготовлении древесноволокнистых плит. В качестве фильтрующего слоя используется древесное волокно данного производства. Скорость движения сетки фильтра 2—15 *м/мин*. Плотность фильтрующего слоя 25—40 *г/м*^{2}. Производительность таких фильтров составляет от 120 до 300 *м*^{3}*/ч*.

Основные размеры сеток изготовляемых у нас фильтров: рабочая ширина 4 *м*, длина 50 *м*. Мощность электродвигателя 33—45 *квт*. Габаритные размеры фильтра: длина 7 *м*, ширина 4,8 *м*, высота 2,9 *м*. Степень улавливания волокна 96—98%. Содержание механической взвеси до очистки — 200 *мг/м*, а после очистки — до 1—1,2 *мг/м*. Осветленная вода из ванны фильтра поступает в производство как оборотная вода. Излишки ее направляются на биологическую очистку. Принципиальная схема биологической очистки сточных вод целлюлозного производства представлена на рис. 73.

В сточной воде растворимые части древесины (пентозни и другие органические вещества) находятся в количестве 10—12% по весу от обрабатываемой древесины. Для изготовления 1 *т* древесноволокнистых плит расходуется 40 $м^3$ свежей воды, которая необходима для поддержания в оборотной воде постоянного числа водородных ионов для стабилизации химического состава воды. В СССР аналогичные фильтры изготовляются заводом «Уралхиммаш» с теми же габаритными размерами и той же производительности.

Автор считает возможным для механической очистки производственных сточных вод массных бассейнов применение также напорных песчано-гравийных фильтров, работающих под давлением 2,5 — 3,5 $кгс/см^2$ на повышенных скоростях фильтрации 8—12 *м/сек*.

Быстродействующие напорные фильтры (рис. 74) представляют собой металлический цилиндр, часть которого заполнена фильтрующим слоем песка и гравия. Сточные воды, требующие механической очистки, пропускаются через фильтрующий слой под давлением, которое создается постоянно работающей насосной установкой, одновременно используемой для промывки фильтрующего слоя обратным током воды.

При трехсменной работе предприятия количество фильтров должно быть не менее двух, каждый из них рассчитывается на максимальную часовую производительность. Габаритные размеры фильтра зависят от его производительности, фильтрующий слой состоит из слоя песка высотой 1 — 1,2 *м* с крупностью зерен от 0,7 до 1,5 *мм* и слоя гравия высотой 0,5 — 0,6 *м*. Высота слоя воды над фильтрующим слоем должна быть не менее 1 *м*. Потеря напора при работе фильтров составляет 6—10 *м вод. ст.*, интенсивность промывки таких фильтров 14—16 *л/сек* на 1 $м^2$ фильтрующей поверхности. Производительность фильтра определяется из расчета максимальной нагрузки на поверхность фильтрующего слоя, равной 4—5 $м^3/ч$ на 1 $м^2$. Сопротивление фильтра составляет 6—10 *м вод. ст.*

ЛИТЕРАТУРА

1. *Вайнберг А. М., Ярин Б. Д.* Опыт применения высокотемпературного органического теплоносителя для сушки пиломатериалов. 1968.

2. *Биркчан Ю. Б.* Высокотемпературное теплоснабжение в жировой промышленности за рубежом. ГОСИНТИ, М., 1959.

3. *Биркчан Ю. Б.* Опыт освоения органических теплоносителей в химической и смежных отраслях промышленности. ГОСИНТИ, М., 1960.

4. *Борщ И. М., Прыкин Б. В. и др.* Проектирование заводов сборного железобетона. Киев, 1968.

5. *Каган С. З. и др.* Органические высокотемпературные теплоносители и их применение в промышленности. Госхимиздат, 1951.

6. *Каменев П. Н.* Отопление и вентиляция, ч. 2. Стройиздат, 1966.

7. *Кострюков В. А.* Сборник примеров расчета по отоплению и вентиляции, ч. 2. Вентиляция. Госстройиздат, 1962.

8. *Павлов В. Ф., Никифорова Н. М.* Теплотехника и теплотехническое оборудование заводов промышленности строительных материалов и изделий. Москва, 1965.

9. *Рысин С. А.* Вентиляционные установки машиностроительных заводов. Справочник «Машиностроение», 1960.

10. Инструкция по нормированию расхода тепловой и электрической энергии в производстве пиломатериалов. 1968.

11. Материалы технического архива проектного института «Гипродрев», Оргэнергостроя и отдела инженерно-технических заключений Оргтехстроя.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Глава I. **Отопление** 3
§ 1. Укрупненные показатели расхода тепла на отопление и вентиляцию . . . . . —
§ 2. Выбор систем отопления 4
§ 3. Воздушное отопление промышленных зданий, совмещенное с вентиляцией 6
§ 4. Примеры расчетов по отоплению 11

Глава II. **Вентиляция** 15
§ 5. Метеорологические условия производственных помещений . . —
§ 6. Определение объемов общеобменной вентиляции 18
§ 7. Местная вытяжная вентиляция 22
§ 8. Выбор конструктивной схемы вентиляции. Уравнения воздушного баланса 24
§ 9. Условия рассеяния в воздухе газов и пыли, выбрасываемых вентиляционными установками 26
§ 10. Очистка воздуха от пыли 30
§ 11. Воздушно-тепловые завесы 36
§ 12. Автоматика и блокировка вентиляционных систем 40

Глава III. **Гидрообеспыливание, пневматическая и влажная уборка производственных помещений** 42
§ 13. Гидрообеспыливание . . . . . —
§ 14. Пневматическая уборка 48
§ 15. Влажная уборка 52

Глава IV. **Заводы железобетонных изделий** 53
§ 16. Общая часть . . . . . —
§ 17. Методика определения теплового баланса 56
§ 18. Арматурный цех 60
§ 19. Помольно-смесительный цех 61
§ 20. Формовочный цех 64
§ 21. Цехи приготовления бетона и строительных растворов (полигонного типа) 69
§ 22. Аспирация 71

Глава V. **Заводы лесопиления и деревообработки** 86
§ 23. Лесопильные цехи . . . . . —
§ 24. Окорочные и окорочно-отжимные цехи 91
§ 25. Раскроечные цехи 92
§ 26. Тепловой баланс гидротермической обработки железобетонных изделий 94

Глава VI. **Цехи специализированной технологии** 101
§ 27. Цехи карбамидных смол . . . . . —
§ 28. Цехи древесной муки 103
§ 29. Цехи спичечного производства 108

Глава VII. **Складские помещения и аккумуляторная** 135
§ 30. Складские помещения . . . . . —
§ 31. Аккумуляторные, зарядные 137

Глава VIII. **Теплоснабжение** 139
§ 32. Расход тепла на термическую обработку железобетонных изделий и инертных материалов . . . . . —
§ 33. Определение расхода тепла на нагрев заполнителей бетона . . 144
§ 34. Расход тепла на тепловую и тепловлажностную обработку строительных изделий 149
§ 35. Расход тепла на сушку пиломатериалов на заводах лесопиления и столярно-строительных цехов 155
§ 36. Определение расхода тепла на нагрев воды в бассейнах при лесоцехах 160
§ 37. Котельные 163
§ 38. Высокотемпературное теплоснабжение с применением органических теплоносителей 165
§ 39. Основные условия прокладки наружных сетей 170
§ 40. Частный случай горячего водоснабжения 176

Глава IX. **Производственная канализация** 180
§ 41. Канализация производственного конденсата . . . . . —
§ 42. Канализация бетонных смесей и строительных растворов . . 181
§ 43. Канализация ливнестоков, загрязненных мазутом 182
§ 44. Очистка сточных вод от промывки радиаторов отопления . . 183
§ 45. Очистка сточных вод от аккумуляторных установок 184
§ 46. Канализация бассейнов при лесоцехах и стоков в цехе древесноволокнистых плит 185

Литература 189

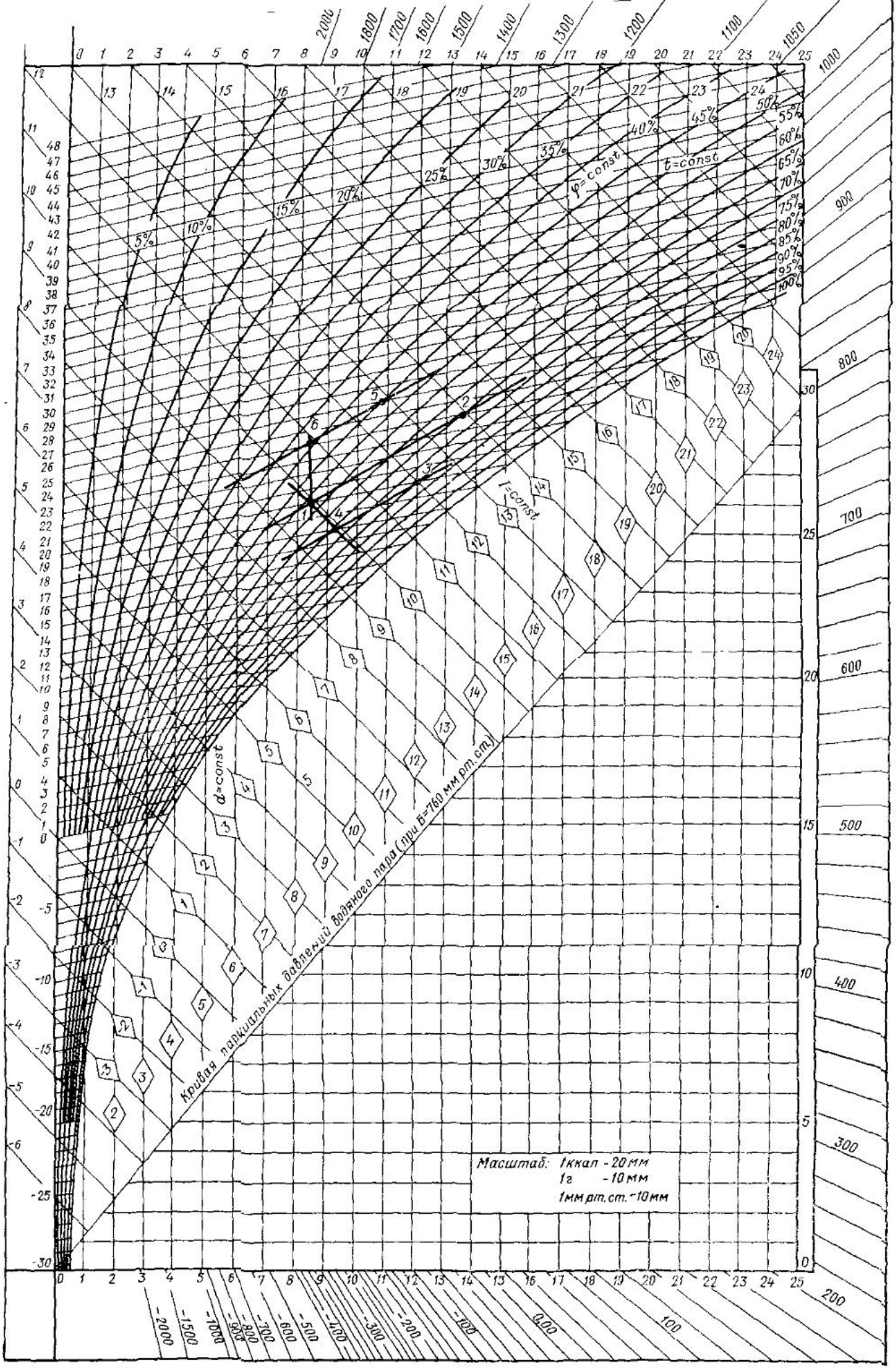


Рис. 23. *I* — *d*-диаграмма для определения объема приточного воздуха при наличии в цехе тепловлаговыделений