

ОГЛАВЛЕНИЕ

Глава первая. Локализация вредных выделений	3
§ 1. Вредные выделения на промышленных предприятиях	—
§ 2. Тепловыделения	4
§ 3. Влаговыделения	11
§ 4. Паровыделения и газовыделения	14
§ 5. Пылевыведения	20
§ 6. Методы локализации вредных выделений	22
§ 7. Укрития и местные отсосы	26
§ 8. Специфика локализации пылевыведения	32
Глава вторая. Вентиляция при борьбе с газами, парами и аэрозолями	38
§ 9. Принципы вентиляции цехов с токсическими выделениями	—
§ 10. Определенные воздухообмены	42
§ 11. Факельный выброс загрязненного воздуха	52
§ 12. Некоторые случаи очистки воздуха от токсических вредностей	58
§ 13. Рассеивание газов и пыли в атмосфере	60
Глава третья. Вентиляция при борьбе с теплом и влагой	61
§ 14. Вентиляция при борьбе с теплом	—
§ 15. Вентиляция при борьбе с влагой	75
§ 16. Вентиляция при совместном выделении тепла и влаги	82
Глава четвертая. Вентиляция при борьбе с пылью	87
§ 17. Общие соображения по вентиляции помещений с пылевыведениями	—
§ 18. Определение объемов воздуха, удаляемого местными отсосами	98
Глава пятая. Бортовые отсосы	113
§ 19. Типы бортовых отсосов и их применение	—
§ 20. Расчет бортовых отсосов	116
Глава шестая. Вентиляционное оборудование	129
§ 21. Вентиляторные установки	—
§ 22. Борьба с шумом и вибрацией при работе вентиляторов	135
§ 23. Автоматизация и блокировка	140
§ 24. Очистка выбрасываемого воздуха от пыли	143
Глава седьмая. Вентиляция в химической промышленности	153
§ 25. Принципы вентиляции на предприятиях химической промышленности	—
§ 26. Производство минеральных пигментов	169
§ 27. Производство тертых красок	180
§ 28. Склады сыпучих материалов	185
§ 29. Вентиляция кабины крановщика	188
Глава восьмая. Вентиляция пищевых предприятий	191
§ 30. Особенности вентиляции в пищевой промышленности	—
§ 31. Вентиляция на кондитерских фабриках	191
§ 32. Вентиляция на хлебозаводах	204
§ 33. Вентиляция на предприятиях общественного питания	211
Глава девятая. Вентиляция инженерных корпусов и лабораторий	225
§ 34. Специфика вентиляции многоэтажных зданий	—
§ 35. Вентиляция производственных и лабораторных помещений	230
§ 36. Проектно-конструкторские бюро и вспомогательные помещения	235
Литература	239

Научный редактор — инж. С. А. Абрамович

В книге рассматриваются вопросы проектирования промышленной вентиляции. Особое внимание обращено на определение количества удаляемого вентиляционного воздуха при локализации основных, наиболее часто встречающихся в практике вредных веществ. На конкретных примерах разобраны правильные и неправильные вентиляционные решения в разных областях промышленности. Даны численные примеры, иллюстрирующие способы расчета воздухообмена. Приведены данные о местных отсосах и укрытиях для различных случаев вентиляционной практики. Освещены некоторые виды вентиляционного оборудования применительно к тем или иным задачам промышленной вентиляции.

Книга является практическим пособием и предназначена для молодых инженеров и техников, работающих по проектированию промышленной вентиляции. Она может быть полезной инженерно-техническому персоналу по эксплуатации промышленной вентиляции.

3-2-10
64-70

Борис Семенович МОЛЧАЛОВ
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ
ВЕНТИЛЯЦИИ

*Стройиздат, Ленинградское отделение
Ленинград, пл. Островского, 6*

*Редактор издательства А. М. Титов
Технический редактор О. В. Спирская
Корректор С. А. Чариков
Обложка художника В. М. Морозова*

*Сдано в набор 21/V 1970 г. Подписано к печати 20/VIII 1970 г.
М-45615. Формат бумаги 60×90^{1/8}, № 1. Бум. л. 7,5. Печ. л. 15,0
Ме. печ. л. 15,45. Изд. № 1274П. Тираж 30 000 экз. Заказ 1220.
Цена 97 коп.*

*Ленинградская типография № 4 Главолиграфпрома Комитета
по печати при Совете Министров СССР, Социалистическая, 14.*

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ЛОКАЛИЗАЦИЯ ВРЕДНЫХ ВЫДЕЛЕНИЙ**§ 1. Вредные выделения на промышленных предприятиях**

Производственный процесс обычно сопровождается побочными явлениями, отрицательно влияющими на состояние воздушной среды. Эти побочные явления принято называть вредными выделениями, или вредностями.

К вредным выделениям относятся следующие:

Теплоизбытки — выделения тепла в количестве, превышающем тепловые потери помещения.

Влаговыделения — выделения водяных паров в количестве, создающем ненормально высокую влажность воздуха.

Паровыделения и газовыделения — выделения паров и газов, вредно действующих на человека.

Пылевыведения — выделения пыли в количествах, обуславливающих запыление помещений сверх допустимых норм.

Дымовыделения (аэрозоли) — выделения мельчайших твердых частиц, свободно витающих в воздухе.

Тумановыделения — образование в воздухе мельчайших частиц той или иной жидкости.

Полые капли — выделение в воздух помещения из жидкой среды пузырьков газа, покрытых тонкой пленкой жидкости.

Условия выделения вредностей на промышленных предприятиях многообразны как в качественном, так и количественном отношении. Даже тепловыделения могут быть несколько условно разгруппированы по качественному признаку на два вида: конвективные и лучистые. Что касается паров, газов, аэрозолей и пыли, то здесь качественный фактор едва ли не более существенен, нежели количественный.

Качество вредностей, сопутствующих технологическому процессу, почти всегда удается установить. Какие вещества выделяются, как и почему, мы в большинстве случаев знаем. Знаем

также, насколько вредно отражаются на человеке те или иные выделения. Гигиенисты давно установили температурно-влажностные пределы, наиболее благоприятные для человека; установили и предельные, относительно безвредные концентрации вредных газов и пыли в воздухе. Если бы мы знали точно количественную сторону дела, а также характер распространения вредных выделений по помещению, то один из самых сложных вопросов вентиляционной техники — определение количества воздуха, потребного для общеобменной вентиляции, — разрешился бы просто. К сожалению, в подавляющем большинстве случаев мы не можем точно определить количество выделяющихся вредностей, а также динамику их выделений по времени.

Основной задачей при проектировании промышленной вентиляции является определение потребного воздухообмена. Однако этому чрезвычайно важному вопросу уделяется мало внимания как в литературе, так и в практике проектирования.

Самая совершенная по конструктивному выполнению вентиляция не даст нужного эффекта, если неправильно определено количество воздуха, которое необходимо удалять из помещения независимо от того, удаляется ли воздух местными отсосами или общеобменной вытяжкой.

Чтобы правильно и экономично определить воздухообмен, достаточный для локализации вредностей, необходимо самым тщательным образом проанализировать процесс их выделения.

Проектировщик вентиляции обязан знать технологический процесс, протекающий в помещении, подлежащем вентилированию. Он должен разбираться в частности технологического процесса иногда лучше, чем технолог, которого обычно не интересуют побочные явления, связанные с загрязнением воздуха. Эти побочные, порой кажущиеся мелкими явления и должны стать предметом самого пристального внимания специалиста по вентиляции.

Тесный контакт технолога и специалиста по вентиляции особенно ценен в начальной стадии проектирования, когда решается основной вопрос: с какими вредностями и при каких условиях придется бороться. Без четкого представления об этом нельзя составить грамотный и полноценный проект вентиляции.

Определение условий и характера выделения вредностей, а на основе этого потребного воздухообмена — базируется главным образом на эмпирических данных. Рассчитать потребный воздухообмен точно во многих случаях невозможно. Здесь на первое место выдвигается инженерная эрудиция проектировщика.

§ 2. Тепловыделения

Тепловыделения и создаваемые ими тепловые избытки в помещении — наиболее часто встречающаяся вредность. Хотя самочувствие человека в сильной степени зависит от температур-

ных условиях, все же благодаря способности организма к терморегуляции человек сравнительно легко приспосабливается к «ненормальной» температуре. Однако длительное воздействие высоких температур ухудшает самочувствие и снижает трудоспособность.

Определение количества тепла, поступающего в воздух помещения, производится по формулам и графикам, приводимым в справочниках по вентиляции. Остановимся здесь только на некоторых частных случаях.

Тепловыделения от станков обычно подсчитываются по формуле

$$Q = N_y \cdot 860 \cdot \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \mu_3 \cdot \mu_4 \text{ [ккал/ч]}, \quad (1)$$

где N_y — установленная мощность электродвигателей;
 μ_1 — коэффициент использования установленной мощности (обычно 0,9–0,7);
 μ_2 — коэффициент загрузки, учитывающий разность между среднечасовой потребляемой мощностью и максимальной (колеблется от 0,9 до 0,4);
 μ_3 — коэффициент одновременности работы оборудования (колеблется от 1 до 0,3);
 μ_4 — коэффициент перехода тепла в помещение (колеблется от 0,1 до 0,95).

Для механических цехов при постоянной работе и нормальной загрузке при работе без эмульсии

$$Q = N_y \cdot 860 \cdot 0,8 \cdot 0,75 \cdot 0,7 \cdot 0,6 \approx N_y \cdot 860 \cdot 0,25 \text{ [ккал/ч]}. \quad (2)$$

Для тех же цехов, но при работе с эмульсией часть тепла расходуется на испарение. С достаточной для практики точностью можно считать

$$Q' = N_y \cdot 860 \cdot 0,2 \text{ [ккал/ч]}. \quad (3)$$

При наличии местных отсосов у станков (например, при обработке пластмасс)

$$Q'' = N_y \cdot 860 \cdot 0,15 \text{ [ккал/ч]}. \quad (4)$$

Для инструментальных, механосборочных и ремонтных цехов ввиду обычно меньшей загрузки оборудования следует считать соответственно:

$$Q = N_y \cdot 860 \cdot 0,22 \text{ [ккал/ч]}, \quad (5)$$

$$Q' = N_y \cdot 860 \cdot 0,18 \text{ [ккал/ч]}.$$

Для экспериментальных механических цехов, где коэффициент одновременно в среднем около 0,4,

$$Q = N_y \cdot 860 \cdot 0,15 \text{ [ккал/ч]}, \quad (6)$$

$$Q' = N_y \cdot 860 \cdot 0,12 \text{ [ккал/ч]}.$$

Для прессовых мехов при обработке металла, принимая μ в пределах от 0,6 до 0,4, получаем

$$Q = N_y \cdot 860 (0,2 : 0,13) \text{ [ккал/ч]}. \quad (7)$$

Приведенные цифры следует рассматривать как средние. В отдельных случаях возможны отклонения.

Тепловыделения от нагретых поверхностей с малой криволинейностью удобнее всего определять по формуле

$$Q = \alpha F (t_{ст} - t_n) \text{ [ккал/ч]}, \quad (8)$$

где α — суммарный коэффициент теплоперехода;

F — площадь теплоотдающей поверхности в m^2 ;

$t_{ст}$ — температура поверхности в $^{\circ}C$;

t_n — температура воздуха помещения в $^{\circ}C$.

Коэффициент

$$\alpha = \alpha_k + \alpha_{л} \text{ [ккал/ч} \cdot m^2 \cdot \text{град]}. \quad (9)$$

Коэффициент теплоперехода конвекцией α_k с достаточной для практики точностью вычисляется по формулам:

для горизонтальной поверхности при направлении теплового потока снизу вверх

$$\alpha_k = 2,8 \sqrt[4]{t_{ст} - t_n}; \quad (10)$$

для горизонтальной поверхности при направлении теплового потока сверху вниз

$$\alpha_k = 1,4 \sqrt[4]{t_{ст} - t_n}; \quad (11)$$

для вертикальной поверхности

$$\alpha_k = 2,2 \sqrt[4]{t_{ст} - t_n}. \quad (12)$$

Коэффициент теплоперехода лученепусканием $\alpha_{л}$ вычисляется по известной формуле

$$\alpha_{л} = \frac{(0,01 T_{ст})^4 - (0,01 T_n)^4}{t_{ст} - t_n} C_{лп}, \quad (13)$$

где $C_{лп}$ — приведенный коэффициент лученепускания в $ккал/ч \cdot m^2 \cdot \text{град}$:

$$C_{лп} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}}, \quad (14)$$

где $T_{ст}$ — абсолютная температура нагретой поверхности ($t_{ст} + 273$);

T_n — абсолютная температура тепловоспринимающей поверхности*;

* Вместо T_n практически всегда принимаюг $t_n + 273$.

C_s — коэффициент лучеиспускания абсолютно черного тела; $C_s = 4,96$;

C_1, C_2 — коэффициенты лучеиспускания нагретой и тепло-воспринимающей поверхностей.

Значения коэффициентов $\alpha_k, \alpha_l, \alpha$ для горизонтальной поверхности при температуре воздушной среды $t_n = 15^\circ\text{C}$ приведены в табл. 1.

Таблица 1

Значения коэффициентов α_k, α_l и α для горизонтальной поверхности

$t_{ст}$	α_k	α_l	α	$t_{ст}$	α_k	α_l	α
25	3,9	3,1	7	65	7,5	3,7	11,2
35	5,9	3,2	9,1	70	7,6	3,8	11,4
40	6,3	3,3	9,6	80	8	4	12
55	7	3,4	10,4	90	8,2	4,2	12,4
60	7,3	3,6	10,9	145	9,5	5,6	15,1

Примечание. Приведенный коэффициент лучеиспускания принять равным 3.

Для других значений коэффициента $C_{пр}$ величина α_T может быть легко пересчитана путем умножения на величину $\frac{C_{пр}}{3}$. Для вертикальной поверхности табличные значения α_k нужно умножить на отношение

$$\frac{2,2}{2,8} \approx 0,78.$$

Тепловыделения от людей, находящихся в помещении, зависят от рода выполняемой ими работы и от температуры окружающего воздуха. Выделяемое человеком тепло складывается из явного, отдаваемого путем «сухой теплоотдачи» тела, и скрытого, т. е. тепла водяного пара, поступающего в помещение при дыхании и испарении с поверхности кожи.

В табл. 2 указаны явные тепловыделения и влаговыведения одного человека при различных условиях.

Таблица 2

Явные тепловыделения q в kcal/h и влаговыведения d в g/h от одного человека

Характер работы	Температура воздуха в $^\circ\text{C}$							
	15		20		25		30	
	q	d	q	d	q	d	q	d
Легкая	100	55	70	70	60	125	30	140
Средняя	110	110	80	160	70	180	35	230
Тяжелая	110	185	80	200	80	300	35	380

Иногда бывает необходимо определить количество тепла, поступающего в помещение от остывающего в нем материала или изделий. Это тепло в случае перехода из одного агрегатного состояния в другое (отвердевание) вычисляется по формуле

$$Q = Gb [c_1 (t_{н.} - t_{пл.}) + i + c_2 (t_{пл.} - t_{к.})] \text{ [ккал/ч]}, \quad (15)$$

где G - вес остывающего в помещении материала в кг;
 c_1, c_2 - теплоемкости материала в жидком и твердом состояниях в пределах рассматриваемых температур в $\text{ккал/кг} \cdot \text{град}^*$

$t_{н.}$ - начальная температура материала в $^{\circ}\text{C}$;

$t_{пл.}$ - температура плавления материала в $^{\circ}\text{C}$;

$t_{к.}$ - конечная температура материала в $^{\circ}\text{C}$;

i - скрытая теплота плавления материала в ккал/кг ;

b - опытный коэффициент, учитывающий интенсивность выделения тепла по времени и зависящий от структуры материала и размера его кусков (в случае остывания каких-либо изделий коэффициент b зависит от веса и формы изделий).

Расчет по формуле (15) был бы точным, если бы мы знали величину b , но, к сожалению, нет почти никаких опытных данных по определению этого коэффициента. Поэтому при периодическом поступлении в помещение нагретого материала и остывании его в течение нескольких часов для расчета теплопоступления принимают первый час: в течение первого часа тепловыделение наиболее интенсивно и составляет от 30 до 100% от всего количества тепла, выделяющегося при остывании материала.

Можно рекомендовать следующие ориентировочные значения коэффициента b :

а) при остывании расплавленного материала в виде больших масс (в тиглях, ковшах, крупных болванках):

весом более 300 кг

$$b = 0,3 : 0,4;$$

весом 100--200 кг

$$b = 0,4 : 0,5;$$

весом до 100 кг

$$b = 0,5 : 0,6;$$

б) при остывании мелких изделий (литье под давлением, литье пластмасс и т. п.)

$$b = 0,8 : 1;$$

в) при остывании твердых материалов или изделий:

весом более 200 кг

$$b = 0,5 : 0,6;$$

* Принимаются по соответствующим справочникам.

весом 50÷100 кг

$$b = 0,7 : 0,8;$$

весом до 50 кг

$$b = 0,9 : 1.$$

Сказанное относится к случаям периодического поступления в помещение нагретых материалов, когда интервалы между очередными порциями превышают 1 ч. Если же нагретый или расплавленный материал поступает в помещение непрерывно и равномерно или периодически, но с интервалами менее 1 ч, то количество тепла подсчитывается по той же формуле (15), но с коэффициентом $b=1$. В этом случае вес поступающего материала G выражается в кг/ч.

Приводим пример подсчета тепловыделений от остывающего шлака в помещении плавильного цеха.

Через каждые 3 ч выпускается $G=10 т$ шлака при $t_{п1}=1300^{\circ}С$. Шлак остывает в помещении до $t_{п2}=100^{\circ}С$ в ковшах, вмещающих 2000 кг; $t_{пл}=1000^{\circ}С$; $i \approx 45$ ккал/кг; $c_1=0,22$ ккал/кг·град; $c_2=0,18$ ккал/кг·град.

Для данного случая принимаем коэффициент $b=0,3$.

Количество выделяющегося тепла по формуле (15)

$$Q = 10\,000 \cdot 0,3 [0,22 (1300 - 1000) + 45 + 0,18 (1000 - 100)] \approx 820\,000 \text{ ккал/ч.}$$

Теплопоступления в помещение от солнечной радиации учитываются в тепловом балансе при наружных температурах $+10^{\circ}С$ и выше.

Количество тепла, поступающего в помещение от солнечной радиации, определяют по формулам:

для остекленных поверхностей

$$Q_p^0 = F_0 q_0 A_0 \text{ [ккал/ч];} \quad (16)$$

для покрытий

$$Q_p^1 = F_{п1} q_{п1} K_{п1} \text{ [ккал/ч],} \quad (17)$$

где F_0 и $F_{п1}$ — поверхности остекления или покрытий в $м^2$;

q_0 — величина радиации в ккал/ $м^2 \cdot ч$ через 1 $м^2$ поверхности остекления, зависящая от ее ориентации по странам света;

$q_{п1}$ — величина радиации в ккал/ $м^2 \cdot ч$ через 1 $м^2$ поверхности покрытия;

A_0 — коэффициент, зависящий от характеристики остекления;

$K_{п1}$ — коэффициент теплопередачи покрытия.

При подсчете теплопоступлений от солнечной радиации следует принимать большую из двух величин:

Солнечная радиация q_0 через остекленные поверхности в $\text{ккал}/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$ (при $A_0 = 1$)

Характеристика остекленной поверхности	Страны света и широты															
	юг				юго-восток и юго-запад				восток и запад				северо-восток и северо-запад			
	35	45	55	65	35	45	55	65	35	45	55	65	35	45	55	65
Окна с двойным остеклением (две рамы):																
с деревянными переплетами	110	125	125	145	85	110	125	145	125	125	145	145	65	65	65	60
с металлическими переплетами	140	160	160	180	110	140	160	180	160	160	180	180	80	80	80	80
Фонарь с двойным вертикальным остеклением (прямоугольный тип Шеда):																
с металлическими переплетами	130	160	160	170	110	140	170	170	160	160	180	180	85	85	85	80
с деревянными переплетами	120	145	145	150	100	125	150	150	145	145	160	160	75	75	75	70

Примечание. Для остекленных поверхностей, ориентированных на север, $q_0 = 0$.

теплопоступление через остекление, расположенное в одной стене помещения, в сумме с теплопоступлением через покрытие и фонарь;

теплопоступление через остекление, расположенное в двух взаимно перпендикулярных стенах помещения, с коэффициентом 0,7 в сумме с теплопоступлением через покрытие и фонарь.

Величины q_0 указаны в табл. 3. Значения q_{11} и A_0 приведены в табл. 4 и 5.

Таблица 4

Величина радиации q_{11} в ккал/м²ч через 1 м² поверхности покрытия

Характеристики покрытия и широта	q_{11}
При бесчердачном покрытии для широт:	
35	20
45	18
55	15
65	12
При покрытии с чердаком для всех широт	5

Примечание. Коэффициент теплопередачи покрытия должен быть не выше 0,8 ккал.м².град.

Таблица 5

Значения коэффициента A_0

Характеристика остекления	A_0
Остекление с одной рамой:	
двойное	1,15
одинарное	1,45
Загрязнение стекла:	
обычное	0,8
сильное	0,7
Забелка окон	0,6
Остекление с матовыми стеклами	0,4
Внешнее зашторивание окон	0,25

Примечание. Солнечная радиация через стены не учитывается.

§ 3. Влаговыведения

Влаговыведения в воздух производственных помещений протекают в основном следующим образом:

непосредственно в помещение;

с воздухом более влажным, чем воздух помещения (в том числе при дыхании людей);

с открытых водных поверхностей или из смоченных материалов за счет их собственного тепла или за счет тепла, подводимого извне;

при кипении воды;

с холодных смоченных поверхностей за счет тепла окружающего воздуха;

в результате химических реакций.

Этим исчерпываются возможные случаи промышленных влаговыведений. Следует отметить процесс влаговыведения путем испарения с холодных смоченных поверхностей, когда тепло в виде теплоты испарения не поступает в помещение и не влияет на его тепловой баланс. Это типичный случай испарения с мокрого пола, где вода находится длительное время и принимает температуру мокрого термометра. Из помещения заимствуется

явное тепло (сухое), а возвращается в помещение то же количество тепла, но в скрытом виде (тепло парообразования).

Количество влаги, испаряющейся с открытой водной поверхности при нормальном барометрическом давлении, определяется по формуле

$$G = (a + 0,0174v)(p_2 - p_1) F \text{ [кг/ч]}, \quad (18)$$

где a — фактор гравитационной подвижности окружающей среды для температур помещений от $+15$ до $+30^\circ\text{C}$;
 v — скорость движения воздуха над зеркалом испарения в м/сек ;

p_2 — упругость водяных паров, насыщающих воздух при температуре поверхности испаряющейся воды, в мм рт. ст. ;

p_1 — упругость водяных паров в окружающем воздухе, соответствующая степени его насыщения, в мм рт. ст. ;

F — поверхность испарения в м^2 .

Если температура испаряющейся жидкости поддерживается на постоянном уровне, то температура поверхности испарения при спокойной поверхности принимается по табл. 6.

Значения фактора гравитационной подвижности a можно принимать по табл. 7.

При спокойной поверхности испарения и известных ее размерах определение количества испаряющейся влаги несложно. Сложнее обстоит дело, если поверхность жидкости неровная, например при выделении из нее газа, при перемешивании или

Таблица 6

Температура поверхности испарения в зависимости от температуры жидкости для спокойной поверхности и параметрах воздуха в помещении $t = 20^\circ\text{C}$ и $\varphi = 70\%$

Температура жидкости в $^\circ\text{C}$	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	95
Температура поверхности в $^\circ\text{C}$	18	23	28	33	37	41	45	51	58	69	82	90

Таблица 7

Значение фактора гравитационной подвижности a

Температура воды в $^\circ\text{C}$	До 30	40	50	60	70	80	90	100
a	0,022	0,028	0,033	0,037	0,041	0,046	0,051	0,06

Примечание. При испарении влаги со смоченных поверхностей строительных ограждений следует принимать $a = 0,031$.

продукте воздухом. В этом случае поверхность испарения резко возрастает и должна быть увеличена в 1,5- 2,5 раза. Температура же испаряющейся жидкости принимается на 10—15% ниже, чем в случае спокойной поверхности испарения.

Если неровную поверхность имеют смоченные материалы (например, материя, дерево), рекомендуется увеличивать поверхность испарения в 2—3 раза. Для материи, имеющей складки, может быть принято максимальное увеличение поверхности. Для других влажных материалов (дерево, сыпучие) трехкратное увеличение поверхности может быть приемлемо лишь в исключительных случаях.

Нормы и справочники, рекомендуя значительное увеличение расчетной поверхности для влажных неровных материалов, не дают никаких указаний о расчетной температуре испарения. Пользоваться данными для спокойной поверхности жидкости в этом случае неправильно, так как температура испарения будет ниже, а насколько, сказать трудно, так как это зависит от структуры материала, действительной и расчетной степени неровности и т. п. С известной приближенностью можно считать, что температура испарения на 20% ниже приводимой в таблицах для спокойной жидкости.

При вылипании горячей воды и стекании ее по полу бывает затруднительно определить и поверхность испарения и ее среднюю температуру (или же конечную температуру перед стоком в канализацию). Лучше всего базироваться на фактических замерах. Если же смоченная поверхность более или менее определенная, то температуру можно определить путем пробных подсчетов.

Количество воды, испаряющейся со смоченной поверхности пола, при известных начальной и конечной температурах можно определять по формуле

$$G = \frac{G_c(t_r - t_y)}{585} \quad [\text{кг/ч}], \quad (19)$$

где G_c — количество горячей воды, стекающей на пол, в кг/ч;
 t_r — температура вытекающей горячей воды в °С;
 t_y — конечная температура воды, поступающей в канализацию, в °С.

В формулу (18) входит скорость воздуха над поверхностью испарения. Ни в справочниках, ни в нормах величина этой скорости не приводится. Рекомендуется принимать следующие значения скорости v :

для воздуха, движущегося естественно,

$$v = 0,3 \div 0,4 \text{ м/сек};$$

для воздуха, движущегося принудительно (отсос воздуха, близость приточных струй и т. п.),

$$v = 0,6 \text{ м/сек};$$

В табл. 8 указаны количество воды, испаряющейся с 1 м² зеркала ванны при спокойной поверхности ($t_n = 20^\circ \text{C}$; $\varphi = 70\%$), и скорости $v = 0,3 \text{ м/сек}$.

Таблица 8

Количество воды, испаряющейся с 1 м² поверхности ванны

t жидко- сти в $^\circ \text{C}$	t расчет- ная в $^\circ \text{C}$	ρ , в мм рт. ст.	G в кг/ч	t жидко- сти в $^\circ \text{C}$	t расчет- ная в $^\circ \text{C}$	ρ , в мм рт. ст.	G в кг/ч
25	23	20,9	0,24	65	54	112,0	4,6
30	28	28,1	0,43	70	58	135,5	5,7
35	33	37,4	0,83	75	63	170,8	8,0
40	37	46,7	1,14	80	69	223,2	11,3
45	41	57,9	1,74	85	75	288,5	15,5
50	45	71,4	2,25	90	82	384,4	20,8
55	48	83,2	2,98	95	90	525,4	33,4
60	51	96,7	3,55	100	97	681,0	43,5

При испарении с какой-либо поверхности холодной воды (с температурой мокрого термометра) рекомендуется пользоваться формулой

$$W = \frac{3,7(t_c - t_M)F}{585} \quad [\text{кг/ч}], \quad (20)$$

где t_c — температура по сухому термометру;

t_M — температура по мокрому термометру;

F — поверхность испарения в м².

Для кипящей жидкости подсчет испарения по формуле (18) дает неверные результаты. По данным проф. В. В. Батурина, при кипении воды с 1 м² зеркала испарения выделяется до 50 кг/м²·ч, при интенсивном кипении — даже больше. В этом случае количество испаряющейся воды вычисляют по количеству подводимого тепла.

Количество водяного пара, поступающего в помещение через неплотности в трубопроводах и арматуре, а также образующегося в результате химических реакций, принимается по практическим данным, заимствованным из технологии.

§ 4. Паровыделения и газовыделения

Паровыделения и газовыделения, вредно влияющие на человека, в современной промышленности чрезвычайно разнообразны.

Если вредные газы весьма многочисленны и различны по своим свойствам, то вредные пары во многом сходны между собой (за исключением паров ртути). Они, как правило, представляют собой пары легколетучих жидкостей. Обычно это углеводороды, спирты и эфиры жирного и ароматического ряда и их производные.

Ртуть - единственный металл, заметно испаряющийся при комнатной температуре. Говоря о парах ртути, мы подразумеваем действительно пары металла. Все прочие металлы, заметно испаряющиеся лишь при относительно высоких температурах, одновременно окисляются воздухом, образуя окислы -- твердые вещества. Эти последние попадают в воздух в виде мельчайших частиц, создающих дымы - аэрозоли. Цинк, испаряясь, образует окись цинка -- «литейный дым», свинец -- окись свинца, мышьяк -- мышьяковый и мышьяковистый ангидрид и т. п. Пары металлов следует рассматривать как аэрозоли, состоящие из смеси окислов металлов и мельчайших металлических частиц.

Вредные промышленные газы классифицируются по характеру их действия на человека и разделяются на отравляющие, удушающие, раздражающие и наркотические. В каждой группе есть более или менее токсические газы. Степень ядовитости характеризуется предельно допустимым содержанием газов в воздухе помещений при длительном пребывании в них людей.

Предельно допустимые концентрации токсических газов, паров и аэрозолей в воздухе производственных помещений регламентируются нормами СН 245--63.

По степени токсичности вредные газы, пары и аэрозоли несколько условно могут быть разбиты на следующие группы:

относительно безвредные -- с допустимой концентрацией до 100 мг/м^3 ;

маловредные -- с допустимой концентрацией до 10 мг/м^3 ;

вредные -- с допустимой концентрацией до 1 мг/м^3 ;

особо вредные -- с допустимой концентрацией ниже 1 мг/м^3 .

К первой группе относятся преимущественно пары растворителей; ко второй -- некоторые растворители и нитросоединения, окись углерода, фурфурол, аммиак, сернистый ангидрид, спирт метиловый и т. п.; к группе вредных -- серная кислота, фенол, хлор; к группе особо вредных -- ртуть, свинец и его соединения, фосфор, селенистый ангидрид, теллур и его окислы, соединения урана, цианистый водород и ряд других веществ.

Говоря о газах, парах и аэрозолях, следует упомянуть о динамике их распространения по помещению. Если при тепловыделениях и влаговыделениях местные превышения допустимых концентраций тепла или влаги безопасны для человека, то при выделениях газов, паров и аэрозолей местные повышенные концентрации могут оказаться опасными, а иногда смертельными.

Газы, пары и аэрозоли почти никогда не распространяются по помещению равномерно как по горизонтали, так и по вертикали. Это, с одной стороны, хорошо, так как позволяет удалять вредности из зон их наибольшей концентрации. С другой стороны, эта особенность может стать опасной, если человек окажется в зоне повышенной концентрации вредностей вследствие непродуманного размещения рабочих мест или неправильно сконструированной вентиляции.

При газовых, паровых и дымоподобных вредностях особо важно правильно представлять условия их выделения. Очень существенно различать, идет ли горячий или холодный процесс, имеет ли место струйное или поверхностное выделение газа, имеются ли направленные токи воздуха, создаваемые работой механизмов или движением материала, и знать точное местоположение источника вредностей по отношению к рабочему.

Вредные газы, пары и аэрозоли могут поступать в помещение различными путями; основные из них: химические реакции в негерметичной аппаратуре, прорывы через неплотности трубопроводов и аппаратов, работающих под давлением, испарения с открытых поверхностей, непосредственное поступление в помещение.

Определение количества поступающих в помещение газов, паров и аэрозолей с достаточной для практики точностью возможно, когда вредности являются продуктом хорошо изученной химической реакции, в случае испарения в помещение растворителя или при испарении с открытых поверхностей. Но во многих отраслях химической технологии, когда реакции протекают в закрытой аппаратуре, при неорганизованных прорывах газов, при их транспортировке и хранении количество поступающих в воздух вредностей почти не поддается учету.

Иногда количество поступающих в воздух вредностей определяется по данным материального баланса производства. Если известны происходящие реакции или имеются практические данные об утруске, угаре, испарении обрабатываемых материалов, то по данным технологического баланса возможно определить количество выделяющихся вредностей.

Количество жидкости (не воды), испаряющейся со свободной поверхности, может быть приближенно определено по формуле

$$G = M (0,00035 v + 0,0008v) PF \text{ [кг/ч]}, \quad (21)$$

где M — молекулярный вес испаряющейся жидкости;

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

P — упругость паров жидкости, насыщающих воздух при температуре жидкости, в мм рт. ст.;

F — поверхность испарения в м².

Расчетные значения упругости паров P для некоторых жидкостей, испаряющихся при температуре помещения, приведены в табл. 9. Данные таблицы учитывают снижение температуры поверхности жидкости за счет отъема тепла при испарении летучих жидкостей.

Небезынтересно отметить некоторое своеобразие испарения слабой соляной кислоты. При нагревании слабого раствора хлористого водорода, казалось бы, более интенсивно должен выделяться именно хлористый водород. Но вследствие его гидрофильности при концентрации ниже 20% испаряется преимуще-

Упругость насыщенного пара некоторых жидкостей при температуре 20 С

Наименование жидкости	P , мм рт. ст.	Наименование жидкости	P , мм рт. ст.
Этиловый эфир	43	Амиловый спирт, хлорбен- зол	4
Ацетон	28	Анилин, нитробензол . . .	0,3
Этиловый спирт, бензол, дихлорэтан	15	Ртуть	0,0012

ственно вода. При концентрации хлористого водорода выше 20% испарение происходит пропорционально, т. е. получающийся пар содержит примерно столько же процентов хлористого водорода, сколько его содержится в растворе.

Наиболее сложно учесть количество паров и газов, поступающих в помещение через неплотности аппаратуры и трубопроводов, работающих под давлением. В литературе по этому поводу можно встретить разноречивые данные.

Для определения количества газов, прорывающихся в помещение, существует единственная приближенная формула Н. Н. Репина:

$$G = KCV \sqrt{\frac{M}{T}} \text{ [кг/ч]}, \quad (22)$$

где K — коэффициент запаса, принимаемый от 1 до 2, в зависимости от токсичности газов и состояния аппаратуры;
 C — коэффициент, зависящий от давления газов; значения C принимаются: до 2 *ати* — 0,12, от 2 до 7 *ати* — 0,18, от 7 до 17 *ати* — 0,2, от 17 до 40 *ати* — 0,25, от 40 до 160 *ати* — 0,3, от 400 до 1000 *ати* — 0,35;
 V — внутренний объем аппаратуры и коммуникаций, находящихся под давлением, в м^3 ;
 M — молекулярный вес газа или пара;
 T — абсолютная температура.

Нужно оговориться, что формула (22) отнюдь не точна. Пользоваться ею следует с осторожностью.

Приводим еще одну приближенную формулу для подсчета количества вредностей, выделяющихся через сальники насосов:

$$G = dK \sqrt{p} \text{ [кг/ч]}, \quad (23)$$

где d — диаметр вала или штока в *мм*;
 K — коэффициент, учитывающий состояние сальников и степень токсичности выделений, принимаемый равным от 0,0002 до 0,0003;
 p — давление, развиваемое насосом, в *ати*.

Количество газовых вредностей, выделяющихся при химических реакциях в открытой аппаратуре, определяется на

основании уравнения данной реакции. Например, при воздействии соляной кислоты на цианистый калий происходит выделение цианистого водорода по уравнению:



Определим по этому уравнению, сколько выделится цианистого водорода при воздействии 10 г двадцатипроцентной соляной кислоты на раствор цианистого калия, взятый в избытке.

В 10 г соляной кислоты содержится хлористого водорода:

$$10 \cdot 0,2 = 2 \text{ г.}$$

По уравнению реакции 36,5 г хлористого водорода при воздействии на цианистый калий выделяют 27 г цианистого водорода. Следовательно, 2 г хлористого водорода спо-

Таблица 10

Средние расходы лакокрасочных материалов на покрытие в один слой и содержание летучих растворителей

Наименование материалов и способ покрытия	A, г/м ²	m, %
Бесцветный аэролак (покрытие кистью) . . .	200	92
Нитрошпаклевка (кистью)	100—180	35—10
Цветные аэролаки и эмали (покрытие распылением)	180	75
Масляные лаки и эмали (покрытие распылением)	60—90	35

способны выделить

$$\frac{2 \cdot 27}{36,5} \approx 1,48 \text{ г HCN}.$$

При производстве в помещении равномерной по времени окраски или лакировки количество выделяющихся паров растворителей (уйт-спирит, ксилол, ацетон и т. п.) определяется по формуле

$$G = \frac{F A m}{100} [г/ч], \quad (24)$$

где F — среднечасовая поверхность изделий, подвергающихся окраске или лакировке, в м²/ч;

A — расход лакокрасочных материалов на 1 м² поверхности изделия в г/м²;

m — содержание летучих растворителей в лакокрасочном материале в %.

Некоторые значения величин A и m приведены в табл. 10.

Количество окиси углерода, выделяющейся в помещение при работе бензиновых двигателей, можно определять по формуле

$$G = 0,67 N t [г/ч], \quad (25)$$

где N — номинальная мощность бензинового двигателя в л. с.;

t — время работы двигателя в течение расчетного часа в мин.

В формуле (25) коэффициент 0,67 получен из расчета загрузки двигателя, равной 0,1, что соответствует передвижению автомашины в помещении гаража, цеха или склада. Расход

бензина на 1 л. с. принят равным 0,5 кг/ч, вес продуктов сгорания — 16 кг на 1 кг бензина, а содержание окиси углерода — в среднем 0,05 кг на 1 кг продуктов сгорания.

По формуле (25) определяют количество выделяющейся окиси углерода при движении в цехе или складе автопогрузчиков или иных автомашин.

Определяя воздухообмен при общеобменной вентиляции, следует установить, протекает ли работа двигателя более или менее равномерно в течение расчетного часа (скажем, 5 раз по 2 мин), или же «сосредоточенно» (10 мин в течение 1 ч двигатель работает, а 50 мин не работает). В последнем случае концентрация окиси углерода будет значительно изменяться по времени, что надо иметь в виду при определении объема воздуха, извлекаемого из помещения.

На действующих предприятиях иногда определяют количество газов или паров, поступающих в помещение, на основании химических анализов воздуха. При обследовании цеха одновременно с анализами воздуха замеряют воздухообмен в помещении как искусственный, так и естественный.

Искомое количество поступающих в помещение вредностей определяют по формуле

$$G = \frac{V(k_2 - k_1) + L(k_{уд} - k_{пр})z}{z} [г/ч], \quad (26)$$

где V — кубатура помещения в $м^3$;
 k_1 и k_2 — конечная и начальная (до обследования) концентрации паров или газов в воздухе помещения в $г/м^3$;
 L — величина воздухообмена в помещении в $м^3/ч$;
 $k_{уд}$ и $k_{пр}$ — средняя концентрация паров или газов в удаляемом и приточном воздухе в $г/м^3$;
 z — время испытания в ч.

Приводим пример подобного подсчета.

В обследуемом помещении от разных источников выделяется аэрозоль серной кислоты. Вентиляция механическая с кратностью обмена, равной 12. Количество удаляемого воздуха составляет 12 000 $м^3/ч$. Кубатура помещения 1000 $м^3$. Испытание проводилось в течение 3 ч. Данные анализов воздуха следующие:

$$k_2 = 0,008 \text{ г/м}^3; \quad k_1 = 0,002 \text{ г/м}^3; \quad k_{уд} = 0,01 \text{ г/м}^3; \\ k_{пр} = 0.$$

В данном случае в приточном воздухе серной кислоты не содержится:

$$G = \frac{1000(0,008 - 0,002) + 12000(0,01 - 0) \cdot 3}{3} = 122 \text{ г/ч.}$$

Как видно, при интенсивной вентиляции первое слагаемое в числителе формулы (26) почти не играет роли, с ним можно

не считается. При кратностях обмена, равных 1—2, содержание вредности в воздухе помещения до начала обследования и после него должно приниматься в расчет.

Определить концентрацию вредности в удаляемом воздухе при механической вентиляции сравнительно просто. Это значительно сложнее при естественной вентиляции. В последнем случае затруднительно также определить величину воздухообмена.

К газовым вредностям и аэрозолям близко примыкают так называемые «полые капли» и туман. В некоторых случаях туман является следствием выделения полых капель.

Классическим примером выделения полых капель служит электролиз в водных растворах. Пузырьки газа обволакиваются пленкой жидкости и поступают в воздух в виде миниатюрных воздушных шариков. В дальнейшем пузырьки лопаются, образуя мельчайшие брызги жидкости — туман. Так, в помещениях для зарядки аккумуляторов при отсутствии вентиляции можно наблюдать туман серной кислоты, образовавшийся из полых капель.

§ 5. Пылевыведения

Пылевыведения — часто встречающаяся и трудно локализуемая вредность. Промышленная пыль, как и промышленные газы, многообразна по составу и свойствам, условиям выделения и действию, оказываемому на человека.

Классификация промышленных пылей может быть произведена по различным признакам. Отметим некоторые из них.

По действию, оказываемому на человеческий организм, пыль можно разделить на три группы:

а) нейтральная — нетоксическая пыль, не оказывающая отравляющего действия на живой организм; воздействие этой пыли в основном механическое;

б) токсическая — пыль ядовитых веществ, отравляющих организм;

в) силикозная и асбестовая пыль — содержащая более 10% свободной двуокиси кремния (SiO_2) или асбеста; эта пыль хотя по существу и неядовита, но вызывает тяжелые легочные заболевания — соответственно силикоз и асбестоз.

По происхождению пыль несколько условно делят на органическую (животного и растительного происхождения), минеральную и смешанную.

По размерам пылевых частиц различают пыль очень мелкую (0,1—1 $\mu\text{к}$), образующую аэрозоли, мелкую (2—10 $\mu\text{к}$), долго витающую в воздухе, среднюю (20—60 $\mu\text{к}$) и крупную (более 60 $\mu\text{к}$), быстро оседающую.

Строительными нормами и правилами (СНиП I-Г. 5-62) предусматриваются следующие классификационные группы пыли по признаку ее крупности:

I группа — очень крупнодисперсная;

II группа — крупнодисперсная (мелкозернистый песок для растворов);

III группа — среднедисперсная (портландцемент);

IV группа — мелкодисперсная (кварц молотый);

V группа — очень мелкодисперсная.

Пыль относят к той или иной классификационной группе на основании ее фракционного состава, т. е. процентного содержания по весу фракций определенной дисперсности. Дисперсность пыли измеряется размерами пылевых частиц в *мк* или скоростью витания частиц в *см/сек.* Фракционный состав пыли обычно принято подразделять по величине частиц на следующие шесть групп:

Группы	I	II	III	IV	V	VI
Размеры частиц в <i>мк</i> . .	Менее 5	5—10	10—20	20—40	40—60	Более 60

Процентное содержание различных фракций пыли обычно определяется ситовым анализом.

Кроме крупности существенную роль играют и иные свойства пыли, а именно:

а) структура и форма пылевых частиц; различают пыль волокнистую и зернистую;

б) способность пыли слипаться; различают пыли коагулирующиеся и некоагулирующиеся;

в) удельный вес пылеобразующего материала; различают тяжелую пыль (свинцовая, чугунная, тяжелых минералов) и легкую (мука, окись цинка, древесная пыль и т. п.).

Свойства пылевыделяющего материала и условия выделения пыли очень существенны при борьбе с запыленностью помещений. Эти свойства обязательно должны быть в поле внимания проектировщика промышленной вентиляции.

Условия выделения пыли в промышленности самые различные. Пыль возникает при размельчении (дробление, размол), при транспортировке измельченного материала, при упаковке и расфасовке, при отделке поверхности (шлифовка, глянецовка, ворсовка), при механической обработке хрупких материалов, а также в результате иных процессов. Все эти виды пылеобразования можно назвать основными, или первичными.

В промышленности возникают и иные, вторичные пылеобразования. К ним в первую очередь относится запыленность воздуха, возникающая при уборке помещений. Если уборка производится сухим способом при отсутствии пылесосов, неизбежно значительное поступление пыли в помещение. Иногда с вторичными пылеобразованиями бывает труднее бороться, нежели с основными.

Борьба с пылью при помощи общеобменной вентиляции почти не дает эффекта. Как правило, пыль должна улавливаться в месте ее образования при помощи местных отсосов. Поэтому в большинстве случаев проектировщиков промышленной вентиляции не интересует количество выделяющейся пыли, но крайней мере, с точки зрения подсчета нужного воздухообмена, тем более что вычислить, сколько пыли поступит в воздух, почти невозможно.

Обычно оказывается достаточным знать степень интенсивности пылевыведения. Здесь оперируют не цифрами, а такими условными понятиями, как интенсивное пылевыведение (дробление и размол, пескоструйная очистка, перегрузка сыпучих материалов), значительное пылевыведение (обдирка и шлифовка, работа с пресс-порошками, расфасовка), незначительное пылевыведение (в текстильной, деревообрабатывающей и бумагоделательной промышленности).

Существеннее знать условия пылевыведения: направление пылевого факела, точное местоположение очага пыления, интенсивность воздушных струй вблизи пылевого облака (например, конвективных токов) и другие подобные обстоятельства. Конструирование местных укрытий, размещение отсасывающих воронок, местоположение зональных пылеприемников — эти вопросы могут быть решены лишь при учете всех факторов.

§ 6. Методы локализации вредных выделений

Общеобменной вентиляцией эффективно и экономично удаляются только тепловыделения при отсутствии иных вредностей. Одновременное наличие влаговыведений, препятствующее аэрации в холодное время года, значительно снижает экономичность общеобменной вентиляции.

Другие вредности (газы, пары, пыль), выделяющиеся порознь или совместно с теплом и влагой, обычно требуют устройства смешанной вентиляции.

Тепловыделения в чистом виде редко встречаются в промышленности. Обычно они сопровождаются влаговыведениями, или газами и парами, или пылью, или несколькими из перечисленных вредностей вместе. В этих случаях в помощь общеобменной вентиляции часто устраиваются местные отсосы. Такая смешанная вентиляция, т. е. комбинирование местных отсосов с общеобменной вытяжкой, наиболее распространена в промышленности. Общеобменная вентиляция в чистом виде или вентиляция только с местными отсосами встречаются реже.

Общеобменная вентиляция применяется в особых случаях — при всех видах вредностей, за исключением пылевыведений. Лишь крайне редко при незначительном и рассеянном пылевыведении общеобменная вентиляция применяется и для борьбы с пылью (например, в типографиях, на картонажных фабриках,

в складах сыпучих материалов и т. п.). В этих случаях вентиляция проектируется с механической вытяжкой из определенных зон помещения.

При выделении газов и паров, аэрозолей и полых капель, влаги и водяного тумана общеобменная вентиляция в отдельных случаях является единственным приемлемым решением. Эти частные случаи характерны невозможностью устройства местных отсосов по условиям технологии.

Однако и при возможности укрытия очагов вредных выделений с устройством местных отсосов все же приходится иметь смешанную вентиляцию. Дело в том, что даже при полной капсюляции полностью удалить вредности не удается — часть их прорывается в помещение. Вот почему и приходится пользоваться общеобменной вытяжкой.

В СНиП II-Г. 7-62 по данному вопросу имеется прямое предписание: «В помещениях с одновременным выделением вредных газов и тепла или только вредных газов легче воздуха, кроме устройства местных отсосов от производственного оборудования, следует предусматривать общеобменную вытяжку из верхней зоны помещения в объеме не менее однократного в час».

Это предписание естественно распространяется и на те случаи, когда выделяются тяжелые газы, пары, туман и аэрозоли. Оно не распространяется на случаи выделения пыли, потому что общеобменная вентиляция здесь неэффективна. При тяжелых газах и парах при отсутствии тепловыделений вытяжка производится из нижней и верхней зон.

Нужно оговориться, что общеобменная вытяжка в однократном объеме помещения приемлема только для помещений большой кубатуры (2000 м³ и выше). Для небольших помещений кратности обмена принимаются равными двум-трем. Объем общеобменной вытяжки можно также принимать в 10—15% от суммарного объема воздуха, удаляемого местными отсосами.

Принципы организации общеобменной вентиляции вытекают из характера распространения вредностей по помещению. Равномерное выделение вредностей по площади производственного помещения или по его высоте встречается редко. Как правило, вредности выделяются в определенных зонах, по вертикали и по горизонтали. Токами воздуха газы и пары разносятся по помещению. Распространение вредностей по помещению также не бывает равномерным, за исключением случаев, когда воздух перемешивается искусственно за счет струй сосредоточенного притока. Естественное распространение вредностей по помещению всегда создает в нем относительно «чистые» и «грязные» зоны.

Наибольшую роль в этом играют конвективные потоки, вызывающие вертикальные, горизонтальные и возвратные струи. Конвективные потоки уносят вверх не только газы и пары независимо от их удельного веса, но и мелкую пыль. Таким образом,

при наличии в помещении мощных теплоисточников большая часть вредностей выносится струями к перекрытию цеха.

Если эти «грязные» потоки сразу же удаляются интенсивной вытяжкой, расположенной над местом наибольшей концентрации вредностей в струе, то дальнейшее растекание вредностей по помещению практически исключается. Если же удалить полностью восходящий поток не удается или если он будет разбит приточными струями, то картина распространения вредностей усложняется. Возникают горизонтальные и вертикально-возвратные потоки (за счет охлаждения воздуха у холодной кровли), возвращающие вредности в рабочую зону, из которой они были удалены восходящим тепловым потоком.

Упрощая сложное явление, можно сказать, что при наличии тепловыделений (частный случай) наибольшие концентрации вредностей будут в верхней зоне, а наименьшие — в рабочей (верхняя зона — «грязная», а нижняя, рабочая, — «чистая»). Отсюда напрашивается схема общеобменной вентиляции по принципу «снизу — вверх», т. е. с подачей приточного воздуха в рабочую зону и вытяжкой его из верхней зоны. Ошибочной в данном случае будет подача притока в верхнюю зону с верхней или нижней вытяжкой.

Основной принцип вентиляции гласит: «Подавай воздух в чистую зону и извлекай из грязной». Следовательно, при общеобменной вентиляции особо существенно определить, где будут «чистые» и «грязные» зоны.

При выделении пыли (особенно крупной), тяжелых газов и паров, при отсутствии конвективных токов «грязной» зоной будет нижняя, у самого пола. При наличии же тепловых потоков зоной наибольшей концентрации вредностей, как правило, бывает верхняя. Если мощность тепловыделений недостаточна, такой зоной может оказаться средняя (в сварочных цехах).

При местной вытяжке ее зона определяется местоположением укрытий, от которых отсасывается воздух. При зональной вытяжке, являющейся промежуточной ступенью между местными отсосами и общеобменной вентиляцией, расположение приемников загрязненного воздуха диктуется в основном размещением очагов вредных выделений.

Зональная вытяжка пока еще распространена сравнительно мало. Тем не менее при неорганизованном выделении токсических газов (случайные прорывы) или при незначительных пылевыведениях в определенных точках, когда укрытие невозможно, применение зональной вытяжки вполне оправдано. Приемниками вредностей в этом случае обычно служат воронки и щелевидные отсосы — прямые и изогнутые.

Для удаления газообразных вредностей, а также паров, туманов и аэрозолей или незначительного количества пыли наиболее эффективны местные отсосы с полным или частичным укрытием очага выделений.

Во всех этих случаях следует стремиться к полному укрытию (капсюляции) машин или аппаратов, выделяющих вредности. Капсюляция — наиболее совершенный и экономичный способ локализации промышленных вредностей. Кожух, шкаф, разборное укрытие для сложной или громоздкой машины, наконец, заключение машины или аппарата полностью в кабину (без присутствия в ней людей) — лучший способ предотвращения попадания вредностей в помещение.

Капсюляция производственной аппаратуры, отвечающая санитарным и технологическим требованиям, — обширное поле совместной деятельности технологов и специалистов по вентиляции. Только при этом совместном участии можно еще при проектировании аппарата или машины предусмотреть такую вентиляцию, которая органически бы входила

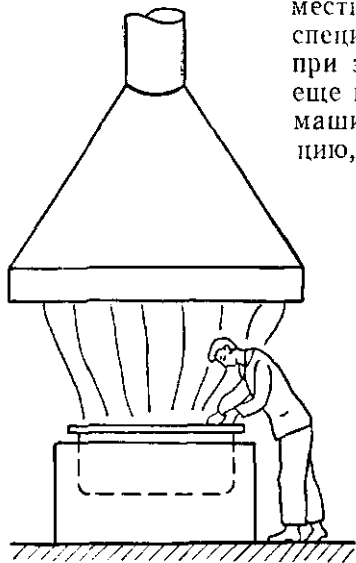


Рис. 1. Неправильная локализация вредности местным отсосом

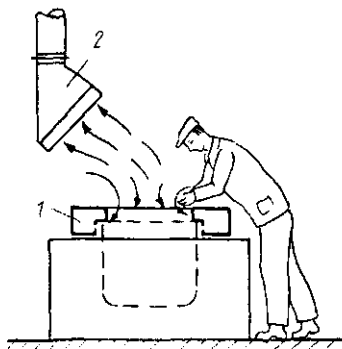


Рис. 2. Схема удаления вредности «от рабочего»

1 — бортовой отсос; 2 — всасывающая панель

в общую конструкцию, не затрудняла бы технологический процесс и была полноценной в санитарном отношении.

При невозможности полной капсюляции применяются менее совершенные местные укрытия и местные отсосы. К ним относятся зонты и завесы, всасывающие панели, бортовые и щелевые отсосы, кожухи, построенные на принципе улавливания факела вредностей, воронки, основанные на том же принципе, витринные укрытия для ручных работ и т. п.

Местное укрытие или местный отсос должны препятствовать попаданию вредностей в зону дыхания рабочего. Местный отсос только тогда хорош, когда он удаляет вредности по принципу «от рабочего».

Передко источник вредностей — чан, печь и т. п. — «укрывают» зонтом, под которым постоянно находится рабочий. Такое укрытие абсолютно недопустимо. На рис. 1 показано положение головы рабочего над источником вредности, укрытым зонтом. Вытяжное устройство такого типа с направлением потока вредности «на рабочего» следует признать неправильным.

Если укрытие аппарата (чана, ванны, печи) невозможно и рабочий должен наклоняться над источником вредностей, то здесь могут быть решения: или бортовой отсос, или всасывающая панель, расположенная напротив рабочего и отклоняющая от него поток вредностей. В некоторых случаях возможна комбинация того и другого. Правильная схема местного отсоса для данного случая показана на рис. 2.

§ 7. Укрытия и местные отсосы

Зонты (колпаки) и их емкие разновидности — завесы (ширмы) — довольно распространенные местные укрытия. Впрочем, термин «укрытие» здесь не вполне точен, ибо зонт в лучшем случае может накрыть, но не укрыть источник вредности.

Зонты и завесы применяются для локализации вредностей, имеющих тенденцию подниматься вверх. Было бы неправильно применять эти укрытия при вредностях, стремящихся к полу.

При отсутствии в помещении ощутимых горизонтальных потоков и при интенсивной восходящей струе вредностей зонты и завесы являются относительно надежными местными укрытиями. Однако их можно рекомендовать только в двух случаях:

при нетоксических вредностях, т. е. при тепловыделениях и влаговыведениях;

при любых вредностях (кроме очень токсичных), сопутствующих тепловыделениями, создающими устойчивый восходящий поток, но при отсутствии постоянного рабочего места у источника вредностей.

По схеме исполнения зонты можно разделить на открытые со всех сторон (без свесов) и открытые частично — с одной, двух или трех сторон — со свесами, а также «kozyрьки», прилегающие одной стороной к вертикальной стенке обслуживаемого ими оборудования. Зонты со свесами, особенно если последние прикрывают с боков источник вредности, приближаются к укрытиям. Они более совершенны, нежели зонты без свесов. Но основной недостаток — необходимость нахождения головы рабочего над источником вредностей — сохраняется и у зонтов со свесами.

Если источники вредностей многочисленны и расположены рядами, а также если наблюдается периодическое и бурное выделение вредностей, вместо зонтов устанавливаются завесы — глухие и остекленные. Остекленные завесы выгодно отличаются

от зонтов, так как не затемняют помещение и более приемлемы эстетически.

Довольно эффективными местными отсосами являются всасывающие панели, например типа Чернобережского. Они представляют собой прямоугольные зонты, открытая часть которых располагается вертикально или наклонно с частично перекрытым живым сечением. Последнее состоит из ряда параллельных щелей, скорость засоса воздуха через которые в 4–8 раз превышает скорость засоса через открытое отверстие зонта.

Как правило, всасывающая панель осуществляет удаление вредных по принципу «от рабочего». Она вполне пригодна

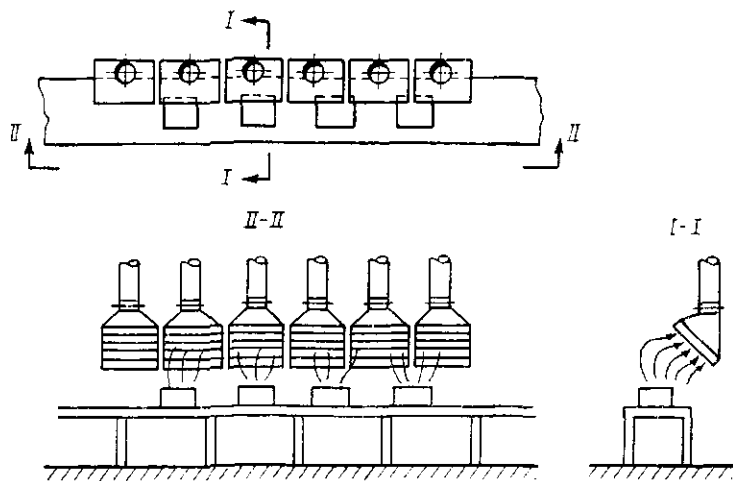


Рис. 3. Батарейная всасывающая панель

для индивидуального отсоса (от одного рабочего места) при таких ручных операциях, как электросварка, газовая сварка, пайка, прессование пластмасс, выдувание стекла и т. п. Иначе говоря, всасывающая панель, особенно наклонная, вполне применима для удаления нагретых газов, дыма, тумана, паров. Панель значительно менее эффективна при удалении пыли, особенно относительно крупной, и совсем непригодна для удаления пылевого факела.

Если источник вредных имеет большое горизонтальное протяжение при малой ширине, то для удаления газовых вредных может быть использована вертикальная или слегка наклонная панель большой длины. Для равномерности отсоса длинная панель составляется из нескольких секций. Получается батарейная панель (рис. 3). Длина отдельных ее секций обычно не более 1 м, количество панелей в батарее 6–10 штук.

Весьма распространенным отсосом является бортовой, представляющий собой разновидность щелевого отсоса. Бортовой

отсос располагается вдоль длинной стенки, ограничивающей зеркало выделения вредностей (вдоль борта ванны, чана, желоба). Бортовые отсосы применяются также в комбинации со сдувками (передувками) разных типов.

Наиболее совершенными типами укрытий являются всякого рода кожухи, полностью изолирующие источник вредностей. Укрытия-кожухи по принципу их действия можно разбить на следующие группы:

а) укрытия-кожухи, полностью заключающие в себя машину или аппарат (обслуживание машины или аппарата ведется через проемы);

б) укрытия типа шкафных, предназначенные для ручной работы с источником вредностей, заключенным внутри шкафа;

в) укрытия витринного типа для ручной работы с помещенными в них источниками вредностей, обычно малогабаритными по высоте;

г) укрытия-козырьки, не имеющие передней стенки, которые предназначены для ручной работы с малогабаритными изделиями;

д) укрытия-боксы, не имеющие открытых проемов и предназначенные для ручной работы с помощью рукавов с перчатками, встроенных в переднюю стенку, или манипуляторов;

е) кожухи, укрывающие только ту часть машины или аппарата, где имеется источник вредностей.

С точки зрения вентиляционной наиболее совершенны кожухи, полностью укрывающие машину или аппарат. Опыт проектирования вентиляции во многих областях промышленности позволяет сказать, что в большинстве случаев удастся полностью укрыть даже сложные и громоздкие аппараты и машины.

На рис. 4 приведен эскиз кожуха, полностью укрывающего полузаводскую печную установку. Разборная часть кожуха состоит из съемных щитов (здесь таких щитов двенадцать). Щиты и дверцы выполнены из прозрачной пластмассы. Кожух имеет каркас из угловой стали, на который опирается его стационарная крышка. В данном случае кожух сделан разборным для возможности ремонта и перемонтажа печи в процессе эксплуатации.

Разборные кожухи с подвесными шторками (щитами) хорошо себя оправдали для укрытия таких аппаратов, как нутч-фильтры. Здесь кожух должен быть разборным для возможности смены фильтрующего полотна. В разборный кожух можно заключать также фильтрпрессы. Так как их обслуживание ведется по окончании процесса фильтрации и прекращения выделения вредностей, то к этому моменту кожух разбирается.

Весьма разнообразны в зависимости от назначения конструкции вытяжных шкафов. Эти конструкции приведены в справочниках по вентиляции.

Независимо от конструкции и назначения вытяжного шкафа его проемы должны быть выполнены таким образом, чтобы обслуживающий персонал никоим образом не мог попасть головой внутрь шкафа. В противном случае в зону дыхания рабочего попадут концентрированные вредности. Вследствие сказанного глубина шкафного укрытия не должна превышать 700 мм, т. е. длины рук человека.

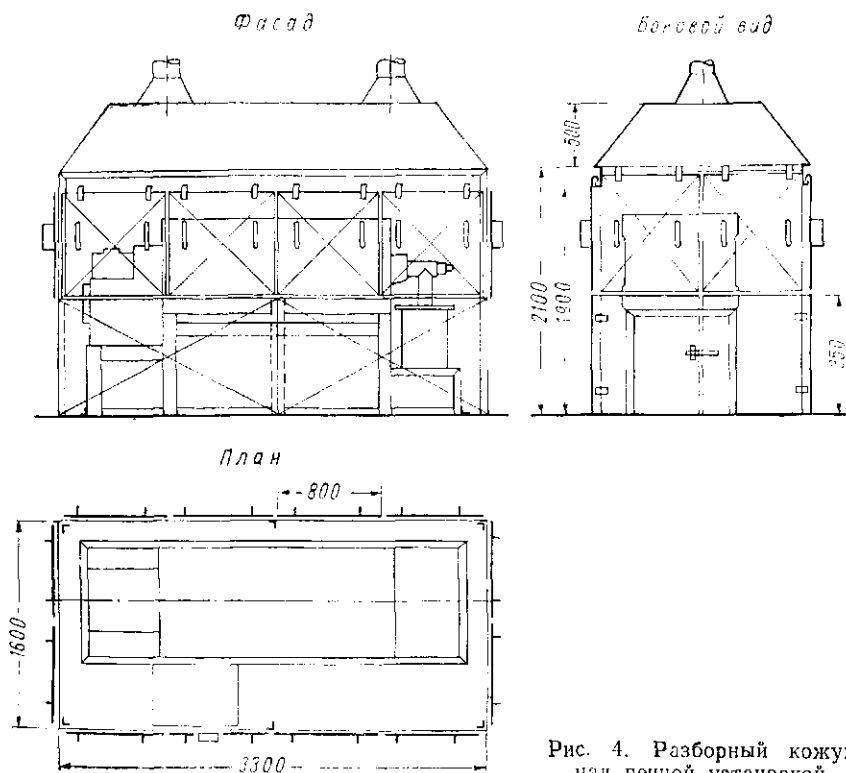


Рис. 4. Разборный кожух над печной установкой

Рассмотрим обычный лабораторный шкаф, имеющий две подъемные остекленные двери. Если объем воздуха, удаляемый из шкафа, рассчитывать на полное раскрытие обеих дверок, то это приведет к чрезмерно большому воздухообмену, в особенности если шкафов много. По условиям работы редко требуется полное открытие обеих дверок; следовательно, можно рассчитывать шкаф на открытие одного проема или обоих проемов наполовину.

Однако очень часто из-за невнимательности открывают обе дверки. Это приводит к нежелаемым последствиям, если не в данной лаборатории, то в соседних при групповой вытяжке от

шкафов. Следовательно, необходима хотя бы простейшая блокировка дверей.

Укрытия витринного типа (остекленные панели) представляют собой низкие вытяжные шкафы с остекленной верхней крышкой, расположенной ниже головы рабочего (рис. 5). Через остекленную поверхность (стекло может быть органическое) рабочий видит, что делается внутри витрины.

При конструировании витринного укрытия нужно в зависимости от условий технологии для удобства работы тщательно продумать его размеры.

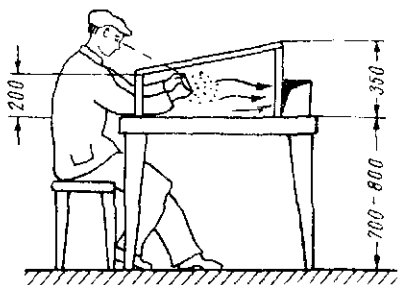


Рис. 5. Схема витринного укрытия

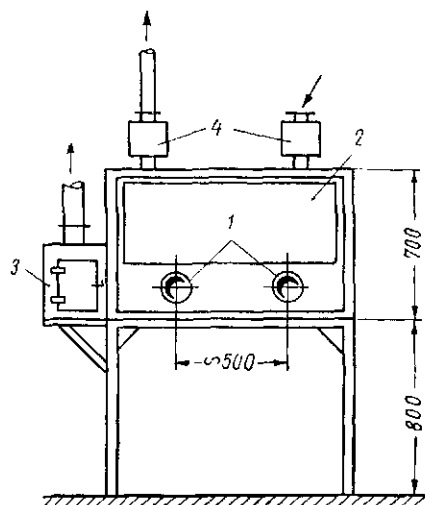


Рис. 6. Бокс для работы с радиоактивными веществами

1 — рукава с перчатками; 2 — смотровое стекло; 3 — форкамера; 4 — фильтры

Укрытия-козырьки не имеют верхней остекленной крышки. Рабочий смотрит внутрь укрытия через проем по всему фронту укрытия. Высота рабочего проема обычно принимается 400—600 мм.

Укрытия-боксы, не имеющие открытых проемов, применяются для работ с радиоактивными пылящими веществами, а также при расфасовке особо токсических порошков. Характерной особенностью боксов является наличие встроенных в них резиновых рукавов с перчатками (или манипулятор), а также специальной форкамеры, служащей для загрузки бокса и удаления из него обрабатываемых материалов. Форкамеры отделены от бокса герметичной дверкой. Из форкамеры также производится отсос воздуха.

Схема бокса для работы с радиоактивными веществами показана на рис. 6.

Кожухи, укрывающие только часть машины или аппарата, наиболее характерны при борьбе с пылью. Примером может служить кожух, укрывающий обдирочно-шлифовальный абра-

зивный круг и служащий для улавливания направленного пылевого факела.

Полная капсюляция аппаратуры, выделяющей особо токсические вредности (или работающей под большим давлением), достигается помещением ее и соответствующих трубопроводов в замкнутое помещение — кабину, в которую обслуживающий персонал заходит периодически, применяя средства индивидуальной защиты от вредности. Такими средствами служат респираторы или маски с принудительной подачей в них свежего воздуха. Управление аппаратурой выносится за пределы кабины в специальный коридор, в который подается приточный воздух.

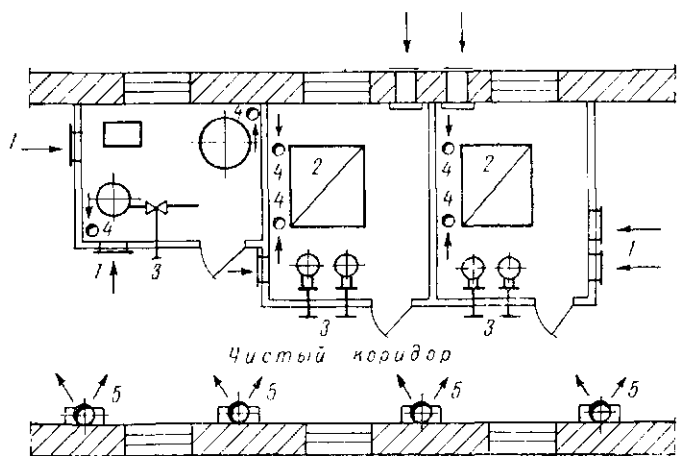


Рис. 7. Планировка кабин для аппаратуры при особо токсических вредностях

1 — самозакрывающиеся решетки; 2 — печи; 3 — органы управления; 4 — вытяжная вентиляция, 5 — приточная вентиляция

Кабины для аппаратуры вентилируются. Вытяжная вентиляция — общеобменная или зональная (значительно реже — с местными отсосами). Кабины всегда должны находиться под разрежением; подача в них даже в малом количестве принудительного притока категорически противопоказана. Воздух, компенсирующий вытяжку из кабин, поступает в них за счет вакуума через специальные самозакрывающиеся решетки или обратные клапаны.

На рис. 7 показана примерная планировка кабин и «чистых» коридоров. Самозакрывающиеся решетки устанавливаются в дверях или стенках кабины. В некоторых случаях, если допустимо понижение температуры в кабине или имеются большие тепловыделения, возможно забирать воздух не из чистого коридора, а непосредственно снаружи.

§ 8. Специфика локализации пылевыведений

Как уже говорилось, эффективная борьба с пылевыведениями возможна только с помощью местных отсосов.

Из рассмотренных выше типов местных укрытий и отсосов при борьбе с пылью почти вовсе исключаются зонты. Они могут дать эффект лишь тогда, когда пыль является сопутствующей вредностью. Небольшое количество легкой пыли в интенсивном тепловом потоке (возможно, совместно с водяными парами) — типичный пример сопутствующей пылевой вредности. Мощный поток, увлекающий за собой легкую пыль, хорошо улавливается зонтом. В этом случае зонт применим как укрытие и местный отсос, однако с соблюдением оговоренных выше условий.

Всасывающие панели и бортовые отсосы сравнительно редко применяются при борьбе с пылью. Однако они могут оказаться эффективными при незначительных и ненаправленных пылевыведениях, при которых образуется пылевое облако, но не факел.

Щелевидные отсосы и отсосы-воронки довольно широко распространены при борьбе с пылью. Воронка, поставленная на пути пылевого факела, почти полностью улавливает его. Если же факел хотя бы частично миноват воронку, эффект пылеулавливания не достигается даже при значительном количестве отсасываемого воздуха. Отсосы-воронки применяются у шлифовальных и заточных станков, у токарных и фрезерных станков при обработке хрупких материалов (пластмассы), при загрузке прессформ порошками пластмасс и т. д.; с их помощью осуществляется отсос пыли у бумагорезательных машин, при размотке проволоки, при транспортировке и перегрузке сыпучих материалов в таре, при ручных пересыпках и т. п.

При интенсивных пылевыведениях единственными рациональными укрытиями служат всевозможные кожухи. Укрыть очаг пылеобразования и воспрепятствовать прорыву пыли через отверстия и неплотности укрытия — в этом заключается локализация пыли путем вентиляции.

Конструирование кожухов, укрывающих очаги пылевыведения, — одна из самых ответственных и пока малоразрешенных задач. Эта задача в равной степени должна разрешаться как технологами данной отрасли производства, так и специалистами по вентиляции. Хорошо сконструированный кожух — залог эффективного обеспыливания. И наоборот, никакая даже самая мощная пылеотсасывающая вентиляция не даст надлежащего эффекта, если выделяющаяся пыль будет выбиваться из кожуха в помещение.

Нередки случаи, когда кожух, укрывающий место возникновения пылевого облака, не создает достаточного препятствия для выбивания пыли. Тогда прибегают к созданию двойных укрытий, при которых первичный кожух заключается во вторич-

ное укрытие. Получается нечто вроде кожуха в кожухе. Как на пример можно сослаться на укрытия в местах поступления материала в шнек или на дополнительную герметизацию места выхода материала из дробилки на ленточный конвейер. Как известно, обычный шнек имеет кожух, из которого производится отсос воздуха. В ряде случаев при мелкой и токсической пыли этого оказывается недостаточно: в месте падения материала за счет повышенного давления пыль выбивается через неизбежные, даже волосные щели кожуха. Для предотвращения этого часть шнека и точки заключается в емкое укрытие, с отсосом воздуха. Схема подобного емкого разборного укрытия показана на рис. 8.

Герметизация подфундаментного пространства щечковой дробилки для создания вторичного укрытия в дополнение к имеющемуся на конвейере укрытию типа СИОТ показано на рис. 9, не требующем особых пояснений.

В ряде случаев борьба с пылью ведется не только с помощью вентиляции. Известно, что влажные материалы пылят меньше, нежели сухие. Если влажность обрабатываемого материала не существенна для технологии, всегда выгодно повысить ее до возможного предела. Искусственное увлажнение пылящих материалов носит общее название гидрообеспыливания. Однако, говоря о гидрообеспыливании, нужно различать два процесса:

а) увлажнение всей массы материала путем поливки его водой, например из перфорированных труб или при помощи форсунок;

б) распыление воды до мелкодисперсного состояния в районе пылеобразования механическим или пневматическим путем с целью локализации пылевого облака за счет коагуляции пылинок и естественного осаждения их.

Создание водяного тумана в месте образования пылевого облака путем распыления воды воздухом носит название пневмогидрообеспыливания.

Борьба с пылью путем удаления ее с отсасываемым воздухом, как известно, носит название аспирации.

При аспирации различают два случая капсюляции очага пылеобразования:

а) полное укрытие в сплошном кожухе, не имеющем иных отверстий, кроме течек;

б) неполное укрытие, когда в кожухах имеются щели и отверстия.

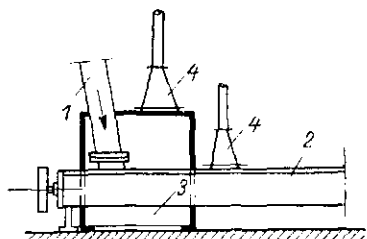


Рис. 8. Емкое разборное укрытие в месте падения материала
1 — тетка; 2 — шнек; 3 — емкое укрытие; 4 — аспирационная воронка

В первом случае, когда укрытия герметичны или близки к таковым, внутри кожуха создается вакуум. Подсосы через точки, через неплотности прокладок, через сальники и т. п. создают внутри кожуха воздухообмен и удаляют часть образующейся пыли. Если вакуум достаточен и скорость в неплотностях не позволяет частицам пыли, движущимся со значительными скоростями, пробиться наружу, достигается полное обеспыливание.

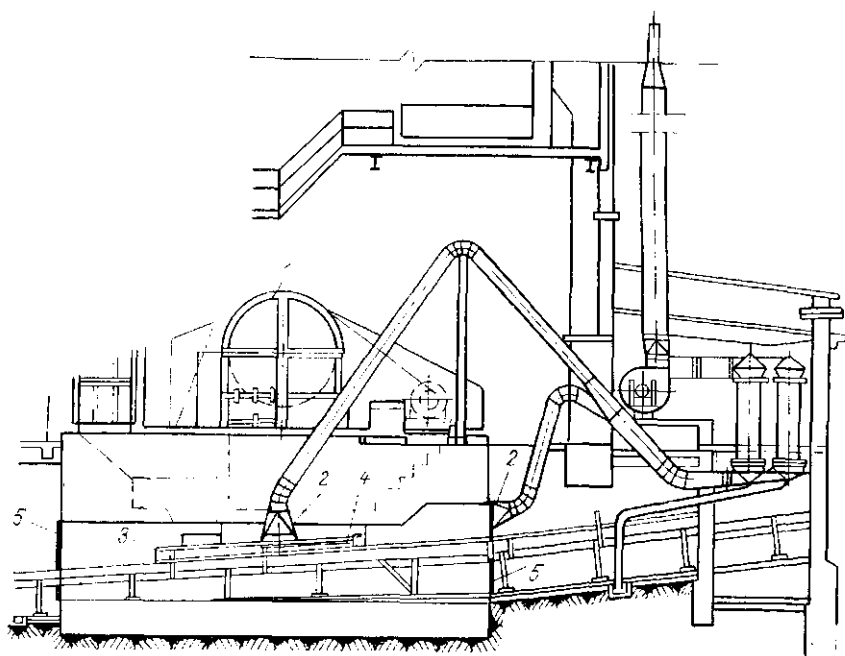


Рис. 9. Герметизация подфундаментного пространства дробилки
 1 — щелевая дробилка; 2 — аспирационная воронка; 3 — укрытие типа СИОТ; 4 — пневмораспылитель; 5 — ограждение подфундаментного пространства

не. К аппаратам, имеющим сплошные кожухи, относятся элеваторы и шнеки, некоторые мельницы и магнитные сепараторы, автовесы, мешалки, а также иные механизмы, не требующие обслуживания.

Рассмотрим аспирацию кожуха элеватора. Стальной кожух обычно состоит из звеньев, соединенных между собой болтами, с прокладками между фланцами. Между прокладками неизбежны щели, через которые при палиции в кожухе положительного давления выбивается пыль. Положительное давление (при отсутствии аспирации) создается в нижней части кожуха, в месте поступления в него материала, за счет воздуха, увлекаемого материалом. Чем больше высота падения и чем более заполнена точка материалом, тем больше положительное давление.

Выбивание пыли происходит не только за счет давления. Частично пыль выбивается за счет сил инерции материала и его упругости. Пылевые частицы приобретают кинетическую энергию, за счет которой движутся в направлениях, не совпадающих с движением воздушного потока внутри кожуха. Сказанное

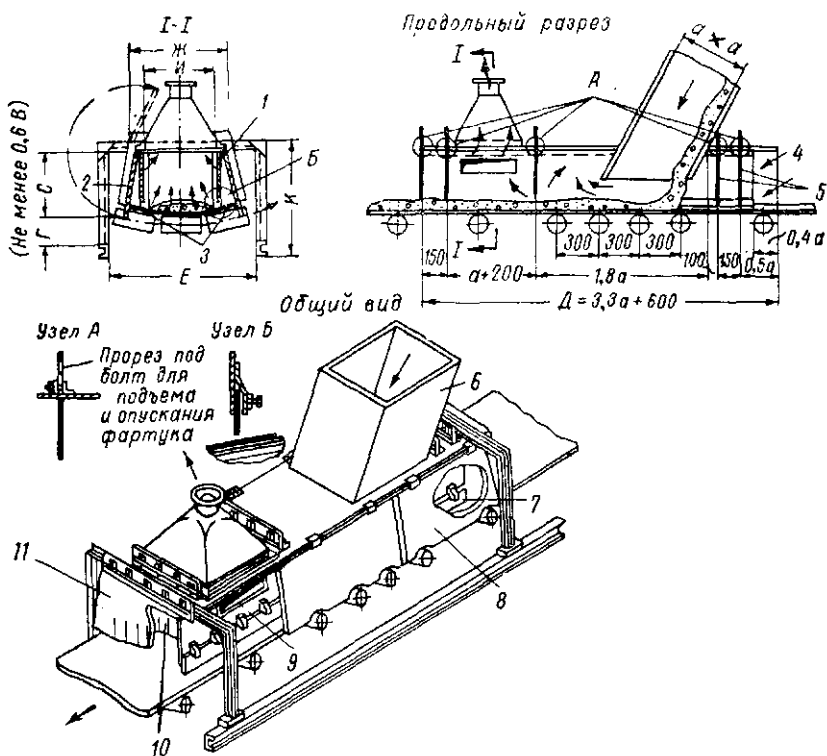


Рис. 10. Укрытие с боковыми вентилируемыми камерами типа СИОТ

1 — отверстия, соединяющие боковые камеры с внутренней полостью; 2 — поперечное сечение камеры с площадью $\frac{1}{2}$ (см. табл. 11); 3 — стенка камеры с вырезами у роликов; 4 — вход воздуха в камеры; 5 — уплотняющие фартуки, перекрывающие внутреннюю полость; 6 — течка; 7 — уплотнение; 8 — откидные полости; 9 — направляющие борты; 10 — фартук, перекрывающий внутреннюю полость; 11 — фартук, перекрывающий все сечение укрытия

лишь схематично раскрывает физические явления, происходящие в кожухе элеватора. В действительности все значительно сложнее.

Различают подачу элеватором холодного и горячего материала. При горячем материале протекающие в кожухе явления усложняются еще конвективным током нагретого воздуха. Однако бытующее среди специалистов мнение, что при горячем материале не следует делать отсоса от низа (балмака)

элеватора, недостаточно обосновано и опровергается практикой. Лишь для очень низких элеваторов (высота не более 8—10 м) возможно ограничиться отсосом только от головки. При элеваторах высотой более 10 м следует предусматривать отсос от башмака и от головки независимо от степени нагремости материала.

Когда имеется неполное укрытие очага пыления или по условиям технологии требуются проемы, обеспыливание усложняется. При невозможности гидрообеспыливания требуется отсасывать значительные объемы воздуха, но и это не всегда достигает цели.

Конструкция укрытия и правильное присоединение к нему аспирационной воронки играют здесь решающую роль. Обычно укрытия выполняются из листовой стали толщиной 1,5—2 мм с каркасом из уголков.

Соединение отдельных звеньев делается на войлочных или резиновых прокладках.

Типичным примером неполной канюляции является укрытие места перепада с ленточного конвейера на конвейер или из дробилки на ленточный конвейер. Такое укрытие типа СИОТ (с боковыми вентилируемыми камерами) наиболее совершенно (рис. 10).

Приводим табл. 11, заимствованную из СН 155—61 и несколько уточненную, содержащую размеры укрытия.

Расчетные площади неплотностей уточнены по практическим данным.

Таблица 11

Размеры укрытия в мм (рис. 10)

Ширина ленты В	Сечение тенки а × а		И	С	Ж	Д	Г	Е	К	Расчетная площадь сечения камеры f_k	Расчетная площадь неплотностей			
											непроходное укрытие		проходное укрытие	
											$f_{п1}$	$f_{з1}$	$f_{п2}$	$f_{з2}$
500	330	380	390	360	510	1850	204	770	674	0,02	0,015	0,005	0,025	0,025
650	440	440	480	400	600	2050	204	920	714	0,03	0,02	0,007	0,035	0,035
800	550	550	590	480	710	2420	204	1120	834	0,04	0,03	0,01	0,05	0,05
1000	720	720	770	600	890	2960	230	1360	1050	0,05	0,05	0,02	0,08	0,08
1200	820	820	870	720	990	3290	280	1620	1170	0,08	0,07	0,025	0,11	0,11
1400	950	950	1000	840	1120	3730	280	1820	1310	0,12	0,09	0,03	0,15	0,15

Примечание. f_k — площадь поперечного сечения боковых вентилируемых камер в м²; $f_{п1}$ и $f_{з1}$ — площадь неплотностей в передней и задней торцевой стенках укрытия в м²;

До последнего времени считалось, что при мокрой шлифовке и заточке не требуется вентиляции с местными отсосами. Однако опыт показал значительное загрязнение помещений пылью при мокрой шлифовке металла абразивными кругами. Явление вполне объяснимо, так как в факеле брызг эмульсии, вылетающем из-под круга, содержатся мельчайшие (самые вредные) частицы абразива — искры, видимые простым глазом. Частицы эмульсии или воды, попадающие в помещение, испаряются, а пыль витает в воздухе.

Шлифовка и заточка, протекающие во влажном состоянии, требуют местных отсосов при помощи воронок, как и аналогичные сухие процессы. При некоторых ручных процессах (расфасовка, шкурровка) наблюдается заметное пылевыведение. Наиболее рационально проводить эти процессы в укрытиях типа витринных или с козырьками. Возможно, хотя и менее эффективно, использование столов с решетками и нижним отсосом.

Чтобы обеспыливать лари с сыпучими материалами, их закрывают крышками и снабжают вытяжкой непосредственно из-под крышки. В данном случае сам ларь является аспирируемым укрытием.

На некоторых производствах приходится иметь дело с опорожненными бумажными и матерчатыми мешками. Если эти мешки бросать на пол после опорожнения, как это обычно и делается, неизбежно сильное пыление, с которым трудно бороться. В этом случае предлагается устанавливать возле мест разгрузки мешков специальные бункера, напоминающие большой почтовый ящик, со щелевидным отверстием сверху и отсосом воздуха.

Опорожненные мешки либо непосредственно опускаются в щель бункера, либо спускаются туда по наклонному желобу.

В бункере желательно устанавливать вибрационный механизм хотя бы с ручным приводом. При помощи этого механизма порожние мешки встряхиваются перед их удалением через дверку в нижней части бункера.

Схема подобного устройства приведена на рис. 11. Дверка для опорожнения бункера на рисунке не показана.

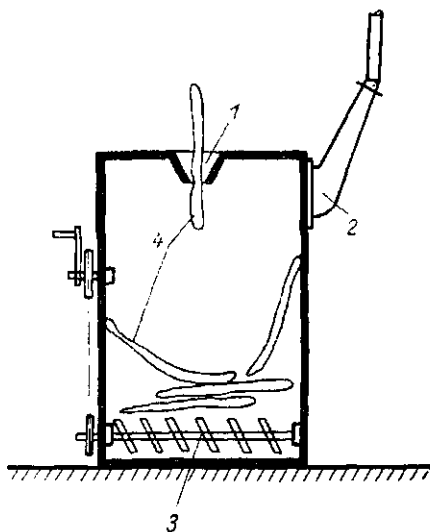


Рис. 11. Бункер для опорожнения мешков

1 — отверстие для прохода мешка; 2 — аспирационная воронка; 3 — встряхивающий механизм; 4 — мешки

**ВЕНТИЛЯЦИЯ ПРИ БОРЬБЕ С ГАЗАМИ,
ПАРАМИ И АЭРОЗОЛЯМИ****§ 9. Принципы вентиляции цехов с токсическими выделениями**

При проектировании вентиляции в цехах с токсическими вредностями (некоторые цехи химической промышленности, производство пластиков, гальванические цехи и т. п.) вопросы экономики второстепенны. Основное здесь — санитарное состояние производственных помещений.

Наши санитарные нормы и правила, а также указания по проектированию вентиляции регламентируют лишь минимально необходимые мероприятия по вентиляции. Это следует иметь в виду, в частности, при выборе расчетных скоростей в рабочих проемах укрытий.

В цехах с выделением ядовитых и вредных газов, паров, аэрозолей для предотвращения их распространения по помещению следует предусматривать, как правило, укрытия и местные отсосы. Общеобменная вытяжная вентиляция допускается санитарными нормами только в тех случаях, когда устройство местных отсосов невозможно. Оговоримся, однако, что при выделении особо ядовитых веществ (с допустимой концентрацией ниже 1 мг/м^3) общеобменная вентиляция не должна применяться. Единственный правильный путь в данном случае — размещение аппаратуры в изолированных помещениях (кабинах) с соответствующей вентиляцией в них.

Внедрение местных укрытий и местных отсосов при вентиляции цехов с токсическими вредностями — одна из основных задач специалистов по вентиляции, в частности при проектировании новых производств химической технологии.

Во многих случаях местные укрытия с соответствующими отсосами могут и должны быть сконструированы при создании машин и аппаратов, предназначенных для новых производств.

Заключение аппаратов в кабины без пребывания в них человека уже давно используется в некоторых областях химической технологии. Остановимся на этом способе подробнее, пользуясь приведенными выше рис. 7.

Кабины, в которых капсулируется аппаратура, могут быть площадью 4–6 м^2 и до 100 м^2 . Размеры и планировка кабин диктуются удобством размещения аппаратуры и необходимостью вывода механизмов управления за пределы кабины. Если размещенная в кабине аппаратура работает автоматически и не требует вывода в коридор механизмов управления, то планировка диктуется только удобством размещения, связанным с охраной труда.

Рабочие входят в кабины периодически и кратковременно (за исключением ремонта, но в это время производственный процесс прекращается и вредности не выделяются) и пользуются средствами индивидуальной защиты органов дыхания. Маски с подачей в них свежего воздуха применяются при наличии газов, не поглощаемых промышленными респираторами, например при окиси углерода.

Применяя респиратор, рабочий может свободно передвигаться по кабине. Если он надевает маску, в которую воздух принудительно подается шлангом, движения рабочего скованы и ограничены длиной шланга. Обычно длиннее 10—15 м шланг не делается. Этим и лимитируются размеры кабины.

Однако и при свободном передвижении рабочего размеры кабины ограничиваются следующими соображениями. При какой-либо аварии с респиратором (или с аппаратурой) рабочий должен быстро выбраться наружу. Наличие в кабине площадок и лестниц при ее значительной высоте никоим образом не может быть рекомендовано, особенно при применении масок со шлангами. Лестницы должны располагаться вне кабины, а кабина при большой ее высоте должна иметь несколько дверей на нескольких отметках.

Использование масок со шлангами нельзя признать безопасным, особенно в кабинах, насыщенных аппаратурой с выступающими частями (фланцы, вентили, болты). При поспешном выходе из кабины шланг может зацепиться за выступающие части и сорвать маску с лица рабочего. Значительно рациональнее пользоваться аппаратами, предложенными автором еще в 1957 г., типа акваланга для подводного плавания. Человек несет на себе резервуар из легкого сплава или пластмассы со сжатым воздухом.

Как было указано выше, кабины вентилируются. Чаще всего вытяжка бывает общесобменной по зональному принципу. Однако в некоторых случаях рациональнее применить местные отсосы, например от кожухов аппаратов, от сальников насосов и т. п. Делается это для уменьшения воздухообмена и снижения концентрации вредностей в кабине.

Вытяжные установки, обслуживающие кабины, как правило, имеют резервные вентиляторы. Это необходимо, так как в случае аварии вытяжного вентилятора в кабине может образоваться настолько высокая концентрация вредностей, что обслуживание ее станет небезопасным, особенно при наличии взрывчатых газов или паров. Кроме того, не исключена опасность прорыва вредностей в чистые помещения.

Дублирование вытяжных вентиляторов часто применяется при вентилировании цехов с токсическими вредностями. Если вытяжной системой удаляется значительное количество газов, паров или аэрозолей и если нельзя сразу остановить процесс и прекратить выделение вредностей, то дублирование вытяжных

вредностей), но и значительное снижение концентрации вредностей в струе за счет ее размыва. Следовательно, если учитывать полное количество вредностей, выносимое наружу данным выхлопом (g/n), вполне логично принимать значение высоты h большим, чем ее действительная геометрическая величина.

И, наконец, последнее соображение, которое следует учитывать при расчете факельного выброса. Опыты показывают, что самая высокая концентрация вредностей в размывной струе находится не на оси ее, а как раз там, где наблюдаются наиболее устойчивые токи, т. е. на ее поверхности со стороны набегающего потока. Значит, если говорить о части размывной струи, приближающейся к горизонтальному положению, то наибольшая концентрация вредностей окажется на верхней границе факела. А это, в свою очередь, увеличивает величину h , так как даже чисто геометрически это высота не до оси струи (как считают некоторые исследователи), а до верхней ее границы.

Учитывая вышесказанное, на основе обработки имеющихся опытных материалов автором предлагается следующая формула для определения высоты подъема вредностей h при факельном выбросе (расчетная скорость ветра, 2,5 м/сек):

$$h = 2,6D_0 \sqrt[3]{v_0^2} \text{ [м]}. \quad (32)$$

При сильном ветре, имеющем скорость порядка 10—15 м/сек, факела как такового не образуется и не приходится говорить о каком-то ощутимом подъеме струи над устьем псадка. Но при таком ветре струя настолько размывается, что концентрации вредностей уменьшаются в сотни раз. Таким образом, факельный выброс эффективен и при сильном ветре.

§ 12. Некоторые случаи очистки воздуха от токсических вредностей

Иногда при удалении местной вытяжкой значительных количеств токсических вредностей возникает необходимость в очистке воздуха перед выбросом его наружу. В вентиляционной практике такие случаи относительно немногочисленны, так как в отличие от технологических выбросов здесь редко возникают высокие концентрации вредностей.

Вопросы очистки вентиляционных выбросов от газов, паров и аэрозолей, решаются или местными органами санитарного надзора, или самими проектировщиками вентиляции. Только для некоторых особо вредных веществ (например, для хрома, ртути и свинца) имеются прямые указания о необходимости очистки вентиляционных выхлопов.

Довольно часто применяется очистка вентиляционного воздуха, при которой газы и пары вступают в реакцию и обезвре-

живаются. Находит применение также абсорбционный способ, при котором вредности поглощаются твердыми веществами

Обезвреживание воздуха, содержащего газы и пары,— вопрос специальный. Проектированием очистных установок обычно занимаются специалисты по газоочистке. Поэтому остановимся здесь лишь на наиболее простых и часто встречающихся случаях.

Если вредности поглощаются растворами или водой, можно применить самое простое, хотя и громоздкое устройство. Здесь достаточно достичь надлежащего контакта загрязненного воздуха с поглощающей жидкостью, и задача разрешается. Для достижения такого контакта пропускают загрязненный воздух через скруббер, т. е. полый цилиндр с насадкой, орошаемой раствором или водой.

Контакт загрязненного воздуха с водой или раствором достигается также при барботировании воздуха через слой раствора. Для этого можно воспользоваться фильтром-барботером.

Очистка воздуха от газов и паров, не поглощаемых водой и не реагирующих с растворами (окись углерода), весьма затруднительна. В настоящее время техника не располагает эффективными и надежными поглотителями окиси углерода. Применяемый для этой цели препарат окиси марганца (гопкалит), хотя и поглощает окись углерода, но быстро «срабатывается». Кроме того, при воздействии влаги поглотитель теряет свою активность.

Упомянем еще об очистке воздуха от легколетучих паров растворителей. При значительном испарении растворителя в помещении (20—30 кг/ч) есть смысл его улавливать не только с санитарной, но и с экономической точки зрения. Здесь может быть использована абсорбционная способность активированного угля и силикогеля. Воздух пропускается через слой порошкообразного абсорбента, очистка обычно протекает в так называемом «кипящем слое».

При значительных масштабах пайки свинцом или сплавами ПОС в воздухе, удаляемом местной вытяжкой, содержатся ощутимые количества аэрозоли свинца и его окислов. В ряде случаев этот воздух следует очищать перед его выбросом в атмосферу.

Аэрозоли свинца и его окислов хорошо улавливаются фильтрами очень тонкой очистки, например из волокнистой ткани ФПП или фильтровального картона типа ФМН. Но в воздухе, удаляемом от мест пайки, кроме аэрозолей свинца, содержатся еще конденсирующиеся пары флюсов. Эти пары, в частности смолистые, способны конденсироваться на поверхности ткани или картона и забивать их.

Для повышения долговечности фильтров тонкой очистки рекомендуется предварительно пропускать воздух через сетчатый

воздуха из «грязного» помещения в соседние «чистые». В этом случае рекомендуется подавать приточный воздух в коридор, откуда он будет засасываться в вентилируемое помещение за счет вакуума. Здесь рационально использовать самозакрывающиеся решетки. Их нужно устанавливать в достаточном количестве, чтобы создать минимальное сопротивление проходу воздуха.

Помещения, в которых выделяются вредные газы и пары, в некоторых случаях взрывоопасны. Это обстоятельство необходимо учитывать при проектировании вентиляции.

§ 10. Определение воздухообменов

При смешанной вентиляции воздухообмен в помещении обычно диктуется производительностью местных отсосов. Общая вытяжка, дополняющая местную, обычно не превышает двух-трехкратного обмена (согласно нормам — не менее одного обмена). В исключительных случаях — при очень большой кубатуре помещения и малопроизводительных местных отсосах — общеобменная вытяжка превалирует над местной. Такая вентиляция уже приближается к чисто общеобменной.

Если совместно с газами, парами и аэрозолями выделяется значительное количество тепла, то иногда объем воздуха, потребный для удаления тепла, превышает необходимый для борьбы с упомянутыми вредностями. Тогда воздухообмен диктуется тепловыделениями, и при смешанной вентиляции общеобменная вытяжка может превышать местную. Обычно же при газах, парах и аэрозолях основная доля воздухообмена падает на местные отсосы.

Количество воздуха L , которое необходимо удалять от укрытий различного типа, а также от зонтов и завес, определяется при помощи формулы

$$L = 3600Fv \text{ [м}^3/\text{ч]}, \quad (27)$$

где F — расчетная площадь открытых проемов, щелей и неплотностей укрытия в м^2 ;

v — минимальная расчетная скорость воздуха в открытом проеме в м/сек .

Для зонтов и завес расчетная площадь F представляет собой площадь приемного сечения, чаще всего горизонтального. Для укрытий типа кожухов, шкафов и т. п. площадь F представляет собой сумму площадей всех открытых проемов, щелей и зазоров. В общем случае в укрытии различают главный, или рабочий, проем, вспомогательные проемы (смотровые, для взятия проб), зазоры и, наконец, случайные неплотности, зависящие от конструктивного выполнения и материала укрытия.

Под минимальной расчетной скоростью v подразумевается наименьшее для данного укрытия значение условной средней скорости в проемах укрытия или зонта. Скорость v есть неко-

горая усредненная величина, отличная от средней скорости, скажем, в воздуховодах, так как ни в одном укрытии не удается создать закономерного распределения скоростей по площади сечения одного и того же проема, не говоря уже о нескольких различных проемах. Значение скорости v , найденное опытным путем, учитывает имеющуюся в действительности неравномерность распределения скоростей в проеме или в приемном сечении зонта. Если определение площади F — вопрос тщательности и четкого представления о конструкции укрытия, то правильное определение скорости v много сложнее.

При данной конструкции укрытия и конкретной величине F величина расчетной скорости определяет количество воздуха, которое необходимо удалять из укрытия или от зонта, чтобы обеспечить невыбывание вредности.

Ток воздуха через раскрытый проем укрытия — процесс неустановившийся. Скорости в определенных точках сечения изменяются во времени и зависят в основном от совершающегося в укрытии процесса (движение рук, работа машины) и от движения воздуха вне укрытия (подача материала, движения человека).

Расчетное значение скорости v принимается в зависимости от многих причин, главная из них — степень токсичности выделяющихся вредностей, определяющая возможность или недопустимость частичного выбывания вредностей из укрытия. Далее следует наличие или отсутствие явлений, стимулирующих выбывание вредностей. К ним относятся явления механические, тепловые и физико-химические. Особенно большую роль играют тепловые процессы.

Предлагаемые расчетные скорости для укрытий типа шкафов, кожухов, витрин и козырьков сведены в табл. 12.

При определении суммарной площади F для укрытий наиболее трудно поддаются учету всякого рода случайные неплотности. Даже в стационарном укрытии при его хорошем выполнении щели неизбежны. У деревянных укрытий вследствие рассыхания и коробления щели могут быть довольно значительными. Рекомендуется учитывать неплотности введением некоторого коэффициента к суммарной площади всех рабочих проемов и щелей.

Указанный коэффициент можно принимать равным:

для металлических стационарных укрытий в зависимости от наличия разъемных соединений и дверок	1—1,2
для деревянных стационарных укрытий (в частности, вытяжные шкафы)	1,2—1,4
для металлических разборных укрытий в зависимости от частоты разборки укрытий и количества разъемных частей	1,2—1,4
для деревянных разборных укрытий	1,4—1,6

Расчетные скорости в проемах укрытий

Род операции	Вид укрытия	Выделяющиеся вредности	Минимальная расчетная скорость v , м/сек
1	2	3	4
Плавка и розлив свинца, $t = 400^\circ\text{C}$	Шкаф, кожух	Аэрозоль свинца и окислов	1,5—1,7
Гальваническое свинцевание	То же	Фтористый водород	1,5
Шоопирование	»	Аэрозоль окислов и металла	1,2—1,5
Пайка свинцом или сплавами ПОС	Шкаф, витринное укрытие, козырек	Аэрозоль свинца и дым	0,7—0,8
Пайка без свинца	То же	Аэрозоль металла и дым	0,4—0,5
Работа с расплавленным свинцом при интенсивном движении в укрытии	Шкаф, кожух, витринное укрытие	Аэрозоль свинца и окислов	2—2,5
Работы с ртутью: без нагрева	Шкаф, кожух	Пары ртути	0,8—1
с нагревом	То же	То же	1,1—1,3
при интенсивном движении	»	»	1,5
Лабораторные и полужаводекие установки	Шкаф, кожух, разборное укрытие	Газы и пары при допустимой концентрации:	
То же	То же	до 10 мг/м^3	0,5
»	»	до 1 мг/м^3	0,7—1
Работы с эпоксидными смолами: без нагрева	»	ниже 1 мг/м^3	1,2—1,5
с нагревом при совместном наличии пыли	Шкаф, кожух	Эпихлоргидрин, пары дифенилпропана	1
Операции с особо вредными веществами	То же	То же	1,5
Электросварка мелких деталей (электроды УОНИ, ОММ-5)	»	То же, и пыль	1,5—3
То же, электродами ЦМ-7	Шкаф, кожух, бокс с форкамерой	Радиоактивные вещества, бериллий	2—3
Ручная работа с выделением паров и газов	Шкаф, кожух	Окислы металлов, газы, пыль	0,7—0,75
То же	То же	То же	0,8—0,9
Закалка и отпуск в масляной ванне	Витринное укрытие, козырек	Пары и газы при допустимой концентрации до 10 мг/м^3	0,6—0,8
	То же	То же до 1 мг/м^3	1—1,3
	Шкаф, кожух	Пары масла и продукты разложения	0,5

1	2	3	4
Закалка в селитровой ванне при $t = 700^{\circ}\text{C}$	Шкаф, кожух	Аэрозоль селитры	0,5
Закалка в соляной ванне при $t = 800 - 900^{\circ}\text{C}$	То же	Аэрозоль соли	0,5
Цианирование при $t = 700^{\circ}\text{C}$	»	Цианистые соединения	1,5
Цианистые покрытия (меднение, цинкование, кадмирование)	Шкаф, кожух, козырек	Пары синильной кислоты	1,5
Травление в соляной и азотной кислоте	То же	Хлористый водород, окислы азота	0,7—1,2
Травление в серной кислоте при $t = 15 : 60^{\circ}\text{C}$	Шкаф, кожух	Туман серной кислоты	0,6—0,9
Хромирование	То же	Хромовый ангидрид	1,5
Электролитическое обезжиривание	»	Туман щелочей	0,8—1
Промывка в бензине	Шкаф, витринное укрытие, козырек	Пары бензина	0,5—0,6
То же, хлорированные углеводороды	То же	Пары хлорированных углеводородов	0,5—0,8
Плавка и розлив цветных металлов: цинк, алюминий	»	Аэрозоль окислов металлов	0,7—0,9
кадмий, теллур	»	То же	1,2—1,5
Аппаратура с интенсивным выделением газов и паров	Кожух самого аппарата, разборное укрытие	Газы и пары при допустимой концентрации: до 10 мг/м^3 до 1 мг/м^3	0,7—1
То же	То же		1,2—1,5
Окраска кистевая или окунаем	Шкаф, витринное укрытие, козырек	Пары керосина, уайт-спирита, скипидара	0,5
То же	То же	Пары ксилола, толуола, бензола	0,7—0,8
Электростатическая окраска	Кабина с проемами	Пары керосина, уайт-спирита, скипидара	0,7—0,8
То же	То же	Пары ксилола, толуола, бензола	1—1,2
Пульверизационная окраска	Кабина	Пары керосина, уайт-спирита, скипидара	1—1,2
То же	То же	Пары ксилола, толуола, бензола	1,2—1,5

Определение величины F для зонтов и завес не представляет труда. Что касается расчетной скорости v для зонтов, то ее рекомендуется принимать в ($м/сек$):

без свесов	1—1,2
открытых:	
с трех сторон	0,9—1
с двух »	0,8—0,9
с одной стороны	0,5—0,8

Для зонтов-козырьков у дверей сушил, печей, остывочных камер и т. п., где возможно выделение газов, скорость следует принимать 1 $м/сек$.

Для маловредных газов (с допустимой концентрацией до 10 $мг/м^3$) приведенные значения расчетных скоростей несколько завышены и могут быть уменьшены на 30%. Так, по данным американской практики, скорости принимаются: для зонтов без свесов — 0,7 $м/сек$; для зонтов с двумя свесами (открытых с двух сторон) — 0,6 $м/сек$, для зонтов с тремя свесами — 0,4 $м/сек$.

Для зонтов больших размеров (например, в металлургической промышленности) даже при скорости в горизонтальном сечении 0,6 $м/сек$ получится весьма значительные объемы отсасываемого воздуха. Если зонт имеет размеры в плане $6 \times 2,5 м$, то объем отсоса ($F=15 м^2$)

$$L = 3600 \cdot 15 \cdot 0,6 \approx 32\,000 \text{ м}^3/ч.$$

Что касается завес, то при расчете количества отсасываемого воздуха приходится подходить по-иному. Так как завесы менее подвержены «выдуванию» из-под них вредностей, скорость в горизонтальном сечении может быть снижена даже в сравнении с большими зонтами.

При относительно безвредных газах, парах и аэрозолях возможно принимать расчетную скорость воздуха в горизонтальном сечении от 0,12—0,2 $м/сек$ для больших завес (20—30 $м^2$) до 0,2—0,3 $м/сек$ для завес меньших размеров.

При токсических вредностях завесы не применяются.

Определение воздухообмена в кабинах, в которых капслюлируется особо вредная аппаратура, расчету не поддается. Количество выделяющихся вредностей, как правило, неизвестно. Допустимые концентрации вредностей в воздухе кабины не регламентируются. В случае выделения взрывоопасных газов и паров необходимо только обеспечить невозможность образования взрывоопасной смеси.

Объем воздуха, который следует удалять из кабин, определяется по кратности обмена. Однако никаких норм в этом случае не существует. Можно считать, что кратность ниже 10 обменов в 1 ч не принимается даже для больших кабин. С другой стороны, редко принимается кратность обмена выше 100 в 1 ч.

В указанных пределах и лежат практически приемлемые кратности обменов.

В качестве первого приближения рекомендуется принимать в кабинах для капсуляции аппаратуры при отсутствии в них человека, при значительном насыщении аппаратурой и при сильно токсических вредностях (концентрация 1 мг/м^3 и ниже) следующие кратности обмена в 1 ч:

малой величины (до 100 м^3) . . .	60—100
средней » (до 500 м^3) . . .	50—80
большой величины (до 1000 м^3) . . .	30—60

При менее вредных веществах, но при работе аппаратуры под большим давлением кратности обмена можно принимать соответственно 40—80 для малых кабин, 30—60 для средних и 20—40 для больших.

При переработке в кабинах больших количеств металлической ртути кратность обмена следует принимать не менее 60—100.

Определение обмена воздуха, удаляемого с помощью всасывающих панелей, производится также по формуле расхода

$$L = 3600fv \text{ [м}^3\text{/ч)}. \quad (28)$$

где f — живое сечение панели в м^2 ;

v — средняя скорость (действительная) в живом сечении панели в м/сек .

По этой же формуле производится расчет щелевых отсосов и отсосов-воронок. Однако для этого вида местных отсосов существуют и иные практические нормы.

Размеры всасывающей панели, щелевого отсоса или воронки выбираются в зависимости от характера выделения вредностей и от протяженности «фронта» выделения. Любой из перечисленных отсосов должен располагаться как можно ближе к очагу выделения вредностей. Под термином «близко» будем подразумевать расположение щелевого отсоса или воронки на расстоянии 150—200 мм от очага вредностей, под термином «далеко» — соответственно 250—300 мм. Располагать щель или воронку на расстоянии, большем 350—400 мм, уже малоэффективно. Исключением являються всасывающие панели, которые возможно размещать на расстояниях от 300 до 800 мм. Иногда всасывающие панели размещаются и на больших расстояниях, например у линейных конвейеров. Для всасывающих панелей под термином «близко» подразумеваем расстояние 300—400 мм, под термином «далеко» — соответственно 500—800 мм.

Эффективность рассматриваемых местных отсосов, помимо их расположения, определяется скоростью засоса воздуха через живое сечение воронки, щели или панели.

Для всасывающих панелей можно рекомендовать расчетные скорости засоса, приведенные в табл. 13.

Для щелевидных отсосов скорости воздуха в щелях можно принимать такие же, как и для панелей, или несколько меньше, учитывая более близкое расположение к месту выделения вредных. Для всасывающих воронок, наоборот, скорости следует брать несколько большими, чем для панелей и щелей. Для вредных газов и паров скорости засоса воронками берут до 10—15 м/сек в зависимости от расположения воронки, ее размеров и характера выделения газов.

При зональной вентиляции производительность одной воронки обычно берут от 500 до 1000 м³/ч. Скорость засоса в данном случае роли не играет.

Таблица 13

**Расчетные скорости засоса
для всасывающих панелей в м/сек**

Наименование и характер выделения вредности	Скорость при расположении	
	«близко»	«далеко»
Газы при пайке без свинца и газовой сварке	3	4—5
Аэрозоли при разливе и пайке свинца	6	7—8
Сварочный дым при электросварке	4—5	6—8
Маловредные (до 10 мг/м³) газы, пары и аэрозоли: при холодном процессе	3	4—4,5
при горячем »	4,5	5—6
Вредные газы, пары и аэрозоли (до 1 мг/м³): при холодном процессе	4	5—5,5
» горячем »	5—6	6—8
Газы и пары при литье чугуна на конвейере	6	8
Пары растворителей (уайт-спирит, скипидар)	2,5—3	3,5
Газы при прессовании пластмасс	4—5	6—6,5

Примечание. Скорость засоса для всасывающих панелей при выделении дыма от электросварки определяется в зависимости от марки электродов.

Производительность местной вытяжки. Для всасывающих панелей существенную роль играет правильность выбранных размеров панели. Чрезмерно большая панель потребует неоправданно большого расхода воздуха; при недостаточных размерах панели действие ее может оказаться неэффективным даже при повышенной скорости в ее живом сечении, так как часть очага вредных окажется слишком далеко от местного отсоса.

Перейдем к определению воздухообмена при общеобменной вентиляции.

Если нельзя определить достаточно точно количество выделяющихся вредных, но известны их качественные показатели, единственным методом определения воздухообмена является эмпирический: по назначенной кратности, зная кубатуру по-

Для щелевидных отсосов при малоинтенсивном выделении вредных можно принимать норму отсоса 700—1000 м³/ч на 1 пог. м протяженности щели. Это соответствует скорости около 4—6 м/сек при ширине щели 50 мм.

Приведенные данные для определения объема воздуха, удаляемого местным отсосом, надо рассматривать как приблизительные. В каждом частном случае необходимо анализировать условия выделения вредных, конструкцию отсоса и его местоположение и на основе анализа принимать ту или иную про-

мещения, вычисляюг воздухообмен, пользуясь расчетной формулой

$$L = Vn \text{ [м}^3/\text{ч]}, \quad (29)$$

где V — внутренняя кубатура помещения в м^3 ;

n — кратность воздухообмена в 1 ч, принятая на основе опыта и по аналогии с действующими цехами.

При определении воздухообмена по кратности нужно критически подходить к имеющимся в литературе данным. В первую очередь следует обратить внимание на условия выделения вредностей и правильно наметить схему их удаления (общеобменная или зональная вытяжка, места забора загрязненного воздуха, способ подачи притока). Затем необходимо учесть высоту помещения, от которой зависит величина V (является ли высота нормальной для данного помещения, завышенной или заниженной). Только после всестороннего анализа возможно найти правильное значение n .

Если приведенная в литературе величина n найдена опытом для общеобменной вытяжки, то при применении зональной вентиляции целесообразно сократить n в 1,5 раза и более, что очень существенно при большой кубатуре цеха.

Если известно количество выделяющихся вредностей, то определение необходимого воздухообмена при общеобменной вентиляции поддается расчету.

Расчетная формула для этого случая

$$L = \frac{zG}{k_{\text{доп}}} \text{ [м}^3/\text{ч]}, \quad (30)$$

где G — количество выделяющихся вредностей (газа, пара, аэрозоли) в $г/\text{ч}$;

$k_{\text{доп}}$ — предельно допустимая концентрация вредностей в рабочей зоне помещения в $\text{мг}/\text{м}^3$;

φ — коэффициент, учитывающий неравномерность выделения вредностей и их распределения по помещению; будем называть эту величину коэффициентом неравномерности.

При этом подразумевается, что вводимый воздух не содержит газовых вредностей и, следовательно, $k_{\text{ввх}} = 0$.

Значения $k_{\text{доп}}$ регламентированы нормами СН 245—63. Когда выделяется только одна газовая вредность, расчет ведется на ее ассимиляцию. В случае же выделения нескольких вредных газов и паров количество вентиляционного воздуха принимается по той вредности, которая требует наибольшего объема за исключением совместного выделения следующих вредностей:

а) нескольких растворителей (ацетон, спирты, эфиры уксусной кислоты и др.);

б) нескольких раздражающих газов (серный и сернистый ангидрид, хлористый водород, фтористый водород, хлор и др.);

в) оксидов азота совместно с окисью углерода.

В этих случаях количество потребного воздуха вычисляется по каждой вредности в отдельности, а полученные объемы воздуха суммируются.

Если бы вредности равномерно распределялись по помещению и выделение их было бы неизменным по времени, коэффициент ϕ был бы равен 1 и вышеприведенная формула (30) могла бы претендовать на точность. В действительности равномерности, ни в первом, ни во втором случае не наблюдается. Непосредственно у источников выделения вредности концентрация ее может во много раз превышать среднюю — предельно допустимую. В нескольких метрах от источника концентрация, наоборот, может быть значительно ниже, вплоть до нулевой. С другой стороны, при наличии мощных тепловых потоков газовые вредности выносятся из рабочей зоны и собираются у перекрытия, откуда обычно и удаляются. При искусственном перемешивании, например при подаче сосредоточенного притока, концентрация вредных выделений несколько выравнивается, что, однако, не исключает наличия отдельных зон повышенной или пониженной концентрации.

Как правило, вредности выделяются неравномерно по времени. Наиболее ярким примером этой неравномерности являются газовыделения от автомобилей в гаражах и случайные газовыделения — из щелей, пробных кранов и т. д. То же можно сказать о сушке и испарении при малярных работах, о газовыделении в литейном производстве и о многих других случаях.

Газы, пары и аэрозоли в концентрациях, не превышающих предельно допустимых, могут длительно переноситься человеком без вредных последствий. Но вдыхание вредностей даже в малых концентрациях отнюдь не полезно для здоровья. С точки зрения санитарной желательнее, чтобы человек хотя бы часть своего рабочего времени находился в среде чистого воздуха. Отсюда тенденция — предусматривать на вредных производствах комнаты отдыха, воздушные оазисы и т. п. Из этих же соображений нежелательно перемешивание загрязненного вредностями воздуха сосредоточенными приточными струями. В самом деле, если тщательно перемешать воздух в цехе и достичь повсюду предельно допустимой концентрации вредностей, то нигде не останется уголка, в котором можно было бы «свободно» дышать. Иными словами, всем работающим станет одинаково плохо в течение всей смены.

Удаление вредностей из рабочей зоны в верхнюю тепловыми струями или иным способом, казалось бы, позволяет уменьшить потребный воздухообмен, рассчитываемый по допустимой концентрации в рабочей зоне. При вентиляции по схеме «снизу — вверх» концентрация вредностей в верхней зоне (то есть в удаляемом воздухе) выше иногда в 1,5 раза, нежели в рабочей. Если в формулу (30) вместо $k_{\text{доп}}$ подставить концентрацию вредностей в удаляемом воздухе $k_{\text{уд}}$, то величина L получится

меньшей. Некоторые специалисты предлагают определять воздухообмен именно таким образом.

С этим нельзя согласиться. Во-первых, мы не располагаем достаточными данными о концентрациях газов в верхней зоне при допустимой их концентрации в рабочей зоне. Во-вторых, возвратные струи из верхней зоны в рабочую могут создать в последней повышенную против допустимой концентрацию. В-третьих, улучшение состояния воздушной среды рабочей зоны за счет уноса вредных в верхние слои воздуха едва ли компенсирует неравномерность выделения вредных по времени, не говоря уже о повышенных концентрациях в зонах наибольшего выделения вредных.

Рекомендуются следующие значения коэффициента неравномерности φ :

а) при естественном удалении вредных из рабочей зоны за счет тепловых струй, малого удельного веса и т. п.:

для малотоксичных вредных или для вредных, не вызывающих тяжелых последствий при кратковременном повышении концентрации (окись углерода), независимо от неравномерности выделения

$$\varphi = 1,2 : 1,3;$$

для токсичных вредных (маловредные газы, пары, аэрозоли) при относительно равномерном выделении по времени

$$\varphi = 1,3 : 1,4;$$

то же, но при неравномерном выделении

$$\varphi = 1,4 : 1,6;$$

б) при отсутствии естественного удаления вредных из рабочей зоны:

для малотоксичных вредных или для вредных, не вызывающих тяжелых последствий при кратковременном повышении концентрации, независимо от неравномерности выделения

$$\varphi = 1,3 \div 1,5;$$

для токсичных вредных при относительно равномерном выделении по времени

$$\varphi = 1,5 : 1,7;$$

то же, но при неравномерном выделении

$$\varphi = 1,7 \div 2;$$

в) при зональной вентиляции с отсосом воздуха у мест возможного выделения вредных:

для малотоксичных вредных или для вредных, не вызывающих тяжелых последствий при кратковременном повышении концентрации, независимо от неравномерности выделения

$$\varphi = 1,1 \div 1,2;$$

для токсичных вредностей при относительно равномерном выделении по времени

$$\varphi = 1,2 \text{--} 1,3;$$

то же, но при неравномерном выделении

$$\varphi = 1,3 \text{--} 1,4.$$

Данные для особо вредных веществ не приводятся, так как здесь общеобменная и зональная вентиляция не приемлемы.

§ 11. Факельный выброс загрязненного воздуха

Воздух, загрязненный вредными газами, парами и аэрозолями, даже при удалении его местными отсосами, как правило, не очищается перед выбросом его наружу. Во избежание загрязнения воздушного бассейна вблизи предприятия удаляемый вентиляцией воздух обычно отводят в возможно более высокие слои атмосферы.

Отведение извлекаемого из помещений воздуха в верхние слои атмосферы особенно существенно при значительном удельном весе удаляемых вредностей, которые, охлаждаясь снаружи, имеют тенденцию опускаться. Этой тенденции в немалой мере способствуют применяемые еще до сих пор зонты над выхлопными вентиляционными трубами. Загрязненность вредными газами приземных слоев атмосферы промышленной площадки (именно эти слои нас интересуют) возрастает при безветрии, а также во время дождя, снегопада, тумана и изморози.

Если на предприятии имеется высокая труба (60—100 м) и если возможно принять вентиляционные выхлопы в эту трубу, то удаление загрязненного воздуха в верхние слои разрешается просто. Но большей частью это невозможно. Устройство же для каждой вентиляционной системы отводящих труб высотой хотя бы 40—60 м вряд ли реально, ибо количество выхлопов на современных предприятиях достигает нескольких сотен.

Удаление загрязненного воздуха в верхние слои атмосферы наиболее просто осуществляется с помощью так называемого факельного выброса.

Факельный выброс основан на свойстве выходящей из насадки струи — ее дальнобойности.

Конструктивное оформление факельного выброса несложно. Вместо обычного зонта выхлопная труба снабжается плавным конфузуром и заканчивается цилиндрическим насадком (рис. 13). За счет уменьшения сечения скорость выхода воздуха соответственно повышается, что позволяет создать дальнобойную струю. В частном случае при короткой и прямой выхлопной трубе сужения можно не делать. Тогда вся труба будет иметь диаметр D_0 , необходимый для создания факела.

В общем случае при наличии конфузора длина насадки должна быть не менее $2,5 D_0$, как это указано на рис. 13.

Скорость выхода воздуха из насадка варьируется в широких пределах: чем выше скорость, тем эффективнее при прочих равных условиях факельный выброс. Нижним пределом скорости выхода при наличии газовых вредностей следует считать 15—20 м/сек. При отсутствии газовых вредностей, т. е. когда удаляются влага, тепло или пыль (при пыли после соответствующей очистки), возможно снизить скорость выхлопа до 10 м/сек. Верхним пределом скорости следует считать 40 м/сек, так как дальнейшее ее повышение невыгодно экономически.

Потеря давления на факельный выброс складывается из динамического давления на выходе и из потери давления в конфузоре. Последняя, отнесенная к выходной скорости v_0 , не превышает 15% от динамического давления. Общий коэффициент сопротивления факельного выброса

$$\xi = 1,1.$$

Кроме основного преимущества — отвода вредностей в более высокие слои атмосферы, факельный выброс обладает и иными положительными свойствами. Он компактен благо-

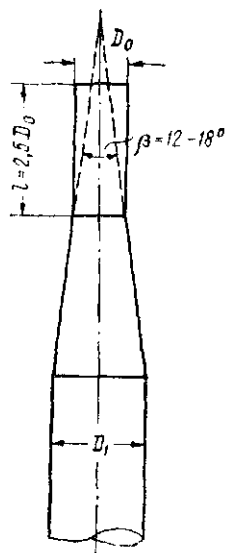


Рис. 13. Эскиз факельного выброса

D_0 — диаметр насадки; D_1 — диаметр трубы; β — угол сужения

даря отсутствию громоздкого зонта и может быть выведен на большую высоту над кровлей (благодаря меньшему весу и меньшей «парусности»).

Применяя факельный выброс, возможно выводить устье насадка на значительную (предельную) высоту над кровлей — до 20 м. Труба такой высоты благодаря отсутствию парусности и относительно небольшому весу легко устанавливается на железобетонной кровле и крепится двумя комплектами растяжек.

Применение факельного выброса возможно не только в промышленной вентиляции, но и при вентиляции непромышленных зданий. Иначе говоря, рекомендуется вовсе отказаться от зонтов над выхлопными шахтами.

Отметим, что при факельном выбросе обязательно устройство для отвода влаги из кожуха вентилятора.

Определить высоту подъема вредностей над устьем насадка с достаточной точностью можно только при отсутствии ветра. Теоретический способ расчета при безветрии, основанный на

закономерности истечения затопленной струи из круглого насадка, был предложен автором в 1957 г. Для этого случая расчетная формула в соответствии со схемой, показанной на рис. 14, имеет вид:

$$h = 2,17v_0 D_0 \text{ [м]}. \quad (31)$$

При наличии ветра явление чрезвычайно усложняется, а эффект факельного выброса значительно ухудшается. Ветер препятствует подъему струи. С другой стороны, ветер, размывая выходящую струю, в сильной степени разбавляет и уносит вредности от места их выделения, что предотвращает загрязнение приземных слоев атмосферы промышленной площадки.

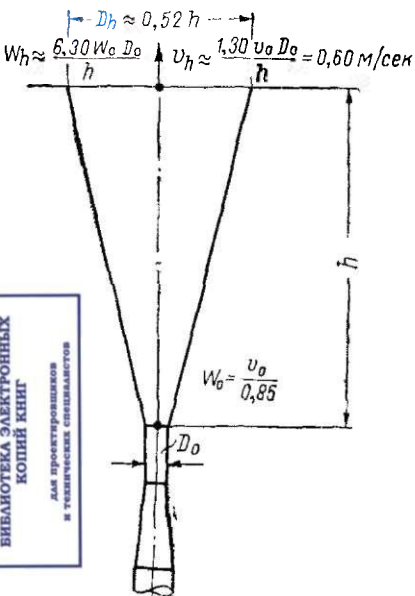
Вопросами рассеяния газовых вредностей в атмосфере, а попутно и вопросами высоты подъема газовой струи над устьем трубы занимались многие исследователи в конце 40-х и в начале 50-х годов. Наиболее серьезной нужно считать работу Б. В. Шаfranова, В. Д. Крауцфельда, Л. Ф. Глебовой и Е. С. Таратута, посвященную исследованию вентиляционных выхлопов на производстве вискозного шелка, опубликованную в журнале «Гигиена и санитария», № 6 за 1949 г.

В указанном исследовании проводилось моделирование

Рис. 14. Расчетная схема факельного выброса

струи, выходящей из насадка в набегающем воздушном потоке. Экспериментами было установлено, что набегающий поток (ветер) сильно размывает струю; было найдено также, что наиболее устойчивые токи в струе оказываются на ее поверхности со стороны набегающего потока. Опыты проводились при соотношениях скорости на выходе из насадка v_0 к скорости набегающего потока c , равных 3,5; 5; 7; 10,5.

Опытные пограничные кривые, построенные в условных координатах $\bar{h} = \frac{h}{D_0}$ и $\bar{l} = \frac{l}{D_0}$, приведены на рис. 15. Из этого рисунка видно, что при отношении $\frac{v_0}{c} = 10,5$, высота подъема струи над устьем насадка равна примерно 18 диаметрам трубы, т. е. $h \approx 18 D_0$.



С. А. Ключиным в 1952 г. была предложена эмпирическая формула, выведенная на основе экспериментальных данных вышеупомянутых исследователей, для определения условной высоты подъема основной массы вредностей над устьем насадка. Эта формула имеет вид:

$$h = 4,2D_0 \left(\frac{v_0}{c} - 0,7 \right)^{0,63} \text{ [м]},$$

где D_0 — диаметр насадка в м;
 v_0 — скорость выхода струи из насадка в м/сек;
 c — расчетная скорость ветра в м/сек.

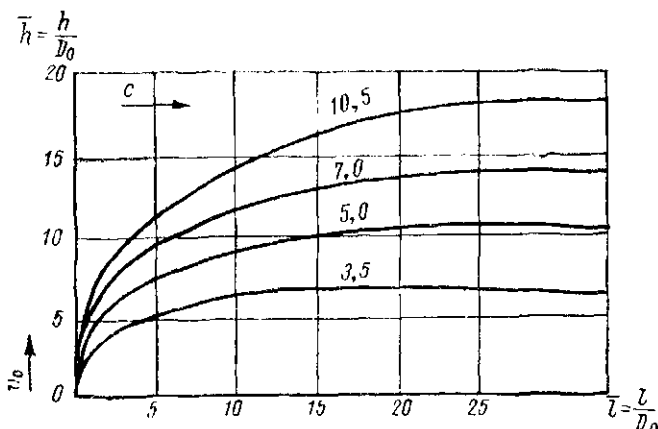


Рис. 15. Опытные пограничные кривые в условных координатах

Теоретические формулы для определения высоты подъема потока — от устья насадка до оси, изогнутой под действием ветра струи, — были предложены несколькими исследователями, занимавшимися вопросами рассеяния в атмосфере промышленных выбросов. Среди них надо прежде всего упомянуть формулу П. И. Андреева, полученную на основании геометрического сложения скоростей выходящей струи и ветра. По этой формуле

$$h = \frac{0,05v_0 D_0}{ac \sin \alpha} \text{ [м]},$$

где a — коэффициент турбулентности струи ($a \approx 0,08$);
 α — угол между направлением ветра и горизонтом.

П. И. Андреев, рассматривая промышленные выбросы (т. е. имеющие высокие концентрации вредных газов), принимал величину угла $\alpha = 20^\circ$. Автор, используя формулу Андреева для расчета вентиляционных факельных выбросов, предложил несколько меньшую величину угла α , а именно: $\alpha = 10^\circ$. При этом

и при расчетной скорости ветра $c = 3$ м/сек была получена следующая формула:

$$h = 1,2c_0 D_0 |u|.$$

Опытные исследования, в частности работа Ю. В. Иванова, не подтвердили правильности принципа геометрического сложения скоростей: размыв струи настолько искажает теоретическую схему движения искривленного потока, что математические зависимости становятся неверными.

Не оправдалась на практике и другая теоретическая формула, выведенная на основе работ Г. П. Абрамовича и Ю. В. Иванова и имеющая вид:

$$h = 1,95 D_0 \left[\frac{c_0}{c} \right]^{1,3} [M].$$

В конце 1962 г. лабораторией отклонения и вентиляции НИИ санитарной техники была проделана работа по теме «Исследование эффективности факельных выбросов». В результате продувки в аэродинамической трубе подкрашенных струй получены весьма интересные снимки, показывающие степень размыва и искривления

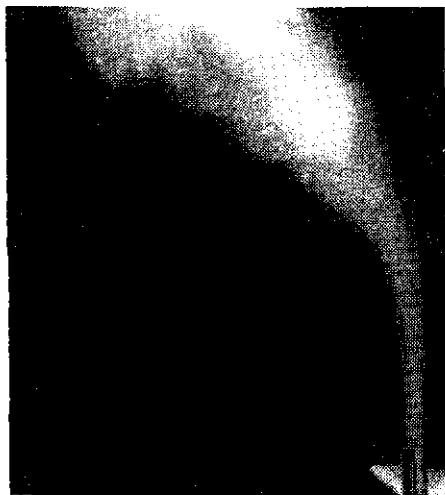


Рис. 16. Искривление и размыв струи под действием ветра

струи, выходящей из насадка. Один из снимков, заимствованный из упомянутой работы, приведен на рис. 16. Опыт, зафиксированный на снимке, проводился при отношении скорости выхода струи c_0 к скорости набегающего потока (ветра) c , равном ~ 13 .

К сожалению, обрабатывая экспериментальные материалы (в частности, снимки), авторы работы совершенно проигнорировали наиболее интересный диапазон отношений $\frac{c_0}{c} = 8 : 15$. Вследствие сказанного найденная авторами кривая зависимости между высотой до оси искривленной струи h и отношением $\frac{c_0}{c}$ не может быть практически использована для расчета факельных выбросов. Также нельзя рекомендовать для практического пользования и выведенную авторами эмпирическую формулу

$$h = \frac{h}{D_0} = 1,95 \left[\frac{c_0}{c} \right]^{0,65} [M].$$

Пользуясь масштабом, из рис. 16 легко найти отношение $\frac{h}{D_0}$ для этого случая. Оно равно примерно 20 (h — расстояние от устья насадка до оси размытой струи).

Найдем величину $\frac{h}{D_0}$ по вышеприведенной формуле при $\frac{v_0}{c} = 13$:

$$\frac{h}{D_0} = 1,95 \cdot 13^{0,65} \approx 10,3.$$

Как видим, значение $\frac{h}{D_0}$, полученное по формуле, меньше, чем по масштабу, почти в 2 раза.

Отметим, что рассматриваемая формула по своей структуре схожа с формулой Клюгина. Различие заключается в численном коэффициенте (1,95 и 4,2), а также в наличии в последней формуле постоянной величины 0,7, вычитаемой из отношения $\frac{v_0}{c}$. При значениях этого отношения, равных 10 и выше (диапазон, который нас интересует), без большой погрешности можно пренебречь величиной 0,7. Если это сделать и не обращать внимания на незначительную разность показателей степеней (0,65 и 0,63), то по формуле Клюгина величина будет примерно в 2 раза больше, чем по формуле авторов рассматриваемой работы.

Эмпирические формулы, выведенные на основе экспериментов с установившимся набегавшим потоком, не учитывают изменения набегавшего потока во времени. В действительности такого «постоянного» ветра не бывает: ветер все время пульсирует, изменяя и скорость и направление. Для трактуемого вопроса наиболее интересно изменение скорости. Когда мы говорим о ветре со скоростью, скажем 5 м/сек (наиболее частый случай), на самом деле мы имеем в виду ветер, периодически изменяющий скорость от нуля до максимума.

В вентиляционной технике всегда оперируют со среднечасовыми величинами. К этому можно прибегнуть и при расчете факельных выбросов, принимая во внимание не максимальную скорость «пульсирующего» ветра, а какую-то среднюю. Для большинства местностей максимальная скорость «пульсирующего» ветра может быть принята равной 5 м/сек. Следовательно, средняя расчетная скорость будет равна 2,5 м/сек. Такую скорость и рекомендуется принимать при расчете вентиляционных факельных выбросов.

Высота подъема вредностей над устьем насадка не является чисто геометрической величиной. Это величина условная, учитывающая не только фактическое возвышение струи (точнее той ее части, в которой содержится наибольшее количество

вредностей), но и значительное снижение концентрации вредностей в струе за счет ее размыва. Следовательно, если учитывать полное количество вредностей, выносимое наружу данным выхлопом (g/n), вполне логично принимать значение высоты h большим, чем ее действительная геометрическая величина.

И, наконец, последнее соображение, которое следует учитывать при расчете факельного выброса. Опыты показывают, что самая высокая концентрация вредностей в размывной струе находится не на оси ее, а как раз там, где наблюдаются наиболее устойчивые токи, т. е. на ее поверхности со стороны набегающего потока. Значит, если говорить о части размывной струи, приближающейся к горизонтальному положению, то наибольшая концентрация вредностей окажется на верхней границе факела. А это, в свою очередь, увеличивает величину h , так как даже чисто геометрически это высота не до оси струи (как считают некоторые исследователи), а до верхней ее границы.

Учитывая вышесказанное, на основе обработки имеющихся опытных материалов автором предлагается следующая формула для определения высоты подъема вредностей h при факельном выбросе (расчетная скорость ветра, 2,5 м/сек):

$$h = 2,6D_0 \sqrt[3]{v_0^2} \text{ [м]}. \quad (32)$$

При сильном ветре, имеющем скорость порядка 10—15 м/сек, факела как такового не образуется и не приходится говорить о каком-то ощутимом подъеме струи над устьем псадка. Но при таком ветре струя настолько размывается, что концентрации вредностей уменьшаются в сотни раз. Таким образом, факельный выброс эффективен и при сильном ветре.

§ 12. Некоторые случаи очистки воздуха от токсических вредностей

Иногда при удалении местной вытяжкой значительных количеств токсических вредностей возникает необходимость в очистке воздуха перед выбросом его наружу. В вентиляционной практике такие случаи относительно немногочисленны, так как в отличие от технологических выбросов здесь редко возникают высокие концентрации вредностей.

Вопросы очистки вентиляционных выбросов от газов, паров и аэрозолей, решаются или местными органами санитарного надзора, или самими проектировщиками вентиляции. Только для некоторых особо вредных веществ (например, для хрома, ртути и свинца) имеются прямые указания о необходимости очистки вентиляционных выхлопов.

Довольно часто применяется очистка вентиляционного воздуха, при которой газы и пары вступают в реакцию и обезвре-

живаются. Находит применение также абсорбционный способ, при котором вредности поглощаются твердыми веществами.

Обезвреживание воздуха, содержащего газы и пары,— вопрос специальный. Проектированием очистных установок обычно занимаются специалисты по газоочистке. Поэтому остановимся здесь лишь на наиболее простых и часто встречающихся случаях.

Если вредности поглощаются растворами или водой, можно применить самое простое, хотя и громоздкое устройство. Здесь достаточно достичь надлежащего контакта загрязненного воздуха с поглощающей жидкостью, и задача разрешается. Для достижения такого контакта пропускают загрязненный воздух через скруббер, т. е. полый цилиндр с насадкой, орошаемой раствором или водой.

Контакт загрязненного воздуха с водой или раствором достигается также при барботировании воздуха через слой раствора. Для этого можно воспользоваться фильтром-барботером.

Очистка воздуха от газов и паров, не поглощаемых водой и не реагирующих с растворами (окись углерода), весьма затруднительна. В настоящее время техника не располагает эффективными и надежными поглотителями окиси углерода. Применяемый для этой цели препарат окиси марганца (гопкалит), хотя и поглощает окись углерода, но быстро «срабатывается». Кроме того, при воздействии влаги поглотитель теряет свою активность.

Упомянем еще об очистке воздуха от легколетучих паров растворителей. При значительном испарении растворителя в помещении (20—30 кг/ч) есть смысл его улавливать не только с санитарной, но и с экономической точки зрения. Здесь может быть использована абсорбционная способность активированного угля и силикогеля. Воздух пропускается через слой порошкообразного абсорбента, очистка обычно протекает в так называемом «кипящем слое».

При значительных масштабах пайки свинцом или сплавами ПОС в воздухе, удаляемом местной вытяжкой, содержатся ощутимые количества аэрозоли свинца и его окислов. В ряде случаев этот воздух следует очищать перед его выбросом в атмосферу.

Аэрозоли свинца и его окислов хорошо улавливаются фильтрами очень тонкой очистки, например из волокнистой ткани ФПП или фильтровального картона типа ФМН. Но в воздухе, удаляемом от мест пайки, кроме аэрозолей свинца, содержатся еще конденсирующиеся пары флюсов. Эти пары, в частности смолистые, способны конденсироваться на поверхности ткани или картона и забивать их.

Для повышения долговечности фильтров тонкой очистки рекомендуется предварительно пропускать воздух через сетчатый

фильтр, на котором оседают конденсирующиеся пары. Схема подобной установки показана на рис. 17.

Сетчатый фильтр представляет собой рамки из уголков с натянутой на них мелкой сеткой (ячейки 2×2 мм). Живое сечение такой сетки составляет примерно 40—50% от габаритных размеров. При нагрузке на фильтр $3600 \text{ м}^3/\text{ч} \cdot \text{м}^2$, т. е. при

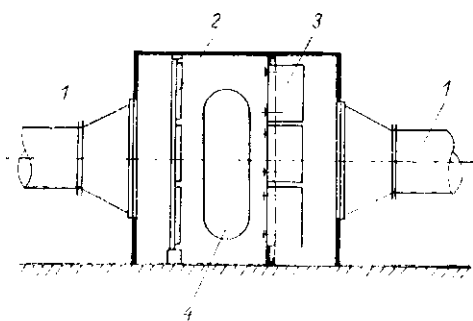


Рис. 17. Установка для очистки воздуха от аэрозолей свинца

1 — воздуховод; 2 — сетчатый фильтр; 3 — фильтр из ткани ФПП; 4 — дверь герметичная

скорости в живом сечении сетки около 2 м/сек , сопротивление фильтра в чистом состоянии равно примерно 3 кг/м^2 . По мере зарастания сетки оседающими веществами сопротивление ее повышается. При сопротивлении 10 кг/м^2 сетки должны быть заменены.

Приведенные данные следует рассматривать как ориентировочные, так как опыта эксплуатации подобных очистных установок пока не имеется.

Вопросы очистки воздуха от паров и газов довольно подробно изложены в книге В. Н. Ужова «Санитарная охрана атмосферного воздуха», к которой и отсылаем интересующихся.

§ 13. Рассеивание газов и пыли в атмосфере

Зная хотя бы приблизительно, в каком количестве выбрасываются вредности в атмосферу вентиляционными выхлопами, чрезвычайно существенно было бы установить законы их рассеивания в воздухе, окружающем промышленное предприятие. К сожалению, вопрос рассеивания пыли и газов в атмосфере освещен еще далеко не полностью. Исследования в этой области ведутся, но практические результаты пока не вполне удовлетворительны, по крайней мере, если речь идет не о технологических выбросах, а о вентиляционных.

Отметим существенную разницу между технологическими и вентиляционными выхлопами: во-первых, технологические выбросы, как правило, имеют значительно более высокие концентрации вредных веществ, во-вторых, эти выбросы осуществляются преимущественно высокими (порядка 60—100 м) трубами, сосредоточенно. Для технологических установок диаметр выхлопной трубы 5 м далеко не исключение, а для вентиляционных выбросов диаметр выхлопной трубы 1,5 м уже редкость, если не говорить, конечно, о централизованных вентиляционных выбросах крупными отдельно стоящими трубами, принимаю-

цими воздух из нескольких вентиляционных систем. Такие централизованные выбросы встречаются, в частности, в производстве искусственного шелка, где приходится наблюдать вентиляционные трубы диаметром 5 м и высотой 100 м. Но это исключение, лишь подтверждающее обычное правило: вентиляционные выхлопы всегда менее мощны и более низки, нежели технологические.

Для высоких труб и мощных струй технологических выбросов применительно к дымовым трубам тепловых электростанций разработаны «Указания по расчету рассеивания в атмосфере вредных веществ» СН 369--67.

Основная формула, предназначенная для определения максимальной концентрации вредностей в приземной зоне, пригодна лишь для труб высотой не менее 50 м, при количестве выбрасываемых газов не менее 20 м³/сек на одну трубу и при разности температур выбрасываемых газов и окружающего воздуха не менее чем 30° С. Из перечисленных условий видно, что для вентиляционных выбросов эта формула не предназначается. Ею можно пользоваться, конечно, но в ограниченных пределах и с относительной точностью расчета.

Кроме упомянутой формулы, для определения максимальной разовой приземной концентрации вредностей мы располагаем еще одной эмпирической формулой, точность расчета по которой также сомнительна. Речь идет о формуле, предложенной П. И. Андреевым и выведенной им на основе иностранных экспериментов и исследований в конце сороковых годов и несколько уточненной в настоящее время.

Формула Андреева для определения максимальной разовой концентрации вредностей в приземной зоне C_m в уточненной редакции имеет вид:

$$C_m = \frac{235M_T K}{2,5v_0 H^2} \text{ [мг/м}^3\text{]}, \quad (33)$$

где M_T — количество вредности, выбрасываемое из трубы (или нескольких труб), в г/сек;

v_0 — расчетная скорость ветра для наиболее неблагоприятного теплового периода в м/сек;

H — расчетная высота подъема выбрасываемой воздушной струи в м, равная высоте трубы h' (в м), плюс условная высота подъема вредностей при факельном выбросе h (в м);

K — коэффициент, учитывающий скорость осаждения вредностей; для газовых вредностей $K=1$, для пыли $K=2 \div 2,5$.

Максимальная концентрация вредностей наблюдается на расстоянии от источника (выброса), равном

$$X_m = 20H \text{ [м]}.$$

В некоторых случаях возможно пользоваться формулой, приведенной в СН 369—67. Для расчетной высоты подъема вредностей не менее 30 м при разности температур между выходящим и наружным воздухом, равной 10°С (что большей частью имеет место в вентиляционных выхлопах), и при объеме выбрасываемого воздуха не менее 25 000 м³/ч (около 7,0 м³/сек) упомянутая формула может быть представлена в следующем виде:

$$C_m = \frac{60 M_T K}{H^2} \sqrt[3]{\frac{1}{L}} \text{ [мг/м}^3\text{]}, \quad (34)$$

где M_T — количество вредности, выбрасываемое из трубы (или нескольких труб), в г/сек;

H — расчетная высота подъема выбрасываемой воздушной струи в м;

L — объем воздуха, выбрасываемый из трубы, в м³/сек;

K — коэффициент, учитывающий скорость осаждения вредностей; для газовых вредностей $K = 1$, для пыли $K = 2 \div 2,5$.

Цифровой коэффициент в числителе (60) соответствует метеорологическим условиям Европейской части СССР и скорости выхода воздуха из трубы в пределах от 15 до 25 м/сек. Для Азиатской части СССР указанный коэффициент равен 78.

Как и в предыдущем случае, максимальная концентрация вредностей наблюдается на расстоянии от источника, равном

$$X_m = 20H \text{ [м]}.$$

Рассчитаем по обеим формулам приземную максимальную концентрацию сернистого ангидрида (SO₂) при следующих условиях: объем выбрасываемого воздуха 36 000 м³/ч ($L = 10$ м³/сек); высота выброса $H = 40$ м; скорость ветра $v_0 = 3$ м/сек; количество сернистого ангидрида $M_T = 2$ г/сек; $K = 1$.

Вычисляем C_m :

по формуле Андреева

$$C_m = \frac{235 \cdot 2 \cdot 1}{2,5 \cdot 3 \cdot 40^2} \approx 0,04 \text{ мг/м}^3;$$

по формуле (34)

$$C_m = \frac{60 \cdot 2 \cdot 1}{40^2} \sqrt[3]{\frac{1}{10}} \approx 0,035 \text{ мг/м}^3.$$

В данном частном случае совпадение весьма близкое. Найденная концентрация SO₂ меньше допустимой разовой предельной концентрации, которая для сернистого ангидрида равна 0,5 мг/м³.

Рассмотрим другой пример с выхлопом из более низкой трубы при меньшей производительности: $L = 5$ м³/сек (18 000 м³/ч; $H = 30$ м; $v_0 = 3$ м/сек; $M_T = 1,5$ г/сек; $K = 1$.

Вычисляем C_M :
по формуле (33)

$$C_M = \frac{235 \cdot 1,5 \cdot 1}{2,5 \cdot 3 \cdot 30^2} \approx 0,052 \text{ мг/м}^3;$$

по формуле (34)

$$C_M = \frac{60 \cdot 1,5 \cdot 1}{30^2} \sqrt[3]{\frac{1}{5}} \approx 0,059 \text{ мг/м}^3.$$

Как видно, и в данном случае совпадение близкое.

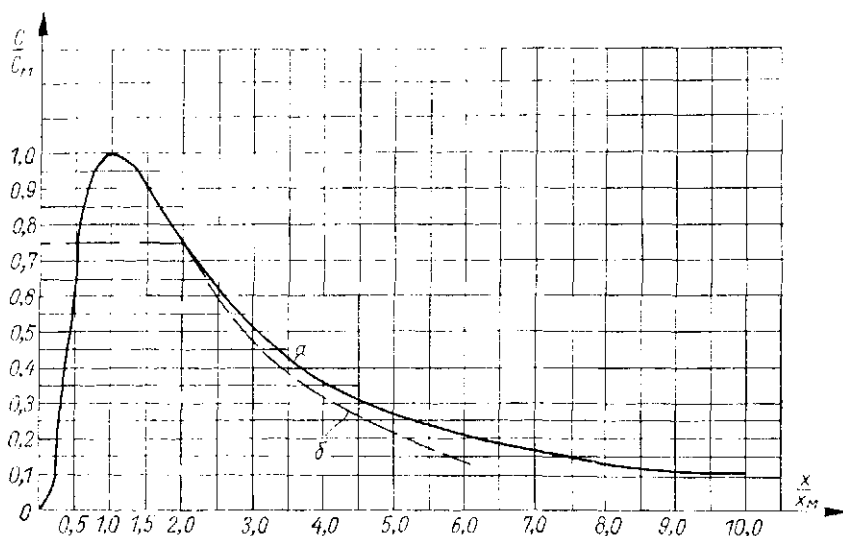


Рис. 18. График изменения приземной концентрации вредных веществ
а — кривая для газов; б — кривая для пыли

Анализируя формулы (33) и (34), можно отметить, что значение C_M в обеих формулах прямо пропорционально количеству выбрасываемой вредности M_T и обратно пропорционально квадрату высоты H . Кроме того, в формуле Андреева величина C_M обратно пропорциональна расчетной скорости ветра v_0 . В формуле (34) имеется иная, более сложная зависимость C_M от объема выбрасываемого воздуха L . При прочих равных условиях чем больше L , тем меньше значение C_M . Иначе говоря, приземная концентрация C_M тем меньше, чем меньше первоначальная концентрация вредных веществ в выбрасываемом воздухе.

Рассмотрим еще пример, для которого формула (34) не применима: при незначительной высоте выброса $H=18$ м и малой производительности вытяжной установки, равной 3600 м³/ч ($L=1$ м³/сек). Пусть $M_T=0,2$ г/сек и $v_0=3$ м/сек.

Вычисляем C_M :
по формуле (33)

$$C_M = \frac{2,35 \cdot 0,2 \cdot 1}{2,5 \cdot 3 \cdot 18^2} \approx 0,019 \text{ мг/м}^3;$$

по формуле (34):

$$C_M = \frac{60 \cdot 0,2 \cdot 1}{18^2} \sqrt[3]{\frac{1}{1}} \approx 0,037 \text{ мг/м}^3.$$

Как и следовало ожидать, в данном примере получилось расхождение почти в 2 раза.

Напомним, что ни формула Андреева, ни формула (34) не претендуют на точность. Вычисления приземной концентрации носят приближенный характер.

Обе формулы дают значения C_M на расстоянии $X_M = 20 H$ от источника выделения вредностей. Иногда бывает важно знать величину приземной концентрации C на некотором расстоянии X от источника вредности. Приводим график, заимствованный из СН 369—67 (рис. 18), на котором можно найти отношение $\frac{C}{C_M}$ в зависимости от отношения $\frac{X}{X_M}$.

Для первого рассматриваемого примера $X_M = 20 \cdot 40 = 800 \text{ м}$. Максимальная концентрация найдена $0,035 \text{ мг/м}^3$. Найдем приземную концентрацию на расстоянии $X = 1600 \text{ м}$ от источника вредности.

Отношение $\frac{X}{X_M} = \frac{1600}{800} = 2$. По графику рис. 18 находим

$$\frac{C}{C_M} = 0,75,$$

$$C = 0,75 \cdot 0,035 \approx 0,026 \text{ мг/м}^3.$$

Таким же образом можно найти приземные концентрации и на расстояниях меньших, чем X_M .

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ВЕНТИЛЯЦИЯ ПРИ БОРЬБЕ С ТЕПЛОМ И ВЛАГОЙ

§ 14. Вентиляция при борьбе с теплом

Тепловыделения в чистом виде, т. е. не сопровождаемые вредностями, хотя и редко, но встречаются. Примером могут служить помещения насосных и компрессорных, машинные залы, механические и прессовые цехи при работе без эмульсии и т. п.

Так называемые горячие цехи характеризуются тепловыделениями, которым сопутствуют газовыделения, а иногда и пылевыведения. Влажные цехи характеризуются совместным выделением тепла и влаги.

Рассматривая борьбу только с тепловыделениями, остановим внимание преимущественно на относительно небольших и чаще всего невысоких помещениях. Помещения эти могут вентилироваться как естественным путем — аэрацией, так и механически.

Местные отсосы в подобных помещениях не используются редко. Однако при интенсивных и сосредоточенных тепловыделениях применять их следует. Здесь могут найти применение сплошные кожухи, изолирующие необслуживаемую часть тепловыделяющего аппарата, а также зонты и завесы, особенно последние.

При установке над тепловыделяющей аппаратурой зонтов и завес принято считать, что от 40 до 75% всего выделяющегося тепла поступает под зонт или завесу. Меньшая цифра относится к зонтам, большая — к завесам.

Избыточным, или активным, теплом $Q_{\text{в}}$, действующим на температуру воздуха в помещении, будем называть разность между суммой тепловыделений, не локализуемых местными отсосами, и суммарными потерями тепла.

Конвективное тепло в значительной части удаляется из рабочей зоны естественным путем и относительно мало влияет на ее температуру; лучистое тепло в основном остается в рабочей зоне. Избыточное тепло, активно влияющее на температуру рабочей зоны, назовем $Q_{\text{н}}^{\text{р}}$. Тогда

$$Q_{\text{н}}^{\text{р}} = mQ_{\text{н}} \quad [\text{ккал/ч}], \quad (35)$$

где m — некоторый коэффициент, меньший единицы.

Формула для определения воздухообмена при общеобменной вентиляции при удалении тепла имеет вид:

$$L = \frac{Q}{0,24(t_{\text{уд}} - t_{\text{п}})} \quad [\text{кг/ч}], \quad (36)$$

где $t_{\text{уд}}$ — температура удаляемого воздуха;

$t_{\text{п}}$ — температура приточного воздуха.

В настоящее время применяется два способа определения воздухообмена по теплу. При одном из них оперируют с избыточным теплом, влияющим на температуру рабочей зоны; в расчетную формулу вводят коэффициент m и температуру рабочей зоны. При вентиляции по схеме «снизу — вверх», т. е. при введении приточного воздуха в рабочую зону и удалении воздуха из верхней зоны, при вытяжке части воздуха непосредственно из рабочей зоны (местный отсос, технологический

выброс) расчетная формула имеет вид:

$$L_{\text{в}} = \frac{m Q_{\text{н}}}{0,24 (t_{\text{р.з}} - t_{\text{н}})} - m L_{\text{р.з}} \quad [\text{кг/ч}], \quad (37)$$

где $L_{\text{в}}$ - количество воздуха, удаляемого из верхней зоны, в кг/ч;

$t_{\text{р.з}}$ - температура в рабочей зоне;

$L_{\text{р.з}}$ - количество воздуха, удаляемого из рабочей зоны, в кг/ч.

Суммарное количество воздуха, удаляемого из помещения, равно $L_{\text{с}} = L_{\text{в}} + L_{\text{р.з}}$ и может быть определено непосредственно из выражения

$$L_{\text{с}} = \frac{m Q_{\text{н}}}{0,24 (t_{\text{р.з}} - t_{\text{н}})} + (1 - m) L_{\text{р.з}} \quad [\text{кг/ч}]. \quad (38)$$

Коэффициент

$$m = \frac{t_{\text{р.з}} - t_{\text{н}}}{t_{\text{уд}} - t_{\text{н}}}, \quad (39)$$

где $t_{\text{уд}}$ - температура воздуха, удаляемого из верхней зоны. Она определяется выражением

$$t_{\text{уд}} = \frac{t_{\text{р.з}} - (1 - m) t_{\text{н}}}{m}. \quad (40)$$

Коэффициент m - опытная величина; условно считают, что он не зависит от расчетного периода.

При втором способе в расчет принимается все избыточное тепло $Q_{\text{н}}$ (за вычетом тепла, удаляемого непосредственно из рабочей зоны $Q_{\text{р.з}}$) и температура верхней зоны $t_{\text{уд}}$ (при схеме «снизу — вверх»). Расчетная формула для определения $L_{\text{в}}$ имеет вид:

$$L_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{н}} - Q_{\text{р.з}}}{0,24 (t_{\text{уд}} - t_{\text{н}})} \quad [\text{кг/ч}]. \quad (41)$$

Принимая объемную теплоемкость воздуха равной приблизительно 0,3, предыдущую формулу можно написать так:

$$L_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{н}} - Q_{\text{р.з}}}{0,3 (t_{\text{уд}} - t_{\text{н}})} \quad [\text{м}^3/\text{ч}]. \quad (42)$$

Если бы удавалось правильно определять величину m при первом способе или значение $t_{\text{уд}}$ при втором, то в обоих случаях расчет стал бы точным. Но и коэффициент m и температура уходящего из верхней зоны воздуха $t_{\text{уд}}$ точному определению не поддаются и находятся лишь опытным путем.

Коэффициент m можно было бы вычислить теоретически по формуле (39), если известна величина $t_{\text{уд}}$, но, как сказано, эта

величина довольно неопределенная и точному численному не поддается. Поэтому принимают значения m , полученные опытным путем и по аналогии.

В табл. 14, составленной по нормативным и литературным источникам, приведены рекомендуемые значения коэффициента m лишь для части производственных помещений.

Для горячих цехов, в которых тепло поступает преимущественно от промышленных печей, коэффициент m может не очень точно определяться в зависимости от отношения площади, занятой печами (или шпильными источниками интенсивного выделения конвекционного тепла), к общей площади пола помещения. В табл. 15 приведены данные для определения коэффициента m в зависимости от отношения площади теплоисточников f к площади пола F .

Таблица 14

Значения коэффициента m в зависимости от назначения помещения

Наименование помещения	Характеристика помещения и оборудования	Коэффициент m
1	2	3

Плавильные цехи

Печные пролеты	Высокое помещение, фонари, электропечи	0,5
Разливочные пролеты	Высокое помещение, фонари	0,4
Конвертерные пролеты	То же	0,4

Химические заводы

Насосные и компрессорные	Низкие помещения	0,8
Сушильные отделения	То же	0,5
Печные отделения	Высокие помещения, фонари, вращающиеся печи	0,5—0,6
Аппаратные отделения	Помещения средней высоты	0,6
Фильтровальные отделения	То же	0,5
Серникоислотные цехи	—	0,4
Реакторные отделения	—	0,35
Стеклоплавильные цехи	Помещения собственно печей	0,6

Прокатные цехи

Машинные залы станков, пролеты замедленного охлаждения	Высокое помещение	0,6
Помещения нагревательных печей	То же	0,5
Помещения прокатных станков	»	0,5—0,6

Алюминиевые заводы

Электролизные цехи	Помещения средней высоты	0,7—0,8
Цехи кальцинации	Высокое помещение, фонари	0,5—0,6

1	2	3
Металлообрабатывающие заводы		
Чугунолитейные цехи с расселяющим режимом	Помещения средней высоты	0,5
Конвейерные литейные	То же	0,5
Смешанные »	»	0,4
Выбивные отделения	—	0,4
Термические цехи	Помещения средней высоты	0,5
Кузнечные »	Высокое помещение, фонари	0,4
Газогенераторные	Второй этаж	0,6
Стале- и меднолитейные	Высокое помещение, электропечи	0,5
Литейные алюминия		0,4
Механические цехи	Помещения, средней высоты и ниже	0,7
Пищевые предприятия		
Пекарные залы хлебозаводов	Помещения средней высоты, фонари	0,6
Варочные отделения	Низкие помещения	0,6
Заводы общего приборостроения		
Механосборочные цехи и испытательные станции	Высокое помещение	0,7
Абразивные заводы		
Отделения спекания	Помещение средней высоты	0,5
» плавки электрокорунда и корунда	То же	0,3
Отделения остывания и разборки печей	»	0,5
Электротермические отделения	»	0,6
Отделения разборки и охлаждения	»	0,6
Литейные лаборатории	»	0,5

Таблица 15

Значения коэффициента m в зависимости от отношения $\frac{f}{F}$

Отношение $\frac{f}{F}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Величина m	0,3	0,5	0,65	0,75	0,8	0,9

Нужно иметь в виду, что значения коэффициента m , приведенные в табл. 11 и 15, являются средними величинами. Они могут изменяться в зависимости от расположения оборудования, способов подачи приточного воздуха, утепления кровли, количества и мощности возвратных струй и т. п.

В настоящее время взамен «Указаний по строительному проектированию предприятий, зданий и сооружений машиностроительной промышленности» СН 118—60 опубликованы СН 118—68, в которых (прилож. 1) представлены рекомендации для заводов всех профилей с подразделением на цехи и отделения схемы вентиляции, способы подачи и удаления воздуха и значения коэффициента m , определяющего долю тепла, влияющего на температуру воздуха в рабочей зоне.

При втором способе вся грудность состоит в правильном определении температуры воздуха, уходящего из верхней зоны.

Из формулы (11) следует

$$t_{уд} = t_n + \frac{Q_{в.з} - Q_{р.з}}{0,24L_{в}}$$

Чем больше величина $L_{в}$, тем меньше температура уходящего воздуха, и наоборот.

Для химических, пищевых и других предприятий по-прежнему пользуются общезвестной формулой температурного градиента. Так, для определения $t_{уд}$ в зависимости от $t_{р.з}$ и высоты помещения можно воспользоваться формулой

$$t_{уд} = t_{р.з} + \Delta(h - 2), \quad (43)$$

где h — высота помещения от пола до центра вытяжных отверстий в м;

Δ — температурный градиент на 1 м высоты в °С.

Величина Δ чисто эмпирическая и зависит от многих причин, в частности от способа подачи приточного воздуха. В обычных случаях для промышленных зданий величина Δ колеблется в пределах от 0,3 до 1. Только в редких случаях принимают значения Δ до 1,2. Для помещений с высотой менее 4 м повышение температуры по высоте можно не учитывать.

Еще недавно считали, что температурный градиент Δ не зависит от высоты помещения. Выходило, что чем выше помещение, тем более высокой получается температура удаляемого воздуха. Это неверно. Исследования показали, что при увеличении высоты помещения, при постоянных избытках тепла температура в верхней зоне несколько понижается. Это закономерно, так как температура восходящих тепловых струй уменьшается по мере удаления от источника тепла за счет подсоса окружающего воздуха. Температура уходящего воздуха $t_{уд}$ не может быть выше температуры тепловой струи на уровне вытяжных отверстий.

Так как темпы повышения температуры различны в зависимости от высоты, то при одинаковых избыточных тепловыделениях нарастание температуры происходит интенсивнее в низком помещении, чем в более высоком. Следовательно, при прочих равных условиях величина градиента Δ для низких помещений больше, нежели для высоких.

Кроме того, температурный градиент зависит от мощности и количества источников тепла (их «плотности»), от интенсивности циркуляции и от способа организации воздухообмена. При большой плотности источников тепла увеличивается количество тепловых струй, чем вызывается более оживленная циркуляция потоков. Вследствие этого происходит более интенсивный обмен между воздухом верхней и нижней зон и разность температур между рабочей и верхней зонами уменьшается. Иначе говоря, при большом количестве источников тепла величина градиента Δ уменьшается. Этим объясняется, в частности, малое значение температурного градиента для таких цехов, как электролизные, в которых источники тепла (горячие ванны) расположены почти по всей площади пола.

В одном и том же помещении температурный градиент бывает различен для разных точек помещения. Значения Δ , которыми пользуются при расчетах, надо рассматривать как некоторые усредненные величины.

Таблица 16

Расчетные значения температурного градиента

Теплона- пряжение в ккал/м ³ ·ч	Высота помещения h в м									
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
До 20	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,4	0,35	0,3	0,3
» 40	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,4	0,35
» 60	1	0,9	0,9	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6	0,5	0,4
» 80	1	0,9	0,9	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6	0,5	0,4
» 100	0,8	0,7	0,7	0,65	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,35
» 150	0,65	0,6	0,6	0,55	0,5	0,5	0,45	0,4	0,4	0,35

В табл. 16 приводятся значения температурного градиента Δ в зависимости от теплонапряжения в помещении и от высоты помещения. Приведенные цифры следует рассматривать как ориентировочные подлежащие уточнению в каждом частном случае, например в зависимости от расположения источников тепла. Табл. 16 составлена для рассеянного притока в нижнюю зону. При струйном притоке, направленном даже в рабочую зону, вследствие перемешивания воздуха градиент Δ резко уменьшается. В некоторых случаях он становится равным нулю.

Учитывая приближенность в определении воздухообмена,

возможно при вычислении тепловыделений описать с округленными цифрами.

В расчетные формулы для определения воздухообмена (41) и (42) входит величина $Q_{p.z}$, т. е. количество тепла, уносимое воздухом, удаляемым из рабочей зоны. Эта величина вычисляется по выражению

$$Q_{p.z} = 0,24L_{p.z}(t_{p.z} - t_n) \text{ [ккал/ч]}. \quad (44)$$

Значение $t_{p.z}$ принимается по нормам метеорологических условий для производственных помещений, приведенным в СН 245—63. Температура приточного воздуха в каждом частном случае выбирается проектировщиком, так как точных нормативов на нее нет. Обычно температура приточного воздуха принимается в зависимости от температуры рабочей зоны. При борьбе с тепловыделениями t_n всегда меньше $t_{p.z}$:

$$t_n - t_{p.z} = -\Delta t.$$

Для приточного воздуха, вводимого в рабочую зону, при устройстве аэрации принимают $\Delta t = 5 \div 8^\circ \text{C}$ для переходного периода и $\Delta t = 8^\circ \text{C}$ — для зимнего.

При механическом притоке подаваемом в рабочую зону, рекомендуются следующие величины Δt в $^\circ \text{C}$:

при подаче рассеянного притока с малыми скоростями:	
в отдалении от рабочих мест	7—10
вблизи рабочих мест	5—7
при подаче рассеянного притока со значительными скоростями (0,7—1,2 м/сек):	
в отдалении от рабочих мест	6—9
вблизи рабочих мест	4—6
при струйном притоке	10—12

Температуру приточного воздуха не рекомендуется принимать ниже $+14^\circ \text{C}$ при легкой работе и $+8^\circ \text{C}$ — при тяжелой.

При подаче воздуха в верхнюю зону температуру его можно принимать значительно ниже указанной, в зависимости от высоты и способа подачи. Величина Δt может достигать до 15—20 $^\circ \text{C}$.

Следует сказать несколько слов о температуре удаляемого воздуха при подаче приточного воздуха в верхнюю зону, т. е. при схемах вентиляции «сверху — вверх» и «сверху — вниз».

Вентиляции по схеме «сверху — вверх», хотя и редко, но применяется в промышленности, особенно при охлаждении приточного воздуха в теплый период года. Принцип «сверху — вниз» применяется очень редко, если, конечно, не говорить о кондиционировании.

При подаче воздуха в верхнюю зону сосредоточенно или рассеянно и извлечении его из верхней же зоны не приходится считаться с повышением температуры по высоте. Для данного случая градиент Λ равен нулю и $t_{y1} \approx t_{p.z}$. Однако возможны

исключения. При значительной величине Δt может случиться, что температура уходящего воздуха станет ниже температуры рабочей зоны: $t_{уд} < t_{р.з.}$. Но может быть и обратное явление, поэтому для схемы «сверху — вверх» наиболее надежно принимать $t_{уд} = t_{р.з.}$. Сказанное справедливо и для схемы «сверху — вниз».

При удалении избыточного тепла схема «сверху — вверх» невыгодна в сравнении с нормальной схемой «снизу — вверх». Это наиболее разительно для летнего периода, когда температура приточного воздуха равна наружной.

Приведем численный пример подсчета разности между $t_{уд}$ и $t_{п.}$ от которой зависит величина воздухообмена. Пусть дано помещение конвейерной литейной высотой 10 м. Для переходного периода принята температура рабочей зоны $t_{р.з.} = +22^\circ \text{C}$, температура приточного воздуха $t_{п.} = +16^\circ \text{C}$. Теплонапряжение в помещении $70 \text{ ккал/м}^3 \cdot \text{ч}$.

В соответствии с табл. 14 для данного случая коэффициент m равен в среднем 0,5. Следовательно, температура уходящего воздуха

$$t_{уд} = \frac{22 - (1 - 0,5) \cdot 16}{0,5} = 28^\circ \text{C},$$

т. е. разность $t_{уд} - t_{п.} = 28 - 16 = 12^\circ \text{C}$.

При подаче рассеянного притока в рабочую зону конвейерной литейной и вытяжке из верхней зоны температурный градиент может быть принят $\Lambda = 0,7$ (табл. 16). Тогда

$$t_{уд} = 22 + 0,7(10 - 2) \approx 28^\circ \text{C},$$

т. е. разность $t_{уд} - t_{п.} = 28 - 16 = 12^\circ \text{C}$.

В данном случае при обоих способах совпадение полное.

Определим потребный воздухообмен для печного отделения химического цеха в переходный период. Высота помещения $h = 16 \text{ м}$, $Q_{п.} = 500\,000 \text{ ккал/ч}$, $t_{р.з.} = 24^\circ \text{C}$, $t_{п.} = 14^\circ \text{C}$, $L_{р.з.} = 22\,000 \text{ кг/ч}$. Теплонапряжение $120 \text{ ккал/м}^3 \cdot \text{ч}$. Вентиляция по принципу «снизу — вверх».

По табл. 14 принимаем $m = 0,6$.

Тогда по формуле (37)

$$L_{в.} = \frac{0,6 \cdot 500\,000}{0,24(24 - 14)} = 0,6 \cdot 22\,000 \approx 112\,000 \text{ кг/ч}.$$

Суммарное количество воздуха

$$L_{с} = 112\,000 + 22\,000 = 134\,000 \text{ кг/ч}.$$

По второму способу по табл. 16 принимаем $\Lambda = 0,35$. Температура уходящего воздуха

$$t_{уд} = 24 + 0,35(16 - 2) \approx 29^\circ \text{C},$$

Определяем

$$Q_{в.} = 0,21 \cdot 22\,000(24 - 14) \approx 53\,000 \text{ ккал/ч},$$

Потребный воздухообмен получим по формуле (41)

$$L_v = \frac{500\,000 - 53\,000}{0,24(29 - 14)} \approx 124\,000 \text{ кг/ч.}$$

Суммарное количество воздуха

$$L_c = 124\,000 + 22\,000 = 146\,000 \text{ кг/ч.}$$

Как видно, разница небольшая.

По первому способу, пользуясь формулой (40), находим

$$t_{уд} = \frac{24 - (1 - 0,6) \cdot 14}{0,6} \approx 30 \text{ C,}$$

т. е. на 7°С больше, чем найденное раньше.

Рассмотрим еще один пример. В помещении компрессорной высотой 6 м выделяется только тепло. Пусть $Q_{п} = 100\,000 \text{ ккал/ч}$, $L_{р.з} = 6000 \text{ кг/ч}$ (засасывается из рабочей зоны компрессорами), $t_{р.з} = 24^\circ\text{C}$, $t_n = 16^\circ\text{C}$. Теплонапряжение $90 \text{ ккал/м}^3\text{ч}$. Вентиляция по принципу «снизу — вверх».

Определяем воздухообмен по первому способу с помощью формулы (37). Коэффициент $m = 0,8$. Тогда

$$L_v = \frac{0,8 \cdot 100\,000}{0,24(24 - 16)} = 0,8 \cdot 6000 \approx 37\,000 \text{ кг/ч.}$$

Температура уходящего воздуха

$$t_{уд} = \frac{24 - (1 - 0,8) \cdot 16}{0,8} \approx 26 \text{ C.}$$

Суммарное количество воздуха, удаляемое из помещения,

$$L_c = 37\,000 + 6000 = 43\,000 \text{ кг/ч.}$$

То же, по формуле (38):

$$L_c = \frac{0,8 \cdot 100\,000}{0,24(24 - 16)} = (1 - 0,8) \cdot 6000 + 43\,000 \text{ кг/ч.}$$

По второму способу определяем $Q_{р.з}$:

$$Q_{р.з} = 0,24 \cdot 6000(24 - 16) \approx 12\,000 \text{ ккал/ч.}$$

Для данного случая по табл. 16: $\Lambda = 0,7$. Тогда

$$t_{уд} = 24 + 0,7(6 - 2) \approx 26,5 \text{ C.}$$

Потребный воздухообмен L_v по формуле (41)

$$L_v = \frac{100\,000 - 12\,000}{0,24(26,5 - 16)} = 35\,000 \text{ кг/ч.}$$

Суммарное количество удаляемого воздуха

$$L_c = 35\,000 + 6000 = 41\,000 \text{ кг/ч.}$$

И здесь мы имеем близкое совпадение.

Во многих случаях, где это допускается нормами, для подогрева приточного воздуха подмешивают к нему внутренний воздух помещения в такой пропорции, чтобы смесь приобрела требуемую температуру приточного воздуха $t_{п}$.

При расчете смесительных рециркуляционных агрегатов (или приточных установок) пользуются следующими формулами смешения:

$$L_{см} = L_{н} \frac{t_{в} - t_{н}}{t_{в} - t_{п}}; \quad (45)$$

$$L_{н} = L_{см} \frac{t_{п} - t_{н}}{t_{в} - t_{н}}; \quad (46)$$

где $L_{см}$ и $L_{н}$ соответственно объемы смешанного и наружного воздуха в m^3/q ;

$t_{в}$ — температура внутреннего (рециркулирующего) воздуха в $^{\circ}C$;

$t_{н}$ — температура наружного воздуха в $^{\circ}C$;

$t_{п}$ — температура приточного (смешанного) воздуха в $^{\circ}C$.

При больших тепловыделениях желательно и в зимнее время подавать неподогретый приток естественным путем, например через фрамуги окон. Если помещение достаточно высокое и низ фрамуг находится на высоте 5—6 м от пола (не ниже 4 м), подача неподогретого притока обычно возражений не вызывает. В низких помещениях — 4 м и ниже — в виде исключения разрешается подача неподогретого притока на уровне не ниже 3 м от пола. Однако здесь необходимо принимать меры, предотвращающие непосредственное воздействие холодного воздуха на рабочих, например устройство козырьков у фрамуг, направляющих воздух вверх.

Расчет воздухообмена для борьбы с избыточным теплом производится для двух или трех периодов.

Наиболее показателен первый период — летний — при наружной температуре выше $+10^{\circ}C$. Расчет ведется для наружной температуры теплого периода года по параметрам А (СНиП II-Г. 7-62). Если приточный воздух поступает через раскрытые проемы (аэрация или же естественный приток и механическая вытяжка), то расчетная наружная температура $t_{н}$ является температурой приточного воздуха, т. е. $t_{н} = t_{п}$. Если же приточный воздух подается механически (обычно когда требуется фильтрация или охлаждение), то необходимо учитывать нагрев подаваемого воздуха в вентиляторе. Степень нагрева воздуха бывает различной — от 0,5 до $1,5^{\circ}C$. Можно принимать в среднем, что воздух нагревается в вентиляторе на $1^{\circ}C$.

Второй период — переходный, когда приточный воздух еще нуждается в подогреве (за исключением аэрации). При подаче подогретого воздуха производительность приточных систем рас-

считывается именно по переходному периоду, т. е. при наружной температуре $+10^{\circ}\text{C}$.

Третий период — зимний — при наружной температуре холодного периода по параметрам А. Расчет воздухообмена для этого периода выполняется не всегда. Обычно для зимнего периода принимается воздухообмен, определенный по переходному периоду.

§ 15. Вентиляция при борьбе с влагой

Как правило, влаговыделения сопровождаются тепловыделениями. Однако, если выделение влаги относительно велико, а сопутствующие тепловыделения незначительны, можно считать, что имеет место чистое влаговыделение. К таким случаям относятся, например, выделение водяных паров с больших поверхностей при невысокой температуре, прорывы пара в помещении, высыхание влажных материалов и т. п.

Как известно, из $I-d$ диаграммы угол наклона луча процесса к оси абсцисс, тангенс которого носит название углового коэффициента, зависит от отношения количества тепла, участвующего в процессе, к количеству влаги. Сказанное выражается следующей математической зависимостью:

$$\frac{Q}{G} = \frac{I_2 - I_1}{x_2 - x_1} = \frac{\Delta I}{\Delta x} = \psi = \text{const},$$

где Q — количество тепла, участвующее в процессе, в ккал/ч ;

G — количество влаги в кг/ч ;

I — теплосодержание влажного воздуха, равное

$$I = 0,24t + (595 + 0,47t)x \text{ [ккал/кг];}$$

x — влагосодержание пара на 1 кг сухого воздуха в кг ;

ψ — угловой коэффициент;

t — температура воздуха в $^{\circ}\text{C}$.

Трудно определить границу между чистым влаговыделением и совместным выделением влаги и тепла. Для практических целей можно условно считать чистым влаговыделением (пренебрегать сопутствующим тепловыделением) все случаи, характеризующиеся значением углового коэффициента $\psi < 700 \div 800$. Процессы, протекающие по лучу со значением углового коэффициента (углового масштаба), большим 800, нужно отнести к совместному выделению тепла и влаги.

Рассмотрим численный пример для случая выделения водяного пара с поверхности открытого чапа с кипящей водой. Пусть тепловыделения от стенок чапа и его зеркала ($f=2 \text{ м}^2$) составляют 3000 ккал/ч ; иных тепловыделений в помещении нет. Тепловые потери в переходный период 1000 ккал/ч . Местного укрытия нет.

Избыточное «явное» тепло, поступающее в помещение,

$$Q_{\text{я}} = 3000 - 1000 = 2000 \text{ ккал/ч.}$$

Количество пара, поступающее в помещение из расчета 50 кг/ч на 1 м² зеркала чана,

$$G = 50 \cdot 2 = 100 \text{ кг/ч.}$$

Скрытое тепло, поступающее в помещение с водяным паром, по формуле

$$I_{\text{п}} = 595 \cdot 0,47t \text{ ккал/кг,}$$

$$Q_{\text{п}} = (595 \cdot 0,47 \cdot 100) \cdot 100 \approx 64\,000 \text{ ккал/ч.}$$

Суммарное тепловыделение

$$Q_{\text{с}} = Q_{\text{я}} + Q_{\text{п}} = 2000 + 64\,000 = 66\,000 \text{ ккал/ч.}$$

Тогда угловой коэффициент

$$\psi = \frac{Q}{G} = \frac{66\,000}{100} = 660.$$

Таким образом, данный случай относится к чистому влаговыделению.

Отметим, что при отсутствии тепловыделений и теплопотерь значение углового коэффициента не может быть меньше 600. Если тепловые потери превышают тепловыделения, то $Q_{\text{я}}$ представляет отрицательную величину, что соответствует недостатку явного тепла в помещении, и угловой коэффициент приобретает значение меньше 600. Пусть в предыдущем примере теплопотери составляют 12 000 ккал/ч. Тогда $Q_{\text{я}} = -9000$ ккал/ч; $Q_{\text{с}} = 55\,000$ ккал/ч и угловой коэффициент равен 550.

Летом, когда потерь тепла нет, в помещениях, заполненных людьми, имеет место совместное выделение тепла и влаги. Количество явного тепла на одного человека 100 ккал/ч, количество водяных паров 55 г/ч. Угловой коэффициент

$$\psi = \frac{Q}{G} = \frac{100}{0,055} \approx 2450.$$

Выделение водяного пара при высоких температурах, например испарение с зеркала ванны при $t > 60^\circ\text{C}$ или при кипении, неизбежно сопровождается образованием тумана. При малых тепловыделениях, а особенно при недостатке явного тепла (теплопотери превышают тепловыделения), возникает вопрос о борьбе уже не с влагой, а с туманом.

Туман водяного пара — вредность, опасная для людей и строительных конструкций здания. Опасность для людей заключается главным образом в ухудшении и даже полном отсутствии видимости, что может повлечь за собой несчастные случаи. Особенно плотный туман образуется при недостатке тепла в нижней зоне помещения вблизи входов, окон и особенно при

крытых проемов. При недостаточной вентиляции в нижней зоне цехов неизбежно образуется густой туман.

Борьба с туманом затрудняется при отсутствии в помещении тепловыделений. Наоборот, при значительных тепловыделениях, создающих повышенную температуру у перекрытия, туман в верхней зоне не образуется. Местные туманообразования над источниками паровыделений растворяются в верхней зоне и уже не образуют «вторичного» тумана, сползающего в рабочую зону.

При малых тепловыделениях или отсутствии таковых, когда борьба ведется только с влагой, воздухообмен при общеобменной вентиляции определяется по предельно допустимой влажности воздуха. В большинстве случаев предельно допустимой считается относительная влажность до 70—75%. При одновременном выделении тепла и влаги, особенно когда тепловыделения значительны (угловой коэффициент более 1200), преобладающую роль играет избыточное тепло; влажность извлекаемого воздуха снижается до 30—50%. Оговоримся сразу, что при значениях ϕ порядка 2000 и выше влияние влаги почти не сказывается и вентиляция может рассматриваться как направленная на борьбу с теплом с известными оговорками, конечно, так как аэрация в зимний период вряд ли возможна.

При борьбе с влаговыделениями, особенно с туманообразованием, широко применяются местные отсосы всех типов. Наиболее выгоден в смысле расхода воздуха и наиболее совершенен в санитарном отношении кожух любого типа, полностью укрывающий очаг влаговыделения. В этом случае расход вентиляционного воздуха на 1 кг испаряемой влаги составляет обычно 15—20 кг.

Применяются при борьбе с влагой и бортовые отсосы, особенно при температуре жидкости в ванне более 70°С. Расход воздуха на 1 кг испаряющейся влаги составляет 50—70 кг.

Наиболее широкое применение при борьбе с влаговыделениями находят завесы. Значительно реже применяются индивидуальные зонты. Их рекомендуется применять только при температуре испарения 70—100°С, так как только тогда образуется устойчивый восходящий поток, состоящий из водяного пара и воздуха. Применение завес обуславливает относительно экономичную вентиляцию, при которой расход воздуха составляет 40—50 кг/кг.

Для локализации влаговыделений пригодны витринные укрытия и укрытия-козырьки. Их показатели аналогичны показателям кожухов и шкафов. Щелевидные отсосы и всасывающие панели применяются сравнительно редко, а отсосы-воронки почти не находят применения.

Укрыть и локализовать местными отсосами все источники влаговыделения большей частью не удастся. Как правило, вентиляция влажных цехов смешанная.

При борьбе с туманом и влагой путем местных отсосов допускают значительные «проскоки» вредностей в помещение. Влаговыделения, прорвавшись в помещение, либо растворяются приточным воздухом, компенсирующим местную вытяжку, либо дополнительно удаляются из верхней зоны.

При наличии местных отсосов типа кожухов, витрин и т. п. а также бортовых отсосов можно считать, что в рабочую зону помещения прорывается до 15—20% выделяющейся влаги. При устройстве завес прорывается 20—30% выделяющейся влаги, для зонтов — соответственно 30—35%.

Общеобменная вентиляция при борьбе с влагой и туманом, как правило, осуществляется по принципу «снизу — вверх». Во всяком случае, вытяжка всегда производится из верхней зоны. Приток подается или в рабочую зону с температурой, близкой к температуре помещения, — при отсутствии туманообразования, или в рабочую и верхнюю зоны — при борьбе с туманом.

При туманообразовании и недостатке тепла для естественного его растворения рекомендуется часть воздуха — не более $\frac{2}{3}$ — подавать в верхнюю зону с перегревом. Подача перегретого воздуха производится на высоте 4—5 м от уровня пола. При этом перегрев воздуха допускается до 35—40°С, если высота помещения около 6 м, и до 50—70°С — при большей высоте цеха. В некоторых случаях при неинтенсивном образовании тумана вместо подачи перегретого воздуха в верхней зоне помещения устанавливаются рециркуляционно-отопительные агрегаты или нагревательные приборы — обычно регистры из гладких или ребристых труб.

Для помещений высотой менее 4,5 м установка нагревательных приборов в верхней зоне является наиболее рациональным методом ликвидации образовавшегося тумана.

Сказанное относится к общеобменной вентиляции. Образование тумана в укрытиях, например у перекрытия под завесой, допустимо. Следует только заботиться об удалении образующегося конденсата. При устройстве завесы перекрытия, ограниченное ею, следует теплоизолировать и сделать паронепроницаемым.

Подача приточного воздуха в две зоны, причем в верхнюю с перегревом, применяется и при борьбе с влагой без туманообразования. Это делается с целью уменьшения объема общеобменной вентиляции, а также в тех случаях, когда в помещении наблюдается недостаток тепла. Повышение температуры уходящего из верхней зоны воздуха резко увеличивает его влагосмкость. Однако надо иметь в виду, что устройство двухзонного притока сильно усложняет вентиляционную установку.

Общеобменная вентиляция при борьбе с влаговыделениями наиболее невыгодна по расходу воздуха, который в этом случае составляет 130—150 кг/кг. При наличии перегретого притока расход воздуха уменьшается до 90—120 кг/кг.

Определение количества воздуха, удаляемого местными отсосами, производится аналогично изложенному при борьбе с токсическими вредностями. Разница заключается в значении расчетных скоростей.

Для кожухов всех видов и витринных укрытий скорость воздуха в рабочем проеме (а также в щелях и неплотностях) может приниматься:

при интенсивном выделении водяных паров с образованием тумана

$$v = 0,35 \text{ м/сек};$$

при менее интенсивном выделении водяных паров

$$v = 0,3 \text{ м/сек};$$

при незначительном парообразовании и относительно низкой ($< 50^\circ \text{C}$) температуре испарения

$$v = 0,15 : 0,2 \text{ м/сек}.$$

Для индивидуальных зонтов скорость в расчетном сечении следует принимать

$$v = 0,2 : 0,25 \text{ м/сек}.$$

В зависимости от температуры и интенсивности испарения: для больших завес

$$v = 0,1 : 0,18 \text{ м/сек};$$

для малых завес

$$v = 0,12 : 0,2 \text{ м/сек}.$$

Формула для определения воздухообмена при общеобменной вентиляции имеет вид:

$$L = \frac{nG \cdot 1000}{d_2 - d_1} \text{ [кг/ч]}, \quad (47)$$

где G — суммарное избыточное влаговыделение в помещении в кг/ч (за вычетом влагопоглощений);

d_2 и d_1 — влагосодержание уходящего и поступающего воздуха в г/кг;

n — коэффициент, учитывающий распределение влаги по помещению.

Величина d_1 зависит только от состояния наружной среды, так как при обработке воздуха его влагосодержание чаще всего не изменяется. Это величина вполне определенная. Что касается величины влагосодержания уходящего воздуха d_2 , то она зависит от его параметров — относительной влажности и температуры. Если по аналогии с тепловыделениями принимать в расчет лишь количество влаги, оказывающее влияние на состояние воздуха рабочей зоны, а величину d_2 принимать в соответствии с параметрами воздуха в ней (регламентируемыми санитарными

нормами), то коэффициент n будет выражать долю общего влаговыделения, остающуюся в рабочей зоне.

Рекомендуется принимать следующие значения коэффициента n :

при вентиляции с местными отсосами в рабочую зону подает только влага, вырывающаяся из укрытий, т. е.

$$n = 0,2 : 0,3;$$

при общеобменной вентиляции, естественном подъеме влажного воздуха к перекрытию и высоте помещения более 5 м

$$n = 0,6 : 0,8;$$

при общеобменной вентиляции и высоте помещения менее 5 м

$$n = 0,7 : 0,9;$$

при общеобменной вентиляции, подаче притока сосредоточенными струями и высоте помещения 4 м и меньше

$$n = 1.$$

Сказанное относится к вентиляции по схеме «снизу — вверх» при подаче неперегретого притока в рабочую зону. Во всех перечисленных выше случаях d_2 есть влагосодержание воздуха в рабочей зоне.

Рассмотрим численный пример. В помещении высотой 6 м, где воздух не перемешивается, надо удалить с помощью общеобменной вентиляции 200 кг/ч влаги. Тепловыделения незначительны, температура рабочей зоны $+18^\circ\text{C}$, относительная влажность 70%. Влагосодержание наружного воздуха при $t_{н} = +10^\circ\text{C}$ и $\varphi = 65\%$

$$d_1 = 5 \text{ г/кг.}$$

При заданных параметрах воздуха в рабочей зоне по диаграмме $I-d$ находим $d_2 = d_{р.з.} = 9,2 \text{ г/кг}$. Коэффициент $n = 0,65$.

Потребный воздухообмен

$$L = \frac{0,65 \cdot 200 \cdot 1000}{9,2 - 5} \approx 30\,000 \text{ кг/ч,}$$

т. е. расход воздуха на 1 кг выделяющейся влаги

$$\frac{30\,000}{200} = 150 \text{ кг/кг.}$$

При борьбе с влагой и туманом с подачей перегретого притока в верхнюю зону (или при установке нагревательных приборов у перекрытия) и вытяжкой из верхней зоны коэффициент $n = 1$. В этом случае $d_2 = d_{уд}$, т. е. в расчетную формулу подставляется влагосодержание не в рабочей зоне, а в верхней.

Относительную влажность в верхней зоне во избежание конденсации не следует принимать выше 80—85%. Температура

уходящего воздуха в значительной степени зависит от количества перегретого приточного воздуха и от температуры его перегрева. И то и другое вычисляется из теплового баланса с учетом тепловыделений и теплопотерь, а также затраты тепла на испарение тумана и на перегрев водяных паров. Последняя величина крайне неопределенна, так как трудно установить, в частности, какое количество влаги конденсируется и обращается в туман. Кроме того, при конденсации водяных паров с образованием тумана выделяется некоторое количество тепла.

Считается возможным принимать при расчетах, что конденсируется и обращается в туман около 30% всей выделяющейся в помещении влаги. Тепло, поступающее в воздух при конденсации, частично рассеивается; можно учитывать его в размере не более 50%. Тогда расход тепла на растворение тумана на 1 кг выделяющейся влаги составит

$$0,15 \cdot 630 \approx 100 \text{ ккал/кг.}$$

Пересчитаем предыдущий пример при условии, что 200 кг/ч пара выделяется с зеркала кипящей ванны. Тепловыделения в помещении примем 10 000 ккал/ч, теплопотери 30 000 ккал/ч. Приточный воздух в объеме 50% подается в рабочую зону с $t_{п} = +18^\circ \text{C}$. Остальной воздух подается в верхнюю зону перегретым.

Для поддержания теплового баланса надо ввести тепла:

- на компенсацию теплопотерь

$$30\,000 - 10\,000 = 20\,000 \text{ ккал/ч;}$$

- на испарение образовавшегося тумана

$$200 \cdot 100 = 20\,000 \text{ ккал/ч;}$$

всего

$$20\,000 + 20\,000 = 40\,000 \text{ ккал/ч.}$$

Коэффициент $n = 1$. Принимая температуру уходящего под перекрытием воздуха равной $+25^\circ \text{C}$ и относительную влажность 80%, по диаграмме $I - d$ находим

$$d_2 - d_{уд} = 16,3 \text{ г/кг.}$$

Потребный воздухообмен

$$L = \frac{1,0 \cdot 200 \cdot 1000}{16,3 - 5} \approx 18\,000 \text{ кг/ч,}$$

т. е. расход воздуха на 1 кг выделяющейся влаги

$$\frac{18\,000}{200} = 90 \text{ кг/кг.}$$

Следовательно, в верхнюю зону нужно подавать воздуха:

$$18\,000 \cdot 0,5 = 9000 \text{ кг/ч.}$$

Потребная температура воздуха

$$t_n = t_n + \frac{Q}{0,24L} = 18 + \frac{40\,000}{0,24 \cdot 9000} \approx 37 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Расчет воздухообмена при борьбе с влаговыделениями ведется по наиболее неблагоприятному переходному периоду, т. е. при наружной температуре $+10^\circ\text{C}$. Относительная влажность наружного воздуха принимается равной 60—65%. Полученный воздухообмен обычно сохраняют и для зимнего периода до наружной температуры, предусмотренной нормами для проектирования вентиляции, по параметрам L .

§ 16. Вентиляция при совместном выделении тепла и влаги

При значительных тепловыделениях туманообразования не наблюдается. В отдельных зонах помещения, где удельное тепловыделение почему-либо уменьшено, возможно местное образование тумана. В подобных случаях зоны пониженных тепловыделений должны рассматриваться обособленно от остального помещения. Вентиляция таких «холодных» зон решается по принципу борьбы с туманом, т. е. путем подачи перегретого притока в верхнюю зону.

Принципы вентиляции при совместном выделении тепла и влаги точно такие же, как и при наличии только влаги. Также широко применяются местные укрытия и отсосы, а вентиляция чаще всего бывает смешанной. Общеобменная и смешанная вентиляции осуществляются по принципу «снизу — вверх» или «сверху — вверх». Приток подается в рабочую и верхнюю зоны рассеянно или сосредоточенными струями.

Если при незначительных тепловыделениях и при отсутствии перегретого притока температура в верхней зоне помещения лишь незначительно отличается от температуры рабочей зоны, то при больших тепловыделениях картина резко меняется. Тепловые струи поднимаются к перекрытию и образуют под ним тепловую и влажностную «подушку» с параметрами воздуха, значительно отличающимися от параметров воздуха рабочей зоны. Разница температур в рабочей и верхней зонах при отсутствии перемешивания более разительна, чем при наличии только тепла. Объясняется это более высокой теплоизоляцией кровли влажных цехов. Сказанное справедливо только в том случае, если в помещении не образуется местных очагов туманообразования и не происходит растворения тумана теплым воздухом у перекрытия.

При высоких значениях ϕ — порядка 1500—2000 всегда следует использовать естественное нарастание температуры по высоте помещения. С этой точки зрения подача приточного воздуха сосредоточенными струями порой может оказаться невыгодной.

Определяя воздухообмен при общесообщенной вентиляции, следует считаться с параметрами воздуха в верхней зоне, а не в рабочей. Для подсчета воздухообмена, пользуясь приведенной выше формулой (47), следует коэффициент n принимать равным 1, а влагосодержание уходящего воздуха d_2 вычислять исходя из его параметров в верхней зоне.

При совместном выделении тепла и влаги параметры приточного и уходящего воздуха связаны между собой влажностно-тепловым балансом. При высоких значениях углового коэффициента ψ влажность удаляемого воздуха бывает сплошь и рядом значительно ниже допустимой по санитарным нормам. Другими словами, основным критерием, определяющим параметры уходящего воздуха, является не влажность, а температура.

Вот почему особое значение приобретает определение $t_{уд}$. Здесь может быть применена эмпирическая формула (43) с использованием температурного градиента Δ , значения которого можно принимать в указанных выше пределах. Не рекомендуется пользоваться при расчетах величиной Δ , большей 1.

Определять $t_{уд}$, пользуясь коэффициентами m (см. § 14), не следует тем более, что почти не имеется значений m для влажных цехов. Как и при борьбе с теплом, точно определить $t_{уд}$ возможно лишь экспериментальным путем. Если имеются данные о действительно наблюдаемых температурах в аналогичных цехах, лучше всего ими и воспользоваться. Но, к сожалению, эти данные чрезвычайно скудны и часто приходится использовать старую формулу с температурным градиентом.

На основании опыта по вентиляции гидрометаллургических (электролизных) цехов со значительными выделениями тепла и влаги установлено, что в помещении высотой до 5 м при движении в верхней зоне кран-балок температурный градиент едва достигает значения 0,5—0,6 при подаче приточного воздуха в рабочую зону. Для более высоких помещений градиент вряд ли будет больше. Заметим, что приводимые в некоторых курсах вентиляции и в некоторых нормах значения температурного градиента до 1,5 явно завышены.

Формула для расчета воздухообмена при общесообщенной вентиляции в случае совместного выделения тепла и влаги имеет вид:

$$L = \frac{(G + W) \cdot 1000}{d_{уд} - d_n} = \frac{(Q_n - Q_{p.з}) + GI'_n + Wt_n}{I_{уд} - I_n} \quad [кг/ч], \quad (48)$$

где W — количество влаги, испаряющейся за счет теплоты воздуха помещения, кг/ч;

t_n — температура воды, испаряющейся за счет теплоты воздуха, в °С;

$I_{уд}$ и I_n — полное теплосодержание уходящего и приточного воздуха в ккал/кг;

I'_n — теплосодержание пара при температуре испарения.

В самом общем случае из суммы полного влаговыделения $(G+W)$ следует вычесть количество влаги, уносимое воздухом, удаляемым из рабочей зоны.

Входящие в формулу (48) величины определяются графоаналитическим способом, используя диаграмму $I-d$ и изложенные выше соображения.

Угловой коэффициент φ можно выразить следующим образом:

$$\varphi = \frac{(Q_{\text{п}} - Q_{\text{р.з}})'}{G} \cdot \frac{G I_{\text{п}} + W t_{\text{п}}}{W} \quad (49)$$

Определив угловой коэффициент, строим луч процесса, проводя его через точку на диаграмме $I-d$ с известными нам параметрами для приточного или уходящего воздуха.

Приводим пример определения воздухообмена при совместном выделении тепла и влаги, из которого наглядно видна методика расчета.

Пусть требуется определить воздухообмен во влажном цехе для переходного и летнего периодов при следующих условиях: тепловыделения от оборудования и с зеркала ванн $Q=350\,000$ ккал/ч (на 1 м^3 40 ккал/ч); влаговыделение при $t \leq 60^\circ\text{C}$ $G=250$ кг/ч; тепловые потери в переходный период $Q_{\text{п}}=75\,000$ ккал/ч; высота помещения 7 м.

Мостовой кран используется только для ремонтных работ. Приточный воздух поступает в рабочую зону рассеянно, вдали от рабочих мест. Удаляется воздух из помещения при помощи шахт с дефлекторами. Испарения с пола нет. Работа легкая. Местные отсосы не применяются.

Определяем воздухообмен для переходного периода. Принимаем $t_{\text{р.з}} = +23^\circ\text{C}$ (тепловыделения значительные). Параметры наружного воздуха:

$$t_{\text{п}} = +10^\circ\text{C}; \quad \varphi = 65\%; \quad d_{\text{п}} = 5 \text{ г/кг.}$$

Избыточные тепловыделения

$$Q_{\text{п}} = 350\,000 - 75\,000 = 275\,000 \text{ ккал/ч.}$$

Температура приточного воздуха

$$t_{\text{п}} = 23 - 8 = 15^\circ\text{C.}$$

В данном случае с учетом значительных тепловыделений Δt принята равной 8°C .

Параметры приточного воздуха:

$$t_{\text{п}} = +15^\circ\text{C}; \quad d_{\text{п}} = d_{\text{п}} = 5 \text{ г/кг}; \quad I_{\text{п}} = 6,7 \text{ ккал/кг}; \quad \varphi = 48\%.$$

Определяем угловой коэффициент ($Q_{\text{р.з}}=0$; $I_{\text{п}}=595 + 0,47 \cdot 60 = 623$ ккал/кг; $W=0$)

$$\varphi = \frac{275\,000}{250 \cdot 623} \approx 1720.$$

Навостим на диаграмму $t-d$ (рис. 19) точку A , соответствующую состоянию наружного воздуха, и точку B для приточного воздуха после его нагрева в калорифере (процесс по линии AB). Через точку B проводим луч, соответствующий значению углового коэффициента 1720.

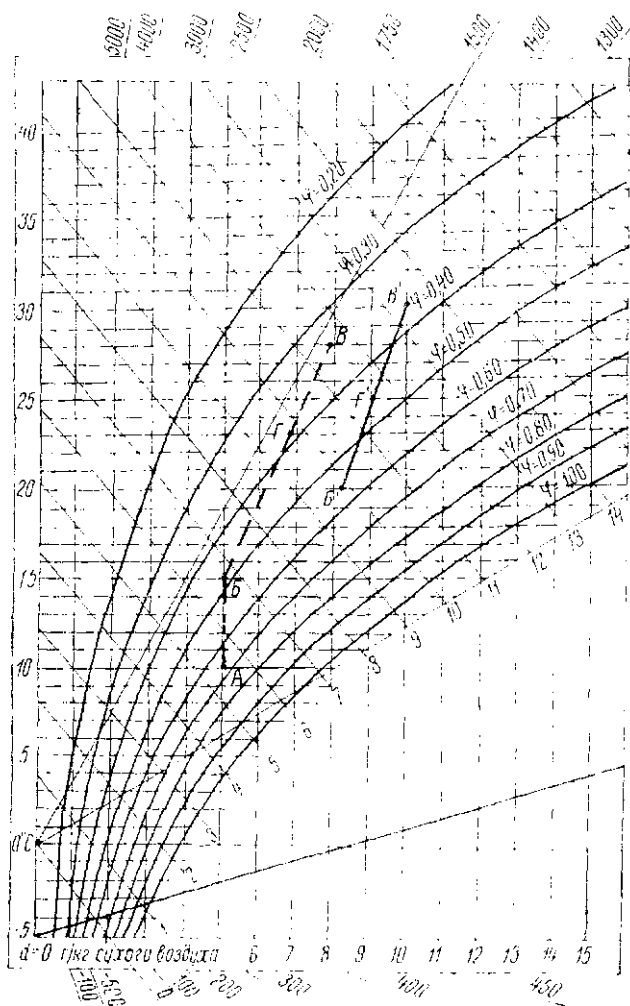


Рис. 19. Диаграмма $t-d$ к расчету воздухообмена

Для нахождения параметров воздуха, уходящего из верхней зоны, определяем его температуру.

Градиент Δ принимаем равным 1:

$$t_{\text{с}} = 25 + 1(7 - 2) = 28 \text{ C.}$$

На построенном луче откладываем точку B , соответствующую температуре $+28^\circ\text{C}$. Получаем параметры уходящего воздуха:

$$t_{\text{уд}} = +28^\circ\text{C}; \quad d_{\text{уд}} = 7,9 \text{ г/кг}; \quad I_{\text{уд}} = 11,6 \text{ ккал/кг}; \quad \varphi = 34\%.$$

Определяем по формуле (48) воздухообмен

$$L = \frac{250 \cdot 1000}{7,9 - 5} \approx \frac{275000}{11,6 - 6,7} \approx 87000 \text{ кг/ч}.$$

Точка Γ на луче процесса показывает состояние воздуха в рабочей зоне:

$$t = +23^\circ\text{C}; \quad \varphi = 38\%.$$

Как видно, влажность воздуха в рабочей зоне и уходящего ниже является допустимой. В данном случае превалирующую роль играют тепловыделения и ни о каком туманообразовании не может быть и речи.

Проведем расчет для летнего периода. Пренебрегая тепловыми потерями и солнечной радиацией, определяем угловой коэффициент

$$\psi = \frac{350000 + 250 \cdot 623}{250} \approx 2020.$$

Для летнего периода тепловыделения еще больше превалируют.

В данном случае параметры приточного воздуха заданы и являются параметрами наружной среды:

$$t_{\text{п}} = +20^\circ\text{C}; \quad \varphi = 57\%; \quad d_{\text{п}} = 8,2 \text{ г/кг}; \quad I_{\text{п}} = 9,8 \text{ ккал/кг}.$$

Наносим на диаграмму $I-d$ точку B' , соответствующую заданным параметрам, и через эту точку проводим луч $\psi = 2020$. Так как тепловыделения значительные, то принимаем

$$t_{\text{р.з}} = 20 + 5 = 25^\circ\text{C}.$$

Аналогично предыдущему находим

$$t_{\text{уд}} = 25 + 1(7 - 2) = 30^\circ\text{C}.$$

На построенном луче откладываем точку B' , соответствующую температуре $+30^\circ\text{C}$. Получаем параметры удаляемого воздуха:

$$t_{\text{уд}} = +30^\circ\text{C}; \quad d_{\text{уд}} = 10 \text{ г/кг}; \quad I_{\text{уд}} = 13,4 \text{ ккал/кг}; \quad \varphi = 37\%.$$

Определяем воздухообмен

$$L = \frac{250 \cdot 1000}{10 - 8,2} \approx \frac{350000}{13,4 - 9,8} \approx 139000 \text{ кг/ч}.$$

Точка Γ' даст параметры воздуха в рабочей зоне:

$$t = +25^\circ\text{C}; \quad \varphi = 45\%.$$

Заканчивая рассмотрение вентиляции при совместном выделении тепла и влаги, скажем несколько слов о ее конструктивном выполнении. Аэрация здесь не пригодна, особенно при преобладающих влаговыделениях. В большинстве случаев в холодный период приточная вентиляция механическая. Воздух, забираемый снаружи, или подогревается калориферами, или смешивается с внутренним рециркулирующим воздухом. Разумеется, это возможно лишь при значительных тепловыделениях.

Вытяжка воздуха при общеобменной вентиляции рекомендуется естественная — шахтами с дефлекторами. При этом следует отвести из шахт конденсат. От местных укрытий вытяжка, как правило, механическая.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

ВЕНТИЛЯЦИЯ ПРИ БОРЬБЕ С ПЫЛЬЮ

§ 17. Общие соображения по вентиляции помещений с пылевыведениями

Борьба с производственной пылью наиболее эффективна, если она ведется комплексно, с применением технологических и санитарных мероприятий. К технологическим относятся мероприятия, способствующие уменьшению пылеобразования или вовсе уничтожающие его. Например, замена сухого помола мокрым полностью ликвидирует пылеобразование. Применение взамен механического транспортирования (шнеки, элеваторы, ленточные транспортеры и т. п.) пневмотранспорта или гидротранспорта значительно снижает пылеобразование и облегчает борьбу с пылью. Предварительная мойка измельчаемых материалов также способствует уменьшению пылеобразования при дроблении и помолу.

Мероприятием, в отдельных случаях дающим чрезвычайно высокий эффект по уменьшению пылеобразования при «сухом» процессе, является увлажнение, при котором обрабатываемый продукт не теряет свойств, присущих «сухому» продукту, — определенной крупности частиц и сыпучести. Материал, увлажненный до 4—10%, обрабатывается и транспортируется методами, применяемыми для материала неувлажненного. Дробление и помол, смешение и взвешивание, классификация и транспортировка производятся без применения воды, но увлажненный материал в значительной степени теряет способность к пылеобразованию.

Линь, в первую очередь успешно борется с пылью одним только гидрообеспыливанием. Под этим надо понимать увлажнение материала и подавление пылевого облака с помощью распыленной воды или водяного тумана. Сюда же следует отнести также туманообразование в помещении, мокрую уборку пыли, дождевание, поддержание пола в постоянно влажном состоянии и иные аналогичные мероприятия, связанные с применением воды.

Чаще всего борьба с промышленной пылью ведется совместным воздействием вентиляции, гидрообеспыливания и иных мер. В частных случаях, когда гидрообеспыливание невозможно по условиям технологии, борьба с пылью производится преимущественно средствами вентиляции и технологическими мерами.

Вентиляция при борьбе с пылью, как правило, устраивается приточно-вытяжной. Приточная вентиляция организованная — механическая или при помощи аэрации. В пыльных цехах редко наблюдаются значительные тепловыделения; естественный приток для компенсации вытяжки применяется сравнительно редко (исключая местности с высокой наружной температурой). Наиболее типична для пыльных помещений механическая приточная вентиляция с подогревом воздуха в холодный период.

Под аспирацией подразумевают пылеотсасывающую вентиляцию, имеющую специфические особенности и удаляющую воздух, содержащий значительные количества пыли (свыше 1000 мг/м^3). Пылеудаляющая вентиляция, не имеющая наклонных воздуховодов, обычно аспирацией не именуется, хотя и имеет с ней много общего.

Аспирация встречается в дробильных, размольных, литейных, химических и металлургических цехах, а также в составных цехах стекольных предприятий. Эти цехи, как правило, имеют большую высоту и характеризуются отсутствием этажей (имеются только рабочие площадки), вследствие чего аспирационные системы могут выполняться с наклонными воздуховодами. В подобных цехах аспирация часто комбинируется с гидрообеспыливанием.

Пылеудаляющая вентиляция находит применение в производствах со средней и малой интенсивностью пылеобразования. К таким относятся механические и отделочные цехи, некоторые цехи химических производств и т. п. Здесь здания обычно имеют деление на этажи, высота помещений не более 5 м, прокладка наклонных воздуховодов часто невозможна. При незначительном содержании мелкой и относительно легкой пыли воздуховоды прокладываются горизонтально. Сюда же можно отнести пылеудаление из укрытий, где возникает незначительное пылеобразование: здесь концентрация пыли в удаляемом воздухе настолько ничтожна, что воздух выбрасывают наружу без очистки.

Вентиляция направлена на борьбу с первичным пылевыделением, являющимся следствием технологического процесса.

Именно этот источник запыленности нас и интересует. Однако возможность вторичного пылеобразования накладывает определенное условие на приточную вентиляцию пыльных помещений. Нужно отметить, что приточный воздух в пыльные помещения всегда подается рассредоточенно с малыми скоростями. О подаче сосредоточенного притока здесь говорить не приходится.

Подача приточного воздуха в верхнюю зону диктуется преимущественно недопустимостью взмучивания пыли, оседающей на пол и строительные конструкции. Из сказанного вытекает правило: располагать приточные воздуховоды нужно таким образом, чтобы выходящий воздух не препятствовал естественному оседанию пыли не только на пол, но и на строительные конструкции, откуда пыль убирается мокрым способом или с помощью пылесосов. В пыльных помещениях вполне приемлемы перфорированные воздуховоды и панели.

Способность пыли длительное время витать в воздухе, особенно при наличии воздушных потоков, чрезвычайно затрудняет борьбу с ней. Всякое взмучивание уже осевшей пыли — струями воздуха или ногами при хождении по покрытому пылью полу — крайне нежелательно. Практика показывает, что плохо организованная сухая уборка пыльного помещения иногда вдвое увеличивает его запыленность. Это крайний случай, но увеличение запыленности даже на 20—30% за счет взмучивания осевшей пыли отнюдь не приводит к улучшению самочувствия людей. Отметим попутно, что в спокойном воздухе частица минеральной пыли размером в 1 мк оседает со скоростью около 25 см/ч. В воздухе же промышленного помещения, где неизбежны те или иные потоки, частицы пыли размером 2 мк и более могут относительно долго витать, например в дробильных цехах пылинки размерами до 3 мк почти не оседают.

Если пол постоянно влажный, что рекомендуется для дробильных и аналогичных им цехов, опадает опасность взмучивания пыли как струями воздуха, так и ногами. При этом условии подача приточного воздуха в рабочую зону равномерно с малыми скоростями не вызывает никаких отрицательных явлений. Допустимость поступления приточного воздуха в летнее время в рабочую зону (на уровне 0,7 м от пола) при постоянно влажных полах отмечена в СН 155—61. Возможно в некоторых случаях подавать приточный воздух в рабочую зону и в холодный период года механической вентиляцией (с малыми скоростями) при условии постоянно влажного пола и подачи воздуха в значительном удалении от очагов пылеобразования.

В борьбе с пылью часто игнорируется одно из существенных ее свойств — токсичность. В современных производствах, помимо силикозной пыли, которую также можно отнести к токсической, встречаются пыли с ярко выраженной ядовитостью, как, например, свиней и его окислы, соединения ртути, мышьяковистый ангидрид и т. п. Борьба с подобными пылями

резко усложняется; становятся актуальными специфические условия борьбы с токсическими газами и, особенно, аэрозолями. Порой бывает трудно провести четкую грань между пылью и аэрозолем.

Рассмотрим вопрос о подаче приточного воздуха при токсических пылях.

Первое правило — подавать воздух в зоны наименьшего загрязнения — может быть соблюдено при выпуске приточного воздуха и в верхнюю и рабочую зоны. Здесь важно установить, в какой зоне запыленность больше. На первый взгляд кажется, что в нижней, ибо пыль оседает. Однако, если в помещении имеются восходящие тепловые потоки, пыль, особенно мелкая — самая активная и опасная для человека, — выносится вверх и создает в верхней зоне наибольшие концентрации.

Второе правило — подавать чистый воздух в зону дыхания — тоже существенно при токсических пылях. Но зона дыхания — это рабочая зона. Об этом следует помнить и при вентиляции пыльных помещений.

Нельзя механически пользоваться указаниями санитарных норм при вентиляции помещений с токсическими пылевыделениями. Места подачи приточного воздуха должны выбираться с учетом вышесказанного, на основе тщательного анализа явлений, происходящих в воздушной среде. Как правило, часть приточного воздуха должна подаваться и в рабочую зону, в места наименьшего загрязнения. В подобных помещениях полы должны быть постоянно влажными. При токсических пылевыделениях и наличии постоянных рабочих мест может оказаться целесообразной подача приточного воздуха с помощью воздушных душей.

Проектирование пылеотсасывающей вентиляции и аспирации должно базироваться прежде всего на знании проектировщиком технологического процесса. Где, отчего, при каких условиях возникает образование пыли, каковы ее качества (крупность, смазываемость, химический состав), — эти вопросы должны быть изучены проектировщиком в первую очередь. Проектировщику должны быть известны явления, происходящие при данном пылеобразующем процессе: зоны повышенного давления в укрытии, направление пылевого факела, воздушные токи возле источника пылеобразования. Только в этом случае можно создать рациональную конструкцию пылеприемника или укрытия. Дать какие-либо конкретные рекомендации здесь невозможно. Поэтому выскажем только некоторые принципиальные соображения, касающиеся аспирации наиболее часто встречающегося и наиболее исследованного технологического оборудования.

Щековые дробилки создают значительное пылеобразование, преимущественно в месте выхода дробленого материала. Зев дробилки пылит мельше. Обычно дробленый материал поступает на ленточный конвейер, на котором устанавли-

вается укрытие с боковыми вентиляруемыми камерами типа СИОТ. Из этого укрытия производится отсос воздуха. Верхняя часть дробилки снабжается емким аспирируемым укрытием. Одна из возможных конструкций укрытия показана на рис. 20.

Укрытие опирается на станину дробилки. При пневмогидрообеспыливании распыляющая форсунка помещается внутри укрытия. У входа материала в укрытие устанавливается резиновый фартук, доходящий до слоя материала. Аспирационная

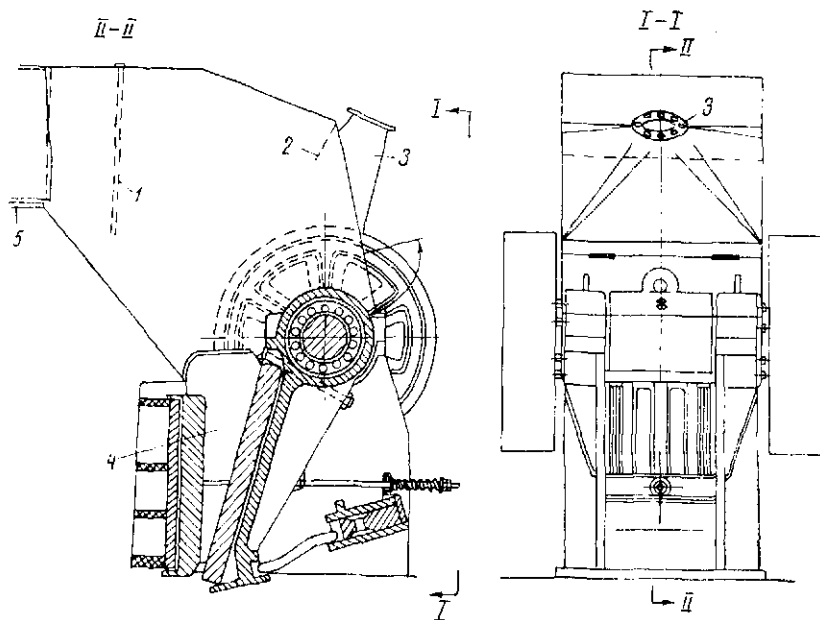


Рис. 20. Аспирируемое укрытие верха щековой дробилки

1 - фартук; 2 - шпигол; 3 - аспирационная форсунка; 4 - дробилка; 5 - штатив

воронка присоединяется к несъемной стенке укрытия; перед воронкой устанавливается отбойный щиток.

Конусные дробилки также дают наибольшее выделение пыли в разгрузочной части, где создается положительное давление за счет поступления материала в кольцевой зазор. Из дробилки материал поступает обычно на ленточный конвейер, снабжаемый укрытием типа СИОТ, аспирацией которого достигается обеспыливание места выхода материала. При пневмогидрообеспыливании, как и у щековых дробилок, в укрытии типа СИОТ устанавливаются форсунки-распылители. Загрузочная часть дробилки (се верх) вылит меньше. Однако и здесь необходимо укрытие с аспирацией его, иногда с установкой пневмораспылителя. Укрытие обычно делается емким и разборным для

удобства обслуживания дробилки и должно быть максимально герметизировано: зазор между днищем укрытия и верхним поясом (воротником) дробилки не должен превышать 20—30 мм. В крышке укрытия предусматриваются герметичные люки для осмотра.

Трубчатые мельницы обычно имеют центральную загрузку и разгрузку через полую ось. Выбивание пыли может происходить через неплотности, особенно в местах присоединения загрузочной и разгрузочной течек. Для аспирации кожуха трубчатой мельницы производится отсос от ее загрузочной части, а иногда и от разгрузочной. В некоторых случаях трубчатые мельницы размещают (за исключением привода и питателя) в специальных камерах со звукоизолирующим ограждением, из которых производится отсос воздуха. В этом случае разгрузочная часть мельницы может не аспирироваться.

Шаровые мельницы обычно с центральной загрузкой и периферийной разгрузкой заключаются в кожухи, из которых производится отсос воздуха. Аспирационная воронка помещается в верхней части кожуха. От разгрузочной точки отсос не предусматривается; аспирируется обычно элеватор или шнек, куда поступает материал из точки.

Грохоты — качающиеся, вибрационные и барабанные — создают значительное пылеобразование. Иногда пылеобразование удается уменьшить за счет гидрообеспыливания, но укрытие грохотов и их аспирация, как правило, необходимы. Наилучший результат обеспыливания грохотов дает заключение их в сплошные емкие укрытия полуразборного типа. Укрытия имеют патрубki для присоединения течек и рабочие проемы с дверками для обслуживания и смены решеток. Одна из конструкций аспирируемого укрытия виброгрохота показана на рис. 24.

Питатели всех видов, магнитные сепараторы, автовесы снабжаются сплошными кожухами, часто заводского изготовления, из которых производится отсос воздуха. Тарельчатые питатели иногда аспирируются за счет укрытий последующего технологического оборудования. При больших диаметрах (выше 1,5 м) тарельчатые питатели укрываются лишь частично — в месте сброса материала, откуда и производится отсос воздуха.

Молотковые дробилки и дезинтеграторы рекомендуется снабжать обводными трубами, соединяющими загрузочные и разгрузочные точки. Это делается для понижения давления в нижней части машины, создаваемого за счет их вращающихся частей. Обеспыливание молотковых дробилок обычно достигается аспирацией укрытий типа СИОТ, которые устанавливаются на конвейерах, принимающих раздробленный материал. Обеспыливание дезинтеграторов производится аспирацией их разгрузочной части (шпа). Воздух отсасывается от самой точки или из башмака элеватора, а иногда из емкости, в которую поступает размолотый материал.

Мельницы и мешалки с периодической загрузкой и разгрузкой обычно целиком заключаются в кожухи, из которых отсасывается воздух. Кожухи имеют рабочие проемы — открытые или снабженные дверками. Аспирационные воронки размещаются в нижней части кожуха, с противоположной стороны по отношению к рабочим проемам.

Обеспыливание скиповых подъемников достигается аспирацией укрытий нижней и верхней частей подъемника. В нижней

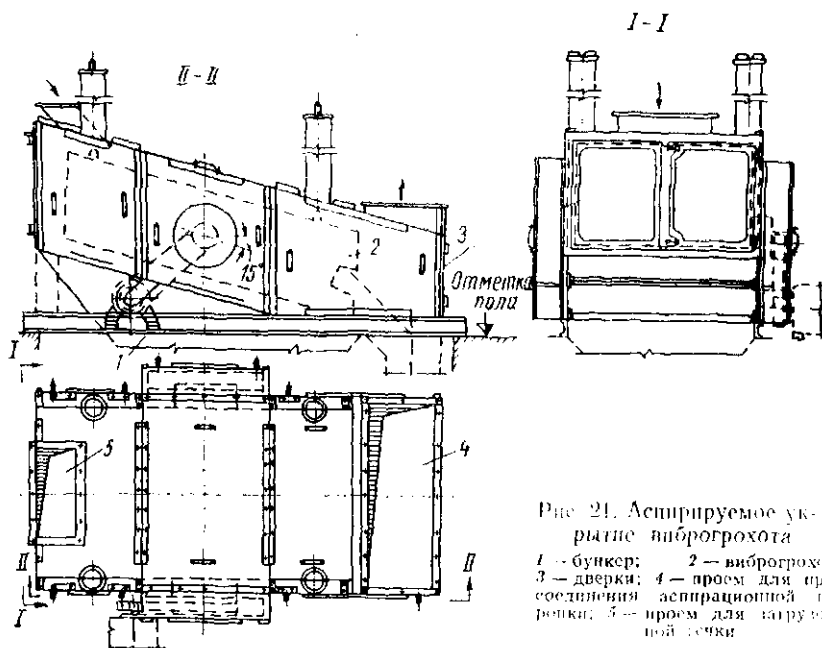


Рис. 21. Аспирируемое укрытие виброгороха

1 — бункер; 2 — виброгорох;
3 — дверки; 4 — проем для присоединения аспирационной воронки; 5 — проем для загрузки

части уплотняется перекрытие скиповой ямы, где иногда размещается питатель; к этому перекрытию герметически присоединяется нижний кожух. Укрывающий верхнюю часть подъемника кожух соединяется с разгрузочной точкой. Иногда при незначительной высоте весь подъемник укрывается силосным кожухом. Тогда аспирационные воронки устанавливаются на перекрытии скиповой ямы, а в некоторых случаях — и в верхней части кожуха. Нужно отметить, что агрегаты, загружаемые с помощью скиповых подъемников, также должны аспирироваться.

Едва ли не самыми пыльными местами являются приемники для раздробленных материалов на ленточных конвейерах, а также пересыпки с ленты на ленту. Даже примененные усовершенствованные укрытия с вентилируемыми боковыми камерами типа СИОТ (рис. 10) не предотвращает порой выбивания пыли.

Особенно интенсивное пылеобразование наблюдается при разгрузке на ленточный конвейер раздробленного материала из щековых, конусных, молотковых и иных дробилок. Аспирация укрытий в местах разгрузки дробилок — одна из наиболее ответственных задач борьбы с запыленностью помещений.

Во всех случаях, когда это возможно, рекомендуется в дополнение к аспирации разгрузочных частей дробилок и пересылок с ленты на ленту применять пневмогидрообеспыливание. Пневмораспылители устанавливаются внутри укрытия с направлением факела навстречу движению материала.

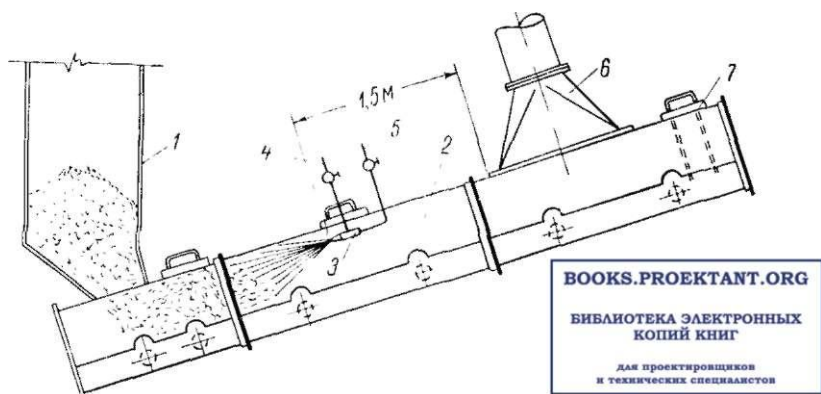


Рис. 22. Установка пневмораспылителя в укрытии

1 — лентка; 2 — укрытие типа СИОТ; 3 — пневмораспылитель; 4 — трубопровод для воды; 5 — трубопровод сжатого воздуха; 6 — аспирационная воронка; 7 — уплотняющие фартуки

На рис. 22 схематично показана установка пневмораспылителя типа «Иргиредмет» с верной насадкой в укрытии типа СИОТ. Факел направлен навстречу потоку материала.

При установке пневмораспылителей непосредственно в укрытии происходит малозаметное увлажнение материала и довольно значительное увлажнение отсасываемого воздуха.

Увлажненная пыль и увлажненный воздух, отсасываемый при гидрообеспыливании, способствуют зарастанию воздухопроводов аспирационной системы. Влажный воздух легко выделяет конденсат, влажная пыль имеет тенденцию слипаться. Поэтому при гидрообеспыливании необходима более частая и тщательная прочистка воздухопроводов; до пылеуловителей они делаются минимальной длины. Кроме обычных лючков для прочистки рекомендуется проектировать быстроразборные соединения отдельных звеньев воздухопроводов, особенно у колен и ответвлений.

Кроме укрытых и аспирируемых основных очагов пылеобразования (т. е. пересылок материала), на ленточных конвейерах имеются еще добавочные источники пыли, ликвидировать которые вентиляционными средствами невозможно. Речь идет о про-

сыпанию пыли, прилипшей к холодной ветви ленты, а также о размалывании материала между лентой и барабанами, лентой и роликами. С этими пылевыведениями можно бороться только технологическими мероприятиями.

Остановимся на некоторых особенностях устройства аспирационных систем.

Системы аспирации при большом количестве отсасываемой пыли и особенно при одновременном наличии гидрообеспыливания характеризуются тремя основными чертами:

короткие и проложенные по кратчайшему расстоянию воздуховоды;

отсутствие или минимальное количество горизонтальных участков (воздуховоды, как правило, вертикальные или проложенные с уклоном в 45—60° к горизонтали);

количество обслуживаемых местных отсосов — от одного до шести (аспираторная система с количеством отсосов более шести — уже исключение).

В системах пылеудаляющей вентиляции, например от полировочных станков, воздуховоды чаще всего прокладываются горизонтально и параллельно стенам помещения. Может быть десять и даже больше местных отсосов на одну систему. Однако и здесь рекомендуется децентрализовать вентиляционные системы, так как это удобнее в эксплуатации и более надежно с точки зрения увязки потерь напора в отдельных ветвях воздуховодов.

Любая аспираторная система имеет устройства для очистки воздуха от пыли. Очистные устройства могут быть одно- и многоступенчатыми, с мокрым и сухим процессом. Обычно считают, что при содержании пыли в удаляемом воздухе в количествах более 5000 мг/м³ необходима двухступенчатая очистка.

При токсических пылях к выбору пылеочистных устройств надо подходить с особой тщательностью не только потому, что требуется более глубокая очистка (до 99,5%), но и потому, что здесь очень существенно рациональное удаление уловленной пыли. При сухом пылеулавливании разгрузка пылеуловителя и транспортировка пыли всегда связаны с дополнительным пылением, которое в некоторых случаях приходится локализовать местными отсосами.

При нейтральной пыли добавочное пылевыведение, хотя и неприятно для обслуживающего пылеуловителя персонала, но неопасно. Иначе обстоит дело при токсической пыли. Применяя сухую очистку, надо всемерно механизировать и герметизировать процесс разгрузки и транспортировки пыли.

Не касаясь пока объемов удаляемого аспирацией воздуха, отметим необходимость особой герметизации очагов пылеобразования при токсической пыли. Закрытые транспортные средства — элеваторы, шнеки и т. п. — должны иметь максимально уплотненные кожухи, герметично соединенные с точками.

Пересыпки на конвейерах, если таковые имеются, должны обязательно снабжаться укрытиями с боковыми камерами типа СИОТ. В местах выхода материала из дробилок, помимо установки укрытий СИОТ, рекомендуется дополнительно капселировать течку, укрытие и часть транспортера путем создания камеры под дробилкой, из которой дополнительно производится отсос воздуха. Подобная вторичная капселиция показана на рис. 9.

Транспорт пылящих материалов при токсических пылях лучше всего осуществлять пневматическим путем.

Воздуховоды аспирационных систем, удаляющих токсическую пыль, должны быть проложены вертикально или с максимальным наклоном; скорости в воздуховодах принимаются по возможности наибольшими. Чем реже потребуется чистить воздуховоды (при токсических пылях это операция сложная), тем лучше.

При токсических пылях во всех возможных случаях следует применять гидрообеспыливание параллельно с аспирацией.

Для обеспыливания аппаратов, имеющих сплошные кожухи без проемов (мешалки, элеваторы, шнеки и т. п.), необходимо создавать в них значительный вакуум. Ливень в этом случае будет обеспечено невыбивание пыли через щели, что особенно существенно при токсических пылях.

Принимая скорость воздуха, подсасываемого через неплотности кожуха, 4 м/сек для относительно безвредных пылей и до 8 м/сек для пылей токсических и оценивая коэффициент местного сопротивления уплотненной щели значением $\xi = 3$, получим величину необходимого вакуума в кожухе в пределах от 3 до 12 кг/м².

При расчете аспирационных систем рекомендуется учитывать вакуум в аспирируемой аппаратуре в размере не менее 5 кг/м² для обычных пылей и 10—15 кг/м² — для пылей токсических.

Скорости воздуха в воздуховодах аспирационных и пылеудаляющих систем обычно назначают в соответствии с указаниями СН 7—57. Однако практика последних лет показала, что указанные скорости занижены. Рассчитанные по этим данным аспирационные системы засоряются осаждающейся в них пылью. Рекомендуется при проектировании аспирации принимать скорости воздуха, приводимые в табл. 17.

Вопрос о том, из какого материала выполнять аспирационные воздуховоды, до настоящего времени является спорным. В большинстве случаев эти воздуховоды изготавливаются круглого сечения из тонколистовой стали. Впрочем, нет никаких противопоказаний к выполнению их из пластмасс, например из винилпласта.

Наиболее рациональными считаются аспирационные воздуховоды из стали толщиной 0,7 мм для диаметров до 200 мм и

1 мм при диаметрах больших. Лишь для весьма абразивных пылей следует делать колена из более толстых сталей 1,5—2 мм. Считается излишней установка каких-либо запорных и регулирующих органов на аспирационных воздуховодах, так как они только стимулируют образование засоров. С другой стороны, совершенно необходима установка на аспирационных воздуховодах лючков для прочистки.

Стремясь к укрупнению аспирационных установок, некоторые специалисты рекомендуют применять коллекторы, особенно горизонтальные. Предлагаются металлические и даже железобетонные коллекторы любого сечения с лотком снизу. Удаления осевшей в коллекторе пыли производится скребком или путем смыва водой.

Вертикальные коллекторы типа показанного на рис. 23 применяются в тех случаях, когда аспирируемая аппаратура расположена на разных вертикальных отметках или этажах. Скорость воздуха в сечении коллектора принимается порядка 3—5 м/сек. Скорость при входе в коллектор 6—10 м/сек. Коэффициент сопротивления коллектора $\xi = 2$.

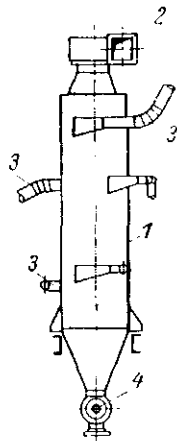


Рис. 23. Вертикальный аспирационный коллектор
1 — коллектор; 2 — раскручиватель; 3 — воздуховоды от местных отсосов; 4 — разгрузитель

Применение вертикальных и горизонтальных коллекторов в системах аспирации рекомендуется СНиП II-Г, 7-62.

В отдельных частных случаях может быть и рационально применение коллекторов, хотя особой нужды в них не ощущается.

Таблица 17

Скорости воздуха в аспирационных воздуховодах

Наименование пыли	Скорость в м сек	
	Вертикальный участок	Горизонтальный и наклонный участок
Легкая и сухая пыль (древесная, табачная)	8—10	10—12
Сухие опилки, текстильная пыль, пыль красок	10—12	12—14
Глина и шамот сухие	13—14	16—17
Минеральная пыль — песок, сухая формовочная земля	12—13	15—16
Тяжелая минеральная и металлическая пыль	14—16	18—20
Пыль от матерчатых кругов	14—16	16—18
Металлическая стружка	18—19	22—23

В практике ленинградских проектных организаций аспирационные системы с коллекторами почти не привились.

Проектируя систему с коллектором при сухом пылеудалении, следует иметь в виду, что разгрузка коллектора — тоже пыльный процесс.

Применение коллекторов при токсических и взрывоопасных пылях противопоказано.

При удалении взрывоопасной пыли необходимо принимать некоторые меры предосторожности, из которых укажем на следующие:

следует устанавливать только взрывобезопасные вентиляторы и электродвигатели даже после пылесостных устройств; назначать возможно малые скорости в аспирационных воронках для уменьшения уноса пыли в воздуховоды;

заземлять аспирационную систему для отвода статического электричества;

устанавливать на воздуховодах противозрывные клапаны.

При взрывоопасной пыли не рекомендуется применять тройники с ответвлением у «дна» воздуховода, т. е. в нижней части его периметра.

§ 18. Определение объемов воздуха, удаляемого местными отсосами

Еще сравнительно недавно в определении объемов удаляемого аспирацией воздуха существовали лишь ведомственные нормы. Основным недостатком всех норм была заниженность рекомендуемых объемов воздуха, удаляемого аспирацией.

В последние годы появились нормы МИОТа для литейных цехов, Гипротиса, Механобра и Ленинградского Промстройпроекта для дробильного и транспортного оборудования обогатительных фабрик и, наконец, вышли Указания по проектированию санитарно-технических устройств основных цехов и отделений заводов огнеупоров — СН 155—61. Последние наиболее ценны как по полноте изложения, так и вследствие того, что являются изданием официальным. Некоторые указания по определению объемов аспирационных отсосов в литейных цехах имеются в СН 111—60. По другим отраслям промышленности подобные указания имеются в иных аналогичных изданиях. Общесоюзных норм по определению объемов воздуха, удаляемого аспирацией, до сих пор не имеется. Таким образом, полной ясности и согласованности в определении объемов аспирационных отсосов еще не создано.

Очень существенно то, что ни в одних нормах нет указаний об изменении объемов отсасываемого воздуха в зависимости от свойств пыли, в частности от ее токсичности. Это весьма досадный пробел. Обезличенный подход к определению объемов

отсасываемого воздуха при аспирации нельзя признать правильным.

Любой местный отсос никогда не дает 100-процентного улавливания вредностей; часть их всегда прорывается в помещение — безразлично, газовые это вредности или пыль. Только в исключительных случаях, например при улавливании радиоактивных веществ, удастся полностью удалить вредность местным отсосом.

Запыленность помещений, имеющих аспирацию, зависит (не касаясь вторичного пылеобразования) от величины «проскока» пыли в помещение, т. е. от совершенства местного укрытия или местного отсоса. Чтобы концентрация пыли в помещении не превышала допустимой для пылей силикозных и токсических, необходимо резкое снижение «проскока» в помещении в сравнении с пылью нейтральной.

Нормируемые или определенные расчетом объемы воздуха, удаляемого от аспирируемых укрытий, следует признать приемлемыми только для нейтральных пылей, допустимая концентрация которых колеблется в пределах от 6 до 10 мг/м³. Что касается пылей, содержащих более 10% свободной SiO₂, асбестовой пыли и пылей токсических, то для определения объемов воздуха, отсасываемого из аспирируемых укрытий, рекомендуются следующие значения повышающего коэффициента β:

для пылей с допустимой концентрацией:	
3—5 мг/м ³	1,2
1—2 мг/м ³	1,3
для токсических пылей с допустимой концентрацией:	
до 0,3 мг/м ³	1,4
ниже 0,3 мг/м ³	1,5—1,6

Если объем воздуха, удаляемого из аспирируемого укрытия при нейтральной пыли обозначить L_a , то при силикозной, асбестовой и токсической пыли потребный объем L'_a выразится так:

$$L'_a = \beta L_a \text{ [м}^3/\text{ч)}. \quad (50)$$

Вводить в расчет коэффициент предлагается во всех случаях обеспыливания, за исключением аспирации элеваторов. В последнем случае коэффициент β можно принимать равным 1.

Объемы воздуха, удаляемого из аспирируемых укрытий, определяются частично по расчету и частично на основании эмпирических нормативов. Первые попытки обосновать расчетом объемы удаляемого аспирацией воздуха в основном от пересыпок с конвейера на конвейер и от разгрузочных течек дробилок были сделаны Ленинградским Промстройпроектом, а также СНОТОМ и институтом Механобр.

В отдельных указаниях и технических условиях, а также в СН 155—61 и СН 111—60 приводятся данные по аспирации

кожухов элеваторов. Рекомендуемые объемы удаляемого воздуха не учитывают высоты элеватора. Это принципиально неправильно. Кроме высоты элеватора, объем воздуха, удаляемого из кожуха, зависит еще и от ширины ковша.

В результате обработки имеющихся литературных и опытных материалов составлена табл. 18, в которой приведены рекомендуемые объемы воздуха, удаляемые аспирацией от выходящего оборудования. Таблица составлена для нейтральной пыли, для которой коэффициент $\beta = 1$.

Приводимые в таблице данные не претендуют на нечернивающую точность и полноту. В отдельных случаях их следует изменять в ту или иную сторону, сообразуясь с конструкцией укрытия, составом пылеобразующего материала и т. п. Добавим, что табл. 18 составлена для случая, когда невозможно гидрообеспыливание. При возможности гидрообеспыливания объемы отсасываемого воздуха могут быть снижены, а в некоторых случаях (при гидрофильном материале) довольно значительно. Впрочем, сказать, насколько следует снижать объемы аспирации при гидрообеспыливании, затруднительно. Объемы удаляемого воздуха, указанные в табл. 18, приемлемы лишь при достаточной герметизации оборудования, то есть при «нормальных» конструкциях кожухов и укрытий.

В ряде случаев объемы удаляемого из укрытий воздуха определяются расчетом. Обработкой материалов, приведенных в СН 155—61, а также заимствованных из других источников, получены расчетные данные и формулы, дающие удовлетворительные практические результаты. Этими данными и формулами, изложенными ниже, рекомендуется пользоваться при расчетах аспирации без гидрообеспыливания.

Объем воздуха, удаляемого из аспирируемого укрытия, L_a складывается из объема воздуха, вносимого в укрытие поступающим материалом, L_3 , и воздуха, просасываемого через щелотности и просымы укрытия, L_{11} . Общее выражение для определения объема удаляемого воздуха при нейтральной пыли напишется так:

$$L_a = L_3 + L_{11} \text{ [м}^3/\text{ч]}. \quad (51)$$

Объем воздуха, вносимого в укрытие поступающим материалом через загрузочные точки, вычисляется по формуле

$$L_3 = 0,12 K_y W_m v_k^2 \text{ [м}^3/\text{ч]}, \quad (52)$$

где K_y — коэффициент, зависящий от конструкции укрытия и условий поступления материала;

W_m — количество материала, загружаемого через точку, в $\text{м}^3/\text{ч}$;

v_k — скорость движения материала при входе в укрытие из загрузочной точки в $\text{м}/\text{сек}$.

Если количество поступающего материала W_m неизвестно, то оно может быть определено в зависимости от данных конвейера по формуле

$$W_m \approx 300 B^2 v_d [M^3/ч], \quad (53)$$

где B — ширина ленты в м;

v_d — скорость движения ленты конвейера в м/сек.

Коэффициент K_y рекомендуется принимать равным:

для укрытий типа СИОТ на конвейере при перегрузке с ленты на ленту	1—1,2
для укрытий, не имеющих дополнительных вентилируемых камер (на конвейерах), а также для емких укрытий, загружаемых через течку	1,4—2
для укрытий типа СИОТ на конвейерах при поступлении материала из дробилок	1,6—2,1
для укрытий на конвейерах, не имеющих дополнительных вентилируемых камер, при поступлении материала из дробилок	2,2—3

Скорость движения материала v_k определяется по формуле

$$v_k = \sqrt{19,6 H (1 - 1,2 f_m \operatorname{ctg} \alpha)} [M/сек], \quad (54)$$

где H — высота падения материала в загрузочной течке в м, не учитывающая высоту падения в оборудовании и укрытии;

f_m — коэффициент трения материала о поверхность течки;

α — угол наклона загрузочной течки к горизонтали в град.

При ломаной загрузочной течке с достаточной для практики точностью можно принимать усредненное значение угла α .

Расчетные значения коэффициента f_m :

для гипса и руды	0,65
» гравия, глины и земли сырой	0,8
» земли сухой, щебня, цемента и угля каменного	0,5
для песка и шлака	0,6

Для определения объема воздуха, вносимого материалом в емкое укрытие грохотов или в такое же укрытие верха щековой или конусной дробилки, при подаче материала в дробилку или грохот пластничатым или лотковым питателем можно пользоваться выражением

$$L_3 = (0,2 : 0,25) W_m v_k [M^3/ч]. \quad (55)$$

При подаче материала в укрытия из герметизированного технологического оборудования или из бункеров, имеющих остаточный слой материала, объем воздуха, вносимого материалом, L_3 можно учитывать в половинном размере. При подаче материала питателем скорость v_k следует принимать 4—5 м/сек.

Рекомендуемые объемы воздуха, удаляемого аспирацией от пылящего оборудования
(для нейтральной пыли)

Наименование оборудования	Характеристика оборудования	Вид укрытия	Скорость в проеме, щелях, неплотностях %, м/сек	Объем удаляемого воздуха / $\text{м}^3 \text{ч}$	Место отсоса	Примечание
1	2	3	4	5	6	7
Элеваторы, холодный материал	h до 10 м B до 300 мм	Сплошной металлический кожух	—	1200	От башмака	Из расчета 4В
То же	B 400 ÷ 500 мм	То же	—	1400—1700	» »	» » 3,5В
»	B 600 ÷ 700 мм	»	—	1800—2100	» »	» » 3В
»	h более 10 м, B до 300 мм	»	—	1100	От башмака	» » 3,5В
»	B 400 : 500 мм	»	—	500	От головки	и 1,5В
»	B 600 : 700 мм	»	—	1200—1500	То же	Из расчета 5 В и 1,5В
»		»	—	600—800	»	Из расчета 2,8 В и 1,4В
»	B 600 : 700 мм	»	—	1700—2000	»	Из расчета 2 В и 3В
»		»	—	800—1000	»	Из расчета 2 В и 3В
Элеваторы, горячий материал	h до 10 м, B до 300 мм	»	—	600	»	Из расчета 2 В и 3В
То же	B 400 : 500 мм	»	—	900	»	Из расчета 2 В и 2,5В
»	B 600 : 700 мм	»	—	1000—1200	»	Из расчета 1,5 В и 2,2В
»		»	—	1100—1300	»	Из расчета 1,5 В и 2,2В
»	h более 10 м, B до 300 мм	»	—	700	»	Из расчета 2,5 В и 3,5В
»	B 400 : 500 мм	»	—	1000	»	Из расчета 2,5 В и 3В
»	B 600 : 700 мм	»	—	1000—1200	»	Из расчета 2,2 В и 2,5В
»		»	—	1200—1500	»	Из расчета 2,2 В и 2,5В
»		»	—	1300—1500	»	Из расчета 2,2 В и 2,5В
»		»	—	1500—1700	»	Из расчета 2,2 В и 2,5В

Шнеки обычного уплотнения	$D = 200 \text{ мм}$	Сплошной разъемный кожух	—	300 25—40	От перепада По длине на 1 пог. м	У перепада емкое укрытие с отсосом То же
То же	$D = 300 \text{ мм}$	То же	—	400 30—50	То же	То же
»	$D = 400 \text{ мм}$	»	—	500 40—60	»	»
Шнеки герметичные	$D = 200 \text{ мм}$	Сплошной кожух	—	30	По длине на 1 пог. м	—
То же	$D = 300 \text{ мм}$	То же	—	40	То же	—
Транспортеры полностью укрытые (реверсивные, передвижные и др.)	$B = 500 \text{ мм}$	Укрытие со съемными стальными шторами	—	По расчету 300—400	От перепада По длине на 1 пог. м	У перепада — укрытие с боковыми вентилируемыми камерами типа СИОТ То же
То же	$B = 600 : 800 \text{ мм}$	То же	—	По расчету 400—500	То же	То же
»	$B = 1000 : 1200 \text{ мм}$	»	—	По расчету 550—600	»	»
Автовесы малые	—	Сплошной кожух	—	500—800	От верха кожуха	—
То же, большие	—	То же	—	1000—1500	То же	—
Бегуны смешивающие или помольные	$D \text{ до } 1200 \text{ мм}$	Сплошной кожух с приемом	—	2000—2500	»	—
То же	$D \text{ до } 1500 \text{ мм}$	То же	—	2500—3000	»	—
»	$D \text{ до } 2000 \text{ мм}$	»	—	3000—4000	»	—
Магнитный сепаратор	Объем кожуха до 1 м^3	Сплошной кожух	—	800—1200	»	—
То же	Объем кожуха более 1 м^3	То же	—	1300—2000	»	—
Плоские грохоты качающиеся и вибрационные	Площадь до 2 м^2	Сплошное укрытие кабинного типа	2,5—3	1800—2000 на 1 м^2 площади грохота	От верха укрытия	Площадь неплотностей 15—18% от площади грохота

1	2	3	4	5	6	7
Плоские грохоты качающиеся и вибрационные	Площадь свыше 2 м ²	Сплошное укрытие кабинного типа	2,5—3	1500—1700 на 1 м ² площади грохота	От верха укрытия	Площадь неплотностей 10—12% от площади грохота
То же	—	Кожух со шторками	—	2000—3500 на 1 м ² площади грохота	То же	В зависимости от уплотнения
Приводная станция грохота	—	Укрытие со шторками	2,5—3	3000—6000	»	—
Грохот барабанный	—	Сплошной кожух	—	От 3,5D до 4,5D	От кожуха сверху	D — диаметр грохота в мм
Питатель пластинчатый	До 100 м ³ /ч	Кожух	—	1000—1500	То же	—
» »	Свыше 100 м ³ /ч	»	—	2000	»	—
» тарельчатый	—	То же, полное или частичное укрытие	—	600—1000	»	—
» ленточный	—	Кожух	—	1200—1600	»	—
Скребок транспортер	—	Кожух разъемный	—	1000—2500 400—500	От перепада По длине на 1 пог. м	У перепада — емкос укрытие
Дезинтегратор	До 2 т/ч	Кожух	—	600—900	От разгрузочной точки или башмака элеватора	Дополнительно к отсосу от элеватора
»	До 8 т/ч	»	—	1000—1200	То же	То же
Мешалки типа «Эйрх» и двухвальные	—	Сплошной кожух без проемов	—	500—800	От кожуха сверху	—
Трубчатые мельницы	—	Укрытие мест загрузки и разгрузки	—	300—600 объемов барабана	Через полую ось от мест загрузки и разгрузки	—
Шаровые мельницы малые	—	Сплошное укрытие	—	800—1200	От кожуха сверху	—
То же, большие	—	То же	—	1500—2500	То же	—

Скиповые подъемники большие	—	Укрытие скиповой ямы и места разгрузки	Не менее 2	3000—5000 2000—3000	Низ Верх	—
То же, средние	—	То же	То же	2000—3500 1500—2500	Низ Верх	—
То же, малые	—	Сплошной кожух	»	2500—4500	От кожуха снизу и сверху	—
Бункера, загружаемые элеватором	—	—	—	500—800 800—1000 1200—1500	От перекрытия бункера	<i>B</i> 300 мм <i>B</i> до 500 мм <i>B</i> » 700 мм <i>D</i> до 300 мм <i>D</i> » 400 мм
Бункера, загружаемые шнеками	—	—	—	500—600 800—1000	То же	Загрузка плужковыми сбрасывателями
Бункера, загружаемые конвейерами. Ширина ленты до 500 мм	—	—	—	1000—1500	»	То же
То же, ширина ленты до 800 мм	—	—	—	2000—2500	»	»
То же, ширина ленты до 1000 мм	—	—	—	3000—3500	»	»
Очистные барабаны	—	—	—	1800 <i>D</i> ²	Через полую ось барабана	<i>D</i> — диаметр барабана
Валковая дробилка	До 10 т/ч	Неполное укрытие	—	700—1200 800—1500	Загрузка Выгрузка	—
Воздушный сепаратор	—	—	—	1800—2000	От верха кожуха	—
Выбивная решетка	<i>F</i> до 3 м ²	Бортовой отсос	—	6000—9000 на 1 м ² площади	—	—
То же, для высоких отливок	—	Верхнебоковой отсос	—	8000 на 1 м ² площади	—	—
Дробометный барабан	—	—	—	8000	—	—
Растарочная машина для бумажных мешков: загрузка	—	Кожух	1,5	1100—1200	От верха кожуха	—
барабан	—	—	—	1500	Из барабана	—
пресс	—	Кожух	—	1000	—	—

Примечание. При тщательной герметизации кожухов элеваторов и уплотнении точек объем удаляемого от них воздуха составляет с коэффициентом 0,8.

Объем воздуха L_{II} , просасываемого через неплотности и проемы укрытия, определяется по известной формуле

$$L_{II} = 3600 Fv \text{ [м}^3/\text{ч]}, \quad (56)$$

где F — площадь неплотностей и проемов укрытия в м^2 ;
 v — минимальная расчетная скорость воздуха в неплотностях и проемах в м/сек (см. табл. 18).

Скорость v — опытная величина, зависящая, как и при газовых вредностях, от характера пылеобразования в укрытии и степени токсичности пыли. Для нейтральных пылей с допустимой концентрацией от 6 до 10 мг/м^3 скорость v рекомендуется принимать (в м/сек):

для емких укрытий загрузочной части дробилок	1,5-2
для бункеров	1-1,5
» емких укрытий дробильно-помольного и просеивающего оборудования и укрытий на конвейерах без боковых вентилируемых камер	2-3

Для емкого укрытия загрузочной части щечковой дробилки объем воздуха L_{II} определяется по формуле

$$L_{II} = 4500 (a + b) \text{ [м}^3/\text{ч]}, \quad (57)$$

где a и b — размеры зева дробилки в м .

Для конусных дробилок

$$L_{II} = 250 Dv_k \text{ [м}^3/\text{ч]}, \quad (58)$$

где D — диаметр дробилки в м .

Величину L_{II} для кабинных укрытий грохотов при поступлении материала из течек или дробилок можно определять как по общей формуле (56) и по данным табл. 18, так и по формуле

$$L_{II} = (350 : 400) V_y \text{ [м}^3/\text{ч]}, \quad (59)$$

где V_y — объем кабинного укрытия в м^3 .

Для укрытий на конвейерах, не имеющих боковых вентилируемых камер (обычные укрытия с уплотняющими щитками), при поступлении материала с конвейера или грохота, а также при выходе материала из дробилок объем просасываемого воздуха рекомендуется вычислять по формуле

$$L_{II} = ACB^2 v_k M_y \text{ [м}^3/\text{ч]}, \quad (60)$$

где A — коэффициент, зависящий от условий поступления материала; при поступлении с конвейера или грохота $A=500$, при поступлении из дробилок $A=750$;

C — коэффициент, зависящий от ширины ленты;

B — ширина ленты конвейера в м ;

M_y — коэффициент, зависящий от вида укрытия; для непроходных укрытий $M_y=1$, для проходных $M_y=1,4$.

Значения коэффициента C приведены в табл. 19.

Значения коэффициента C

Ширина ленты в м	0,5	0,65	0,8	1	1,2	1,4	1,6
Коэффициент C	1,3	1,1	1	1	0,9	0,8	0,7

Формулы, в которые входит величина W_M , пригодны для установок производительностью более $50 \text{ м}^3/\text{ч}$. Для установок меньшей производительности возможно пользование этими формулами при условии подстановки в них величины $W_M = 50 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Объем воздуха L_n , просасываемого через вентилируемые камеры и неплотности в укрытиях типа СИОТ на конвейерах, рекомендуется определять по формуле

$$L_n = 5400 v_k (0,7 f_k + 0,5 f_n + 0,4 f_a) N_y \text{ [м}^3/\text{ч]}, \quad (61)$$

где f_k — площадь поперечного сечения одной боковой вентилируемой камеры в м^2 (табл. 11);

f_n — площадь неплотностей в передней торцевой стенке укрытия в м^2 ;

f_a — площадь неплотностей в задней торцевой стенке укрытия в м^2 ;

N_y — коэффициент, зависящий от условий поступления материала; при поступлении материала с конвейера или из грохота $N_y = 1$, при поступлении из дробилок $N_y = 1,3$.

Имея в виду эффективное действие отсоса типа СИОТ, необходимо принимать площадь f_0 каждого из отверстий, соединяющих боковые вентилируемые камеры с внутренней полостью укрытия, равной

$$f_0 = 0,4 f_k \sqrt[3]{v_k} \text{ [м}^2\text{]}.$$

Численный коэффициент в формуле (61) учитывает сложность изготовления укрытий типа СИОТ на практике, а также возможное увеличение неплотностей укрытия во время эксплуатации.

Приводим два примера определения объема отсасываемого воздуха L_n для укрытий типа СИОТ на конвейерах.

Имеется пересыпка (перепад) с конвейера на конвейер при следующих условиях: количество руды $W_M = 250 \text{ м}^3/\text{ч}$; скорость ленты $1,25 \text{ м/сек}$; ширина ленты 800 мм ; высота падения материала в загрузочной точке 3 м ; угол наклона точки к горизонту 90° .

Принимаем укрытие типа СИОТ для ленты шириной 800 мм (табл. 11), для которого $f_k = 0,04 \text{ м}^2$, $f_n = 0,03 \text{ м}^2$, $f_a = 0,01 \text{ м}^2$ (укрытие непроходное).

Скорость движения материала при входе в укрытие

$$v_k = \sqrt{19,6 \cdot 3(1 - 1,2 \cdot 0,65 \cdot 0)} = \sqrt{58,8} \approx 7,7 \text{ м/сек.}$$

Объем воздуха, вносимого поступающим материалом ($K_y = 1,2$),

$$L_y = 0,12 \cdot 1,2 \cdot 250 \cdot 7,7^2 \approx 2100 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Объем воздуха, просасываемого через вентилируемые камеры и неплотности укрытия ($N_y = 1$), определяем по формуле (61):

$$L_n = 5400 \cdot 7,7(0,7 \cdot 0,04 + 0,5 \cdot 0,03 + 0,4 \cdot 0,01) \cdot 1 \approx 2000 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Суммарное количество удаляемого из укрытия воздуха

$$L_a = 2100 + 2000 = 4100 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Следует принять округленно $L_a = 4000 \text{ м}^3/\text{ч.}$

Во втором примере рассмотрим укрытие на конвейере, в которое поступает материал из щековой дробилки. Условия остаются прежние, но укрытие СИОТ принимается проходное, и, следовательно, $f_n = 0,04 \text{ м}^2$, $f_n = 0,05 \text{ м}^2$, $f_n = 0,05 \text{ м}^2$.

Объем воздуха, вносимого поступающим материалом ($K_y = 1,8$),

$$L_y = 0,12 \cdot 1,8 \cdot 250 \cdot 7,7^2 \approx 3200 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Объем воздуха, просасываемого через вентилируемые камеры и неплотности укрытия ($N_y = 1,3$),

$$L_n = 5400 \cdot 7,7(0,7 \cdot 0,04 + 0,5 \cdot 0,05 + 0,4 \cdot 0,05) \cdot 1,3 \approx 3900 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Суммарное количество удаляемого из укрытия воздуха

$$L_a = 3200 + 3900 = 7100 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Следует принять округленно $L_a = 7000 \text{ м}^3/\text{ч.}$

Вычисленные объемы воздуха, удаляемого от укрытий типа СИОТ, следует считать минимально допустимыми при условии весьма тщательного выполнения укрытий и тщательной их эксплуатации.

Приведенные цифры для укрытий типа СИОТ на конвейерах относятся к нейтральной пыли. Для иных пылей, как уже говорилось, необходимо вводить коэффициент β , большой единицы.

При пользовании формулами (60) и (61) следует принимать минимальную ширину ленты $B = 0,5 \text{ м.}$

Пересчитаем вышеприведенный второй пример при условии, что на конвейере установлено проходное укрытие без боковых вентилируемых камер.

Объем воздуха, вносимого поступающим материалом ($K_y = 2,4$),

$$L_y = 0,12 \cdot 2,4 \cdot 250 \cdot 7,7^2 \approx 4200 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Объем воздуха, просасываемого через неплотности ($A = 750$; $C = 1$; $M_y = 1,4$), определяем по формуле (60):

$$L_n = 750 \cdot 1 \cdot 0,82 \cdot 7,7 \cdot 1,4 \approx 5200 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Суммарное количество удаляемого воздуха

$$L_a = 4200 + 5200 = 9400 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Следует принять округленно $L_a = 10\,000 \text{ м}^3/\text{ч}$.

По сравнению с укрытием типа СИОТ объем воздуха увеличился на $3000 \text{ м}^3/\text{ч}$, т. е. примерно на 43%.

Рассмотрим дробильную установку для второй и третьей стадий дробления производительностью $W_m = 300 \text{ м}^3/\text{ч}$. Установка состоит из конусной дробилки среднего дробления ($D = 2,2 \text{ м}$), инерционного грохота размерами в плане $1,8 \times 3,5 \text{ м}$, такой же дробилки мелкого дробления и приемного конвейера с лентой шириной $B = 1 \text{ м}$. Первая дробилка загружается пластинчатым питателем, вторая — чашкой со средним углом наклона $\alpha = 60^\circ$, высота падения $H = 3 \text{ м}$. После грохочения $1/3$ материала ($100 \text{ м}^3/\text{ч}$) поступает непосредственно на конвейер с укрытием без боковых вентилируемых камер. Производительность дробилки мелкого дробления $200 \text{ м}^3/\text{ч}$; материал из дробилки поступает на конвейер в укрытие типа СИОТ ($H = 2,5 \text{ м}$; $\alpha = 90^\circ$).

Определяем необходимые количества аспирационного воздуха.

1. Питатель пластинчатый.

По табл. 18 принимаем

$$L_1 = 2000 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

2. Аспирируемое укрытие верха конусной дробилки среднего дробления.

По формуле (55) при $v_k = 5 \text{ м/сек}$

$$L_2 = 0,2 \cdot 300 \cdot 5^2 = 1500 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

По формуле (58) при $D = 2,2 \text{ м}$

$$L_3 = 250 \cdot 2,2 \cdot 5 \approx 2800 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Итого

$$L_2 = 1500 + 2800 = 4300 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

3. Из дробилки материал поступает на грохот. Размеры кабинного укрытия $2,1 \times 3,8 \times 2,5 \text{ м}$, объем укрытия грохота $V_g \approx 20 \text{ м}^3$.

Скорость движения материала при входе в укрытие ($H = 1,5 \text{ м}$; $\alpha = 90^\circ$)

$$v_k = \sqrt{19,6 \cdot 1,5} \approx 5,4 \text{ м/сек}.$$

По формуле (55)

$$L_4 = 0,25 \cdot 300 \cdot 5,4^2 \approx 2200 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Принимая цифровой коэффициент равным 400, по формуле (59) определяем

$$L_5 = 400 \cdot 20 = 8000 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Для сравнения подсчитаем L_2 по данным табл. 18. Площадь неплотностей примем 12% от площади грохота ($1,8 \times 3,5 = 6,3 \text{ м}^2$)

$$F = 0,12 \cdot 6,3 \approx 0,76 \text{ м}^2.$$

По формуле (56) при скорости $v = 2,8 \text{ м/сек}$ получаем

$$L_{21} = 3600 \cdot 0,76 \cdot 2,8 \approx 7700 \text{ м}^3/\text{ч},$$

что близко к результату, полученному по формуле (59).

Итого

$$L_3 = 2200 + 8000 = 10200 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Определим теперь объем воздуха, удаляемого из укрытия грохота непосредственно по табл. 18. Примем норму $1700 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 м^2 площади грохота. Тогда

$$L'_3 = 6,3 \cdot 1700 \approx 10700 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Принимаем последнюю величину: $L_3 = 10700 \text{ м}^3/\text{ч}$.

4. Укрытие приводной станции грохота.

По табл. 18 находим

$$L_4 \approx 4500 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

5. Пересыпка с грохота на конвейер: $W_m = 100 \text{ м}^3/\text{ч}$, высота падения $H = 4,5 \text{ м}$, $\alpha = 55^\circ$ (в среднем).

Скорость движения материала при входе в укрытие

$$v_k = \sqrt{19,6 \cdot 4,5 (1 - 1,2 \cdot 0,65 \cdot 0,7)} \approx 6,3 \text{ м/сек}.$$

По формуле (52) при $K_y = 1,8$ для укрытия без боковых камер определяем

$$L_5 = 0,12 \cdot 1,8 \cdot 100 \cdot 6,3^2 \approx 900 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

По формуле (60) при $B = 1 \text{ м}$ ($A = 500$; $C = 1$; $M_y = 1,4$, укрытие проходное) определяем

$$L_{21} = 500 \cdot 1 \cdot 1^2 \cdot 6,3 \cdot 1,4 \approx 4400 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Итого

$$L_5 = 900 + 4400 = 5300 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

6. Аспирируемое укрытие верха дробилки мелкого дробления. Скорость движения материала

$$v_k = \sqrt{19,6 \cdot 3 (1 - 1,2 \cdot 0,65 \cdot 0,58)} \approx 5,6 \text{ м/сек}.$$

По формуле (55) находим

$$L_6 = 0,2 \cdot 200 \cdot 5,6^2 = 1300 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

По формуле (58) находим

$$L_{21} = 250 \cdot 2,2 \cdot 5,6 \approx 3100 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Итого

$$L_6 = 1300 + 3100 + 4100 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

7. Выход из дробилки мелкого дробления; $W_M = 200 \text{ м}^3/\text{ч}$, высота падения $H = 2,5 \text{ м}$, $\alpha = 90^\circ$

Скорость движения материала

$$v_k = \sqrt{19,6 \cdot 2,5} \approx 7 \text{ м/сек.}$$

По формуле (52) при $K_y = 1,8$ находим

$$L_9 = 0,12 \cdot 1,8 \cdot 200 \cdot 7^2 \approx 2100 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Для непреходного укрытия СИОТ при ширине ленты 1000 мм, $f_{n1} = 0,05 \text{ м}^2$, $f_{n2} = 0,05 \text{ м}^2$, $f_3 = 0,02 \text{ м}^2$.

Объем просасываемого воздуха по формуле (61) при $N_y = 1,3$

$$L_{11} = 5400 \cdot 7 (0,7 \cdot 0,05 + 0,5 \cdot 0,05 + 0,4 \cdot 0,02) \cdot 1,3 \approx 3300 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Итого

$$L_7 = 2100 + 3300 + 5400 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Суммарный объем воздуха, удаляемого аспирацией от дробильной установки,

$$L_c = 2000 + 4300 + 10700 + 4500 + 5300 + 4400 + 5400 = 36600 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

При насыпном весе руды $1,4 \text{ т/м}^3$ весовая производительность установки

$$G = 1,4 \cdot 300 = 420 \text{ т/ч.}$$

Удельный расход воздуха на 1 т руды при дроблении ее в две стадии

$$\frac{36600}{420} \approx 88 \text{ м}^3/\text{т.}$$

При аспирации, сопровождаемой гидрообеспыливанием, потребности воздухообмены снижаются. При гидрофильных материалах при благоприятных условиях возможно уменьшение аспирационных объемов даже вдвое. Дать какие-либо рекомендации по этому вопросу пока еще невозможно. Ориентировочно можно считать, что в среднем гидрообеспыливание без значительного увлажнения материала дает снижение объема удаляемого аспирацией на 20—40%, но это в основном зависит от свойств обрабатываемого пылящего материала.

Определение объема воздуха, удаляемого пылеотсасывающей вентиляцией из шкафов, витринных и т. п. укрытий, а также от укрытий, полностью закрывающих пылящую машину, производится аналогично изложенному выше для токсических вредностей (газов, паров), т. е. по формуле

$$L = 3600 Fv \text{ [м}^3/\text{ч]}, \quad (62)$$

Для учета случайных неплотностей в ограждениях укрытий при расчете суммарной площади F , так же как и для газов,

рекомендуется вводить коэффициент, больший единицы. Значения этого коэффициента можно принимать по данным § 10.

Расчетные скорости в проемах и неплотностях укрытий сведены в табл. 20.

Таблица 20

Расчетные скорости в проемах и неплотностях укрытий

Род операции	Вид укрытия	Характеристика выделяющейся пыли	Минимальная расчетная скорость в метрах в секунду
Разгрузка пылящего материала, растаривание, развеска	Шкаф, кожух, укрытие-козырек	Допустимая концентрация: 6—10 мг/м ³ до 4 мг/м ³ до 2 мг/м ³	0,8—1 0,9—1,2 1,1—1,6
		Пыль токсическая — свинцовая, марганцевая, и т. п.	2—3,5
Работа с эпоксидными смолами, связанная с пылевыделением	Шкаф, кожух, витринное укрытие, козырек	Пыль эпоксидной смолы и дифенилолпропа	2—3
Просеивание и дробление ручное и механическое	То же	Допустимая концентрация: 6—10 мг/м ³ до 4 мг/м ³ до 2 мг/м ³	1 1,2—1,4 1,3—1,7
		Пыль токсическая	2,5—4
Пылящие машины в укрытиях	Укрытие сплошное или разборное	Допустимая концентрация: 6—10 мг/м ³ до 4 мг/м ³ до 2 мг/м ³	1,5—2 2—2,5 3—4
		Пыль токсическая Металлическая пыль	5—7 2—3
Дробеструйная очистка мелких деталей	Кожух, камера		
Опорожнение автосамосвалов	Специальный емкий кожух	Допустимая концентрация: 6—10 мг/м ³ до 2 мг/м ³	1,3—1,5 1,5—2
Накатка полировальных кругов абразивом	Кожух, укрытие-козырек	Пыль абразива	1,4—1,6
Ручная работа с небольшим выделением пыли	Витринное укрытие, козырек	Допустимая концентрация: 6—10 мг/м ³ до 2 мг/м ³	0,6—0,9 1—1,2

Иногда загрузка пылящего материала в аппараты производится через открытые воронки. Для локализации пылевыделения устраиваются шелевые отсосы. Объем удаляемого воздуха назначается из расчета 7000—9000 м³/ч на 1 м² площади открытой воронки.

БОРТОВЫЕ ОТСОСЫ

§ 19. Типы бортовых отсосов и их применение

По конструктивному выполнению бортовые отсосы бывают обычные (простые) и опрокинутые. У обычных отсосов щелевые отверстия расположены в вертикальной плоскости, у опрокинутых — в горизонтальной. Если щель бортового отсоса расположена с одной стороны зеркала выделения вредностей, то отсос называется односторонним, или однобортовым. При расположе-

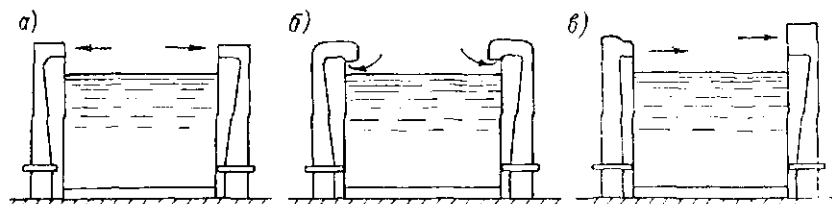


Рис. 24. Типы бортовых отсосов

a — обычный (простой) отсос; *б* — опрокинутый отсос; *в* — отсос со сдувкой

нии щелей с двух противоположных сторон зеркала бортовой отсос называется двусторонним, или двухбортовым. Если щели расположены под углом (обычно прямым) друг к другу, то отсос называется угловым. У круглых аппаратов отсосы бывают кольцевыми, полукольцевыми и подковообразными.

Если с одной стороны зеркала вредностей располагается бортовой отсос, а с другой — щель для подачи воздуха, то такое устройство называется отсосом со сдувкой (передувкой). Отсос со сдувкой может быть назван иначе активизированным отсосом.

На рис. 24 схематично показаны три модификации двусторонних бортовых отсосов у прямоугольного источника вредности.

Односторонние бортовые отсосы эффективны и выгодны по расходу воздуха только при малой ширине обслуживаемого зеркала (ванны, стола, желоба); двусторонние отсосы применяются при большей ширине зеркала. Распространено ошибочное мнение, что односторонние отсосы выгоднее двусторонних по расходу воздуха. Это заблуждение, основанное на применении тогда неправильной методике расчета.

Прорыв вредностей в помещении происходит в основном у свободных бортов ванны. Чем ближе к зеркалу будут прижаты удаляемые частицы вредностей, тем меньше опасность их

«проскока» в помещение. Чем токсичнее выделяющиеся вредности, тем ближе к зеркалу должен быть их путь. Условная высота подъема вредностей над зеркалом их выделения называется высотой спектра течения, или высотой спектра вредностей.

Опрокинутые бортовые отсосы стали входить в практику в середине 50-х годов. Их широко пропагандировали, считая, что эти отсосы эффективнее обычных и требуют значительно меньшего расхода воздуха.

Последующие исследования проф. В. В. Батурина показали, что во многих случаях опрокинутые бортовые отсосы эффективнее обычных только тогда, когда уровень раствора в ванне относительно низок и находится на расстоянии, равном двум-трем значениям ширины щели, т. е. на расстоянии 150–300 мм.

Опрокинутые бортовые отсосы еще сравнительно мало распространены в практике. Наблюдения за их работой в производственных условиях еще недостаточны. Опрокинутые бортовые отсосы перекрывают часть зеркала, что не всегда приемлемо. Круглые ванны или аппараты почти никогда не снабжаются опрокинутыми отсосами.

Опрокинутые бортовые отсосы могут использоваться для удаления вредностей от длинных и узких желобов с относительно высокими бортами. У таких желобов, например для выпуска шлака, вполне возможно перекрытие с одной стороны части зеркала отсосом. Высота стенок желоба может быть достаточно большой без ущерба для технологии.

Обычные бортовые отсосы широко распространены не только в гальванических и травильных цехах, но и во многих иных производствах. Их применяют для локализации вредностей у закалочных баков в термических цехах, у пропиточных ванн, у различных вакуум-аппаратов с периодически открывающейся крышкой, у плавильных печей при невозможности капсюляции, у открытых желобов с вредными выделениями, у узких и длинных столов, где производится ручная работа, связанная с выделением газов и пыли. Угловые бортовые отсосы применяются для удаления паров и пыли от квадратных в плане аппаратов и выбивных решеток в литейных.

Во всех случаях, когда невозможно укрытие зеркала с вредными выделениями кожухом, бортовой отсос является эффективным местным отсосом, если он правильно сконструирован и правильно рассчитан. К сожалению, до настоящего времени разработана методика расчета только для бортовых отсосов у гальванических и травильных ванн.

Если зеркало выделения вредностей имеет большую ширину, то даже двусторонний бортовой отсос оказывается неэффективным. Как известно из теории струй, спектры всасывания очень ограничены даже при значительных скоростях в сечении щели. Перекрыть всасывающим факелом зеркало значительной ши-

рицы не удается; в середине его скорости настолько малы, что не препятствуют проскоку вредностей в помещение. Поэтому предельной для двустороннего отсоса считается ширина зеркала 1,6 м (для гальванических ванн — 1,2 м).

Для одностороннего бортового отсоса предельной шириной зеркала считается 0,8 м (для гальванических ванн — 0,6 м). Однако по расходу воздуха двусторонний отсос выгоднее, нежели односторонний, даже при малой ширине зеркала, поэтому во всех случаях, когда это возможно, рекомендуется при ширине зеркала свыше 500 мм применять двусторонний бортовой отсос.

Если зеркало выделения вредностей имеет ширину более 1,6 м, приходится использовать активизированный бортовой отсос, т. е. отсос со сдувкой. Он эффективен и сравнительно экономичен при условии, если над зеркалом вредностей нет выступающих частей. Если над зеркалом имеются выступающие части — подвески, штанги, сами изделия, то эффект отсоса со сдувкой резко снижается.

При эксплуатации всякого открытого бака или ванны неизбежны периоды, когда обрабатываемые изделия или материал загружаются и выгружаются. При этом поднятые над уровнем жидкости предметы создают препятствие для приточной струи отсоса со сдувкой. В периоды загрузки и разгрузки сдувка настолько неэффективна (иногда даже вредна), что порой ее выключают. Если нахождение изделия или материала под уровнем жидкости продолжительно, а время загрузки и выгрузки незначительно, то применение отсоса со сдувкой возражений не вызывает. При обратном соотношении бортовой отсос со сдувкой вряд ли рационален, и надо искать иное решение.

Следует упомянуть о том, что при наличии выступающих над уровнем зеркала предметов обычный бортовой отсос тоже становится менее эффективным и требует почти двукратного объема воздуха. Если верхняя кромка щели бортового отсоса находится на одном уровне с выступающими над поверхностью жидкости изделиями или электродами, объем воздуха, удаляемый бортовым отсосом, должен быть увеличен примерно на 70%.

Бортовые отсосы со сдувкой применяются на практике только при прямоугольной форме зеркала. Однако в частных случаях возможно использование этого местного отсоса и для круглых аппаратов.

При конструировании бортовых отсосов и сдувок очень важно обеспечить равномерность всасывающих и приточных струй. Для этого всасывающие и приточные щели не делают слишком длинными. Обычно придерживаются отношения высоты всасывающей щели к ее длине в пределах от 1 : 10 до 1 : 15. Как правило, всасывающую щель, даже при клиновидном воздуховоде, не делают длиннее 1200 мм. Приточные щели обычно выполняются не длиннее 1000 мм. Как всасывающие,

так и приточные щели снабжаются расщечками, располагаемыми друг от друга на расстоянии, равном двум-трем значениям ширины щели.

Для равномерного распределения скоростей во всасывающей щели отсоса существенно устройство «пережима» (по предложению П. В. Сидякова) при входе воздуха в патрубок отсоса. Ширина пережима берется от 0,4 до 0,5 высоты всасывающей щели отсоса.

Бортовые отсосы у небольших прямоугольных ванн (аппаратов, столов) делаются сплошными П-образными. Такие отсосы рекомендуется применять при длине щели не более 1200 мм. При большей длине щели, а также при кольцевой ее конфигурации отсосы делаются секционными.

Воздух от бортовых отсосов чаще всего удаляется подпольными каналами, вследствие чего выходные патрубки отсосов обычно направлены вниз. Это наиболее конструктивно, особенно для отсосов секционных.

Высота всасывающей щели (ширина для опрокинутого отсоса) берется в пределах от 40 до 100 мм. Однако возможно применение щелей и большей высоты. При отсосах со сдувкой высота щели может быть значительно больше — до 300 мм. Высоту щели сдувки обычно принимают около $0,013b$, где b — ширина обслуживаемого зеркала, но не менее 5—7 мм.

Бортовые отсосы — секционные и П-образные — выполняются из листовой стали толщиной от 2 до 5 мм на сварке, или из листового винипласта. Значительно реже отсосы делают литыми из чугуна.

При конструировании ванн с односторонним отсосом существенно устройство обтекателя у противоположного отсосу борта ванны. Во всяком случае желательно этот борт делать с плавным закруглением, а не с острым углом.

Для прямоугольных гальванических и травильных ванн разработаны типовые бортовые отсосы. Их размеры и конструктивные данные приведены в соответствующих справочниках. Для кольцевых отсосов, а также для отсосов у столов, желобов и т. д. конструкцию отсоса приходится разрабатывать для каждого частного случая.

§ 20. Расчет бортовых отсосов

Широкое применение бортовых отсосов в промышленности началось в 30-х годах. Тогда же появились первые теории работы отсосов и первые формулы для их расчета. Пионерами в этом деле были инженеры Виварелли и Бромлей. Предложенные ими формулы предназначались для расчета бортовых отсосов у гальванических и травильных ванн.

Одной из первых была предложена формула ниж. Бромлея, выведенная им на основе формулы Делаваля и имеющая вид:

$$100 - v_x \quad K F^{0,7} x^{-1,1}, \quad (63)$$

где v_x — скорость в «критическом» сечении на расстоянии x от всасывающей щели в % от потребной скорости v в щели;

K — коэффициент, равный 0,05 при отношении ширины щели к длине 1 : 10;

F — площадь сечения одной щели отсоса в m^2 ;

x — расстояние от щели до «критического» сечения в m ; для одностороннего отсоса $x = b$, для двустороннего $x = 0,5 b$, где b — ширина зеркала ванны.

Определив по формуле (63) значение v_x в % по отношению к скорости в щели v и задаваясь необходимой в данном случае скоростью v_x' в $m/сек$ в «критическом» сечении (т. е. в конце вытяжного факела), значение потребной скорости в щели v находим по выражению

$$v = \frac{v_x' \cdot 100}{v_x} \quad [m/сек],$$

где v_x — скорость, выраженная в %;

v_x' — скорость в $m/сек$.

По найденной скорости в щели отсоса v (в $m/сек$) и суммарной площади отсасывающих щелей f (в m^2) вычисляется объем воздуха L , удаляемого бортовым отсосом от ванны:

$$L = 3600 f v \quad [m^3/ч]. \quad (64)$$

Формула Бромлея дает хороший результат, если правильно задаться скоростью v_x' , т. е. конечной скоростью факела. В частных случаях при значениях v_x , меньших 5%, формула дает преувеличенное значение скорости v в щели отсоса.

Для расчета бортовых отсосов от гальванических и травильных ванн формула Бромлея в настоящее время не применяется. Но она может быть использована при расчете отсосов от столов, желобов и т. п., почему и приводим ее здесь.

Для облегчения расчетов по формуле Бромлея дается табл. 21, содержащая вспомогательные величины.

Рассчитаем по формуле Бромлея бортовой отсос от желоба для шлака при следующих условиях: температура шлака $900^\circ C$; выделяющиеся газы вредные с допустимой концентрацией до $1 \text{ мг}/m^3$; ширина желоба $b = 500 \text{ мм}$; длина неукрытой части $l = 2,1 \text{ м}$.

Принимаем обычный односторонний секционный отсос: длина одной секции 700 мм ; общая длина отсоса 2100 мм ; высота щели $h = 60 \text{ мм}$.

В данном случае

$$F = 0,7 \cdot 0,06 = 0,042 \text{ м}^2, \quad x = b = 0,5 \text{ м};$$

$$K = 0,05; \quad f = 2,1 \cdot 0,06 = 0,126 \text{ м}^2.$$

Данные для расчета по формуле Бромля

n	$n^{0.7}$	$n^{-1.4}$	n	$n^{0.7}$	$n^{-1.4}$
0,03	0,09	135,5	0,35	0,48	4,35
0,04	0,10	90,6	0,40	0,53	3,60
0,05	0,12	66,3	0,45	0,57	3,06
0,06	0,14	51,4	0,50	0,62	2,64
0,08	0,17	34,0	0,60	0,70	2,00
0,09	0,19	29,0	0,70	0,78	1,65
0,10	0,20	25,0	0,80	0,86	1,37
0,15	0,27	14,0	0,90	0,93	1,16
0,20	0,32	9,5	1,00	1,00	1,00
0,25	0,38	7,0	1,50	1,33	0,57
0,30	0,43	5,4	2,00	1,65	0,38

Вычисляем правую часть формулы (63), пользуясь табл. 21:

$$\frac{v_x}{100 - v_x} = 0,05 \cdot 0,11 \cdot 2,64 \approx 0,015.$$

Отсюда

$$v_x = 1,5\%.$$

Значение v_x значительно меньше 5%. Во избежание преувеличенной скорости v следует принять преуменьшенное значение v_x' .

Для токсических вредностей при высокой температуре скорость в критическом сечении (конечную скорость факела) следовало бы принять 0,6—0,8 м/сек. Чтобы не получить завышенного значения скорости v в шели, примем

$$v_x' = 0,4 \text{ м/сек.}$$

Вычисляем скорость в сечении шели:

$$v = \frac{0,4 \cdot 100}{1,5} \approx 26 \text{ м/сек.}$$

Объем воздуха, удаляемого бортовым отсосом,

$$L = 3600 \cdot 0,126 \cdot 26 \approx 12000 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

т. е. на 1 м² площади зеркала ($f_3 = 2,1 \cdot 0,5 = 1,05 \text{ м}^2$)

$$L_0 = \frac{12000}{1,05} \approx 11400 \text{ м}^3/\text{ч} \cdot \text{м}^2.$$

Полученный результат можно признать приемлемым. Однако высоту шели отсоса следовало бы принять порядка 100 мм.

Графики Ленинградского Промстройпроекта для расчета обычных бортовых отсосов, составленные путем обработки экспериментальных и теоретических материалов, появились в конце 40-х годов. Расчет по этим графикам крайне прост и дает хорошие результаты.

На рис. 25 приведены графики Прометронпроекта для расчета одностороннего и двустороннего отсосов в зависимости от длины ванны A и ее ширины B . Графики непосредственно дают объем воздуха (в $\text{м}^3/\text{ч}$), удаляемого бортовым отсосом от ванны. При этом принято, что конечная скорость всасывающего факела в «критическом» сечении $v_k = 0,2 \text{ м/сек}$. При других значениях конечной скорости факела объем воздуха, полученный из гра-

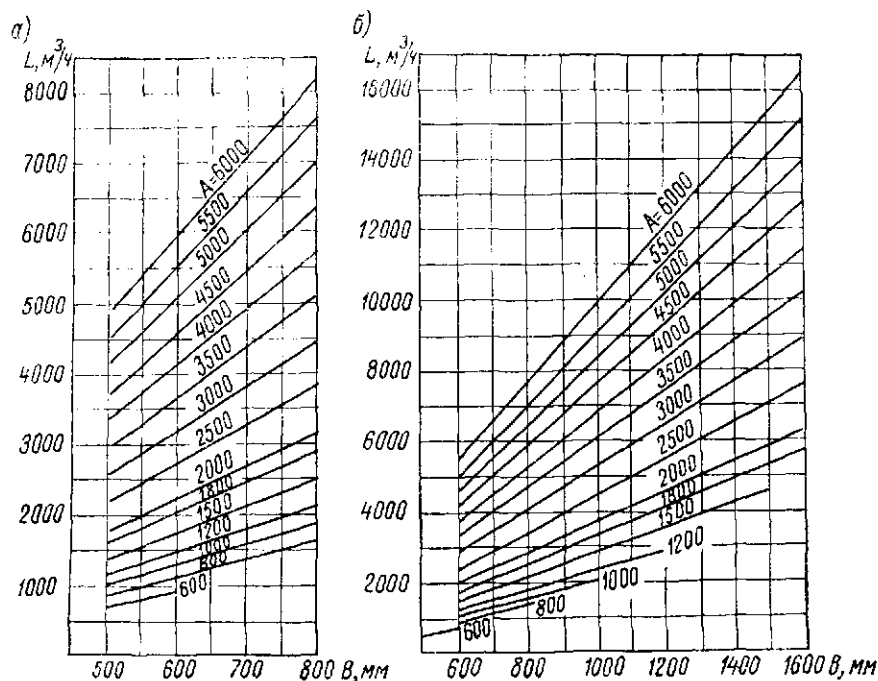


Рис. 25. Графики для расчета бортовых отсосов
 а — односторонний отсос; б — двусторонний отсос

фика, умножается на коэффициент k . Если объем удаляемого воздуха, полученный по графику, обозначить L' , то расчетный объем L выразится так:

$$L = kL' \text{ [м}^3/\text{ч]}. \quad (65)$$

Значения коэффициента k принимаются в зависимости от скорости v_k (в м/сек):

v_k	0,2	1
v_k	0,25	1,25
v_k	0,3	1,5
v_k	0,35	1,75
v_k	0,4	2
v_k	0,45	2,25
v_k	0,5	2,5

Состав раствора, выделяющиеся вредности и рекомендуемые минимальные конечные скорости факела для гальванических и травильных ванн

Назначение ванны	Обрабатываемые материалы	Температура в °С	Состав раствора	Выделяющиеся вредности	Скорость факела в м/сек
1	2	3	4	5	6
Травление	Сталь	15—65	Серная кислота	Туман серной кислоты	0,25—0,3
То же	»	30—40	Соляная кислота	Хлористый водород	0,3
»	»	15—20	Азотная »	Пары кислоты, окислы азота	0,3—0,4
»	»	—	Медный купорос, серная кислота	Кислые пары	0,2
»	Медь	15—20	Плавиковая кислота	Фтористый водород	0,4
»	Алюминий	15—20	Едкий натр	Туман щелочи	0,25
»	Кадмий	15—20	Цианистый калий	Цианистый водород	0,3—0,4
Декапирование	Сталь	15—20	Соляная кислота	Хлористый водород	0,2
То же	»	15—20	Слабая серная кислота	Туман серной кислоты	0,15
»	»	18—20	Хромпик	То же	0,3
»	Медь и сплавы	18—20	Цианистый калий	Цианистый водород	0,3—0,4
Электротравление	Сталь	15—20	Серная кислота	Туман серной кислоты	0,25
Матирование	Медь	18—20	Азотная и серная кислота	Пары кислоты, окислы азота	0,3—0,4
Промывка после травления в азотной кислоте	Сталь	18—20	Вода, слабая азотная кислота	Окислы азота	0,25
Матирование	Алюминий	15—20	Хлористый натр	Туман щелочи	0,2
Обезжиривание	—	60—80	Фосфористый натр	То же	0,3
То же	—	15	Бензин	Пары бензина	0,2
»	—	15	Хлорированные углеводороды	Пары углеводородов	0,25—0,3
Электрообезжиривание	—	60—80	Фосфористый натр	Туман щелочи	0,3

Кислое цинкование, никелирование, меднение, кадмирование, лужение	Сталь, медь	25—40	Сернокислые соли металлов	Туман солей	Не вентилируются
Интенсивное никелирование	Сталь	30—40	Сернокислый никель	» солей никеля	0,15—0,2
Цианистое цинкование, меднение, кадмирование, латунирование, золочение, серебрение	Сталь и цветные металлы	15—40	Цианистый натр или калий, свободный цианид	Цианистый водород	0,3—0,4
Хромирование	Черные и цветные металлы	45—60	Хромовый ангидрид, серная кислота	Хромовый ангидрид	0,4—0,5
Щелочное лужение	Медь	60—70	Едкий натр	Туман щелочи	0,25
Свинцевание	Черные металлы	15—20	Соль свинца, плавиковая кислота	Фтористый водород	0,3—0,4
Железные	Сталь	100	Серная кислота	Туман серной кислоты	0,25—0,3
Оксидирование	Черные металлы	130—155	Едкий натр, азотная кислота	» щелочи	0,35
То же	Латунь	18—25	Аммиак	Аммиак	0,2
» »	Алюминий	100	Едкий натр	Туман щелочи	0,25—0,3
» »	Магний	80	Хромпик, азотная кислота	Оксиды азота	0,3
» »	Алюминий	18—25	Серная кислота	Туман серной кислоты	0,25
Фосфатирование	Черные металлы	95—99	Мажер	Фосфорная кислота	0,25
Осветление	Цветные металлы	15—20	Хромовый ангидрид, азотная кислота	Оксиды азота	0,3
Полировка	Медь	—	Фосфорная кислота	Фосфорная кислота	0,3
То же	Алюминий	70	Серная и плавиковая кислоты	Фтористый водород	0,4
»	Сталь	—	Серная кислота	Туман серной кислоты	0,3—0,4
Снятие металлических покрытий	—	18—20	Соляная и серная кислоты, хромовый ангидрид	Хромовый ангидрид	0,3—0,4
То же	—	30	Азотная кислота	Оксиды азота	0,4

Назначение ванны	Обрабатываемые материалы	Температура в °С	Состав раствора	Выделяющиеся вредности	Скорость факела в м/сек
1	2	3	4	5	6
Пассивирование	Цветные металлы	—	Хромпик	Хромовый ангидрид	0,3—0,4
Хроматирование	—	80	Бихромат натрия	Оксиды азота	0,4
Анодирование	—	18—25	Серная кислота	Туман серной кислоты	0,3
Анодирование в хромпике	—	—	Хромовый ангидрид	Хромовый ангидрид	0,4
Амальгамирование	—	25	Цианистый калий	Цианистый водород	0,3
Воронение	Сталь	150	Фосфорные соли	Фосфорная кислота	0,3
Горячая промывка	—	90	Вода	Водяной пар	0,1—0,15
Химическое никелирование	—	60—80	Хлористый никель	Аммиак	0,2
Обработка после цианистых покрытий	—	—	Хлорное железо	Цианистые соединения	0,3
Окрашивание	—	—	Анилиновые и иные красители	Пары красителей, аммиак	0,2

В некоторых случаях при относительно безвредных ваннах принимают конечную скорость факела (в $m/сек$) меньшей, чем $0,2 m/сек$. В этом случае $k < 1$:

$$\begin{array}{l} v_k = 0,15 \dots \dots \dots k = 0,75 \\ v_k = 0,1 \dots \dots \dots k = 0,5 \end{array}$$

Принимаемая при расчетах конечная скорость факела v_k зависит от степени токсичности вредных выделений над зеркалом ванны, а также от температуры жидкости. Чем более токсичны выделения и чем более высокую температуру имеет раствор, тем больше принимается значение v_k .

В табл. 22 приводится перечень гальванических и травильных ванн с указанием состава раствора, его температуры, выделяющихся вредностей и рекомендуемых минимальных конечных скоростей факела v_k в $m/сек$.

Табл. 22 составлена по разным источникам.

Определим по графикам Промстройпроекта объем воздуха, который нужно отсасывать от ванны хромирования: $l=1,5 m$; $b=0,8 m$; $t=-60^\circ C$. Принимаем $v_k=0,5 m/сек$. Объем воздуха по графику для двустороннего отсоса при $A=1500 mm$ и $B=800 mm$

$$L' \approx 2200 m^3/ч.$$

Коэффициент $k=2,5$. Расчетный объем удаляемого воздуха

$$L = 2200 \cdot 2,5 = 5500 m^3/ч.$$

Объем воздуха на $1 m^2$ площади зеркала ($f_3=1,2 m^2$)

$$L_n = \frac{5500}{1,2} \approx 4600 m^3/ч \cdot m^2.$$

Кроме способа Промстройпроекта, в настоящее время иногда применяется метод расчета, разработанный МНЮТОМ. Этот способ, базирующийся на формуле, полученной М. М. Барановым, пригоден в равной степени для обычных и опрокинутых отсосов.

Количество воздуха, удаляемого бортовыми отсосами от ванн, определяется по формуле

$$L = \alpha \sqrt[3]{t_n - t_{\text{н}}} \cdot xsl [m^3/ч], \quad (66)$$

где α — коэффициент, зависящий от ширины ванны B и степени токсичности вредных выделений;

t_n — температура раствора в ванне в $^\circ C$;

$t_{\text{н}}$ — температура помещения в $^\circ C$;

x — поправочный коэффициент, учитывающий глубину жидкости в ванне;

s — поправочный коэффициент, учитывающий подвижность воздуха в помещении;

l — длина ванны в m .

Токсичность вредных выделений учитывается так называемой высотой спектра вредностей k (высотой спектра течения). Чем токсичнее выделения от ванны, тем меньше должна быть высота спектра вредностей. Для расчета принимаются три высоты спектра вредностей:

для очень вредных ванн (травление в азотной и плавиковой кислотах, матирование в кислотах, свинцевание, снятие металлических покрытий в азотной кислоте, хромирование, осветление, цианистые покрытия при $t=30\div40^\circ\text{C}$, анодирование в хромпике, оксидирование)

$$k = 40 \text{ мм};$$

для вредных ванн (травление в соляной и серной кислотах, декапирование в цианистом калии и в хромпике, железнение, снятие металлических покрытий в серной и соляной кислотах, амальгамирование, электрообезжиривание)

$$k = 80 \text{ мм};$$

для всех остальных ванн

$$k = 160 \text{ мм}.$$

Поправочный коэффициент x , зависящий от глубины уровня жидкости H в ванне (от уровня щели всасывания до уровня раствора), равен 1 при отношении $\frac{H}{b} = 1$, где b — высота щели бортового отсоса. В табл. 23 приводятся величины поправочного коэффициента x для других значений отношения $\frac{H}{b}$.

Т а б л и ц а 23

Величина поправочного коэффициента x для некоторых значений отношения $\frac{H}{b}$

$\frac{H}{b}$	Обычный двусторонний отсос	Опрокинутый отсос	Обычный односторонний отсос
1,0	1,0	1,0	1,0
1,5	1,3	0,9	0,95
2,0	1,7	0,8	0,9
2,5	2,5	0,7	0,85

Коэффициент s , учитывающий подвижность воздуха в помещении, изменяется от 1 до 1,65 для спокойного воздуха при $v=0,2 \text{ м/сек}$. Коэффициент s тем меньше, чем больше разность $\Delta t = t_{\text{в}} - t_{\text{п}}$.

Некоторые значения коэффициента s приведены в табл. 24. Для воздуха, обладающего подвижностью ($v=0,4\div0,5 \text{ м/сек}$), коэффициент s несколько больше примерно на 20–30%. Нужно оговориться, что величины s , большие чем 1,3, вводят сомнение.

Некоторые значения коэффициента s при $\Delta t = 20 : 80$ С

Высота спектра вредностей k , мм	Односторонний обычный и опрокинутый отсос	Двусторонний обычный отсос	Двусторонний опрокинутый отсос
40	1,01—1,07	1,12—1,40	1,00—1,08
80	1,03—1,10	1,16—1,53	1,03—1,12
160	1,05—1,14	1,23—1,65	1,04—1,16

Значения коэффициента a в зависимости от ширины ванны и высоты спектра вредностей приведены в табл. 25.

Таблица 25

Значения коэффициента a в зависимости от ширины зеркала ванны B и высоты спектра вредностей k

Тип отсоса	Высота спектра вредностей k , мм	Ширина зеркала ванны B , мм						
		500	600	700	800	900	1000	1100
Обычный односторонний	40	730	1000	1300	—	—	—	—
	80	530	800	1000	—	—	—	—
	160	400	600	800	—	—	—	—
Обычный двусторонний	40	375	450	525	600	675	750	825
	80	285	350	400	455	520	575	680
	160	220	260	300	350	380	430	480
Опрокинутый односторонний	40	680	900	1100	—	—	—	—
	80	500	700	900	—	—	—	—
	160	400	530	690	—	—	—	—
Опрокинутый двусторонний	40	400	490	575	670	750	900	940
	80	300	375	455	540	600	680	750
	160	240	300	350	410	470	520	580

Хотя авторы формулы (66) не оговаривают пределов ее применения, следует обратить внимание на то обстоятельство, что для холодных ванн с температурой, равной температуре помещения, формула непригодна. Действительно, если $t_v = t_n$, то подкоренное выражение обращается в нуль; следовательно, и вся правая часть формулы обращается в нуль. Минимальная величина Δt , для которой даются значения входящих в формулу коэффициентов, составляет 20°C , т. е. минимальная температура раствора в ванне 35°C .

Непригодность метода МИОТа для расчета бортовых отсосов у холодных ванн, столов и аппаратов, работающих при низких температурах, сильно снижает его ценность. В большинстве практических случаев предпочтительнее пользоваться методом Промстройпроекта.

Для ориентировочных подсчетов объема воздуха, удаляемого от ванны, а также для проверки расчетов по формулам иногда пользуются нормами удельного объема воздуха на 1 м^2 зеркала.

В табл. 26 приведены некоторые данные по удельным объемам воздуха, удаляемого от ванны бортовыми отсосами. Данные заимствованы из отечественной и иностранной практики. Цифры таблицы относятся к двусторонним отсосам; для односторонних отсосов их следует увеличить на 20—30%.

Кроме гальванических и травильных ванн, в таблице указаны некоторые иные аппараты, снабжаемые бортовыми отсосами.

ЛИОТ в 1960 г. опубликовал в отдельной брошюре «Расчет кольцевых бортовых отсосов». Работы ЛИОТа по этому вопросу, к сожалению, не дали исчерпывающих результатов, которыми могли бы воспользоваться проектировщики в своей практической работе.

Для определения количества воздуха, которое необходимо удалять от круглого зеркала бортовым отсосом, возможно пользоваться эмпирическими данными, а в некоторых случаях принимать объем удаляемого воздуха по аналогии с действующими установками.

Таблица 26

Объемы воздуха, удаляемого двусторонними бортовыми отсосами на 1 м^2 площади зеркала

Наименование зеркала выделения вредных	Объем удаляемого воздуха в $\text{м}^3/\text{ч}\cdot\text{м}^2$ при ширине зеркала в мм		
	500—600	700—800	900—1000
Ванны травления в азотной и плавиковой кислотах, ванны свинцевания, хромирования, цинистые при t 40 С и др.	3000—4000	4000—5000	5000—6000
Ванны травления в соляной и серной кислотах, цинистые ванны при t 15° С, ванны электрообезжиривания, полировки, анодирования и др.	2500—3000	3000—3500	3500—4500
Прочие гальванические ванны	2000—2200	2300—2600	2500—3500
Баки для закалки в масле	2500—3000	3500—4000	4000—5500
Баки, желоба, печи при t 600—1000 С при выделении вредных газов	9000—10 000	12 000—14 000	16 000—20 000
То же, при маловредных газах	7000—8000	900—10 000	13 000—15 000
Ванны с горячей водой при t 80—90 С	1100—1600	1700—2000	2200—2500

При расчете кольцевых и полукольцевых отсосов возможно использовать данные табл. 26, принимая условно ширину зеркала равной $0,8d$, где d — диаметр круглого зеркала.

Рассчитаем кольцевой бортовой отсос у зеркала печи диаметром $d=1,2$ м, с поверхности которой выделяется токсическая аэрозоль. Температура зеркала $\sim 1300^\circ\text{C}$. Допустимая концентрация вредности составляет не более 1 мг/м^3 , аэрозоль относится к категории вредных.

Условная ширина зеркала

$$B = 0,8d = 0,8 \cdot 1,2 = 0,96 \text{ м.}$$

По степени токсичности на основании данных табл. 26 следовало бы принять удельный объем воздуха порядка $16\,000 - 20\,000 \text{ м}^3/\text{ч} \cdot \text{м}^2$. Учитывая более высокую температуру, принимаем

$$L_0 = 22\,000 \text{ м}^3/\text{ч} \cdot \text{м}^2.$$

Площадь зеркала $f_3 = 1,13 \text{ м}^2$. Потребный объем удаляемого воздуха

$$L = 1,13 \cdot 22\,000 \approx 25\,000 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Высоту щели назначаем 100 мм. Длина щели $\sim 3,8$ м. Площадь сечения

$$f = 3,8 \cdot 0,1 = 0,38 \text{ м}^2.$$

Скорость в щели

$$v = \frac{25\,000}{3600 \cdot 0,38} \approx 18 \text{ м/сек.}$$

Подобная установка при объеме удаляемого воздуха $25\,000 \text{ м}^3/\text{ч}$ была осуществлена на практике. Работа ее оказалась удовлетворительной.

Бортовые отсосы со сдувкой обычно рассчитываются по формулам, выведенным профессором В. В. Батуриным.

Объем приточного воздуха, необходимый для сдува при бортовых отсосах со сдувкой, определяется по формуле

$$L_c = 300 K b^2 l \text{ [м}^3/\text{ч]}, \quad (67)$$

где K — коэффициент, зависящий от температуры жидкости;

b — ширина зеркала в м;

l — длина зеркала в м.

Коэффициент K следует принимать:

при $t = 95 - 70^\circ$	$K = 1,0$
» $t = 60$	$K = 0,85$
» $t = 40$	$K = 0,75$
» $t = 20$	$K = 0,5$

где t — температура жидкости в $^\circ\text{C}$.

Высоту щели сдува во избежание ее засорения рекомендуется принимать равной не менее 5-7 мм; среднюю скорость в щели сдува — в пределах 10-12 м/сек; при больших начальных скоростях приточной струи возможно возникновение волны на поверхности жидкости.

Высота щели сдува

$$h_c = 0,013b \text{ [м]}.$$

Среднюю скорость сдува можно определять по формуле

$$v_c = 6,67 Kb \text{ [м/сек]}, \quad (68)$$

но не более 12 м/сек.

Объем воздуха, удаляемого бортовым отсосом при наличии сдувки, рассчитывается по формуле

$$L_b = 6 L_c \text{ [м}^3/\text{ч)}. \quad (69)$$

Высота щели отсоса $h_u = 16 h_c$ [м].

Среднюю скорость в щели отсоса можно вычислить по выражению

$$v_u = 2,5 Kb \text{ [м/сек]}.$$

При расчете ванн с сильно токсическими выделениями, а также при температуре зеркала более 100°С рекомендуется умножать значения L_c и L_b , найденные по вышеприведенным формулам, на коэффициент ψ , больший единицы:

при температуре зеркала до 100°С при вредных выделениях

$$\psi = 1,2 \div 1,3;$$

то же, при особо вредных выделениях

$$\psi = 1,35 \div 1,4;$$

при температуре зеркала свыше 100°С при вредных выделениях

$$\psi = 1,3 \div 1,4;$$

то же, при особо вредных выделениях

$$\psi = 1,45 \div 1,5.$$

При этом следует соответственно изменять высоты приточной и всасывающей щелей.

В 1967 г. появился способ расчета бортовых отсосов, разработанный институтом Проектпромвентиляция. Способ еще недостаточно проверен практикой, поэтому здесь не приводится.

ВЕНТИЛЯЦИОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

§ 21. Вентиляторные установки

Описание выпускаемых в СССР вентиляторов, их классификация и технические характеристики приведены в соответствующих каталогах и справочниках. Отметим здесь вкратце лишь некоторые особенности, интересные для проектировщиков.

До недавнего времени пользовались большой популярностью центробежные вентиляторы типа ЭВР. В настоящее время их производство прекращено. Тем не менее много этих вентиляторов находится в эксплуатации и о них следует сказать несколько слов.

Достоинства вентиляторов ЭВР — легкость и компактность. Недостатки — низкий коэффициент полезного действия и малая прочность цельноштампованного колеса. Эти вентиляторы имеют большое количество лопаток, вследствие чего легко засоряются пылью и липкими осадками. Малая же жесткость колеса чрезвычайно затрудняет очистку его. Вентиляторы типа ЭВР непригодны для местной вытяжки, например из малярных или гальванических цехов, особенно при наличии в последних гальванических хромовых ванн. Не пригодны эти вентиляторы и для удаления дыма, например при вентиляции рыбокопильных печей.

Вентиляторы новых серий Ц4-70 и Ц4-76 характеризуются высоким коэффициентом полезного действия. Эти вентиляторы предназначаются для приточных систем и общеобменной вытяжки, а также для вытяжных систем с местными отсосами при отсутствии в удаляемом воздухе пыли. Относительно небольшое количество лопаток облегчает их очистку. Но рекомендовать эти вентиляторы для вытяжки, скажем, от гальванических ванн не приходится.

Так называемые «пыльсвые» вентиляторы характеризуются прочным колесом с малым числом лопаток. Кроме своего прямого назначения — удаления воздуха, загрязненного твердыми частицами, — эти вентиляторы могут быть использованы для перемещения сред, образующих осадки. Очистка от осадков прочного шестилопастного колеса сравнительно проста и не грозит повреждением лопаток, как это может быть у вентиляторов других типов.

Пыльсвые вентиляторы не приспособлены для установки на одном валу с электродвигателем. Это понятно, так как для аспирационных систем требуется широкий диапазон давлений, т. е. широкий диапазон чисел оборотов. Использование пылевых вентиляторов для вытяжных систем, удаляющих моющие образующие осадки вредности, нецелесообразно, так как в таких

системах обычно предпочитают устанавливать вентиляторы на одном валу с электродвигателем.

Вентиляторы типа Ц6-46 характеризуются малой прочностью колеса. Этот их недостаток следует учитывать при проектировании.

Как известно, осевые вентиляторы характеризуются относительно малыми давлениями при большой производительности. Этим свойством определяется область их применения в промышленной вентиляции.

Преимущественное назначение осевых вентиляторов -- вытяжные системы общеобменной вентиляции. Крупные осевые вентиляторы серии N-12 работают иногда и в качестве приточных.

Установка малых осевых вентиляторов непосредственно в рабочих помещениях нежелательна, так как они создают значительный шум, затемняют помещение при установке их в оконных проемах, портят фасад здания и из-за больших диаметров выхлопных труб затрудняют выброс удаляемого воздуха выше кровли здания.

Если осевые вентиляторы устанавливаются в изолированных помещениях -- камерах, то никаких противопоказаний к их применению нет. Осевые вентиляторы вполне приемлемы в случае установки их в вытяжных шахтах на кровле, разумеется, при условии их доступности для обслуживания. Общеобменная вентиляция горячих и сварочных цехов, гаражей и т. п. вполне может базироваться на осевых вентиляторах.

В последние годы появились так называемые крышные вентиляторы, предназначенные для установки на кровле зданий. Эти вентиляторы выполняются как с центробежными, так и с осевыми колесами. Рабочие колеса вращаются в горизонтальной плоскости на вертикальных валах. Крышные вентиляторы изготавливаются с непосредственной посадкой колеса на вал электродвигателя и с ременной передачей.

Крышные вентиляторы предназначаются для децентрализованной общеобменной вытяжки из верхней зоны помещений, непосредственно под кровлей. Как правило, крышные вентиляторы работают с непосредственным забором воздуха из помещения без воздухопроводов.

Наиболее применимы крышные вентиляторы для вытяжки из цехов, не имеющих значительных тепловыделений, например для сварочных цехов, гаражей и т. п. Применение крышных вентиляторов целесообразно и для помещений с тепловыделениями при одновременном газовыделении. Крышные вентиляторы вполне применимы в цехах химической промышленности, в литейных и плавильных цехах.

Кроме общеобменной вытяжки, крышные вентиляторы могут использоваться для удаления воздуха из некоторых местных укрытий, например завес или емких зонтов.

Во всех случаях установки крышных вентиляторов необходимо обеспечить их удобное обслуживание. Обычно эти вентиляторы обслуживаются с кровли, для чего должны быть предусмотрены соответствующие выходы на кровлю, переходы и ограждения.

Заканчивая краткий обзор вентиляторов, следует обратить внимание на отсутствие вентиляторов малой производительности — порядка 50—100 м³/ч. Потребность же в них очевидна.

Вентиляция боксов для расфасовки радиоактивных веществ требует расхода воздуха порядка 10—20 м³/ч на бокс при одновременном создании разрежения в воздуховоде у бокса около 40—50 кг/м².

Для вентиляции боксов с малыми воздухообменами и большим сопротивлением при отсутствии малопроизводительных вентиляторов предлагается следующая схема.

Бокс присоединяется к обычному вентилятору с производительностью около 400—500 м³/ч. Часть воздуха засасывается из бокса (10—20 м³/ч), остальной воздух поступает из помещения через специальный обратный клапан, создающий в воздуховоде постоянное разрежение 40—50 кг/м².

Информационным письмом в 1965 г. Государственный проектный институт Сантехпроект исключает впредь установку у вентиляторов и на воздуховодах каких-либо регулирующих устройств (шиберов, дроссель-клапанов и т. п.).

В том же письме рекомендуется при пусковой наладке обеспечивать проектные объемы воздуха в случае необходимости установкой во фланцевых соединениях дроссель-шайб. Однако автор по-прежнему считает установку регулирующих устройств у вентиляторов целесообразной.

Обычно у центробежных вентиляторов шибер устанавливается на напорной стороне, непосредственно у выходного отверстия. Это конструктивно, но в ряде случаев недопустимо по санитарным соображениям.

Даже лучшие конструкции клапанов и шиберов имеют неплотности, иногда весьма значительные. Через эти неплотности в помещении, где установлен вентилятор, выбрасывается воздух. Если в удаляемом вытяжной вентиляцией воздухе нет сильно токсических веществ, выброс части воздуха в помещение может быть допущен. При наличии же в воздухе токсических веществ возможны отравления.

Во всех случаях удаления токсических веществ (циан, мышьяк, селен, теллур, свинец, ртуть и т. п.) рекомендуется устанавливать шиберы или дроссель-клапаны на всасывающей стороне, независимо от места нахождения вентилятора, и заботиться о полной герметизации напорных воздухопроводов.

Из-за опасности проникновения токсических веществ запрещается прокладка напорных воздухопроводов через рабочие помещения. В крайнем случае такая прокладка допустима

с принятием особых мер предосторожности в части максимальной герметизации воздуховодов и защиты их от коррозии.

Центробежные вытяжные вентиляторы, обслуживающие системы с факельным выбросом (а также с мокрой очисткой воздуха), обязательно должны снабжаться устройством для удаления воды из кожуха. Обычно это сифонная трубка диаметром 20—50 мм с глубиной водяного затвора 200 мм. Удаляемую через сифон воду желательно отводить в канализацию через трап. В больших вытяжных камерах устройство трапа в полу обязательно.

При установке вентилятора вне помещения устройство сифона невозможно. В этом случае отвод воды из кожуха может быть осуществлен обычным патрубком. Однако при этом надо помнить о возможном выбивании токсических вредностей.

При прерывистой эксплуатации вентиляторы редко выходят из строя, поэтому, как правило, они не дублируются. Только в особых случаях, когда недопустима даже кратковременная остановка вентиляции, дублирование вентиляторов диктуется необходимостью.

Дублирование вентиляторов приточных систем, как правило, не применяется. Исключением являются центральные приточные камеры, обслуживающие несколько зданий. В этом случае необходим резервный приточный вентилятор.

Во многих случаях бывает полезно предусматривать при проектировании так называемый «холодный резерв», т. е. иметь на складе запасные агрегаты (вентилятор и электродвигатель), которые можно быстро установить взамен выбывших из строя.

Установка резервных приточных вентиляторов применяется почти повсеместно при вентилировании зданий без окон и фанарей.

Вопрос о том, где на промышленном предприятии следует располагать вентиляторы, решается в каждом конкретном случае по-разному, в зависимости от характера производства, местоположения промышленной площадки и размещения зданий на ней, а также с учетом эстетических требований. Тем не менее существуют некоторые принципиальные общие положения.

Располагать приточные установки неизолированно, а тем более, вне здания — нерационально, а в ряде случаев и невозможно. Недопустимо, например, располагать приточную установку в цехе, в котором имеются токсические выделения. Подсос загрязненного воздуха в приточную систему через неплотности ее всасывающей части здесь просто опасен. Приточные установки — местные и центральные, — как правило, располагаются в изолированных помещениях — приточных камерах. Эти камеры в цехах с токсическими выделениями должны иметь самостоятельный вход снаружи или, в крайнем случае, — тамбур.

Со всех точек зрения — эстетической, эксплуатационной и санитарной — вытяжные вентиляторы следует устанавливать также

в изолированных вентиляционных камерах. Даже если вентиляторы устанавливаются вне здания, желательно их группировать и как-то изолировать от внешней среды путем размещения в будках, под навесами или в кожухах. Установка вытяжных вентиляторов непосредственно в производственных помещениях допустима лишь как исключение, потому что любые вентиляторы непрерывно шумят, ухудшая тем самым условия работы в цехе.

Отметим, что указаниями по проектированию отопления и вентиляции запрещается размещение в общих помещениях (камерах) приточных систем с вытяжными, если последние удаляют токсические вредности — газы, пары, пыль и т. п. Сказанное остается в силе даже при установке шибберов на всасывающей стороне вытяжных систем.

При удалении вытяжкой токсических веществ необходимо вентилировать вытяжные вентиляционные камеры. Желательно также создавать подпор в помещениях приточных камер, выходящая часть воздуха в эти помещения.

Вентиляция помещений вытяжных камер может быть искусственной или естественной. Предусматривать в вытяжных камерах естественную вентиляцию при помощи дефлекторов желательно во всех случаях, независимо от степени вредности удаляемых вентиляцией веществ. Естественной вытяжкой из помещения камеры удаляются избыточные тепловыделения от электродвигателей и вентиляторов, а также случайные газовыделения через неплотности в напорной части систем. При естественной вытяжке воздух удаляется из верхней зоны, где обычно газовая концентрация наибольшая.

В холодный период года теплоизбытки в вытяжных камерах наблюдаются не всегда. Естественная вытяжка, даже с использованием ветра, становится ненадежной. При наличии токсических веществ в удаляемом воздухе, а также взрывоопасных и сильно пахучих веществ следует применять механическую вытяжку из помещений вытяжных камер. При сильно токсических веществах — циане, свинце, ртути — механическая вентиляция помещений вытяжных камер обязательна.

Приточные установки рекомендуется располагать на той же отметке, на которой находятся обслуживаемые ими помещения, или ниже их. Это особенно существенно при вредных и взрывоопасных выделениях. Если приточная установка расположена выше обслуживаемого ею помещения, то при ее бездействии вследствие самооттяги возможно попадание в систему загрязненного воздуха.

Вопрос о местах забора и выброса воздуха до сих пор является спорным. Различные нормы дают различные рекомендации, порой противоречащие друг другу.

В СНиП II-Г. 7-62 нет практически приемлемых указаний о взаимном расположении мест забора приточного воздуха и выброса загрязненного.

Указывается, что выброс в атмосферу загрязненного воздуха должен, как правило, предусматриваться над кровлей здания. Возражать против этого не приходится: воздух несомненно должен выбрасываться над кровлей. Но на какой высоте? Выше конька или ниже его, и что считать коньком — конек кровли или конек фонаря?

Считаем необходимым выводить выхлопы промышленной вентиляции во всех случаях выше конька кровли или фонаря, если таковой имеется. В крайнем случае, при неуремном использовании факельного выброса возможно располагать устья выхлопных труб на уровне конька кровли или фонаря, но не ниже. Если же в непосредственной близости к данному зданию располагается соседнее более высокое здание (что часто случается на небольших предприятиях, расположенных вблизи жилых зданий), то выхлопные трубы должны выводиться выше конька кровли соседнего здания или вровень с ним. Факельный выброс несколько облегчает положение, уменьшая опасность заноса вредных в соседние помещения (особенно в теплый период, когда окна открыты), но, тем не менее, устья выхлопных труб должны выводиться выше конька кровли во всех случаях. При выбросе же токсических веществ выхлопные трубы должны подниматься над кровлей как можно выше.

Высота подъема выхлопных труб над коньком здания иногда лимитируется эстетическими соображениями. Действительно, пучок труб над кровлей — это некрасиво. Для подобного случая рекомендуется выводить трубы через кровлю сосредоточенно и декорировать их путем устройства общего короба, схема которого показана на рис. 50.

При расположении воздухоприемного отверстия над кровлей здания при наличии только общеобменной вытяжки (при выбросе воздуха, очищенного от пыли) согласно указаниям СНиП возможно располагать воздухозабор на одном уровне с вытяжкой при условии соблюдения разрыва, но горизонтально превышающего 10 эквивалентных по площади диаметров выхлопной трубы, но не менее 10 м.

Думается, что такое взаиморасположение мест забора и выхлопа воздуха допустимо в лучшем случае лишь для вспомогательных зданий промпредприятий и для зданий непромышленных. При удалении же общеобменной вытяжкой токсических или пахучих веществ следует поднимать выхлоп воздуха не менее чем на 3 м выше воздухозабора, а горизонтальный разрыв принимать не менее 12 м.

Располагать воздухоприемные отверстия над кровлей здания при наличии над ней выбросов воздуха, удаляемого местными отсосами, вообще не рекомендуется. И совсем недопустимо располагать воздухозабор над кровлей здания при наличии в выбрасываемом воздухе сильнотоксических вредных веществ. Как исключение это возможно лишь при благоприятном направлении гос-

подветвующего ветра, при факельном выбросе и расположении устья выхлопной трубы выше воздухозаборного отверстия на 6—8 м и при разрыве по горизонтали не менее 15 м.

В СНиП II-Г. 7-62, п. 4.50 изложено следующее: «При наличии над кровлей выбросов воздуха, удаляемого местными отсосами, загрязненного вредными газами и пылью, отверстия для забора наружного воздуха допускается располагать над кровлей в случаях, когда расчетом или данными анализов будет доказано, что концентрация вредностей в месте забора не превышает 30% предельно допустимой в воздухе рабочей зоны помещений».

По поводу штитированного следует отметить, что, к сожалению, на уровне наших сегодняшних знаний мы не в состоянии сколько-нибудь точно рассчитать концентрацию вредностей в наружном воздухе на малом расстоянии от выхлопных труб. Следовательно, приведенное указание СНиП является чисто формальным и по существу запрещает устройство воздухозаборов над кровлей промышленных зданий.

В подтверждение сказанного, Строительные нормы и правила рекомендуют устраивать воздухоприемные отверстия приточных систем с механическим побуждением в стенах зданий или в специальных отдельно стоящих воздухоприемниках.

Воздухоприемные отверстия в стенах должны размещаться на высоте не менее 2 м от уровня земли до низа отверстия, а при заборе воздуха из зеленой зоны — не менее 1 м. Наиболее правильно располагать воздухоприемные отверстия в зоне от 3 до 6 м от уровня земли. Располагать воздухоприемники на высоте 1 м от земли даже в зеленой зоне можно только, если воздух подвергается фильтрации.

Говоря о вентиляторных установках, нужно напомнить о часто игнорируемом требовании СНиП II-Г. 7-62, а именно об изложенном в п. 4.62. Там говорится о необходимости учитывать потери или подсосы воздуха при определении производительности вентилятора. Потери или подсосы воздуха учитываются в размере 10% от производительности системы при стальных, пластмассовых и асбестоцементных воздуховодах длиной до 50 м и в размере 15% — во всех остальных случаях.

§ 22. Борьба с шумом и вибрацией при работе вентиляторов

При работе вентиляторных установок возникают два вида шума: аэродинамический — от вихрей, сбегających с лопастей колеса и образующих воздушные волны, и механический, возникающий от вибрации вентилятора и электродвигателя, а также от подшипников и передач.

Механический шум тесно связан с вибрацией. Уменьшение вибрации как самого вентилятора, так и его основания одновременно уменьшает механический шум.

Вибрация вентиляторной установки вредна не только создаваемым шумом. Вызванные ею колебания строительных конструкций часто являются помехой технологическому процессу, не говоря уже о неприятном ощущении у людей. Например, в цехах точной механики или производства полупроводников, а также в лабораториях недопустима даже незначительная вибрация. В крайних же случаях, когда вибрация вентилятора ненормально высока, возможны даже разрушения строительных конструкций.

Основная причина вибрации вентилятора — неотбалансированное рабочее колесо. К сожалению, эта ненормальность наблюдается иногда и у новых вентиляторов. У бывших в работе, особенно подвергавшихся чистке вентиляторов, разбалансировка рабочего колеса — явление частое.

Вибрация рабочего колеса наиболее ощутима при большом числе оборотов. Вентилятор, работающий «спокойно», скажем при 600 об/мин, может оказаться совершенно нетерпимым при увеличении числа оборотов до 1000.

Установка вентиляторов непосредственно на металлических конструкциях или перекрытиях даже при хорошо отбалансированном колесе неизбежно вызовет вибрацию строительных элементов здания, тем большую, чем выше число оборотов колеса.

Как правило, установка вентиляторов без каких-либо амортизирующих устройств недопустима.

Хороший виброизолятор — массивные железобетонные плиты, укладываемые на эластичных прокладках или пружинах. Вентиляторная установка крепится к плите, плита же свободно лежит на перекрытии.

Иногда установка вентилятора на массивной плите — единственный приемлемый способ. Это встречается при установке вентиляторов в подвалах с гидроизоляцией. В самом деле, при любом ином способе установки необходимы фундаментные болты, т. е. нарушение целостности гидроизоляции.

При установке вентиляторов на массивных плитах необходимо учитывать, что чем массивнее будет плита, тем лучше.

На основе практических данных рекомендуется принимать вес плиты в 3—5 раз большим, чем вес располагаемой на плите вентиляторной установки. Здесь надо принимать во внимание тип вентилятора, его размеры, число оборотов, возможность разбалансировки колеса и т. п.

Установив вес плиты с механизмами, нужно определить площадь эластичных прокладок.

Площадь прокладок определяется по формуле

$$S = \frac{P}{\sigma} \text{ [см}^2\text{]}, \quad (70)$$

где P — вес плиты и вентиляционной установки в кг;

σ — допустимое удельное давление в кг/см².

Величину σ следует принимать (в $кг/м^2$):

для резины	2,3
» пробки	1,5
« войлока	0,5

Толщина прокладок обычно берется от 30 до 100 мм. Прокладки располагаются в специальных углублениях, предусмотряемых в плите.

Для удобства крепления вентиляторной установки толщина плиты принимается в пределах 200—300 мм.

Наиболее распространенными и надежными амортизаторами являются виброизолирующие основания с пружинными амортизаторами.

Для уменьшения механического шума необходимы еще следующие мероприятия:

1. Во избежание передачи вибрации через воздуховоды следует предусматривать небольшую мягкую вставку из брезента или резины длиной 50—100 мм между вентилятором и воздуховодами. Нет нужды делать из эластичного материала весь диффузор у вентилятора. Мягкий диффузор обычно не выполняет своего основного назначения из-за неправильной формы. Особенно это существенно для вытяжных систем, где мягкую вставку рекомендуется делать только на всасывающей стороне, если вентиляцией удаляются токсические вещества. Вставку на напорном воздуховоде рекомендуется выполнять весьма тщательно из листовой резины или пластика, но не из брезента.

2. Применять только клиновые ремни.

3. Устанавливать вентиляторы в специальных помещениях, огражденных звукоизолирующими перегородками.

4. При свободном входе воздуха в колесо вентилятора устанавливать коллектор обтекаемой формы или конус.

Аэродинамический шум зависит от конструкции колеса — числа и профиля лопаток, от числа оборотов и режима работы вентилятора. Аэродинамический шум уменьшается при работе вентилятора с наивысшим коэффициентом полезного действия. Центробежные вентиляторы с лопатками, загнутыми назад, шумят меньше, нежели с лопатками радиальными или загнутыми вперед.

Величина аэродинамического шума в наибольшей степени зависит от окружной скорости колеса, т. е. от числа его оборотов. При прочих равных условиях аэродинамический шум увеличивается пропорционально пятой степени изменения числа оборотов колеса. Поэтому во всех случаях, когда это возможно, следует уменьшать число оборотов до какого-то оптимального предела, иначе говоря, не следует превышать сопротивления вентиляционных систем, особенно приточных. В этих системах, как правило, сопротивление не должно превышать $100 кг/м^2$.

Общий уровень звуковой мощности аэродинамического шума вентилятора определяется по формуле

$$A_{\text{общ}} = A_0 + 10 \lg L + 25 \lg H + \Delta A_p \text{ [дб]}, \quad (71)$$

где L — производительность вентилятора в $\text{м}^3/\text{сек}$;
 H — полное давление вентилятора в $\text{кг}/\text{м}^2$;
 ΔA_p — поправка на отклонение режима работы вентилятора от режима максимального коэффициента полезного действия в дб;
 A_0 — постоянная для данной серии подобных вентиляторов в дб.

Значения A_0 и ΔA_p приведены в табл. 27.

Таблица 27

Значения постоянной A_0 и поправки ΔA_p для осевых и центробежных вентиляторов в дб

Типы вентиляторов	Осевые		Центробежные			
	МЦ		Ц4-70		Ц9-55	
Стороны	A_0	ΔA_p	A_0	ΔA_p	A_0	ΔA_p
Всасывание	44	2	34	5	44	0
Нагнетание	44	2	38	5	48	5

Примечание. Величины ΔA_p указаны при изменении производительности вентилятора на 40% от режима максимального коэффициента полезного действия.

Октавные уровни звуковой мощности аэродинамического шума вентилятора вычисляются по формуле

$$A_{\text{окт}} = A_{\text{общ}} - A'_{\text{окт}} \text{ [дб]}, \quad (72)$$

где $A'_{\text{окт}}$ — относительный спектр звуковой мощности, зависящий от типа вентилятора и скорости вращения колеса, выражаемый в дб и принимаемый по табл. 28.

Предельно допустимые уровни звукового давления в октавных полосах для помещений, находящихся на территории промышленных предприятий или вне этой территории, следует принимать по данным СН 245—63.

Для снижения аэродинамического шума возможно рекомендовать некоторые конструктивные мероприятия. Так, например, магистральный приточный воздуховод следует выполнять не металлическим, а из пористого материала — железобетона, шлакоаллебастровых плит и т. д. и покрывать изнутри звукопоглощающей штукатуркой. Такое выполнение приточного магистрального воздуховода (канала) вполне конструктивно в многоэтажных производственных, а также вспомогательных зданиях. Полезными оказываются дополнительные повороты и разделения по-

Относительный спектр звуковой мощности
аэродинамического шума вентилятора $A'_{окт}$ в дБ

Тип вентилятора	Число оборотов в минуту	Относительный спектр в дБ, равный разности общего и октавного уровня, для среднегео- метрических частот октавных полос в дБ							
		62	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Центробежный	180—350	6	9	13	17	21	26	30	36
	350—700	3	6	9	13	17	21	26	30
	700—1400	13	3	6	9	13	17	21	26
	1400—2800	20	13	3	6	9	13	17	21
Осевой четырёх- лопастной	960	7	6	5	5	5	10	16	23
	1400	10	7	5	5	5	7	10	16

токов. При необходимости значительного заглушения аэродинамического шума прибегают к специальным шумоглушителям.

Металлические воздуховоды, особенно при больших скоростях воздуха, вибрируют и создают дополнительный шум. Это обстоятельство следует иметь в виду для «тихих» производств, а также для зданий, где размещаются лаборатории, для инженерных корпусов и т. п. Известны примеры, когда из-за шума, вызванного вибрацией металлических воздуховодов, невозможно эксплуатировать приточную вентиляцию.

Если приходится применять металлические воздуховоды большого сечения (обычно приточные), то их следует выполнять жесткими и изолировать пористым материалом. Для создания жесткости необходимо монтировать воздуховоды в соответствии со СНиП III-Г. 1-62 из стали толщиной не менее 1 мм и устанавливать ребра жесткости из угловой стали на расстоянии 200—300 мм друг от друга. Снаружи воздуховоды изолируются шлаковой ватой, крепимой к ребрам жесткости, и оштукатуриваются.

Звукоглушители на приточных системах — обычное явление, не вызывающее каких-либо затруднений. Необходимо только место для их установки. Звукоглушители применяются камерные, сотовые, лабиринтные и иных конструкций. Они достаточно хорошо освещены в соответствующей литературе.

Иначе обстоит дело с вытяжными системами. Здесь в случае недопустимости высокого уровня звукового давления приходится устанавливать глушитель на выходе воздуха в атмосферу, т. е. после вентилятора. Если выбрасываемый воздух не содержит веществ, способных отлагаться на стенках глушителя, то установка такового, вообще говоря, возможна. Глушитель может быть любого типа. В частности, возможно использование сотового глушителя.

Практические данные о работе глушителей на панорной стороне вытяжных систем недостаточно изучены.

Следует учитывать, что шум от вентиляционных установок на промышленном предприятии ощущается, когда вентиляторы расположены в рабочем помещении или вне здания, поблизости от открываемых окон. Если вентилятор не укрыт звукоизолирующим кожухом, шум распространяется в помещение через открытые в теплый период окна.

§ 23. Автоматизация и блокировка

Автоматизация вентиляционных установок - сравнительно молодая область техники. До недавнего времени большинство вентиляционных систем не автоматизировалось и не блокировалось с технологическим оборудованием. Сказанное не относится к системам кондиционирования воздуха, которые вообще не мыслимы без автоматки.

В последние годы автоматизация и блокировка все шире используются в системах промышленной вентиляции. Однако еще и сейчас недостаточно разработаны типовые решения по автоматизации и блокировке, особенно для вытяжных систем.

Практика автоматизации промышленных вентиляционных систем (не касаясь кондиционирования воздуха) показывает:

а) приборы автоматки недостаточно надежны в эксплуатации и нередко выходят из строя;

б) автоматизированные вентиляционные установки требуют для своего обслуживания квалифицированного персонала.

Сказанное следует учитывать при проектировании и в зависимости от местных условий выбирать ту или иную степень автоматизации. Кроме того, необходимо предусматривать в проекте специальный штат обслуживающего персонала.

Устройства автоматки и блокировки промышленных вентиляционных систем можно условно разделить на три группы:

приточные системы, включая воздушные завесы;

вытяжные системы — общеобменные и с местными отсосами;

аспирационные системы, работающие совместно с гидрообеспыливанием.

Автоматизация приточных систем, в сущности упрощенно повторяющая автоматку установок для кондиционирования воздуха, — наиболее разработанная область. Здесь имеются типовые решения и схемы, применена серийно выпускаемая надежная аппаратура, в частности исполнительные механизмы заводского изготовления, например на утепленном и обводном клапанах. Типовые решения для приточных установок, разработанные Сантехпроектом, приведены в альбомах серии ОВ-02-136. Из указанных в альбомах схем автоматизации для промышленной вентиляции наиболее применимы схемы № 3, 10, а также № 16-18 (последняя схема относится к вытяжной вентиляции).

Не останавливаясь на многочисленных схемах автоматизации приточных установок, приводим в качестве примера одну из них, а именно схему № 4. Эта схема, изображенная на рис. 26, предусматривает автоматизацию приточной установки средней производительности с фильтраншей воздуха при теплоносителе пара.

Рассматриваемая приточная установка может подавать воздух с постоянной температурой для воздушных душей или для компенсации вытяжки местными отсосами в помещениях с тепловыделениями или отопительными приборами при отсутствии рециркуляции. Расход тепла на вентиляцию не ограничивается при наружной температуре ниже расчетной для вентиляции (параметры А). Калориферы приточной установки рассчитаны на нагрев воздуха от расчетной температуры для отопления (параметры Б) до требуемой температуры приточного воздуха.

Схемой предусматривается автоматическое регулирование температуры приточного воздуха путем изменения теплоотдачи калориферов двойным обводным клапаном и автоматическая защита калориферов от замерзания. Кроме того, предусматривается блокировка клапана наружного воздуха и обводного клапана с электродвигателем вентилятора, блокировка клапана на теплоносителе с обводным клапаном, а также управление электродвигателями вентилятора и фильтра, контроль параметров воздуха и теплоносителя и сигнализация об аварийном отключении установки.

При включении электродвигателя вентилятора утепленный клапан наружного воздуха открывается, а обводной клапан подключается к регулятору. При выключении электродвигателя оба клапана закрываются.

При положении обводного клапана, соответствующем полному пропуску воздуха в обход калорифера, клапан на теплоносителе закрывается. В остальных положениях обводного клапана клапан на теплоносителе открыт.

Автоматическая защита калориферов от замерзания осуществляется следующим образом:

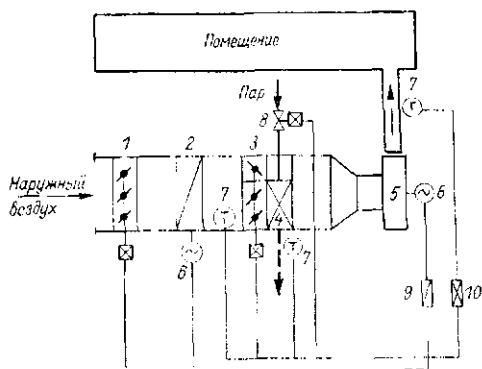


Рис. 26. Схема автоматизации приточной установки

- 1 — утепленный клапан; 2 — масляный фильтр; 3 — двойной обводной клапан; 4 — калорифер; 5 — вентилятор; 6 — электродвигатель; 7 — регулятор температуры; 8 — регулирующий клапан; 9 — узел управления; 10 — узел регулирования

а) если при выключенной системе в нее проникает холодный воздух, то датчик, установленный перед калориферами, при температуре ниже $+3^{\circ}\text{C}$ открывает клапан на теплоносителе, чем достигается прогрев калориферов;

б) при включении установки автоматически открывается клапан на теплоносителе, калориферы прогреваются, лишь после чего включается электродвигатель вентилятора;

в) при работе установки в холодный период на случай падения давления теплоносителя, засорения калориферов и т. п. предусматривается установка датчика температуры на обратной трубе или на конденсатопроводе, который отключает систему и открывает клапан для подогрева калориферов; действие этого датчика исключается при температуре воздуха перед калориферами $+3^{\circ}\text{C}$ и выше (за счет датчика температуры, установленного перед калориферами).

При трехсменной работе приточной системы защита калориферов от замерзания по пунктам «а» и «б» обычно не предусматривается.

При автоматическом регулировании приточных систем в случае выполнения ими отопительных функций следует предусматривать поддержание постоянной температуры в помещениях, т. е. датчики должны устанавливаться в характерных точках помещения. При регулировании чисто вентиляционных приточных систем предусматривается поддержание постоянства температуры приточного воздуха, как это показано на рис. 26.

Автоматизация воздушных завес сводится к автоматическому включению электродвигателя вентилятора при открывании ворот и отключению его после восстановления температуры воздуха в зоне ворот. Обычно осуществляется также контроль параметров теплоносителя.

Вытяжные системы, осуществляющие общеобменную вытяжку, обычно блокируются с электродвигателем приточного вентилятора, а иногда еще с электродвигателем вытяжного вентилятора с клапаном в выхлопной шахте. Такая автоматизация исключает работу только одной из двух систем — вытяжной или приточной.

Для вытяжных систем с местными отсосами, особенно при выделении токсических веществ, предусматривается блокировка электродвигателя вытяжного вентилятора с производственным оборудованием. Блокировка осуществляется таким образом, чтобы при остановке электродвигателя вентилятора прекращалась бы работа обслуживаемого им оборудования. Так, например, гальванические и травильные автоматы и полуавтоматы с хромовыми и нишевыми выделениями должны прекращать подачу тока, подачу теплоносителя, движение конвейера и т. п. при остановке обслуживающего их вентилятора.

Электродвигатели аспирационных систем блокируются с электродвигателями пылящего производственного и транспортного

оборудования. При мокрой очистке воздуха подача воды в циклоны или скрубберы автоматически прекращается при остановке электродвигателя аспирационной системы.

Электродвигатели вытяжных аварийных систем иногда блокируются с автоматическими клапанами, обеспечивающими поступление наружного воздуха или воздуха из соседних помещений.

Наиболее сложны и наименее разработаны автоматические устройства, обслуживающие системы аспирации при совместном гидрообеспыливании и увлажнении материала. Здесь необходима не только блокировка электродвигателя вентилятора с электродвигателями оборудования и транспортных средств (при остановке вентилятора останавливается оборудование), но и обратная блокировка с реле времени, останавливающая электродвигатель вентилятора спустя некоторое время — обычно 10—15 мин после остановки оборудования. Кроме того, блокируется электродвигатель вентилятора и подача воды и воздуха в систему гидрообеспыливания и увлажнения. Дополнительно к указанному необходимо автоматическое прекращение подачи воды в систему гидрообеспыливания и особенно увлажнения при холостой работе оборудования, т. е. при отсутствии в нем (например, на ленте конвейера) обрабатываемого или транспортируемого материала.

Для системы автоматического регулирования вентиляции следует, как правило, принимать тот же вид энергии, который используется для автоматизации основных технологических процессов. Пневматические системы применяются при наличии сетей сжатого воздуха, а также во взрывоопасных помещениях. Электрические системы применяются при отсутствии сжатого воздуха, а также при сложной схеме регулирования, при которой затруднительно использование пневматических регуляторов. Иногда применяются смешанные электропневматические системы.

Добавим в заключение, что в производственных зданиях без фонарей автоматизация вентиляционных устройств и блокировка технологического оборудования с местными вытяжными системами обязательны. В помещениях без окон, имеющих резервные вытяжные вентиляторы, необходимо обеспечивать автоматическое переключение системы с рабочих вентиляторов на резервные (СН 245 63, п. 4.7).

§ 24. Очистка выбрасываемого воздуха от пыли

Аспирационные установки удаляют иногда весьма значительные количества пыли. На крупных предприятиях количество пыли, удаляемой аспирацией, измеряется тоннами в час. Выбрасывать пыль наружу невозможно, так как это загрязнило бы воздушный бассейн возле промышленной площадки.

Санитарные нормы СН 215-63 следующим образом регламентируют необходимость очистки воздуха от пыли.

Степень очистки выбросов, содержащих пыль, устанавливается в зависимости от предельно допустимой концентрации пыли в воздухе рабочей зоны производственных помещений:

Предельно допустимая концентрация пыли в воздухе рабочей зоны производственных помещений в мг/м ³	Допустимое содержание пыли в воздухе, выбрасываемом в атмосферу, в мг/м ³
2 и менее	30
от 2 до 4	60
» 4 » 6	80
» 6 » 10	100

Выбросы, удаляемые в атмосферу и содержащие пыль в количестве, не превышающем указанного выше допустимого предела, разрешается не подвергать очистке.

Выбор устройства для очистки удаляемого воздуха от пыли надлежит производить в зависимости от начального пылесодержания, дисперсности пыли и допустимого содержания пыли в выбросах в атмосферу.

Содержание пыли в воздухе, удаляемом аспирационными системами, весьма различно. Оно зависит от свойства пыли, совершенства укрытия, влажности обрабатываемого материала, отсутствия или наличия гидрообеспыливания. Количество пыли в удаляемом воздухе обычно колеблется между 500 и 20 000 мг/м³ (иногда доходит даже до 30 000 мг/м³). Содержание пыли редко падает ниже указанного предела, которым и следует руководствоваться как минимальным, ведя расчеты по пылеочистке.

Приводим некоторые данные по содержанию пыли в воздухе (в мг/м³), отсасываемом от оборудования (по данным МИОТ и другим источникам):

от выбивных решеток литейных и из бункеров	1000—2500
от кожуха элеватора в литейных	1000
то же, на дробильных фабриках	до 8000
от укрытий пересыпок	2000—4000
» дробильно-размольного оборудования при сухом процессе	до 20 000
от валковых дробилок	2500—3000
» дробебетного барабана	2000
» очистного барабана	4000—7000
» сплошных укрытий ленточных конвейеров	1000—2000
от бегунов	1000—2000
из барабанов шаровых и трубчатых мельниц	до 15 000
от кожуха-укрытия шаровой мельницы	500—800
» пескоструйных больших камер	4000—8000
то же, малых	до 25 000
от мешалок, шнеков, бункеров	500—1000
» обдирочных, шлифовальных и полировочных кругов	500—800
от тарельчатых питателей	2000—3000

от столов обрубщиков в литейных	1000
» дробеструйных камер	2000--3000
пневмотранспорт после продуктоотделения	до 10 000
при отсосе воронками и щелевидными отсосами	200—400

Приведенные цифры относятся к сухим материалам при отсутствии гидрообеспыливания. При влажных материалах и наличии шнемогидрообеспыливания содержание пыли в удаляемом воздухе снижается (по данным некоторых авторов в 10—15 раз). Отсутствие проверенных сведений о содержании пыли в удаляемом воздухе при гидрообеспыливании не позволяет привести конкретные цифры.

Содержание пыли в отсасываемом воздухе резко меняется в зависимости от того, является ли пыль отбросом или, наоборот, представляет ценность. В первом случае стараются удалить вентиляцией наибольшее количество пыли, во втором — наименьшее. Конструкция и размеры аспирационных воронок в значительной степени влияют на эффективность пылеотсасывания.

Кроме процессов с интенсивным пылеобразованием — размол, дробление, транспортировка, перемешивание, требующих укрытия пылящих мест и отсосов воздуха от укрытий, в ряде отраслей промышленности имеют место производственные операции с малым пылеобразованием. Это обычно разборка и сортировка, например разборка электродвигателей при их ремонте, пемзовка и зачистка при малярных работах, расфасовка продукции и т. п. Подобные операции чаще всего проводятся в укрытиях типа кожухов, шкафов или в витринных укрытиях.

Вследствие относительно малого пылевыделения (порядка 10—50 г/ч) и относительно большого объема удаляемого от укрытий воздуха (порядка 1000—3000 м³/ч) содержание пыли в отсасываемом воздухе незначительно. В самом деле, пусть в укрытии распыляется и уносится воздухом даже 100 г/ч какого-либо нетоксического вещества. Объем удаляемого воздуха пусть составляет 1500 м³/ч. Данные цифры соответствуют какому-то среднему случаю. Тогда содержание пыли в удаляемом воздухе составит

$$\frac{100 \cdot 1000}{1500} \approx 67 \text{ мг/м}^3,$$

т. е. содержание пыли в воздухе меньше допустимого СН 245—63 и воздух может выбрасываться наружу без очистки.

Как правило, на практике не очищают от пыли воздух, отсасываемый от вытяжных шкафов, кожухов и витрин, внутри которых производятся ручная резка, шлифовка, шкурковка, расфасовка и т. п. Но и здесь возможны исключения. Например, сортировка пыльного тряпья, набивка изделий ватой или стружкой, расфасовка больших количеств сильно пылящих веществ — все процессы требуют очистки удаляемого из укрытий воздуха.

При удалении пыли с помощью зональной вентиляции (цельевидные отсосы, воронки) в подавляющем большинстве случаев очистка воздуха не пужна. При наличии направленного пылевого факела проектируются отсосы-воронки и удаляемый воздух очищается от пыли.

Выбрасывать наружу токсическую, а особенно радиоактивную пыль недопустимо даже в самых малых количествах. При наличии такой пыли воздух, удаляемый местными отсосами, обязательно должен подвергаться тщательной очистке независимо от интенсивности пылеобразования и количественного содержания пыли в извлекаемом воздухе. Степень очистки воздуха должна быть несравнимо более высокой, нежели для обычной пыли.

К токсическим пылям можно отнести пыль свинца и его окислов, ртутных препаратов, висмута, теллура и селена и их окислов, пыль мышьяковистых соединений, окиси марганца и некоторые другие.

Степень очистки воздуха, выносящего в атмосферу токсическую пыль, должна быть порядка 99—99,5%. В этих случаях прибегают к двойной и тройной очистке воздуха.

При малом количестве особо токсической пыли (лабораторные или полузаводские установки) и значительных воздухообменах, например при отсосе из вытяжных шкафов, очистка удаляемого воздуха затруднительна и чрезмерно удорожает эксплуатацию вентиляции. В подобных случаях порой приходится отказываться от очистки, но удалять воздух в более высокие слои атмосферы — на 60—80 м от уровня земли с помощью высоких выхлопных труб (до 40—50 м) и интенсивного факельного выброса. Здесь рекомендуются централизованные вытяжные системы с производительностью не менее 10 000—15 000 м³/ч.

Радиоактивная пыль должна полностью улавливаться во всех случаях. В санитарных правилах работы с радиоактивными веществами сказано, что для улавливания радиоактивных аэрозолей должна осуществляться двухступенчатая очистка извлекаемого воздуха. Для первой ступени рекомендуется применять фильтры обычные, а для второй — тонковолокнистые из ткани ФПП.

Перейдем к критической оценке некоторых способов очистки воздуха от пыли.

Как известно, степенью очистки называется отношение в процентах веса уловленной пыли к весу пыли, содержащейся в воздухе до его очистки. Коэффициент очистки ε в % выражается формулой

$$\varepsilon = \frac{K_1 - K_2}{K_1} \cdot 100 [\%], \quad (73)$$

где K_1 — количество пыли в воздухе до очистки в мг/м³;

K_2 — количество пыли в воздухе после очистки в мг/м³.

При двух ступенях очистки общий коэффициент очистки в долях единицы выражается:

$$\varepsilon_{\text{общ}} = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 - \varepsilon_1 \varepsilon_2, \quad (74)$$

где ε_1 и ε_2 — коэффициенты очистки для первой и второй ступеней в долях единицы.

Фракционная эффективность пылезадержания определяется по следующей формуле

$$\varepsilon_{\text{ф}} = \frac{\sum \delta_n \varepsilon_n}{100} [\%], \quad (75)$$

где $\varepsilon_{\text{ф}}$ — коэффициент общей очистки в %;

δ_n — содержание n -ой фракции пыли в % по весу;

ε_n — коэффициент очистки для n -ой фракции в %.

Приводим пример определения коэффициента общей очистки для пыли следующего фракционного состава: размеры до 5 мк — $\delta_1 = 15\%$, до 10 мк — $\delta_2 = 20\%$, до 20 мк — $\delta_3 = 35\%$, до 40 мк — $\delta_4 = 30\%$. Коэффициенты очистки для данных фракций соответственно: $\varepsilon_1 = 80\%$; $\varepsilon_2 = 95\%$; $\varepsilon_3 = 97\%$; $\varepsilon_4 = 100\%$.

Коэффициент общей очистки по формуле (75)

$$\varepsilon_{\text{ф}} = \frac{15 \cdot 80 + 20 \cdot 95 + 35 \cdot 97 + 30 \cdot 100}{100} \approx 95\%.$$

Пылезадерживающие устройства по принципу действия делятся на пылеуловители сухие и пылеуловители мокрые. Первые задерживают и собирают пыль в сухом состоянии, вторые — соответственно во влажном или мокром. Промежуточными между указанными группами являются так называемые масляные фильтры, в которых пыль приходит в соприкосновение с вязкой жидкостью — маслом.

Универсальных пылеуловителей, пригодных для любых видов пыли и для любых начальных концентраций, не существует. Каждый тип пылеуловителя предназначается для определенного вида или видов пыли и для определенного диапазона начальных ее концентраций.

Циклоны улавливают пыль только I, II и III классификационных групп. Циклоны высокой эффективности, например типа ШНОГаза или с обратным конусом, улавливают 60—80% пыли III группы. Орошаемые пылеуловители — циклоны-промыватели, скрубберы, пенные и т. п. — улавливают пыль III и IV классификационных групп, задерживая до 65—85% пыли IV группы.

Матерчатые фильтры и электропылеуловители задерживают до 70—95% пыли IV классификационной группы. Пыль V группы ими почти не улавливается.

Пыль V классификационной группы задерживается только фильтрами из специальной волокнистой ткани, например типа ФПН. Такие фильтры делятся на три класса:

III класс — пыль V группы не задерживает;

II класс — задерживает до 85—95% пыли V группы;

I класс — задерживает до 99% пыли V группы.

Из сухих пылеуловителей наиболее эффективны матерчатые фильтры, способные задерживать мелкую пыль при высоком коэффициенте очистки, достигающем до 98—99%. Этот коэффициент в значительной мере зависит от вида применяемой ткани. Результат очистки зависит также от удельной нагрузки фильтра, которую рекомендуется принимать в пределах от 50 до 100 $\text{м}^3/\text{ч} \cdot \text{м}^2$ в зависимости от рода пыли и ее начальной концентрации.

При фильтрации воздуха, содержащего свинцовую пыль, в качестве фильтрующего материала применяются кирза, сукно, байка и байка с капроном. Нагрузка на фильтр принимается 50 $\text{м}^3/\text{ч} \cdot \text{м}^2$.

Матерчатые фильтры работают хорошо при сухой нелипкой и неволокнистой пыли. Но они совершенно непригодны для влажного воздуха. К их недостаткам нужно отнести большой подсос воздуха, достигающий в некоторых конструкциях до 25%.

В СНиП I-Г. 5-62 (табл. 6) указывается, что:

в мокрых пылеуловителях и пылеуловителях-промывателях всех видов может очищаться воздух, загрязненный любой пылью, кроме волокнистой;

в сетчатых пылеуловителях может очищаться воздух, загрязненный только волокнистой пылью.

Однако, по мнению автора, сетчатые фильтры, применяемые порой для волокнистой пыли, на практике себя не оправдали. В периоды отслаивания волокнистого слоя от сетки наблюдается значительный пропуск пыли наружу. Применять эти фильтры для улавливания волокнистой пыли от войлочных и матерчатых кругов не рекомендуется.

Для улавливания волокнистой пыли возможна и мокрая очистка. Укажем на специально сконструированный для очистки от волокнистой пыли оросительный фильтр конструкции автора.

На рис. 27 показан оросительный фильтр малой модели производительностью 3000 $\text{м}^3/\text{ч}$. Запыленный воздух подводится через боковой патрубок со скоростью 15 $\text{м}/\text{сек}$ и, ударяясь о поверхность воды, меняет направление движения на 180°. Далее воздух проходит через дождевое пространство, создаваемое при помощи сеток с мелкими отверстиями, затем пропускается сквозь отбойный слой фарфоровых колец и отводится к вентилятору через верхний патрубок. Шлам, скапливающийся в нижней части корпуса, периодически удаляется через люк; мелкая же пыль, проходящая через сетку, непосредственно стекает с водой в канализацию.

Сопротивление оросительного фильтра при нормальной нагрузке — около 45 $\text{кг}/\text{м}^2$. Расход воды 0,50–0,60 $\text{л}/\text{м}^3$.

По данным канд. техн. наук П. В. Сидякова возможно улавливать волокнистую пыль в циклонах ЛИОТ с водяной пленкой. Эти пылеуловители справляются с волокнистой пылью при усло-

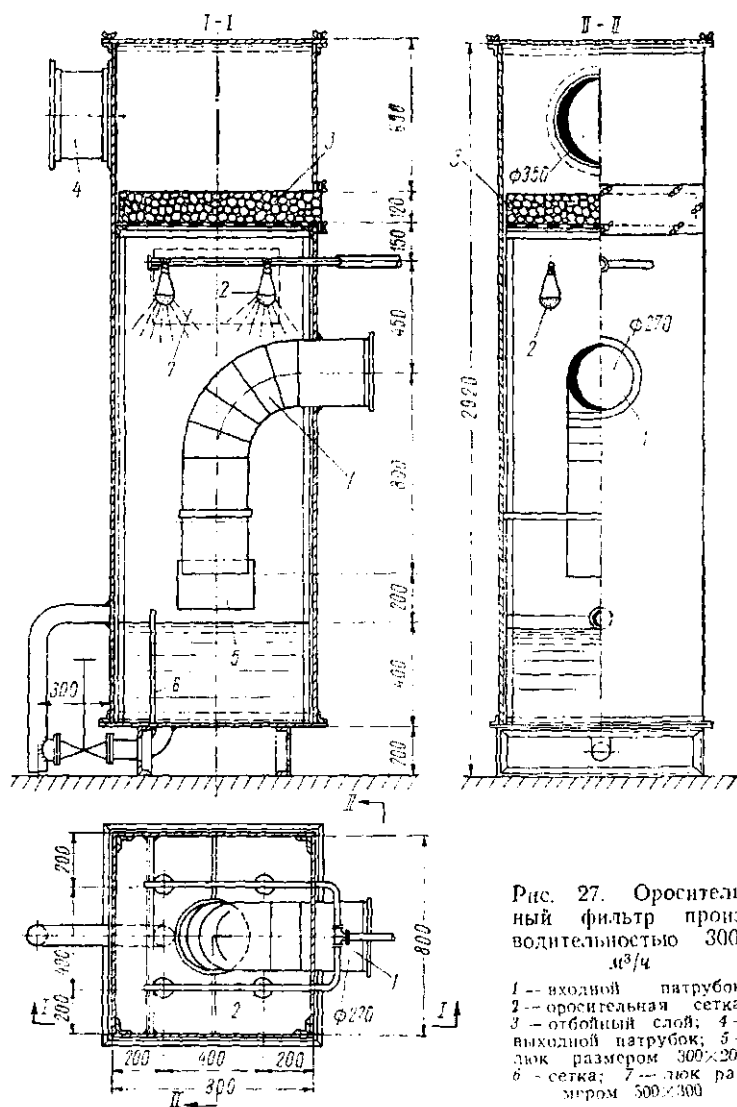


Рис. 27. Оросительный фильтр производительностью 3000 м³/ч

- 1 — входной патрубок;
- 2 — оросительная сетка;
- 3 — отбойный слой;
- 4 — выходной патрубок;
- 5 — слой пыли размером 300×200;
- 6 — сетка;
- 7 — люк размером 500×300

вию повышенного против нормального расхода воды. Расход воды следует увеличивать в 1,5 раза.

Из мокрых пылеуловителей, кроме циклонов ЛИОТ с водяной пленкой и пенных пылеуловителей, хорошо себя зарекомендовали центробежные скрубберы ВТИ. Они работают

практически при любых пылях, за исключением волокнистых и схватывающихся. Недостатком их является относительно большой расход воды, а также значительная высота.

Малогабаритные циклоны-промыватели СИОТ свободны от недостатков скрубберов ВТИ и работают с малым расходом воды. Но циклоны СИОТ не могут использоваться при очистке воздуха с мелкой пылью, способной коагулироваться. При

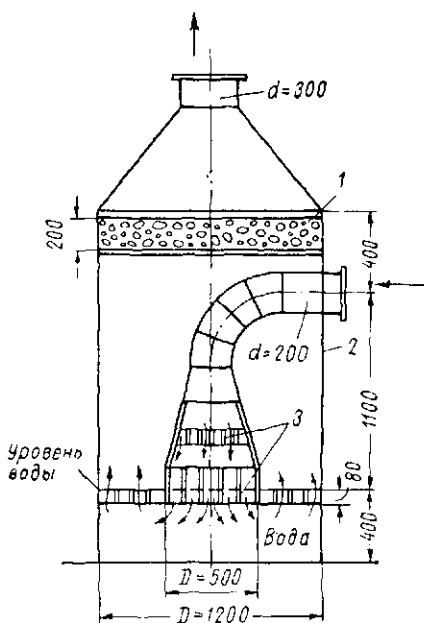


Рис. 28. Фильтр-барботер

1 — отбойный слой фарфоровых колец; 2 — корпус фильтра; 3 — распределительная решетка

значительном начальном пылесодержании и при способности пыли к коагуляции чрезмерно густой шлам может забить циклон и отводящие трубы и нарушить их работу. Кроме того, транспортировка густого шлама вообще затруднительна. Дополнительное же разбавление шлама водой (после циклона) лишает пылеуловитель СИОТ его основного преимущества — экономии воды.

Имеющиеся практические данные по работе циклонов-промывателей для ограниченного диапазона пылей и начальных пылесодержаний говорят об эффективной работе этих аппаратов.

Для очистки от волокнистой пыли циклоны-промыватели непригодны.

Недавно вошедшие в вентиляционную практику пенные промыватели-пылеуловители ЛТИ (одно- и двухшочные) показали себя эффективными аппаратами. Очевидно, в ближайшее время они будут

изготавливаться заводским путем. Пенные пылеуловители можно рекомендовать для очистки воздуха от пыли при начальной концентрации ее до $20\,000\text{ мг/м}^3$, а также от растворимых в воде газов и паров. Пенные пылеуловители непригодны для очистки от волокнистой пыли.

Для очистки относительно небольших количеств воздуха в случае несмачивающейся мелкой пыли, например металлической, могут быть рекомендованы фильтры-барботеры. В этих пылеуловителях воздух проходит через слой жидкости.

Принципиальное устройство фильтра-барботера показано на рис. 28. Воздух поступает через центральную трубу со скоростью порядка $5\text{--}6\text{ м/сек}$, разбивается на отдельные струи и проры-

вается через слой жидкости глубиной 60—80 мм. Затем воздух проходит через отбойный слой фарфоровых колец и постукает в вентилятор. Для предотвращения брызгоуноса и достижения высокой степени очистки, близкой к 99,5%, скорость воздуха в кольцевом сечении барботера не должна превышать 0,5 м/сек.

При выборе пылеуловителя в каждом частном случае приходится учитывать ряд обстоятельств; главные из них — свойства пыли и требуемая степень очистки. Большую роль играет ценность пыли и необходимость ее возврата в производство. Существенно наличие или отсутствие воды и возможность шламоудаления. И, наконец, не всегда безразличны габариты пылеуловителя и стоимость его эксплуатации.

При недостатке воды для мокрой очистки и при затрудненном шламоотводе иногда возможно фильтровать получаемый шлам и возвращать осветленную воду вновь на мокрую очистку. Получающиеся влажные кэки или используются в производстве, или выбрасываются в отвал.

Дать готовые рекомендации по выбору способа очистки и типа пылеуловителя затруднительно. Приходится говорить лишь о принципиальных наметках.

Если пылевыделяющий процесс протекает в неоттапливаемом помещении, очевидно, мокрая очистка исключается. Она отпадает также при наличии схватывающейся пыли, например цементной. Непригодна мокрая очистка и для пыли, реагирующей с водой, например алюминиевой. И, наконец, мокрая очистка непригодна при необходимости возврата сухой пыли в производство.

С другой стороны, сухая очистка абсолютно не приемлема при значительной влажности запыленного воздуха, например при наличии гидрообеспыливания очагов пыления. Сухая очистка малоприменяема для слипающихся пылей (например, пыль стеклопластиков) и малоэффективна при мелкой пыли (за исключением матерчатых фильтров). Кроме того, разгрузка пылеуловителей и транспортировка сухой пыли — операции чрезвычайно затруднительные.

Для тонкой очистки в качестве второй или третьей ступени иногда применяются фильтры, служащие для очистки приточного воздуха — масляные, бумажные, из тканей ФПП. Перечисленные фильтры настолько малопылесемки, что могут применяться лишь для очистки малозапыленного воздуха, при остаточном пылесодержании в 20—40 мг/м³. Пригодны они в качестве последней ступени лишь после сухих пылеуловителей. При мокрых почти неизбежен брызгоунос, отрицательно сказывающийся на работе фильтров тонкой очистки.

Из специальных фильтров, в которых фильтрующим материалом служит волокнистая ткань, создающая электростатический эффект, рассмотрим фильтр из ткани ФПП-15, так называемый фильтр «Лайк». Ячейка подобного фильтра показана

на рис. 29. Производительность ячейки — от 2000 до 2500 м³/ч при сопротивлении до 20—25 кг/м². Вес ячейки 14 кг, расход ткани ФПП-15 около 22 м в один слой.

Возможны и иные конструкции фильтров из ткани ФПП-15. Ячейки этих фильтров заводским путем пока не производятся.

По использованию такие фильтры обычно уничтожаются и заменяются новыми. При радиоактивной пыли ячейки подлежат захоронению.

Говоря об эффективности тех или иных пылеуловителей, следует заметить, что приводимые в справочниках коэффициенты очистки часто бывают завышены.

Особенно это относится к сухим циклонам. Практически их эффективность следует принимать не более 80—85% для циклонов диаметром до 700 мм и 65—75% — для остальных. Исключением являются циклоны с обратным конусом, эффективность которых несколько выше.

В СССР начали использовать в качестве пылеуловителей вентиляторы. Первые установки с подачей воды на рабочее колесо были получены из ГДР. Установки эти работали в угольной промышленности.

Затем вентиляторы-пылеуловители стали применяться в других отраслях производства, хотя до последнего времени их использование крайне ограничено. По данным ЛИОТа, вентиляторы-пылеуловители в некоторых случаях довольно эффективны. Они дают коэффициент очистки от 86% на свинцовой пыли и до 96% — на угольной. Недостатки этого способа пылеулавливания — быстрый износ колеса вентилятора и большой расход воды.

В заключение упомянем об индивидуальных рециркуляционных агрегатах. Эти аппараты предназначены для очистки загрязненного воздуха с последующим возвратом его в вентилируемое помещение.

В настоящее время чаще всего применяются пылеулавливающие агрегаты типа ЗИЛ-900, разработанные автозаводом им. Лихачева. Агрегаты пригодны для улавливания сухой неволокнистой пыли, например от заточных, обдирочных и шлифовальных станков. Производительность агрегата 700 м³/ч, эффективность пылеулавливания до 99%. Пыль задерживается рукавным фильтром, имеющим механизм встряхивания. Электродвигатель агрегата мощностью 1,7 квт при $n=2800$ об/мин. Диаметр агрегата 520 мм, высота 1820 мм.

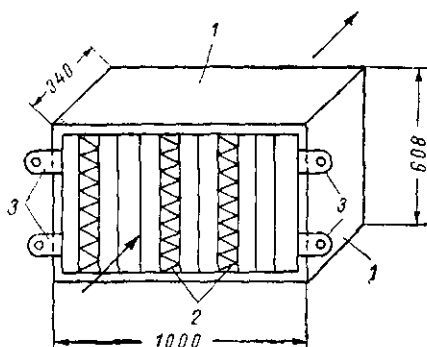


Рис. 29. Ячейка фильтра «Лайк»

1 - стягивающая доска; 2 - рамка с тканью; 3 - ушки для крепления

Нужно иметь в виду, что эти агрегаты очень сильно шумят в работе. Это обстоятельство не позволяет рекомендовать их к установке на производстве.

Вентиляция с применением рециркуляции воздуха при наличии вредностей всегда менее эффективна, нежели проточная, т. е. с подачей свежего воздуха взамен извлекаемого. Сказанное полностью относится и к борьбе с пылью. Рециркуляционные агрегаты могут быть рекомендованы только для обеспыливания станков, работающих периодически и кратковременно при их рассредоточенном расположении. Рециркуляционные агрегаты отнюдь не следует применять при постоянной работе пылевыводяющих станков или аппаратов, расположенных сосредоточенно. В этом случае надлежит проектировать проточную вентиляцию с выбросом воздуха после очистки наружу и с компенсацией вытяжки приточным воздухом.

ГЛАВА СЕДЬМАЯ

ВЕНТИЛЯЦИЯ В ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

§ 25. Принципы вентиляции на предприятиях химической промышленности

Вредность химических производств создает особые условия, которые необходимо учитывать как при проектировании всего предприятия в целом, так и при проектировании вентиляции.

Необходимо размещать предприятия химической промышленности только с подветренной стороны по отношению к предприятиям с меньшей вредностью и жилым массивам. Не следует располагать предприятия в котловинах. Наиболее вредные производственные цехи размещаются с подветренной стороны (по господствующим ветрам холодного периода) по отношению к менее вредным цехам и административным зданиям.

Производственные здания химических заводов, как правило, должны проектироваться одноэтажными с устройством обслуживающих площадок внутри здания. Для отдельных производств допускаются и многоэтажные здания, в частности при наличии вертикального технологического процесса. Здания рекомендуются укрупненные с блокированием нескольких производств в одном корпусе. В подобном корпусе-блоке обычно размещаются и подсобные помещения—склады, мастерские, лаборатории и т. п.

Вентиляционные камеры в одноэтажных производственных зданиях (за исключением центральных камер, обслуживающих

все предприятие или часть его) следует размещать, используя свободное место на площадках, антресолях, в междуферменном пространстве и т. п., однако с учетом их удобной эксплуатации. Допускается размещение камер, преимущественно приточных, в подвальных помещениях. Приточные установки, как правило, располагаются у наружных стен с забором воздуха через отверстия в этих стенах. Забор приточного воздуха над кровлей цехов с вредными выделениями исключается.

Во всех случаях, где это возможно по условиям технологического процесса, следует размещать технологическое, энергетическое и санитарно-техническое оборудование вне зданий, с устройством при необходимости местных строений. Примером расположения оборудования вне зданий являются вращающиеся печи. При их применении, например, в цементном производстве в зданиях располагаются только «головки» печей, вращающиеся же барабаны находятся вне здания.

Здания химических производств, в которых имеются значительные тепловыделения и газовыделения, например печные отделения, должны проектироваться с учетом их аэрации. Кроме оконных проемов могут устраиваться специальные аэрационные проемы, рассчитанные на теплый период года. Аэрационные и световые фонари должны быть незадуваемыми, кровля утепленная.

Площадь открывающихся проемов для поступления приточного воздуха при аэрации должна составлять не менее 30% от площади остекления при вредностях с допустимой концентрацией до 5 мг/м^3 . При более токсических вредностях площадь открывающихся проемов должна составлять не менее 50% от общей площади остекления.

С санитарной точки зрения чрезвычайно важно конструировать химическую аппаратуру с встроенными в нее местными отсосами. Любой реактор с негерметизированной крышкой должен снабжаться вентиляционным патрубком для присоединения к нему местного отсоса. Недоучет этого правила приводит к необходимости устройства вентиляционных штуцеров при монтаже аппаратуры, что явно нерационально. При проектировании технологического оборудования должна учитываться необходимость герметизации процессов загрузки и выгрузки из аппаратов токсических веществ. Так же должны герметизироваться процессы растаривания сыпучих материалов, упаковка пылящих и испаряющихся материалов и т. п.

Предприятия химической промышленности чаще всего работают непрерывно. Во многих случаях при наличии теплоизбытков можно не предусматривать дежурное отопление. В помещениях же, где отопление необходимо, оно устраивается преимущественно совмещенным с приточной вентиляцией. Реже применяется воздушное отопление отопительными агрегатами.

Для предприятий химической промышленности характерно наличие аварийной вентиляции и дублирование вытяжных вентиляторов. И то и другое вызывается токсичностью вредностей, поступающих в воздух производственных помещений. По той же причине в отдельных производствах, помимо вентиляции и герметизации, прибегают к мерам индивидуальной защиты работающих — к респираторам и противогазам.

Во всех помещениях, в которых возможны случайные выделения значительных количеств токсических веществ (газов, паров, пыли) с допустимой концентрацией 5 мг/м^3 и ниже, устанавливаются специальные автоматические приборы, сигнализирующие о присутствии в воздухе вредностей в концентрациях выше допустимых. В подобных помещениях аварийная вытяжка должна включаться автоматически от газоанализаторов, настроенных на определенную концентрацию.

Аварийная вентиляция должна предусматриваться во всех помещениях, где возможно внезапное выделение в воздух токсических или взрывоопасных веществ. Воздухообмен, потребный для удаления вредностей, обеспечивается совместной работой постоянно действующей и аварийной вытяжки. Аварийная вытяжка притоком не компенсируется, воздух поступает из соседних помещений и снаружи через обычные проемы или через специальные, предназначенные для аварийного притока. Специальные проемы устраиваются только при значительных объемах удаляемого воздуха в случаях, если в помещение может поступить большое количество токсических веществ с допустимой концентрацией 1 мг/м^3 и ниже. Аварийные приточные проемы устраиваются в виде подвижных фрагм или ворот, раскрывающихся автоматически при пуске аварийной вытяжки.

Аварийная вытяжка всегда механическая. Обычно применяются осевые вентиляторы, располагаемые в проемах стен, и крышные. Аварийные системы, как правило, выполняются без воздуховодов. При выделении взрывоопасных веществ вентиляторы и электродвигатели аварийных систем должны быть во взрывобезопасном исполнении.

Изредка для аварийной вытяжки применяются центробежные вентиляторы с разветвленной сетью воздуховодов. Это желательно при тяжелых газах, выделяющихся в холодном состоянии. Примером подобной аварийной вентиляции являются вытяжные системы в помещениях, где имеется газообразный хлор под давлением или жидкий хлор. Вытяжка здесь устраивается в основном из нижней зоны, являясь, в сущности, не общеобменной, а зональной. В некоторых случаях рационально приближать вытяжные воронки к местам наиболее вероятных прорывов вредностей — к соединениям трубопроводов, сальникам, люкам и т. п.

Количество воздуха, которое необходимо удалять аварийной вытяжкой, расчету не поддается.

При назначении производительности аварийных систем базируются на эмпирических данных, оперируя с таким ненадежным понятием, как кратность обмена.

При назначении воздухообмена по кратности нужно прежде всего учитывать высоту помещения. Затем следует иметь в виду степень насыщенности помещения аппаратурой, трубопроводами и арматурой, а также количество мест возможного аварийного выделения вредностей. И, конечно, необходимо учитывать степень токсичности ожидаемых выделений.

В литературе встречаются лишь скудные и разноречивые сведения о необходимых кратностях обмена при аварийной вытяжке в том или ином случае. Чаще всего считают, что при включении систем аварийной вытяжки общая кратность обмена, создаваемая совместно постоянно действующей и аварийной вытяжкой, должна быть в пределах от 7 до 15. Подобный подход к вопросу нельзя признать правильным.

Имеются и более уточненные данные, относящиеся к химическим производствам. При высоте помещения до 6 м или для условной зоны высотой до 6 м рекомендуются следующие суммарные кратности обмена при совместном действии постоянной и аварийной вытяжки:

при предельно допустимой концентрации вредностей 5 мг/м^3 и выше кратность обмена не менее 8;

при предельно допустимой концентрации 3 мг/м^3 и ниже кратность обмена не менее 12;

при предельно допустимой концентрации 1 мг/м^3 и ниже кратность обмена не менее 16.

Но и такой подход к назначению производительности аварийной вытяжки недостаточно оправдан.

В химической промышленности постоянно действующая вентиляция — аэрация, общеобменная механическая, с местными отсосами или смешанная — нередко создает кратности обмена, значительно превышающие 15 или 16. С другой стороны, в крупных цехах сплошь и рядом созданы даже 10-кратного обмена требует огромного количества воздуха и не оправдано.

В качестве первого приближения предлагается определять воздухообмен при работе аварийной вентиляции исходя из кратности обмена, создаваемой постоянно действующей вентиляцией.

Обозначим кратность обмена, создаваемую постоянно действующей вентиляцией, через n . Суммарную кратность обмена, создающуюся при совместном действии постоянной и аварийной вентиляции, обозначим через m . Тогда

$$m = kn \text{ [об/ч]}. \quad (76)$$

Значения коэффициента k даны в табл. 29.

Для иллюстрации приводим несколько примеров подсчета суммарной кратности обмена при совместном действии постоянно работающей и аварийной вентиляции.

Значения коэффициента k в формуле (76)

Характеристика выделяющихся вредностей	Допустимая концентрация в $мг/м^3$		
	до 10	до 1	ниже 1
Взрывоопасные газы, пары, аэрозоли	2,5—3	2—2,5	--
Невзрывоопасные газы, пары, аэрозоли	1,5—2	2—2,5	2,5—3

В помещении аммиачной компрессорной кратность обмена составляет 3 об/ч. Аммиак способен образовывать взрывоопасную смесь с воздухом. Допустимая концентрация 20 $мг/м^3$. Принимаем $k=2,5$. Тогда

$$m = 2,5 \cdot 3 = 7,5 \text{ об/ч.}$$

Нормы регламентируют для таких помещений кратность при работе аварийной вентиляции не менее 7.

В цехе производится обработка невзрывоопасного материала хлором, находящимся под давлением. Вентиляция смешанная, создающая кратность обмена, равную 12. Аварийная вытяжка проектируется из нижней зоны по типу зональных отсосов. Допустимая концентрация для хлора 1 $мг/м^3$. Учитывая зональную вытяжку, принимаем $k=2$. Тогда

$$m = 2 \cdot 12 = 24 \text{ об/ч.}$$

В небольшом помещении со смешанной вентиляцией возможно аварийное выделение аэрозоли с допустимой концентрацией 0,1 $мг/м^3$. Кратность обмена постоянно действующей вентиляции равна 22 об/ч. Принимаем $k=2,5$. Тогда

$$m = 2,5 \cdot 22 = 55 \text{ об/ч.}$$

В большом цехе основной химии кратность обмена постоянно действующей вентиляции составляет 4 об/ч. Возможно аварийное выделение хлористого водорода (допустимая концентрация 5 $мг/м^3$). Принимаем $k=2$. Тогда

$$m = 2 \cdot 4 = 8 \text{ об/ч.}$$

Как видно, кратности обмена при совместном действии постоянной и аварийной вытяжки получаются весьма различными. Они не укладываются в норму от 7 до 15.

В химических производствах, сопровождаемых выделением токсических веществ с допустимой концентрацией 5 $мг/м^3$ и ниже, рекомендуется принимать меры для предотвращения попадания вредностей в расположенные смежно бытовые

и административные помещения. В указанные помещения приток следует подавать с подпором не менее чем 20%. Между цехом и упомянутыми помещениями следует предусматривать шлюз или тамбур, в который можно подавать приточный воздух с кратностью обмена не меньше 5 в час.

На предприятиях химической промышленности сплошь и рядом атмосфера промплощадки бывает загрязнена технологическими выбросами. Указанное явление возникает вследствие недостаточной очистки технологических выбросов от газов и пыли или вследствие невозможности таковой. В свете сказанного упомянем об одном небезынттересном обстоятельстве.

Санитарные нормы требуют очищать выбрасываемый вентиляционный воздух от пыли и газов. Технологические же выбросы, содержащие во много раз больше вредных веществ, нежели вентиляционные, в ряде случаев не очищаются или очищаются неудовлетворительно. Меры по очистке только вентиляционного воздуха не решают вопроса, и атмосфера промплощадки подчас бывает загрязнена выше допустимых норм. Особенно это относится к пылевым загрязнениям.

Загрязненность воздуха промплощадки и ее ближайшего окружения требует специальных мер по обеспечению предприятия чистым приточным воздухом. При наличии в наружном воздухе только пылевых загрязнений вопрос решается фильтрацией воздуха, забираемого приточной установкой. Надо отметить, что на предприятиях химической промышленности в большинстве случаев устанавливают фильтры для приточного воздуха. В известных случаях вследствие пылевых загрязнений наружного воздуха приходится отказываться от аэрации и переходить на круглогодичную работу механической приточной вентиляции с фильтрацией воздуха.

Борьба с пылью на химических предприятиях должна вестись не только в закрытых помещениях. Важно пресечь также запыление воздуха промплощадки аппаратурой, установленной вне зданий, а также от пылеобразующих процессов, например при поступлении сырья или отправке готовой продукции. Следует помнить, что на химических предприятиях нередко встречается токсическая пыль, во много раз более опасная, нежели нейтральная минеральная пыль искусственного или естественного происхождения. Запыленность наружного воздуха такими ядовитыми веществами, как хромпик, свинцовые препараты, мышьяковистый ангидрид и т. п., может повлечь за собой пагубные последствия, особенно если приточный воздух не фильтруется.

Должно быть обращено внимание на борьбу со вторичным пылеобразованием как в помещениях, так и на территории предприятия. Пыль, осевшая на землю и взметаемая не только ветром, но и при езде и хождении, создаст дополнительное запыление.

На химических предприятиях рациональной уборке пыли должно быть посвящено особое внимание. Использование промышленных пылесосов, а еще лучше мокрая уборка помещений и территории — весьма важное мероприятие в комплексе борьбы с пылью.

Если в воздушной среде промплощадки кроме пыли присутствуют вредные газы, задача обеспечения зданий чистым воздухом сильно усложняется. Большое значение приобретает расположение цехов по отношению к господствующим ветрам. Не меньшее значение имеет местоположение воздухоприемных

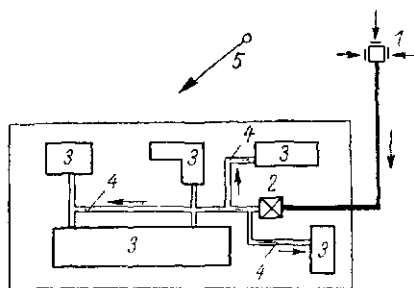


Рис. 30. Центральная напорная приточная система

1 — центральный воздухозабор; 2 — приточная установка; 3 — обслуживаемые здания; 1 — напорные каналы; 5 — направление господствующего ветра

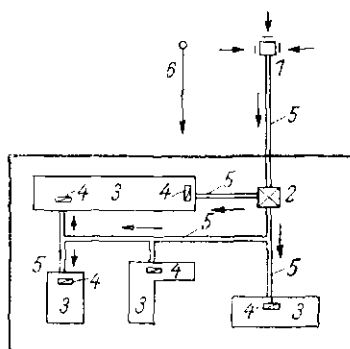


Рис. 31. Центральная всасывающая приточная система

1 — центральный воздухозабор; 2 — calorиферная установка; 3 — обслуживаемые здания; 4 — местные вентиляторы; 5 — всасывающие каналы; 5 — направление господствующего ветра

отверстий. При неблагоприятных условиях приходится устраивать центральные приточные камеры с вынесенными воздухоприемными устройствами.

Центральные приточные камеры возникли именно в химической и металлургической промышленности. Можно указать, например, на производство металлической ртути из руд — область технологии, стоящую на грани металлургической и химической промышленности.

Приточные системы с центральными камерами, обслуживающими группу зданий или все здания промплощадки, устраиваются двух типов: напорные системы и всасывающие. Последняя система предложена автором в 1958 г.

Схема центральной напорной приточной системы приведена на рис. 30. Здесь имеется центральный воздухозабор, вынесенный за пределы промплощадки, центральная приточная камера с фильтрационной и calorиферной установками (или только с calorиферной) и нагнетательными вентиляторами (обычно один вентилятор рабочий, а второй резервный). Обработанный

в камере воздух разводится по зданиям по магистральным напорным каналам и поступает к потребителям с давлением, достаточным для преодоления сопротивления внутренней разводящей сети. Такая система в полном смысле слова центральная, так как здесь обработка воздуха и побуждение его движения производятся единой установкой. Разводящие каналы обычно выполняются подземными из железобетона, выложенными изнутри гладкими плитками. Каналы чаще всего проходные. Скорость воздуха в каналах для уменьшения их габаритов принимают в пределах от 12 до 20 м/сек. Это вызывает довольно большие потери давления; так, при скорости 20 м/сек сопротивление каналов составляет от 150 до 250 кг/м².

Вариантом напорной системы является устройство с центральным вентилятором и местными подогревателями воздуха. В этом случае центральная калориферная установка заменяется несколькими местными, располагаемыми в обслуживаемых зданиях.

Производительность центральных напорных систем колеблется в пределах от 200 000 до 800 000 м³/ч. Более крупные системы встречаются сравнительно редко. В качестве побудителя применяются осевые шахтные вентиляторы.

Воздухозабор представляет собой отдельно стоящую будку с жалюзийными решетками, расположенными на высоте 3—4 м над уровнем земли. Воздухозабор желательно располагать в зоне зеленых насаждений с наветренной стороны в отношении господствующих ветров холодного периода.

Недостатком напорных центральных систем являются: большая потеря давления (до 300 кг/м²), значительная утечка воздуха через неизбежные неплотности канала (до 20—25%), потеря тепла от охлаждения канала при центральной калориферной установке.

Всасывающие центральные приточные системы в какой-то мере свободны от указанных недостатков.

Схема центральной приточной всасывающей системы показана на рис. 31. Здесь также имеется центральный воздухозабор, вынесенный за пределы промплощадки в зону зеленых насаждений. Из воздухозабора по всасывающему каналу воздух поступает в центральную камеру, где фильтруется и нагревается. Затем по всасывающему же каналу воздух поступает в здания за счет разрежения, создаваемого местными вентиляторами. Местные вентиляторы — обычно центробежные — подают воздух к местам его потребления по внутренним напорным сетям.

В рассматриваемой системе воздух движется от воздухозабора до любого вентилятора в здании за счет разрежения, создаваемого этим вентилятором. В наружной сети напорные участки отсутствуют, вследствие чего исключается потеря обработанного воздуха. Потребное в системе давление уменьшается,

так как всасывающие каналы могут быть выполнены большего сечения. На случай отключения какого-либо вентилятора на каждом ответвлении к зданию должен быть установлен обратный клапан.

В качестве варианта всасывающей системы возможна установка, в которой калориферы располагаются в зданиях совместно с вентиляторами.

Скорость воздуха в наружных всасывающих каналах рекомендуется в пределах от 10 до 14 м/сек. При таких скоростях потеря давления относительно невелика, а работа вентиляторов устойчива. Расход энергии при всасывающей системе значительно меньший, нежели при нагнетательной.

При невозможности устройства центральной приточной системы, при загрязненной газами и парами атмосфере промплощадки иногда приходится прибегать к промывке приточного воздуха в форсуночных камерах с последующим вторичным подогревом воздуха. Разумеется, такая промывка эффективна только при газах и парах, растворимых в воде, например при парах кислот, окислах азота и т. п. Промывка воздуха производится по адиабатическому процессу рециркулирующей водой. При этом значительная часть газовых загрязнений вымывается водой.

Очистка приточного воздуха от паров ртути иногда применяется на предприятиях ртутной металлургии, обычно на старых предприятиях, где почва промплощадки «заражена» ртутью. Очистка осуществляется фильтрацией приточного воздуха через слой природной двуокиси марганца — пиролюзита. Толщина слоя пиролюзита берется от 200 до 500 мм, размеры зерен 6—10 мм, содержание MnO_2 в пиролюзите должно быть не менее 85%. На специальные колосники укладывается металлическая сетка, на которую ровным слоем насыпается пиролюзит. Скорость прохода воздуха через фильтр принимается от 0,15 до 0,25 м/сек; при этом пропускная способность 1 м² фильтра составляет от 550 до 900 м³/ч. Степень очистки до 99%. Сопротивление от 60 до 150 кг/м².

Пиролюзитовые фильтры — громоздкие установки. Для уменьшения занимаемой ими площади фильтры делают многоярусными, как это показано на рис. 32. Следует отметить, что пиролюзитовые фильтры работают хорошо лишь при влажности воздуха, не превышающей 80%.

Приточные установки с очисткой воздуха от газов и паров должны функционировать круглогодично. В обслуживаемых ими помещениях окна не открываются.

Местные приточные камеры в зданиях, в которых имеются токсические вредности, как правило, должны иметь выходы наружу. Когда это невыполнимо по условиям планировки, разрешается сообщать приточные камеры с производственными помещениями только через тамбуры. В камеры рекомендуется

подавать приточный воздух для создания подпора в объеме не менее двукратного.

Подача приточного воздуха в помещения с газовыми вредностями, как правило, осуществляется в рабочую зону при помощи воздухораспределителей с равномерной раздачей. Сосредоточенный приток здесь неприемлем. Воздух следует подавать в места наиболее частого и длительного пребывания людей.

В некоторых случаях приточный воздух частично подается в виде воздушных душей. Такие устройства устраиваются на местах значительного облучения при большом объеме производственного помещения и малом количестве постоянных рабочих мест,

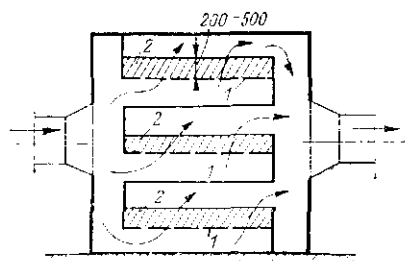


Рис. 32. Многоярусный пиролизный фильтр

1 — колосник с сеткой; 2 — слой пиролизного

а также в тех случаях, когда не удается с помощью местных отсосов обеспечить нормальные санитарные условия на рабочем месте. Воздушное душирование, как правило, осуществляется наружным обработанным воздухом. Воздушные души с рециркуляцией цехового воздуха почти не применяются.

В помещениях с токсическими вредностями при отсутствии постоянных рабочих мест рекомендуется устраивать специальные кабины — места отдыха работающих.

В эти кабины подается обработанный и очищенный воздух.

На предприятиях химической промышленности наряду с вентиляцией и аспирацией широко применяется увлажнение пылящих материалов и гидрообеспыливание. Особенно это относится к обработке материалов, выделяющих токсическую пыль.

Однако гидрообеспыливание, а тем более увлажнение, не всегда возможно. На некоторых производствах материалы могут обрабатываться только в сухом состоянии. К таким производствам относятся, например, производство извести, цемента, стекла, красящих пигментов и т. п. В подобных случаях особую важность приобретают герметизация и каплеулавливание пылящих аппаратов. Следует учитывать, что мелкая пыль способна проходить даже через самые малые неплотности, например через салынки. Если эта пыль ядовита, содержит, скажем, ртуть, свинец, соли кадмия или хрома, то нельзя допускать даже малейших прорывов ее в помещение. В данном случае, пожалуй, единственным приемлемым решением является полное укрытие пылящих аппаратов в кабины.

Пылящие процессы, связанные с ручной работой, — упаковка, растаривание и т. п. — безусловно должны проводиться в укрытиях с отсосами воздуха. Иногда, например при упаковке сыпу-

чих ртутных препаратов, ручная работа производится при помощи встроенных в укрытие рукавов с перчатками, аналогично расфасовке радиоактивных препаратов. Укрытия с встроеными рукавами должны предусматриваться в конструкции аппарата, предназначенного для ручной операции, связанной с выделением токсической пыли. Сказанное вновь подтверждает необходимость «содружества» технологов и специалистов по вентиляции.

В производствах, выделяющих токсические газы и пары, при современной технологии большинство процессов герметизировано. Выделяющиеся газы и пары находятся в замкнутом пространстве аппаратуры и трубопроводов и удаляются из них вместе с технологическими «хвостами». Эти последние подвергаются специальной обработке с целью улавливания и утилизации отходов, а затем после окончательной очистки выбрасываются в атмосферу.

При герметизированных производственных процессах, казалось бы, вентиляция не нужна. Но полной герметизации на практике не бывает. Утечки газов и паров всегда имеют место через неплотности аппаратуры и трубопроводов, работающих под давлением, кроме того, имеются пробные краны, мерные приборы и т. п., через которые возможно выделение вредностей. Поэтому, как правило, вентиляция устраивается и при герметизированном процессе. Вентиляция бывает общеобменная или зональная и лишь частично — с местными отсосами.

В химической промышленности укрытия и зональные отсосы устраивают у всех мест возможной неплотности аппаратуры — у пробных кранов, у сальников насосов, иногда даже у фланцевых соединений трубопроводов. Укрытия представляют собой небольшие кожухи с рабочими проемами; из кожухов производится отсос воздуха. Если насосы перекачивают жидкости с предельно допустимой концентрацией паров 5 мг/м^3 и ниже, то рекомендуется весь насос заключать в кожух с отсосом из него воздуха. При невозможности устройства кожуха у мест возможного прорыва вредностей обязательна установка отсасывающих воронок или щелей. Реже в таких случаях применяются всасывающие панели.

Объемы воздуха, удаляемого из кожухов или зональными отсосами при герметизированной аппаратуре, относительно невелики и колеблются от 200 до 1000 $\text{м}^3/\text{ч}$. Только при особо токсических веществах объемы удаляемого воздуха превышают 1000 $\text{м}^3/\text{ч}$. Однако количество таких мелких отсосов порой бывает значительным — до 30 и даже 40 точек.

При герметизированной аппаратуре основная масса воздуха удаляется общеобменной вентиляцией, кроме производств, оперирующих с особо ядовитыми веществами. В последних применяется капсюляция аппаратуры в кабинках, укрытия типа «труба в трубе» и т. п.

В ряде случаев невозможно определить количество вредных (газообразных и парообразных), выделяющихся в воздух помещения. Следовательно, невозможно определить воздухообмен расчетом. В химической промышленности нередко приходится назначать воздухообмен при общеобменной вентиляции на основании практических данных, а именно по кратности обмена. Такое определение воздухообмена допускается п. 4.9 СНиП II-Г. 7-62.

Все цехи, в которых возможно выделение токсических вредных, независимо от системы вентиляции должны быть оборудованы специальными автоматическими устройствами для сигнализации о присутствии в воздухе рабочих помещений токсических газов и паров.

В производствах, использующих открытую аппаратуру или аппаратуру, имеющую смотровые и рабочие отверстия, вытяжная вентиляция, как правило, устраивается с местными отсосами. К открытым или периодически открываемым аппаратам относятся всякого рода баки и чаны, реакторы, сгустители, репульпаторы, фильтры, центрифуги, кристаллизаторы, печи, мешалки и т. д.

Чаны, реакторы, репульпаторы, сгустители снабжаются крышками, имеющими смотровые и загрузочные отверстия. Вентилирование подобных аппаратов достигается путем отсоса воздуха из их внутренней полости с таким расчетом, чтобы поступающий через люки и неплотности воздух препятствовал выбиванию вредных из аппарата. Размеры рабочих окон обычно бывают известны при проектировании, прочие отверстия и неплотности тоже могут быть учтены. Расчет объема удаляемого воздуха производится обычным путем по скорости в проемах и неплотностях по известной формуле. Расчетная скорость v (в м/сек) принимается в зависимости от условий выделения вредных и их токсичности.

Кратности обменов при общеобменной вентиляции для некоторых помещений химических производств (в об/ч):

жидкого хлора и хлорных препаратов	6—10
криолита и фтористого алюминия	3—5
хлористого кальция	4—5
« бария	3—5
	(проверка по теплу)
ДДТ	8—10
хлористого фосфора и хлорокси фосфора	10—12
фурфуrolа и фтористых солей	8—10
пластификаторов	8—10
соляной кислоты и хлористого цинка	6—8
соляной кислоты (хранение)	3—4
серной кислоты (хранение)	1—2
кубовых красителей	4—5
крепкой азотной кислоты	7—9
синтетического каучука (органический синтез)	10—12

Кратности обмена даны при условной высоте помещения 6—8 м.

Следует отметить, что иногда в аппаратах производится интенсивное перемешивание раствора сжатым воздухом, так называемый барботаж. При этом увеличивается испарение раствора и возможно образование полых капель. При барботаже скорость воздуха в проемах принимается большей, нежели при спокойной поверхности жидкости.

Порой выделение газов из аппарата протекает периодически и весьма бурно. При этом происходит вспенивание жидкости и выделяется большое количество полых капель. При подобных процессах скорость воздуха в рабочем проеме должна быть повышенной на 50—70% против расчетных значений при спокойном выделении газов. В этих случаях не рекомендуется назначать скорость менее 1,5 м/сек. При очень бурном выделении газов и паров, чтобы не допустить выбрасывания пены через рабочее отверстие, скорость в его сечении следует брать не менее 3 м/сек. Разумеется, объем удаляемой газовой смеси должен быть в несколько раз большим, чем объем выделяющихся газов за соответствующий промежуток времени.

При фильтрации горячих растворов, если температура их выше 50°С, наблюдается интенсивное испарение фильтруемой жидкости. Вакуум-фильтры, фильтр-прессы и иная фильтрующая аппаратура начинают заметно парить. Если испаряется только вода, местные отсосы можно не устраивать; если же вместе с водой испаряется какое-либо вредное вещество, то местные отсосы оказываются необходимыми. Например, при фильтрации горячих никелевых растворов попадание даже незначительных количеств никелевых солей в воздух вызывает кожное заболевание.

При температуре фильтруемого раствора выше 80°С парение становится настолько интенсивным, что легко образуется туман, что недопустимо из-за ухудшения видимости. В подобных случаях необходимо укрытие фильтра с местным отсосом.

Фильтр-прессы рациональнее всего помещать в разборные укрытия со шторками. Что касается вакуум-фильтров, то заключить таковые полностью в укрытие почти не удастся, так как в некоторых случаях необходимо периодически снимать барабан фильтра при помощи подъемного крана.

Местный отсос от вакуум-фильтра может быть осуществлен двояко. Наиболее эффективен отсос, если барабан фильтра и часть его корыта со стороны, противоположной устройству для удаления отфильтрованного осадка, укрыты съемным (откидным) кожухом, обычно состоящим из нескольких секций. Кожух изготавливается из стали или пластмассы. Одна из конструкций подобного укрытия схематично представлена на рис. 33. В неподвижной части укрытия имеются два отверстия для присоединения воздухопроводов.

При невозможности установки кожуха местный отсос осуществляется при помощи щели, располагаемой по длинной стороне корыта, напротив устройства для удаления осадка.

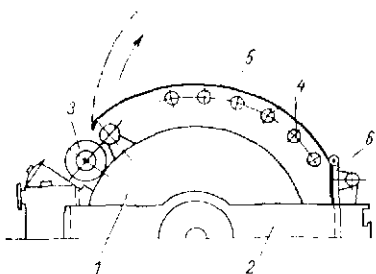


Рис. 33. Укрытие вакуум-фильтра: 1 — барабан фильтра; 2 — корыто фильтра; 3 — устройство для удаления осадка; 4 — промывное устройство; 5 — откидная часть укрытия; 6 — неподвижная часть укрытия

Количество воздуха, отсасываемого от одного фильтра с фильтрующей поверхностью от 30 до 45 м², при наличии кожуха может быть принято порядка 3000—6000 м³/ч в зависимости от температуры раствора, конструкции кожуха и токсичности выделений. При местном отсосе щелью объем удаляемого воздуха для аналогичных фильтров можно назначать в пределах от 5000 до 8000 м³/ч.

Кроме барабанных вакуум-фильтров, применяются ленточные фильтры, при известных условиях также являющиеся источником вредностей.

Ленточные фильтры обычно укрываются не по всей длине, а лишь в той их части, на которой происходит выделение вред-

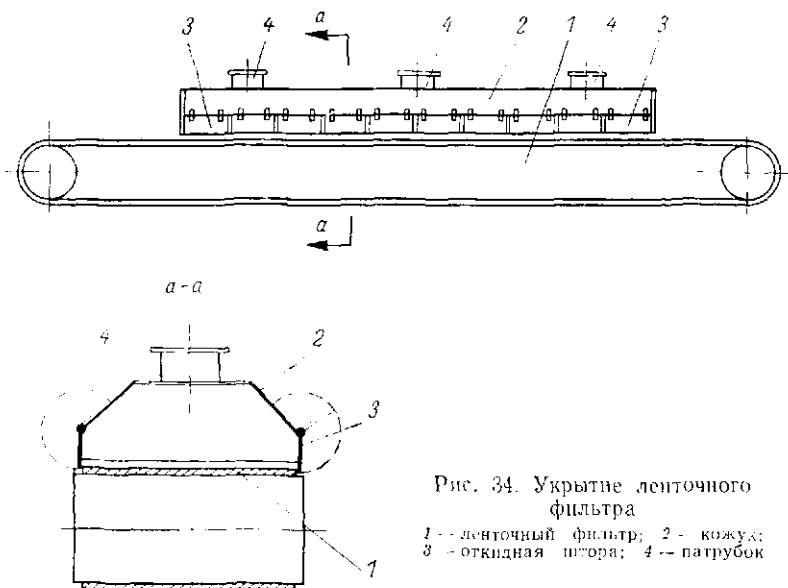


Рис. 34. Укрытие ленточного фильтра

1 — ленточный фильтр; 2 — кожух; 3 — откидная штора; 4 — патрубок

ностей. Наиболее рационально укрывать фильтры кожухами с откидными шторами. Подобное укрытие показано на рис. 34. Размеры откидных штор можно принимать 600×250 мм. При длине укрытой части фильтра 6 м количество штор с двух сто-

рой получается равным двадцати. Для большинства случаев практики можно считать одновременно открытыми до восьми проемов.

При определении объема удаляемого воздуха, кроме открытых проемов, необходимо учитывать еще и площадь щелей. Для данного укрытия, имея в виду наличие щелей в его торцах, надежно принимать коэффициент $k = 1,3 \div 1,4$.

Для укрытия с восемью одновременно открытыми проемами при $v = 1$ м/сек и $k = 1,4$ объем удаляемого воздуха составит

$$L = 3600 \cdot 0,6 \cdot 0,25 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 1,4 \approx 6000 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

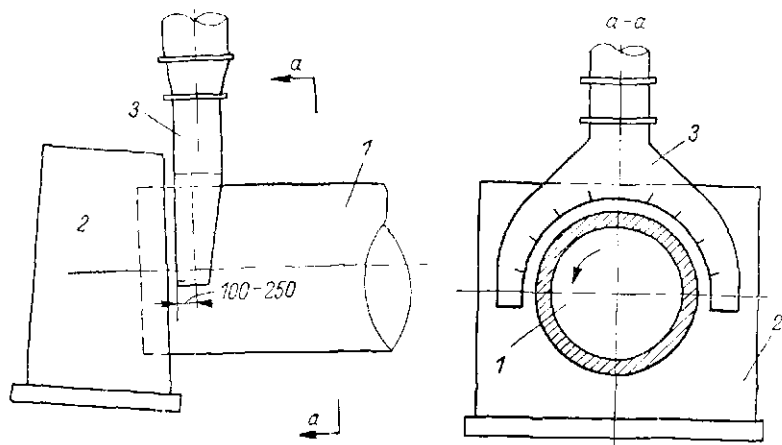


Рис. 35. Местный отсос от вращающейся печи

1 — барабан печи; 2 — топочная головка печи; 3 — полукольцевой щелевой отсос

Выделение газообразных и пылевых вредностей от вращающихся печей возможно в местах соединения барабана с неподвижными частями печи. Хотя в печах последней конструкции устраивают специальные уплотнения с поддувом воздуха и хотя печи работают под разрежением, прорыв газов и пыли все же возможен, особенно при отклонении от нормального хода процесса.

Во избежание прорывов в помещении газов и пыли из печей рекомендуется устройство полукольцевых щелевых отсосов типа, показанного на рис. 35. Подобные местные отсосы устраиваются обычно у топочной головки, реже — у обоих концов вращающегося барабана.

Количество воздуха, которое необходимо извлекать местным отсосом от вращающейся печи, зависит от диаметра барабана, от степени уплотнения места соединения вращающихся и стационарных частей и от токсичности выделяющихся вредностей. Ширина щели обычно назначается в пределах от 100 до 250 мм,

скорость засоса в щель принимается от 3 до 5 м/сек. При этих условиях для печи диаметром 1,5 м при ширине щели 150 мм и скорости засоса 3 м/сек объем удаляемого воздуха составит

$$L = 3600 \cdot 3,14 \cdot 0,75 \cdot 0,15 \cdot 3 \approx 3800 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

В химической промышленности нередко применяются туннельные печи и сушила. Выделяющиеся в них реакционные газы и пары отводятся наружу технологическими трубопроводами при помощи механической или естественной тяги. В подобных печах и сушилах обогрев обычно электрический или инфракрасными излучателями, дымовых труб у них не имеется. Скорость воздуха в проемах печи или сушила, создаваемая технологиче-

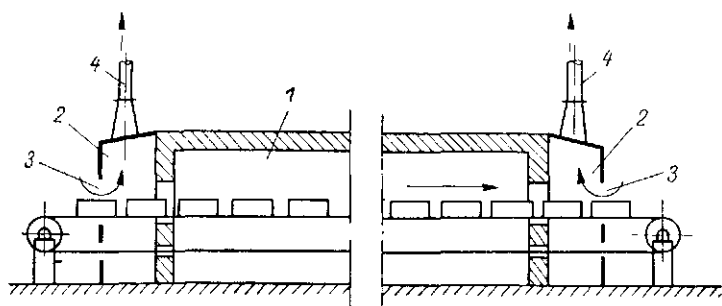


Рис. 36. Печь с форкамерами

1 — туннельная печь; 2 — форкамеры; 3 — рабочие проемы; 4 — вытяжные воздуховоды

ской вытяжкой, часто бывает недостаточной для предотвращения выбивания вредностей в помещение. Приходится прибегать к дополнительным вентиляционным мероприятиям.

Если позволит технология, рационально устраивать в торцах печи или сушила (где находятся проемы для поступления и выхода материала) специальные форкамеры, из которых производится вытяжка воздуха. Форкамеры снабжаются такими же проемами, какие имеют печь или сушило. Выполняются форкамеры из любого материала, в частности из листовой стали. Печь с форкамерами показана на рис. 36.

Объем воздуха, удаляемого из форкамер, определяется по скорости в проемах и по их размерам. Скорость принимается в зависимости от степени вредности выделений и от температуры в пределах от 0,5 до 1,5 м/сек.

Если устройство форкамер невозможно, то для улавливания вредностей применяют зонты со свесами (иногда без свесов, что менее рационально), а также щелевые и бортовые отсосы, располагаемые над печным проемом или по его периметру с трех сторон.

Зонты приемлемы только при условии, что работающий у печи не находится под зонтом. В противном случае зонт может

принести вред вместо пользы, особенно при токсических выделениях из проема печи.

Щелевые и бортовые отсосы оказываются более эффективными, чем зонты, лишь при значительных скоростях в щели отсоса. Но они незаменимы, если работающему приходится пребывать возле печного проема длительное время. При высокой температуре в печи и токсических вредностях иногда комбинируют зонт со щелевидным отсосом.

Ширина щелей отсосов колеблется в пределах от 40 до 150 мм, в зависимости от величины проема, в частности от его высоты. Скорость в щели принимают для выделений с допустимой концентрацией до 100 мг/м³ в пределах 6—8 м/сек, для выделений с допустимой концентрацией до 10 мг/м³ — 8—12 м/сек и для особо вредных выделений с допустимой концентрацией 1 мг/м³ и ниже — 14—20 м/сек.

Определим необходимый объем воздуха, удаляемого щелевым отсосом, расположенным над проемом шириной 800 мм и высотой 1000 мм, из которого интенсивно выделяется серпистый ангидрид.

Ширину щели принимаем 150 мм, так как высота проема значительная, а длину щели 900 мм. Скорость засоса 12 м/сек.

Объем удаляемого воздуха

$$L = 3600 \cdot 0,9 \cdot 0,15 \cdot 12 \approx 5800 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Учитывая интенсивное выделение газа, надежнее в данном случае назначить объем удаляемого воздуха 7000 м³/ч.

§ 26. Производство минеральных пигментов

Предприятия, производящие минеральные пигменты, типичны для химических производств малого масштаба. Наиболее крупные из этих предприятий — заводы производства двуокиси титана — все же по своим масштабам не могут идти в сравнение с производством «большой химии».

Несмотря на относительно скромные размеры, предприятия по производству пигментов порой имеют более сложную вентиляцию, нежели производства основной химии, например суперфосфатное и серноокислотное.

Рассмотрим вентиляцию заводов, производящих титановые пигменты, литопон и кроны.

Производство титановых пигментов, представляющих собой почти чистую двуокись титана, в Советском Союзе возникло недавно. В данном производстве еще нет достаточного опыта как в технологии, так и в санитарной технике. Технология получения чистой двуокиси титана сложна и недостаточно изучена. В СССР применяется способ, разработанный в Италии.

С санитарной точки зрения производство титановых пигментов наиболее безвредное среди всех пигментных производств.

Их исходный продукт — ильменит, ни сама двуокись титана не токсичны; допустимая концентрация двуокиси титана в воздухе помещений 10 мг/м^3 . В производстве применяется серная кислота, которая хотя и токсична, но обладает малой летучестью. Кроме того, наиболее бурно протекающий процесс разложения ильменита серной кислотой проводится в специальных реакторах, полностью изолированных от помещения и сообщаемых с атмосферой. Выделяющиеся при разложении газы и пары свободно уходят в атмосферу и рассеиваются в ней на высоте около 30 м над уровнем земли.

Пары, выделяющиеся при разложении ильменита, не влияют на состояние воздушной среды помещения. С ними приходится считаться только вне здания и не располагать вблизи реакторов воздухозаборных устройств.

Полученный в реакторах плав выщелачивается водой и восстанавливается железными стружками для перевода окисных соединений железа в закисные. Полученная суспензия фильтруется на вакуумных фильтрах — так называемая «черная фильтрация». Температура суспензии около 60°C , суспензия содержит значительное количество серной кислоты. Из полученного фильтрата выделяется железо путем вакуум-кристаллизации. Кристаллы железного купороса отделяются от маточного раствора на центрифугах, раствор сгущается выпаркой и подвергается гидролизу, при котором в осадок переходит метатитановая кислота. Осадок отфильтровывается, многократно промывается на вакуум-фильтрах и ренульпацией, снова отфильтровывается, сушится и прокаливается во вращающихся печах. Прокаленный продукт — чистая двуокись титана — подвергается мокрому размолу, фильтрации и сушке. Высушенный продукт размалывается на пароструйных мельницах, после чего поступает на упаковку. Упаковка титанового пигмента в бумажные мешки производится машинами с автоматическим взвешиванием.

Как видно из описания производственного процесса, токсические вещества не образуются. Наиболее ядовиты пары серной кислоты, но их выделение незначительно и не сопровождается высокой температурой. В некоторых аппаратах образуются в малых количествах аммиак и хлористый водород. Совместно с водородом выделяются полые капли при реакции восстановления, а также при барботировании растворов сжатым воздухом.

Кроме незначительных газообразных вредностей, при производстве титановых пигментов выделяется пыль ильменита и пыль самого пигмента. Имеются влаговыделения от вакуум-фильтров и довольно значительные тепловыделения от реакторов разложения, вращающихся печей, сушилок и прочей аппаратуры, работающей с нагревом.

Главный производственный корпус представляет собой обычно одноэтажное многопролетное здание значительной длины. В здании имеются ярусы, образуемые рабочими площад-

ками. Фонари устраиваются только над печным отделением. Горловины реакторов разложения выводятся выше кровли здания. Вертикальными стенами обычно выделяются только пыльные помещения — отделение размола ильменита и размольно-упаковочное отделение. Остальное оборудование чаще всего размещается в общем зале, разделенном по вертикали площадками, имеющими значительные проемы. В габариты здания вписываются изолированные помещения: лаборатории, помещения контрольно-измерительной аппаратуры, пульта управления, вентиляционные камеры, насосные и т. п.

Во всех помещениях устраивается приточно-вытяжная вентиляция как с местными отсосами, так и общеобменная. Основная масса воздуха удаляется общеобменной вентиляцией, так как преобладающей вредностью является избыточное тепло.

Приточная вентиляция обычно совмещается с воздушным отоплением. В помещениях без пылевых выделений рационально подавать приточный воздух сосредоточенными струями. При проектировании приточно-отопительных систем нужно иметь в виду необходимость более интенсивного отопления нижних (нулевых) отметок. Так как тепловыделяющие аппараты, в частности печи, находятся на отметках не ниже 4 м от пола и так как теплый воздух, естественно, стремится вверх, на нижних отметках может возникнуть недостаточная температура. В многоярусных цехах нередко на верхних отметках приходится удалять тепло вентиляцией, одновременно отапливая нижнюю отметку.

Вследствие сказанного рекомендуется составлять тепловой баланс не по всему помещению, а по отдельным вертикальным зонам. Обычно первая зона простирается от нуля до основной площадки на отметке от 4 до 6 м, вторая зона — от основной площадки до перекрытия здания. В первой зоне в холодный период года приточный воздух, как правило, перегревается, во второй, наоборот, желательна наиболее низкая температура притока, так как вентиляция направлена на борьбу с теплом.

Если в помещении имеются ворота, оборудованные тепловыми завесами, то для обогрева верхней зоны возможно использовать эти завесы. Они должны включаться в работу автоматически от температурного датчика, устанавливаемого в характерной точке на нижней отметке помещения.

Общеобменная вытяжка производится преимущественно из верхней зоны фонарями, незадуваемыми шахтами или крышными вентиляторами. В отделении реакторов разложения возможно осуществлять вытяжку через концентрические шели у выведенных наружу горловин реакторов. При этом необходимо обеспечить непопадание атмосферных осадков в помещение через вытяжную щель.

Лишь в исключительных случаях производится общеобменная вытяжка из нижнего яруса помещения или из промежуточных ярусов. Однако при вытяжке только из верхней зоны при

наличии постоянных рабочих мест на верхних площадках следует предусматривать на таковых воздушное душирование во избежание перегрева работающих.

В пыльные помещения приточный воздух подается рассредоточенно, преимущественно в зоны наименьшего запыления. Обычно воздух подается перфорированными панелями.

В зоне расположения печей (или в изолированном печном отделении), кроме значительных тепловыделений и небольшого пылевыведения, иных вредностей нет. Если обогрев нулевой отметки осуществляется отопительными агрегатами или тепловыми завесами ворот, то общеобменная вентиляция для удаления избыточного тепла обычно сводится к аэрации. Искусственный приток не устраивается, кроме воздушных душей.

Хотя вращающиеся печи автоматизируются и не требуют длительного пребывания человека в непосредственной близости от них (аппаратчик большую часть времени проводит на пульте управления), тем не менее следует предусматривать воздушные души в двух точках на каждую печь. Один из душей располагается возле головки печи. Производительность каждого душа принимается 4000—5000 м³/ч. В местностях с жарким климатом воздух, подаваемый к воздушным душам в летний период, обрабатывается в промывных камерах рециркулирующей водой.

Аварийная вытяжная вентиляция на производстве двуокиси титана не требуется.

Местные отсосы паров и газов устраиваются от реакторов (кроме реакторов разложения), репульпаторов, сгустителей и хранилищ, в которых находятся растворы и суспензии с температурой свыше 50°С. Особенно существенна местная вытяжка от аппаратов, в которых производится барботирование сжатым воздухом. Обязательна механическая вытяжка от аппаратов восстановления, из которых выделяется водород и полые капли.

Местные отсосы устраиваются, как правило, с механической тягой. Несколько однородных аппаратов объединяются одной вытяжной системой.

Щелевые местные отсосы следует устраивать от вакуум-фильтров для черной фильтрации, ибо процесс протекает при температуре около 60°С и растворы кислые.

Пылевыведения локализируются укрытием очагов пыления и аспирацией. Аспирация решается обычным путем, так как пыль не токсическая. Гидрообеспыливание допустимо только на тракте ильменита до его сушки; увлажнение материала смачиванием не допустимо и не вызывается необходимостью. При транспорте и упаковке готовой двуокиси титана не мыслится даже малейшее увлажнение, например пневмораспылением воды.

Пыль ильменита и древесной муки, используемой в качестве фильтрующего слоя, не представляет ценности и может в производство не возвращаться. Очистка воздуха от этой пыли обычно мокрая в циклонах с водяной пленкой, циклонах-промы-

вателях и скрубберах. Пыль двуокиси титана, наоборот, ценная, ее надлежит улавливать и утилизировать в сухом виде. Здесь наиболее применимы матерчатые всасывающие фильтры. При аспирации транспортных средств, бункеров и аппаратов, для предотвращения значительного пылеуноса следует устраивать аспирационные воронки возможно большими.

Ввиду отсутствия токсических выделений блокировка вытяжных систем с технологическим оборудованием большей частью не предусматривается. Исключением являются аспирационные системы с гидрообеспыливанием, где блокировка обязательна. Здесь предусматривают устройства, автоматически подающие воду или прекращающие ее подачу в зависимости от пуска или остановки аспирируемого оборудования. Подача воды к распылителям должна прекращаться также при холостом ходе, т. е. при отсутствии материала.

Автоматизация и блокировка приточных систем и воздушно-тепловых завес в производстве двуокиси титана общепринятая.

В помещениях без пылевыведений при механической вентиляции, рассчитанной на удаление тепла и влаги, а также по производительности местных отсосов, кратность обмена обычно получается в пределах от 2 до 5 в час. Большие кратности обмена возникают только в небольших изолированных помещениях (насосных, компрессорных, лабораториях и т. п.). То же относится к печным отделениям, где вентиляция обычно естественная при помощи аэрации.

Количество воздуха, удаляемого от аппаратуры закрытого типа, определяется по площади раскрывающихся люков и неплотностей и по скорости засоса воздуха. Расчетную скорость засоса следует принимать (в *м/сек*):

при выделении:	
полых капель, содержащих кислоты	1
аммиака и хлористого водорода	0,8
паров воды	0,3
пыли (загрузка пылевыведяющего материала в аппарат)	1,5
при барботировании паров воды	0,6

Независимо от вредности от одного аппарата следует удалять не менее 300 *м³/ч* воздуха.

При двух-трех однотипных аппаратах можно принимать для расчета, что одновременно открыты все проемы и люки. При количестве аппаратов более трех считают, что одновременно могут быть открыты люки не более, чем у трех аппаратов. Остальные смотровые люки полагают закрытыми, считая, что через неплотности и щели поступает от 30 до 50% от расчетного количества воздуха.

Рассчитаем объем местной вытяжки от пяти однотипных репульпаторов, в которых производится барботирование сжатым воздухом. Суспензия слабокислая, температура 60° С. Смотровые люки имеют диаметр 400 мм.

Площадь смотрового люка $\sim 0,13 \text{ м}^2$; с учетом неплотностей крышки 20% расчетная площадь $f = 1,2 \cdot 0,13 \approx 0,16 \text{ м}^2$.

Скорость в проеме и щелях принимаем $0,7 \text{ м/сек}$ (так как суспензия слабокислая). Считаем возможным одновременное открытие трех смотровых люков. Тогда расчетный объем воздуха, удаляемого от группы, из пяти репульпаторов составит

$$L = 3600 \cdot 0,16 \cdot 0,7 \cdot 3 + 0,35 \cdot 3600 \cdot 0,16 \cdot 0,7 \cdot 2 \approx 1500 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Если имеются сгустители суспензии, то количество удаляемого от них воздуха обычно назначают по $5000 \text{ м}^3/\text{ч}$ на один сгуститель.

Объем воздуха, забираемого целевым отсосом от корыта фильтра для черной фильтрации, на основании практических данных принимают от 3000 до $5000 \text{ м}^3/\text{ч}$, в зависимости от величины фильтра.

Пылящие упаковочные машины или заключаются в аспирируемый кожух, или снабжаются кольцевым отсосом от пневматического зажима горловины бумажного мешка. В последнем случае объем удаляемого отсосом воздуха следует принимать не менее $1000 \text{ м}^3/\text{ч}$ на один отсос. При заключении упаковочной машины в кожух объем удаляемого воздуха определяют по скорости в проеме, которую принимают равной $1,2\text{—}1,4 \text{ м/сек}$.

Машина для зашивки упаковочных мешков также является источником пылевыделения. Отсос пыли от этой машины возможен при помощи всасывающей панели. Объем воздуха, удаляемого панелью, рекомендуется в пределах $600\text{—}800 \text{ м}^3/\text{ч}$ на каждую машину.

Как и в предыдущем случае, в производстве литопона особо токсических выделений не наблюдается. Основной вредностью является пыль сырых материалов — тяжелого шпата, угля, цинк-содержащего сырья; также пылит и готовый продукт, особенно прокаленный литопон. Все указанные пыли нетоксичны.

Кроме пылевыделений, производство литопона характеризуется тепловыделениями от печей и сушил, а также незначительными газовыделениями. Из последних наиболее существенными следует признать выделения газов, в частности окиси углерода, из восстановительных печей. Довольно значительны прорывы сернистого газа из прокалочных печей. Имеются также выделения паров кислот, газов и полых капель из реакторов для растворения цинк-содержащих материалов и для очистки раствора. Кроме того, наблюдается образование кислых паров из горячих растворов при реакции образования литопона.

Заводы, производящие литопон, обычно состоят из трех основных цехов: сернистобариевого, цинкового и литопонного.

В сернистобариевом цехе производится восстановление тяжелого шпата до сернистого бария и выщелачивание шлага водой. Восстановление протекает во вращающихся печах с газовым

отоплением. В процессе выделяется окись углерода, могущая прорываться в помещение через неплотности соединения барабана и неподвижных частей печи. Устройство здесь местного отсоса с механической тягой можно признать обязательным. Скорость в щели полукольцевого отсоса следует принимать около 4 м/сек .

Вращающиеся печи обычно имеют охлаждающий барабан. При пересыпке обожженной шихты в охлаждающий барабан наблюдается пыление.

Дробление тяжелого шпата и угля и их смешение — также пыльные процессы. Пыль шпата тяжелая, что несколько уменьшает, но не исключает пылеобразование. Для уменьшения такового возможно применять увлажнение и гидрообеспыливание, преимущественно пневматическое.

Обожженная шихта пылит больше, чем сырая, но смачивание здесь неприменимо, так как сернистый барий растворим в воде. Пыление возникает при транспорте шихты и при ее загрузке в выщелачивательные аппараты. Для борьбы с пылью очаги пылеобразования укрывают в аспирируемые укрытия типа шкафных. Аспирируются также все транспортные устройства: элеваторы, шнеки и, разумеется, дробилки. Объемы воздуха, удаляемого аспирацией, определяются обычными способами, с учетом негокекциности пыли и ее малой летучести (за исключением обожженной шихты).

При выщелачивании сернистого бария выделяется небольшое количество сероводорода, который не столь ядовит, сколь неприятен из-за запаха. Поэтому следует снабжать выщелачивательные аппараты местными отсосами непосредственно из самого аппарата. Расчетную скорость в проемах смотровых и загрузочных люков рекомендуется принимать не менее 1 м/сек , учитывая пылевыведение при загрузке и высокую температуру в аппарате. Можно считать открытыми два люка из пяти.

Общеобменная вентиляция сернистобариевого цеха обычно достигается аэрацией. Вытяжка производится через незадуваемые фонари или шахты, приток — через фрамуги окон. Механический приток не требуется, за исключением воздушного душирования у вращающихся печей. Обычно бывает достаточно иметь по два дуга на каждую печь: производительность одного дуга $4000—5000 \text{ м}^3/\text{ч}$.

В цинковом цехе вентиляция приточно-вытяжная с механическим подогретым притоком и смешанной вытяжкой. Местные отсосы устраиваются от всех реакторов и чанов для растворения цинксодержащих материалов в сернистой кислоте, а также от реакторов для очистки раствора от железа. Если чаны деревянные, то следует особо тщательно герметизировать неплотности их крышек. Для деревянных чанов можно считать, что площадь щелей составляет 100% от площади смотрового и загрузочного люков.

Скорость в отверстиях люков и в щелях рекомендуется назначать не менее $1,3$ м/сек, учитывая пылеобразование при загрузке сухих материалов.

Репульпаторы для промывки осадков тоже снабжаются местными отсосами. Так как здесь нет пылевыделений и газовыделений, то расчетная скорость берется порядка $0,4—0,5$ м/сек.

Фильтрация растворов производится в горячем состоянии обычно на пресс-фильтрах. При этом происходит довольно интенсивное парение. Так как пары кислые, то укрытие фильтров с соответствующим отсосом воздуха весьма желательно.

Кроме местных отсосов в помещении цинкового цеха устраивается общеобменная вытяжка из верхней зоны каждого этажа или яруса. Объем удаляемого воздуха назначается из расчета двух-трехкратного обмена в час.

Вытяжка воздуха от реакторов и репульпаторов может быть с механическим побуждением или естественная при помощи индивидуальных шахт. Механическая вытяжка предпочтительнее, особенно при наличии пыли. Воздуховоды выполняются из винипласта во избежание их коррозии.

Приточный воздух подается преимущественно в рабочую зону или несколько выше ее — в среднюю. Приточная установка может совмещаться с отопительной.

В литопонном цехе аспирируется тракт сухого литопона — полуфабриката и готового продукта. Аспирируются также мельницы для сухого размола (преимущественно дезинтеграторы) и упаковочные машины. Аспирация последних аналогична таковой в производстве титановых пигментов.

Щелевые местные отсосы обязательно устраиваются у печей для прокалки сырого литопона. Из этих печей выделяется сернистый ангидрид в значительном количестве. Скорость воздуха во всасывающей щели отсоса берется не менее 5 м/сек, для роторных печей — даже до 8 м/сек.

Реакторы или чаны для образования литопона снабжаются местными отсосами, создающими скорость в рабочем проеме порядка $0,7$ м/сек. Вытяжка может быть механической или естественной.

Кроме аспирации и газоудаляющих местных отсосов, в литопонном цехе должна устраиваться общеобменная вытяжка из верхней зоны с кратностью не менее $1,5—2$. В зависимости от местных условий приточный воздух может подаваться частично подогретым (азрация). Чаще же организуется механический подогретый приток в среднюю зону цехов.

Аварийная вентиляция в литопонном производстве не требуется.

Получение свинцовых и хромовых кронов относится к очень вредным производствам. Предприятия для производства кронов обычно маломощные с периодическими процессами и значительным применением ручного труда. Это усугубляет вредность

производства, так как рациональное вентилирование подобных предприятий затруднительно. С вентиляционной точки зрения производство кронов характерно как предприятие «малой» химии.

Исходными материалами для производства кронов служат глет (окись свинца PbO), хромпик (соль двуххромовой кислоты) и соляная кислота. Сами исходные материалы сплошь ядовитые; не менее токсичны и готовые продукты — кроны.

Хромпик поступает на предприятие в кристаллах или плавленым. В обоих случаях он подвергается растворению горячей водой и паром. Растворение хромпика, особенно кристаллического, ведется в укрытии шкафного типа, в котором целиком заключается аппарат растворения. Из укрытия производится интенсивный отсос воздуха, создающий скорость в рабочем проеме не менее $1,3$ м/сек. При проектировании данного местного отсоса следует особенно тщательно учитывать щели и неплотности.

Глет завозится на предприятие в фанерных барабанах. Это тяжелый порошок, сравнительно мало пылящий. Вредной операцией является растаривание глета, а также загрузка его в реакторы, так как при этих процессах хотя и не интенсивно, но выделяется сильно токсическая пыль. Вскрытие барабанов производится в шкафных укрытиях с местными отсосами. Расчетная скорость в проемах и щелях укрытия должна быть порядка $2 - 3$ м/сек, в зависимости от условий пылеобразования.

Реакторы для растворения глета и для синтеза кронов снабжаются местными отсосами с механическим побуждением. Скорость воздуха в проемах реактора принимается не менее $1,5$ м/сек ввиду возможности пылеобразования.

Существенной вредностью производства кронов является токсическая пыль, в частности пыль высушенного продукта. Разгрузка сушилок и транспорт сухого продукта шнеками и элеваторами, а также упаковка кронов в бумажные мешки — эти процессы служат основными поставщиками токсической пыли. Гидрообеспыливание здесь неприемлемо, единственной мерой борьбы с пылью является герметизация аппаратуры с соответствующей аспирацией. При проектировании аспирации весьма существенны два обстоятельства: достаточное количество удаляемого аспирацией воздуха и уменьшение пылеуноса за счет развитых сечений аспирационных воронок.

При определении объемов воздуха, удаляемого аспирацией, повышающий коэффициент β , учитывающий токсичность пыли, следует принимать в пределах $1,5 - 1,8$ и даже до 2 . Рекомендуется устройство вторичных емких укрытий во всех местах пересыпок пылящего продукта: из элеватора в шнек, из шнека в шнек и т. п.

Упаковка кронов должна производиться только в укрытиях с усиленной аспирацией. Кольцевые отсосы у пневматических зажимов мешков здесь не применимы. Очень важно, чтобы

просеивь упаковываемого продукта оставалась в укрытии и не попала на пол помещения. Скорость воздуха в рабочем проеме укрытия следует принимать не менее 2 м/сек.

Укрытие упаковочной машины должно быть сплошным и достаточно емким, с рабочим проемом для установки и выемки мешка. Иногда наполненный мешок выталкивается из укрытия специальным приспособлением. Укрытие может быть стальным, но лучше его выполнять из органического стекла. Размеры рабочего проема обычно бывают 500×800 мм. Площадь вспомогательных проемов и щелей составляет около 25% от площади рабочего проема (коэффициент $k=1,25$).

При указанных условиях объем воздуха, удаляемого из укрытия упаковочной машины, составляет

$$L = 3600 \cdot 1,25 \cdot 0,8 \cdot 2 = 3600 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Сечение аспирационной воронки при скорости входа в нее 1 м/сек

$$f_a = \frac{3600}{3600 \cdot 1} = 1 \text{ м}^2.$$

Очевидно, необходимы две аспирационные воронки размерами 850×600 мм. Диаметр

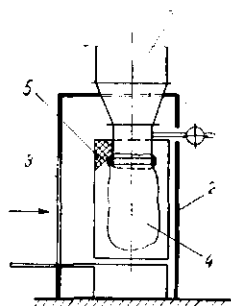


Рис. 37. Укрытие упаковочной машины

1 — упаковочная машина; 2 — шкафовое укрытие; 3 — рабочий проем; 4 — наполняемый мешок; 5 — аспирационная воронка

общей отсасывающей трубы при скорости в ней (пыль тяжелая) около 15 м/сек равен 300 м.

Укрытие упаковочной машины схематично показано на рис. 37.

У зашивочной машины или у места ручной зашивки мешков необходимо устанавливать местный отсос в виде всасывающей панели. Скорость в живом сечении панели принимается до 8 м/сек, в зависимости от местоположения панели. При размерах вертикальной панели 400×600 мм и живом сечении ее около 0,06 м² объем отсасываемого воздуха составит

$$L = 3600 \cdot 0,06 \cdot 8 \approx 1700 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Объем удаляемого воздуха значительно больше, чем на производстве титанового пигмента и литопона.

Еще применяемая до сих пор сушка кронов в примитивных полочных сушилках с ручной разгрузкой — явление совершенно недопустимое: эти сушилки являются источниками пылеобразования, так как в результате просыпания продукта на пол происходит вторичное загрязнение помещения.

Полочные сушилки с размещением сушимого продукта на лотках еще как-то допустимы при условии использования вагоновок, снабженных приспособлением для опорожнения лотков

путем их опрокидывания. Операция опорожнения должна производиться в специальном шкафовом укрытии, в которое опрокидываемые вагонетки закатываются. Опрокидывание лотков производится при закрытой двери укрытия. После опорожнения спустя какое-то время дверь открывается и вагонетка выкатывается. Затем процесс повторяется снова. Укрытие аспирируется из расчета создания скорости в раскрытом проеме порядка 1 м/сек . Сравнительно небольшая скорость объясняется тем, что в момент открытия двери интенсивное пылевыведение заканчивается

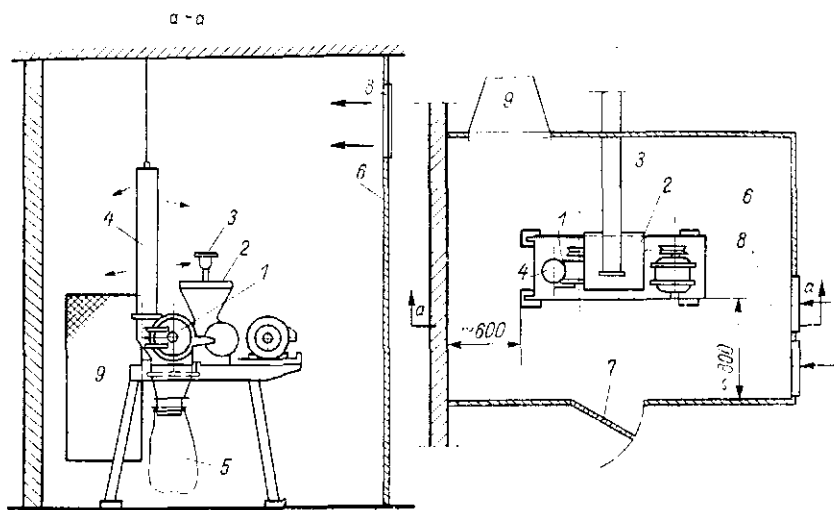


Рис. 38. Установка мельницы в кабине

1 — мельница; 2 — загрузочная воронка; 3 — шнек; 4 — матерчатый фильтр; 5 — мешок для размолотого пигмента; 6 — ограждение кабины; 7 — дверка кабины размером $600 \times 1600 \text{ мм}$; 8 — самозакрывающаяся решетка; 9 — аспирационная воронка с сеткой

вается и пыль успевает несколько осесть; приходится считаться лишь с остаточной пылью.

Размол высушенного пигмента производится в специальных небольших мельницах, так называемых дисмембраторах. Мельницы имеют в своей конструкции матерчатый рукавный фильтр, воздух из которого выбрасывается в помещение. Обеспылить такую мельницу чрезвычайно трудно. Единственное кардинальное решение — заключить мельницу вместе с фильтром в изолированную кабину, желательную остекленную, в которую обслуживающий персонал заходит лишь периодически, принимая меры индивидуальной защиты, например респиратор типа «Лепесток» из ткани ФПП-15.

Установка мельницы в кабине показана на рис. 38.

Объем воздуха, удаляемого из кабины, принимается от 1500 до 2000 $\text{м}^3/\text{ч}$. Так как воздух содержит очень мало пыли,

то его можно не очищать от пее (в зависимости от местных условий). Взамен извлекаемого в кабину поступает воздух из цеха через самозакрывающуюся решетку.

В цехах, производящих свинцовые и хромовые кроны, устраивается приточно-вытяжная вентиляция. Тепловыделения здесь незначительны, помещения обычно отапливаются, во всяком случае нижний ярус. По влажности эти цехи относятся к незначительно влажным. Приточный воздух подается выше рабочей зоны каждого этажа или яруса и частично в рабочую зону в места наименьшего загрязнения. В среднюю зону воздух поступает через перфорированные панели, в рабочую — через воздухораспределители. Общеобменная вытяжка осуществляется у перекрытия каждого этажа или яруса в объеме не менее однократного. Из верхнего этажа вытяжка может осуществляться дефлекторами.

В производстве кронов серьезной проблемой является очистка производственных помещений от пыли. Мокрая и влажная уборка с обмывом полов и стен малоприменяема. В данном производстве наиболее рациональна уборка с помощью промышленных пылесосов и подметальных машин. Очистка фильтров пылесосов должна производиться в специальной вентилируемой кабине, где разрешается работать только в респираторе. В такой кабине должен быть создан воздухообмен не менее чем в тридцатикратном обмене в час. Большой воздухообмен не нужен, так как работа в кабине периодическая и кратковременная.

Очистка аспирационного воздуха от пыли в производстве кронов только сухая во всасывающих матерчатых фильтрах. Собранный в фильтре пыль по течкам и с помощью шнеков (также аспирируемых) подается в соответствующие бункера. При неблагоприятных условиях, когда предприятие расположено вблизи от жилых массивов, рекомендуется дополнительная фильтрация. В качестве второй ступени следует применять фильтры очень тонкой очистки, например типа «Лайк».

На предприятиях, производящих кроны, должны вентилироваться не только производственные помещения, но и складские. Особенно важна вентиляция склада готовой продукции.

§ 27. Производство тертых красок

Здесь до сих пор применяются периодически действующие аппараты — мешалки, шаровые мельницы, а также такие несовершенные с санитарной точки зрения механизмы, как вальцовые краскотерки.

Основные вредности производства тертых красок — пыль пигментов и пары растворителей, причем последние играют преобладающую роль. Применяемые растворители — в основном уайт-спирит, бензин, ацетон, кенлол и толуол. Бензол применяется реже, но не исключается.

Производственный процесс в краскотерочных цехах несложен. Пигменты смешиваются со связующим материалом в периодически действующих мешалках. Полученная масса многократно перетирается на трехвалковых краскотерках. Готовый продукт расфасовывается в тару. Иногда густогердые краски разбавляются растворителем в специальных мешалках.

На предприятиях малого масштаба операции смешения и перетирки объединяются и производятся в небольших барабанах, частично заполненных металлическими шарами; на краскотерочном производстве их именуют шаровыми мельницами. Процесс также протекает периодически. Готовая краска выгружается вместе с шарами на противни. Из образовавшейся красочной пасты шары выбираются вручную и вновь загружаются в барабаны. При перемене сорта краски шары и мельница моются растворителем перед загрузкой.

Самая немеханизированная и примитивная операция — это смешение пигментов со связующими — олифами, лаками и т. п. Пигменты, в том числе и ядовитые, обычно поступают на производство в бумажных и матерчатых мешках. Растваривание пигментов чаще всего ручное, опорожненные мешки бросаются тут же на пол.

На небольших предприятиях смешение пигментов со связующими производится в периодически работающих двухвалковых мешалках. Сухие пигменты засыпаются в корыто мешалки либо непосредственно из мешков, либо из бункеров или шнеков. При этом наблюдается значительное пылеобразование.

Обеспыливание подобных мешалок весьма затруднительно. Всякого рода зонты со свесами и щелевые отсосы не достигают цели. Наиболее рационально заключать мешалки в сплошные укрытия-кабины, имеющие проемы для загрузки и разгрузки. Люди, обслуживающие мешалки, в данном случае будут находиться вне кабины и обслуживать аппараты через соответствующие проемы. Из кабины интенсивно отсасывается воздух, препятствуя выбиванию из проемов на рабочего пыли и паров растворителя.

На рис. 39 показана установка мешалок в кабине-укрытии. Кабина выполняется сплошь остекленной для удобного наблюдения за работой механизмов.

Если пигменты поступают в мешках, которые опорожняются вручную тут же на специальных полочках в рабочем проеме, то необходимо иметь возле каждого рабочего места специальный аспирируемый бункер, в который сбрасываются порожние мешки.

Рабочие проемы кабины могут быть полностью открытыми или же частично перекрываются передвижной шторой, выполненной из органического стекла. В зависимости от конструкции мешалки и способа ее опорожнения низ рабочего проема тоже может быть полностью открытым или же частично закрываться

откачивают шторами, отводимой в сторону при опорожнении мешалки с помощью специального рычага. При частично перекрытых проемах, естественно, уменьшается потребное количество вентиляционного воздуха.

Удаление воздуха из кабины желательно по зональному принципу — передвижными отсосами, располагаемыми сзади мешалок.

Объем воздуха, удаляемого из кабины, значителен, а абсолютное количество пыли в нем невелико. Вполне допустимо выбрасывать этот воздух наружу без очистки. Очистка воздуха от пыли может потребоваться только при переработке очень токсич-

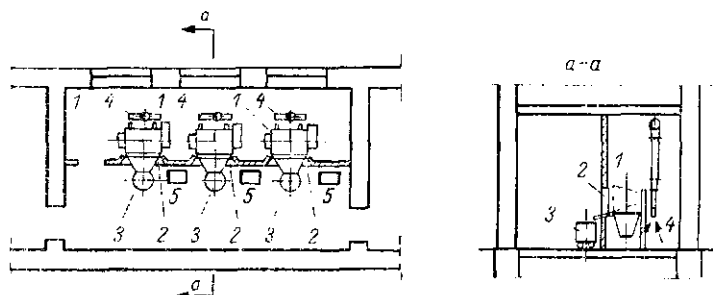


Рис. 32 Установка мешалок в кабине

1 — мешалка; 2 — рабочий проем; 3 — приемники для смесительной массы; 4 — подвижные отсосы; 5 — бункера для опорожняемых мешков.

леских пигментов и при неблагоприятном расположении цеха по отношению к окружающим зданиям.

Скорость воздуха в рабочем проеме кабины следует принимать в зависимости от токсичности пигментов, так как растворители в данном случае не играют роли, ибо их пары требуют меньших скоростей. Можно рекомендовать следующие расчетные скорости в м/сек:

токсичные и малотоксичные пигменты — титановые, лилофон, железный сурик, охра	• 1
пигменты средней токсичности — медные, кобальтовые, ультрамарин, окись цинка	• 1,3
сильнотоксичные пигменты — кадмиевые, свинцовые, хромовые	• 1,6

Аналогичные скорости в проемах следует принимать при расчете аспирации бункеров для порожних мешков.

Для помещений в укрытие мешалки длиной 800 мм при частично перекрытии рабочего проема шторой (свободное сечение 600×800 мм), принимая площадь щелей и неплотностей в 30% от площади рабочего проема, при сильнотоксичных пигментах объем удаляемого воздуха составит

$$L = 3600 \cdot 1,3 \cdot 0,6 \cdot 0,8 \cdot 1,6 = 3600 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Вальцовые краскотерки по условию их обслуживания не могут быть заключены в укрытия. Выделение паров растворителей выделяются довольно интенсивно. В противоположность тенденции падать вниз, характерной для паров летучих жидкостей, пары, выделяющиеся от краскотерок, стремятся вверх. Это происходит вследствие того, что перетираемая краска довольно значительно нагревается.

Рабочий, обслуживающий краскотерку, над ней не наклоняется. Следовательно, в данном случае вполне уместен зонт как укрытие и местный отсос. Рациональны лишь зонты со свесами. Боковые шторы зонтов наглухо прикрепляются к зонту и могут по мере необходимости откидываться. Фронтальные свесы — передний и задний (параллельные оси валков) — делаются съемными по типу навесных штор. Зонт должен иметь такие размеры, чтобы полностью перекрывать рабочие валки со всех сторон.

Зонт над валковой краскотеркой показан на рис. 40. Обычно во время работы одна из съемных штор убирается для удобства загрузки краски и наблюдения за процессом. Таким образом, зонт является открытым с одной стороны. Для доступа к загрузочной воронке имеется подъемная дверка.

Скорость в горизонтальном сечении зонта принимается в зависимости от состава растворителя и токсичности его паров. Для расчета можно рекомендовать следующие значения скорости:

при выделении паров уайт-спирита, бензина, ацетона

$$v = 0,4 - 0,6 \text{ м/сек.}$$

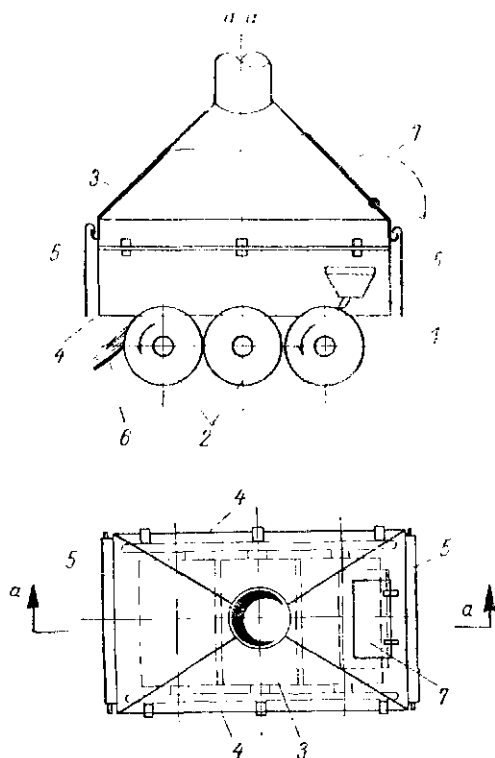


Рис. 40. Зонт над трехвалковой краскотеркой

1 — загрузочная воронка; 2 — валки; 3 — неподвижный зонт; 4 — откидные свесы; 5 — съемные свесы (шторы); 6 — выход продукции; 7 — подъемная дверка

при выделении паров кислоты, толуола, бензола

$$v = 0,6 \div 0,7 \text{ м/сек.}$$

Для краскотерки с длиной валков 900 мм и диаметром 100 мм размеры зонта в плане можно принять 1100×1400 мм. При скорости 0,5 м/сек объем удаляемого воздуха составит

$$L = 3600 \cdot 1,1 \cdot 1,4 \cdot 0,5 \approx 2800 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

При большом количестве краскотерок воздухообмены в краскотерочных отделениях получаются значительными. Кратность обмена в этих помещениях получается в пределах от 30 до 50 обменов в час.

В помещениях краскотерок устраивается также общеобменная вентиляция с вытяжкой из верхней зоны с кратностью не менее трех.

Шаровая мельница для смешения и перетирапия красок представляет собой вращающийся барабан с герметически закрывающимся люком, через который производится загрузка и выгрузка. Полное укрытие мельницы невозможно, так как необходимо обслуживать ее при верхнем, нижнем и среднем положениях люка.

Загрузка сухого пигмента и заливка связующего производятся при верхнем положении люка, разгрузка — при положении люка, близком к нижнему. Наконец, мытье барабана растворителем (более редкая операция) производится при положении отверстия, близком к среднему.

Передвижной щелевой отсос на гибком шланге, передвигаемый в зависимости от местоположения люка (при невращающемся барабане), себя не оправдал. Отсос получается громоздким, переставлять его затруднительно, объем отсасываемого воздуха недостаточен. Единственно рациональным решением являются стационарные щелевые отсосы. Эти отсосы устанавливаются вблизи от люка в его верхнем — загрузочном и нижнем — разгрузочном положениях. Щелевидные полукольцевые отсосы располагаются таким образом, чтобы не препятствовать вращению барабана. Мытье барабана, производимое сравнительно редко, должно осуществляться при положении люка, близком к верхнему.

Разбавление густотертых красок растворителями обычно производится в вертикальных реакторах, снабженных мешалками. Реакторы имеют смотровые люки. От крышек аппаратов отсасывается воздух в объеме, обеспечивающем скорость в проеме люка от 0,5 до 0,7 м/сек, в зависимости от состава растворителя.

Местный отсос осуществляется также от всех баков-хранилищ и от расходных мерников. Баки и мерники имеют люки для осмотра, взятия проб и чистки. Объем удаляемого воздуха определяется по скорости в проеме люка, которую следует прини-

мать несколько меньшей, чем для реакторов, а именно от 0,3 до 0,5 м/сек. При значительном количестве баков считают одновременно открытыми два люка из пяти. Из баков с закрытыми люками должно удаляться 30% воздуха, отсасываемого от баков с открытыми люками.

Расфасовка готовой продукции в металлические банки производится разливочными машинами. Здесь имеются незначительные выделения паров растворителей. Местный отсос организуется в виде щели или воронки, располагаемой вблизи от краскоподающего патрубка. Объем удаляемого воздуха в зависимости от состава растворителя — от 300 до 600 м³/ч на каждую машину. При расфасовке в крупную тару (свыше 5 кг) объем отсасываемого воздуха следует увеличивать и брать в пределах от 500 до 1000 м³/ч на одну машину.

В помещениях расфасовки и упаковки банок, кроме местных отсосов, должна быть обеспечена вытяжка с кратностью обмена от двух до трех в час.

Во все помещения краскотерочного цеха приточный воздух должен подаваться в среднюю или верхнюю зону, лучше всего с помощью перфорированных панелей. Приточные установки следует располагать на той же отметке, на которой расположены обслуживаемые ими помещения, или ниже их. Забор приточного воздуха с кровли здания не рекомендуется.

В воздухе, выбрасываемом системами с местной вытяжкой, содержится осязаемое количество паров растворителей. Пыли, наоборот, содержится очень мало, кроме аспирационных систем, обслуживающих тракт подачи сухого пигмента. Очистка воздуха от паров растворителей — сложное и дорогое мероприятие: как правило, она не производится. Сказанное обязывает вывести выхлопные трубы вентиляционных систем как можно выше над кровлей здания. Выхлопы должны быть факельными со скоростью выхода воздуха из насадков не менее 20 м/сек. Необходимо учитывать направление господствующих ветров, а также расположение соседних зданий, в особенности их воздухоприемников.

Вытяжные центры рекомендуется располагать на площадках или на чердаке здания. Помещения вытяжных центров должны быть изолированными. Желательна механическая общесменная вытяжка из этих помещений.

§ 28. Склады сыпучих материалов

На предприятиях химической промышленности склады сырья и готовой продукции обычно не отапливаются и не вентилируются. В то же время сплошь и рядом склады сыпучих материалов (например, склад суперфосфата) являются помещениями с обильным пылеобразованием. В этих помещениях работают люди порой непрерывно в течение смены. Следовательно,

оставлять помещения складов беспризорными с точки зрения санитарной недопустимо. К сожалению, в большинстве случаев склады сыпучих материалов остаются вне поля внимания проектировщиков промышленной вентиляции.

Вентиляция складов сыпучих материалов, особенно при малой их механизации, задача довольно сложная, до сих пор не разрешенная. Излагаемые ниже соображения являются попыткой более или менее обоснованно подойти к разрешению этой проблемы.

Все склады сыпучих материалов независимо от того, хранятся ли эти материалы в таре или «навалом», являются помещениями более или менее пыльными.

Если склад отапливаемый и хранимый материал допускает повышенные влажности, в первую очередь следует предусматривать гидрообеспыливание, т. е. увлажнение материала, а также туманообразование для подавления взмученной в воздухе пыли. Уборка подобного помещения должна производиться мокрым или влажным способом. Полы в помещении склада по возможности должны поддерживаться постоянно во влажном состоянии.

В подобных помещениях необходимо устраивать системы пневмогидрообеспыливания с установкой туманообразователей. Туманообразователи одновременно осуществляют пылеподавление и увлажнение материала. Для дополнительного увлажнения могут использоваться форсунки.

Для образования тумана и поддержания пола во влажном состоянии возможно применять туманообразователи типа ТОН-5. Указанный туманообразователь дает мощный и длинный факел при хорошем распылении воды. Работа туманообразователя может быть постоянной или периодической.

Достичь надлежащего снижения запыленности склада с помощью одного только гидрообеспыливания удастся редко. Как правило, приходится комбинировать гидрообеспыливание с вентиляционными мероприятиями.

Местные отсосы в складах сыпучих материалов без тары практически невозможны. Общеобменная вентиляция не даст ощутимого эффекта. В данном случае борьба с пылью падает на приточную вентиляцию. Вытяжка является вспомогательной и лишь иногда осуществляется в виде зональных отсосов.

Если в складе сыпучих материалов находится мостовой кран, то обычно крановщик является единственным человеком, пребывающим в помещении длительное время. Подача в кабину крановщика чистого подогретого воздуха почти полностью разрешает эту проблему защиты человека от пыли. Разумеется, при этом помещение не обеспыливается, но это не так существенно, так как пребывание в складе пыльных людей, кроме крановщика, либо кратковременно, либо вовсе исключается.

В кабину крановщика подается свежий подогретый воздух; в некоторых случаях можно ограничиться подачей в кабину

воздуха, забираемого из помещения склада. При этом воздух подвергается фильтрации в масляном фильтре, а также нагревается, если помещение склада неотапливаемое. Подогрев воздуха, как правило, осуществляется электрическим калорифером.

Для отапливаемых складов подача воздуха в кабину крановщика решается путем установки на крыше вентилятора и масляного фильтра. От такой установки подается от 1500 до 2000 м³/ч.

Иногда в малых складах для передвижения сыпучего материала к транспортирующим устройствам используются небольшие бульдозеры с электродвигателями. Для этого частного случая предлагается следующее решение.

Помещение склада не отапливаемое. Сыпучий материал, не допускающий увлажнения, хранится непосредственно на полу. При заполнении и разгрузке склада материал передвигается по полу с помощью бульдозера, причем возникает значительное пылеобразование.

Бульдозерист находится в специальной кабине с рабочим проемом для досмотра, аналогичной кабине крановщика. На кровле кабины монтируется агрегат,

состоящий из электрокалорифера, масляного фильтра и центробежного вентилятора (рис. 41). Воздух, забираемый из помещения, очищается от пыли в ячеистом фильтре, нагревается в калорифере и нагнетается вентилятором в кабину. Производительность установки 1500 м³/ч. Электроэнергия к калориферу и электродвигателю подается по гибкому бронированному кабелю.

Склады, в которых хранятся сыпучие материалы в мешках, барабанах и тому подобной таре, заняты значительно меньше. Если сыпучие материалы неядовиты, здесь возможно ограничиться естественной вентиляцией. Однако и в данном случае все же желательна механическая вентиляция. Если же материалы ядовиты (свинцовые, марганцевые, кадмиевые соединения и т. п.), то необходимо оздоровление помещения с помощью искусственной вентиляции. Кроме того, особое внимание должно быть обращено на уборку помещения, в частности полов. Ручная уборка совершенно недопустима. При сухой уборке

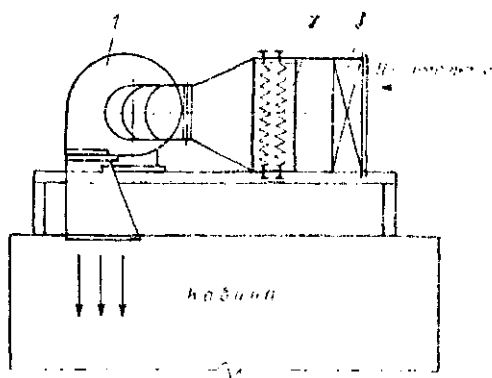


Рис. 41. Обеспыливающая приточная установка в складе

1 — вентилятор; 2 — электрокалорифер; 3 — масляный фильтр

следует пользоваться промышленными пылесосами или предусматривать центральную стационарную пылесосную установку.

Вытяжная вентиляция склада решается в зависимости от способа его загрузки и разгрузки. Наиболее рациональна подача мешков или барабанов на поддонах при помощи погрузчиков с вилами. При этом ликвидируется переброска и тряска мешков, но и при этом способе пыль в складах все же имеется.

При подаче мешков транспортером и ручной их штабелировке возникает пылевыведение в местах перевалки. Если такие места фиксированы, то возле них устраиваются зональные отсосы в виде воронок и щелей. Когда места перевалок не фиксированы, пыление возникает практически по всему складу. Зоной наибольшей концентрации пыли является преимущественно нижняя по периметру склада. В этом случае возможна лишь малоэффективная общеобменная вытяжка из нижней зоны воронками, располагаемыми у стен на высоте 300 мм от пола.

Объем воздуха, удаляемого одной воронкой, принимают 300—500 м³/ч. Воронки располагаются между штабелями мешков или барабанов.

Кратность обмена в помещениях складов, в которых хранятся сыпучие материалы в таре, принимается от 4 до 10 в час, в зависимости от токсичности выделяющейся пыли.

В отопляемых складах вытяжка должна компенсироваться притоком в том же объеме.

Если пребывание людей в помещении склада кратковременное, возможно ограничиться устройством специальных вентилируемых кабиц — мест отдыха. При кратковременном пребывании рабочих в запыленной атмосфере следует пользоваться респиратором типа «лепесток» из ткани ФПП-15.

§ 29. Вентиляция кабины крановщика

На предприятиях химической промышленности нередко применяются мостовые краны. Кабина крановщика чаще всего имеет открытый проем, необходимый для наблюдения за перемещаемым грузом. Крановщик, находящийся в верхней зоне помещения, часто оказывается в неблагоприятных условиях, подвергаясь воздействию высокой температуры, токсических газов, а иногда — аэрозолей и пылей. В химической промышленности как ни в какой иной необходима защита крановщика от вредных воздействий. Средства индивидуальной защиты здесь не применимы, так как крановщик находится в зоне вредностей весь рабочий день.

Единственным способом обеспечить нормальную воздушную среду для крановщика является подача в кабину обработанного приточного воздуха. Воздух подается в кабину в количестве, обеспечивающем такую скорость его выхода через от-

крытый просм, при которой исключается попадание в кабину вредных веществ. В зависимости от размеров окна кабины, скорости крана и степени загрязненности цехового воздуха принимается объем подаваемого в кабину воздуха в пределах от 500 до 2000 м³/ч. Лишь в исключительных случаях объем воздуха берется больше 2000 м³/ч. Воздух подается в кабину преимущественно сверху со стороны, противоположной рабочему окну, или же по периметру кабины.

Нужно оговориться, что в химической промышленности краны с открытыми кабинами не применяются.

Вентиляция кабины крановщика может производиться подачей наружного или цехового обработанного воздуха.

Если в помещении выделяются вредные газы, трудно поглощаемые химическими поглотителями (окись углерода), почти повсеместно применяется вентиляция наружным воздухом. При наличии газов, поглощаемых водой или водными растворами реагентов, возможна подача в кабину цехового воздуха, однако подобные установки в практике пока не применяются.

Если в помещении цеха выделяются только тепло и влага, сопутствуемые или не сопутствуемые пылью, то применяются преимущественно рециркуляционные установки. При крупных мостовых кранах наиболее рационально применение специального кондиционера типа СКК-ИПР, изготовляемого отечественной промышленностью специально для установки на тяжелых кранах.

При «сухом» тепловыделении и не очень высокой температуре в верхней зоне цеха возможно ограничиться для охлаждения цехового воздуха промывкой его по адиабатическому процессу без применения искусственного охлаждения.

Кондиционеры типа СКК-ИПР имеют масляный фильтр, электронагреватель и холодильную установку с компрессором, работающую на фреоне. Производительность кондиционера по воздуху 1400 м³/ч; основная часть воздуха рециркулирует в системе, из цеха добавляется лишь незначительное количество. Кондиционер предназначен для установки на кране с закрытой кабиной. Вес кондиционера около 1,2 т, габарит 1670×850 мм, h=1660 мм. Кондиционер типа СКК-ИПР работает на переменном токе.

Вентиляция кабины крановщика наружным воздухом осуществляется следующим образом.

Воздух забирается снаружи и обрабатывается в специальной приточной камере, обслуживающей только кабины кранов. Воздух фильтруется, в теплый период охлаждается в промывочной камере (чаще всего рециркулирующей водой), а в холодный период подогревается до +18°С. Обработанный в камере воздух подводится к специальному воздухопроводу, проложенному вдоль подкранового пути. Из воздухопровода через

специальный подвижной приемник воздух нагнетается в кабину крана. Воздухоприемник и кабина крана жестко связаны между собой.

Воздухопровод с приемником разработан одним из заводов цветной металлургии совместно с ЛИОТом и рекомендован в качестве типового Гипротисом (типовой проект № ОВ-02-108).

Воздухопровод в нижней его части имеет две резиновые ленты, раздвигаемые при движении крана воздухоприемником-челноком (рис. 42). Патрубок воздухоприемника, через который воздух поступает в кабину, все время находится внутри воздухопровода, передвигаясь вместе с кабиной крана. При движении челнок плавно раздвигает уплотняющие ленты, вновь смыкаясь после прохода челнока.

Воздухопровод с уплотняющими лентами и воздухоприемником-челноком испытан на практике. При тщательном исполнении и надлежащей эксплуатации конструкция вполне работоспособна. Недостатком ее является значительная потеря воздуха, выходящего в цех через неплотности резиновых лент. Давление в воздухопроводе поддерживается в пределах от 30 до 50 кг/м²; такое давление требуется для уменьшения размеров патрубка воздухоприемника.

Один воздухопровод, обслуживая несколько кранов, имеет значительную длину —

до 300 м. Столь длинные воздухопроводы проектировать не рекомендуется. Длина воздухопровода должна соответствовать максимальному перемещению обслуживаемых кранов. По возможности установки следует разукрупнять, обслуживая одной системой не более трех-четырех кранов.

Подача воздуха в воздухопровод осуществляется с его торца при одном-двух кранах или с торца и в середине при количестве кранов больше двух.

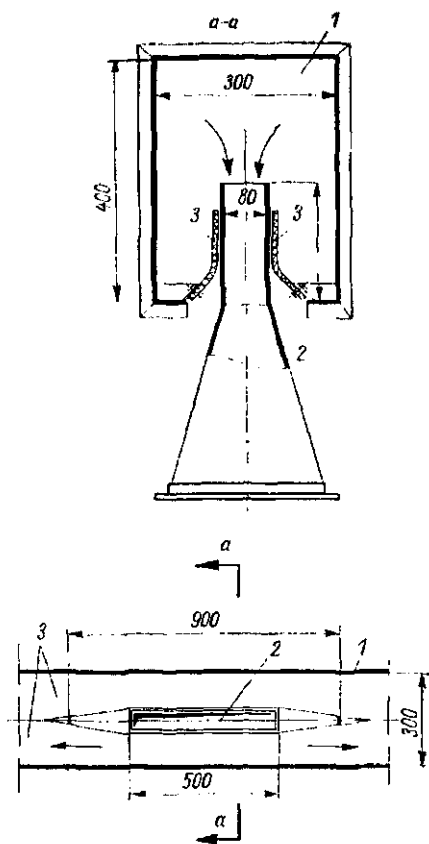


Рис. 42. Установка для подачи воздуха в кабину крана

1 — воздухопровод; 2 — воздухоприемник-челнок; 3 — резиновые ленты

Типовые воздухопроводы разработаны двух сечений. Первый тип, имеющий размеры 300×400 мм, применяется при объеме подаваемого воздуха до $8500 \text{ м}^3/\text{ч}$, второй тип, имеющий размеры 400×600 мм, — при объеме подаваемого воздуха свыше $8500 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Потери воздуха при данной конструкции зависят от длины воздухопровода, тщательности его выполнения и количества обслуживаемых кранов. Минимальной потерей для воздухопроводов длиной менее 100 м считают 100% от объема воздуха, поступающего в кабины. Полное количество воздуха, подаваемое приточной системой для вентиляции кабины кранов L может быть определено по приближенной эмпирической формуле

$$L = 1,15 L_{\text{к}} n + 70l \text{ [м}^3/\text{ч]}, \quad (77)$$

где $L_{\text{к}}$ — объем воздуха, подаваемого в кабину крана, в $\text{м}^3/\text{ч}$;
 n — количество кранов, обслуживаемых данной системой;
 l — длина воздухопровода в м.

Рассчитаем потребное количество приточного воздуха для вентиляции кабин трех кранов, обслуживаемых одной системой. При объеме воздуха, подаваемого в кабину, $L_{\text{к}} = 2000 \text{ м}^3/\text{ч}$ и длине воздухопровода $l = 150$ м

$$L = 1,15 \cdot 2000 \cdot 3 + 70 \cdot 150 = 17400 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

В данном случае потери составляют $11400 \text{ м}^3/\text{ч}$, т. е. около 190% от объема воздуха, поступающего в кабины ($6000 \text{ м}^3/\text{ч}$).

При двух кранах и длине воздухопровода $l = 60$ м получаем

$$L = 1,15 \cdot 2000 \cdot 2 + 70 \cdot 60 = 8800 \text{ м}^3/\text{ч},$$

т. е. потери составляют 120% от полезного объема воздуха.

Применявшийся прежде воздухопровод с гидравлическим затвором и воздухоприемником в виде изогнутой трубы в настоящее время признан нерациональным. Его существенные недостатки — сложность монтажа и дороговизна. Не исключена также опасность замерзания воды и случайного выплескивания ее, могущего в некоторых случаях вызвать аварию.

ГЛАВА ВОСЬМАЯ

ВЕНТИЛЯЦИЯ ПИЩЕВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

§ 30. Особенности вентиляции в пищевой промышленности

Пищевая промышленность — значительная отрасль современной индустрии, включающая разнообразные, порой сложные производства. Современные пищевые предприятия используют передовую технологию, они значительно автоматизированы

и механизированы. Вентиляция на этих предприятиях призвана не только обеспечивать надлежащие условия труда, но и способствовать выпуску высококачественной продукции.

Чистота на пищевых предприятиях — краеугольный камень производства. Не последнюю роль играет чистота воздуха, соприкасающегося с готовой пищей. Наличие пыли и вместе с ней болезнетворных микроорганизмов в производственных помещениях недопустимо. Особенно недопустима пыль в тех помещениях, в которых находится готовая продукция, потребляемая в пищу без предварительной мойки или термической обработки.

К пищевым продуктам, потребляемым без какой-либо обработки, относятся кондитерские изделия (конфеты, торты, пирожные и т. п.), хлебобулочные изделия, колбасы, копчености, мороженое и т. д. Загрязнение таких продуктов пылью, особенно пылью городской, не только неприятно, но и опасно.

Следует считать, что на пищевых предприятиях, выпускающих не обрабатываемую потребителем продукцию, очистка воздуха от пыли есть требование технологическое. Можно руководствоваться п. 4.55, б СНиП II-Г. 7-62, в котором предписывается производить очистку подаваемого воздуха от пыли, если это требуется по условиям технологии.

Если предприятие производит продукцию, подвергасмую в дальнейшем той или иной обработке (варению, жарению, мойке), или продукцию, упакованную в герметическую тару, требования к чистоте внутреннего воздуха понижаются. На консервных фабриках часть технологического процесса протекает открыто, но после упаковки консервы подвергаются термической обработке и обеззараживаются.

Защита производственных помещений от пыли входит в задачу вентиляции на пищевых предприятиях; в этом одна из специфических особенностей этой отрасли промышленности.

Обеспыливание приточного воздуха достигается фильтрацией его на масляных или бумажных фильтрах. Фильтры более тонкой очистки обычно не требуются.

Фильтры в приточных установках не усложняют и мало удорожают вентиляционную систему. Более существенна необходимость круглогодичной работы приточной вентиляции. В летний период, когда потребный воздухообмен, как правило, больше, нежели в иные периоды, естественно, возрастает потребная производительность приточных установок. Особенно это разительно при незначительных избытках тепла, требующих температурного перепада между наружной температурой и температурой рабочей зоны 3° С.

До настоящего времени санитарные нормы не снижают требований в части температурного перепада для пищевых предприятий, и с этим приходится считаться при проектировании.

Для получения более компактных приточных установок при круглогодичной их эксплуатации (при «глухих» окнах):

можно производить обработку приточного воздуха водой в промывной камере по адиабатическому процессу; при этом температура воздуха снижается, а потребные воздухообмены по теплу и производительность приточных установок уменьшается; относительная же влажность в помещениях обычно получается в допустимых пределах от 40 до 60%;

можно устраивать систему вентиляции, при которой часть приточных установок снабжается калориферами и рассчитывается на круглогодичную работу, а часть из них калориферов не имеет и предназначается лишь для работы в летний период. Естественно, что установки без калориферов более компактны и требуют меньшую мощность.

В пищевой промышленности применяется кондиционирование воздуха. Вызывается это преимущественно технологическими потребностями. В некоторых случаях кондиционирование воздуха с использованием холодильных машин предусматривается для снижения температуры в производственных помещениях, необходимого во избежание порчи продукции, например шоколада. Реже требуется сохранение определенной влажности воздуха, что также вызвано чувствительностью продукции к повышенной влажности.

Производственные помещения пищевых предприятий обычно размещаются в относительно небольших, обычно многоэтажных зданиях, носящих название главного корпуса. Кроме главного корпуса обычно на промплощадке располагаются вспомогательные здания — бытовые, административные, складские и т. д. Нередко имеется собственная котельная, — как правило, паровая, так как почти всегда требуется технологический пар.

Приточные установки в многоэтажных зданиях располагаются преимущественно в подвальных или первых этажах. Возможно, однако, и поэтажное расположение приточных камер. Вытяжные вентиляторы рекомендуется сосредоточивать в изолированных помещениях на верхнем этаже, на чердаке или в специальных надстройках на кровле. Фильтры и иные пылеуловители допустимо располагать на любых этажах в непосредственной близости от аспирируемой аппаратуры.

Пищевое производство обычно малозумное. Учитывая это, а также соображения максимальной чистоты, не рекомендуется размещать вентиляторы в производственных помещениях, на площадках и антресолях. Абсолютно недопустимо устанавливать в производственных помещениях осевые вентиляторы, в частности в окнах (за исключением аварийной вентиляции). Приточные и вытяжные камеры следует изолировать друг от друга; желательны самостоятельные входы.

Основные вредности на пищевых предприятиях — тепло, влага и пыль. Газовыделения играют меньшую роль, аэрозоли

и пары встречаются редко. Исключением являются витаминные заводы, технология которых резко отличается от технологии собственно пищевых предприятий. Витаминное производство приближается к химическим и сопровождается выделением токсических и взрывоопасных веществ.

Отсутствие токсических газов определяет способ раздачи приточного воздуха. В пыльных помещениях воздух подается в верхнюю зону преимущественно через перфорированные панели. В прочих помещениях приемлема сосредоточенная подача приточного воздуха.

На пищевых предприятиях весьма существенна автоматизация вентиляционных установок. Постоянство температуры в производственных помещениях в равной степени отвечает санитарным и технологическим требованиям. Блокировка вытяжной вентиляции с технологическим оборудованием обычно производится.

Пищевая индустрия охватывает весьма разнообразные производства. Вентиляционные установки также разнообразны, начиная от сравнительно простых на молочных заводах и кончая весьма сложными в цехах утилизации отходов на мясокомбинатах. Ниже рассматривается вентиляция на кондитерском и хлебопекарном производствах, а также вентиляция предприятий общественного питания. Последние предприятия входят в состав большинства заводов и фабрик и представляют интерес для широкого круга проектировщиков промышленной вентиляции.

§ 31. Вентиляция на кондитерских фабриках

Производство кондитерских изделий связано с выделением тепла, пыли и влаги. Газовые и парообразные вредности незначительны.

Бедствием производства является сахарная пыль, образующаяся при дроблении сахарного песка и использовании получающейся сахарной пудры. Сахарная пыль не ядовита, но вредно действует на зубную эмаль, вызывая ее разрушение.

Сахарная пудра широко применяется в кондитерском производстве: она необходима для изготовления шоколадной массы, для производства зефира, драже, клюквы в сахаре и т. п. изделий. Именно сахарная пудра является источником пыли, так как сахарный песок почти не пылит.

Главные источники тепловыделений на рассматриваемом производстве — печи и варочные аппараты. Тепло выделяется также от трубопроводов, механизмов, остывающей продукции и людей. Производство требует много ручного труда, тепловыделения от людей существенно влияют на тепловое состояние цеха.

Значительные тепловыделения, превышающие тепловые потери в холодный период года, наблюдаются в бисквитных пе-

хах, где выпекается печенье, и в варочных отделениях. В бисквитных цехах устанавливаются крупногабаритные механические печи с газовым отоплением; реже применяются электropечи.

В печных отделениях вентиляция направлена на борьбу с теплом. Газовыделения здесь настолько ничтожны, что с ними можно не считаться. Печи для выпечки вафель, основ для тортов, пирожков и т. п., дающие относительно небольшие тепловыделения, обычно устанавливаются неизолированно в общих помещениях с прочей аппаратурой.

При определении тепловыделений от механизмов считают, что от 35 до 45% от установленной мощности электродвигателей переходит в тепло. В отдельных случаях при большом количестве механизмов и неполной их загрузке переход установленной мощности в тепло принимают меньше, а именно от 25 до 30%.

Тепловыделения от вакуум-аппаратов, сборщиков и иных нагретых поверхностей, а также от трубопроводов определяют по величине нагретой поверхности и ее температуре, которая обычно колеблется в пределах 40—50° С.

Варочные аппараты, кроме тепла, выделяют влагу. Они обычно снабжаются местными отсосами или помещаются под остекленной завесой.

Завесы находят широкое применение в кондитерской промышленности. Они выполняются с каркасом из легких сплавов и остеклением из органического или минерального небьющегося стекла. Нужно оговориться, что предубеждение санитарных органов против завес из обычного стекла необоснованно: разбитые стекла — явление редкое (это обычно аварийный случай).

Влаговыведения на кондитерских фабриках относительно невелики и большей частью локализируются местными отсосами; вследствие сказанного повышенная влажность в помещениях наблюдается редко. Тем не менее игнорировать влаговыведения не следует.

Некоторое количество тепла и влаги выделяется от остывающего продукта — выпечных изделий, конфет и т. п. Эти выделения должны быть учтены при составлении теплового и влажностного балансов. Количество влаги, выделенной от готовой продукции (шоколад, конфеты), принимают в размере 0,5—1% от веса продукции.

ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЯ ОТ АППАРАТУРЫ КОНДИТЕРСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Бисквитные печи кирпичные:	
ВКНИИ-1	30 000 <i>ккал/ч</i>
ВКНИИ-2	20 000 "
ВКНИИ-4	15 000 "
Трехлепточная бисквитная газовая печь длиной 18 м	35 000 <i>ккал/ч</i>

Печь кондитерская для выпечки пирогов, тортов и пр.	400—500 ккал/ч·м ²
Электровытяжной шкаф	30—35% от установленной мощности (без учета остывания изделий)
Обжарочный барабан газовый	20—30% от теплотворной способности газа
Печи и плиты газовые	То же
Диссутор	2500 ккал/ч
Варочный котел 150—200 л	1500—2000 ккал/ч
Вакуум-варочный аппарат	2000 ккал/ч
Вакуум-аппарат карамельный	3000 ккал/ч
Сушилка ВИС-2	12000 ккал/ч

Требуемое технологией охлаждение продукции, как правило, производится принудительно обдувкой воздухом, подаваемым специальными приточными установками с обязательной очисткой от пыли. Большей частью воздух охлаждается искусственно в теплый период года; для обработки воздуха устанавливаются специальные технологические кондиционеры.

В табл. 30 приведены некоторые данные по технологической приточной вентиляции. Указанные в таблице цифры — средние и в отдельных случаях должны уточняться расчетом.

Таблица 30

Количество воздуха, подаваемого для охлаждения изделий

Наименование оборудования	Количество воздуха в м ³ /ч	Температура в °С
Охладитель для карамели двухъярусный закрытый	6000	15
Транспортер узкий и широкий для монпансье	3500—6000	15
Размазной конвейер	4500	15
Глазирочная машина с шириной ленты 400—800 мм	3000—8000	8
Охлаждающие транспортеры:		
для печенья	5000	18
» ириса	1500—3000	12
» плиточного шоколада	3000	8
Дражерочный котел	500	8
Установка ускоренной выстойки конфет	9000	10

На основании практических данных считают, что на охлаждение 1 кг печенья требуется 1,2—1,5 м³ воздуха при температуре +18° С. Для карамели расход воздуха доходит до 6—8 м³ на 1 кг продукта.

Как видно из табл. 30, температура охлаждающего воздуха во всех случаях ниже наружной температуры в летний период.

Однако на небольших фабриках обычно обходятся без искусственного охлаждения обдуваемого воздуха.

Охлаждающий продукцию воздух поступает в помещение и влияет на его тепловой баланс. При постоянной работе охлаждающих установок поступающий от них воздух должен учитываться и в воздушном балансе помещения. В зависимости от конечной температуры поступающего воздуха в помещение либо вносится дополнительное тепло (иногда и влага), либо помещение охлаждается. В большинстве случаев воздух поступает с температурой ниже температуры помещения (кроме летнего периода, если отсутствует искусственное охлаждение).

При определении количества тепла, выделяемого охлаждающей продукцией, теплоемкость кондитерских изделий принимают в среднем $0,4 \text{ ккал/кг} \cdot \text{град}$.

Объем воздуха, подаваемого для охлаждения продукции, иногда вычисляется по количеству отнимаемого тепла и температурному перепаду между подаваемым и отработанным воздухом. Практика действующих установок показывает, что при открытой обдувке воздух нагревается на $2-6^\circ \text{C}$ в зависимости от интенсивности обдувки и начальной температуры продукта. Для обычных условий можно приблизительно задаваться следующими величинами температурного перепада (в $^\circ \text{C}$):

Начальная температура продукции в $^\circ \text{C}$

200—130	$\Delta t = 6$
100—80	$\Delta t = 5$
70—60	$\Delta t = 4$
50—40	$\Delta t = 3$
35—30	$\Delta t = 2$

Приведенные цифры — средние и должны уточняться в каждом конкретном случае. Вообще этот вопрос нуждается в уточнении на основе хорошо поставленных практических наблюдений. В настоящем же время более точных данных не имеется.

В помещениях без значительных выделений тех или иных вредных, главным образом без тепло- и влаговыделений, определить воздухообмен расчетом затруднительно. В подсобных помещениях количество воздуха при общеобменной вентиляции назначается по кратности обмена. Для помещений нормальной высоты 4—5 м при нормальном технологическом процессе рекомендуется принимать следующие кратности обмена в час:

прием и подготовка клюквы	5
отделение расфасовки	4—6
прием молока	3
склад готовых изделий	1—2
пачочная станция	1—5
цех выработки халвы	5—7
экспедиция	1—2
разделка конфет и шоколада	4—5
склады сырья	1—2

Нужно отметить, что рекомендуемые кратности обмена выше регламентированных нормами технологического проектирования предприятий кондитерской промышленности. Практика эксплуатации показала, что воздухообмены, назначенные на основе упомянутых норм, недостаточны, особенно в летний период при неоткрывающихся окнах.

Выделение токсических газов и паров в кондитерском производстве не наблюдается, за немногим исключением. Незначительное количество сернистого ангидрида выделяется в отделении подготовки сырья; в помещениях холодильных установок возможны случайные прорывы аммиака.

Некоторые практические нормативы по определению объемов воздуха, удаляемого местными отсосами, приведены в табл. 31.

Борьба с пылью — наиболее сложная задача на кондитерском производстве. До настоящего времени она полностью не разрешена. Объясняется это, с одной стороны, малой механизацией производства и, с другой стороны, недостаточным вниманием со стороны санитарных органов.

Недостаточные масштабы производства не позволяют обеспечить непрерывность и герметизацию пылевыводяющих процессов. Загрузка и разгрузка сыпучих материалов — муки, сахара, крахмала — часто производится примитивными средствами с применением ручного труда. Такие процессы обеспыливать весьма трудно. Кроме того, на кондитерском производстве невозможны увлажнение материалов и гидрообеспыливание.

Для размола сахарного песка с получением сахарной пудры обычно используются примитивные молотковые микромельницы, сходные с применяемыми в химической промышленности. Эти мельницы создают направленные потоки запыленного воздуха. Они снабжаются индивидуальными матерчатыми фильтрами, что, однако, не спасает от пыления, особенно в разгрузочной части мельницы.

При подаче сахарного песка шнеком обслуживание мельниц производится периодически лишь в моменты замены наполненной тары порожней. Кратковременное обслуживание мельниц позволяет капюлировать их и исключить пребывание рабочих в запыленной среде.

Мельницы следует заключать в остекленные кабины, в которые работающие заходят, применяя средства индивидуальной защиты — респираторы.

Очень существенна конструкция тары для приема размолотого сахара. Иногда применяемые для этой цели мешки неприемлемы. Сахарная пудра должна собираться в металлический передвижной кубель, устанавливаемый под зонтом-укрытием, от которого производится отсос воздуха. Течка мельницы должна снабжаться шибром, перекрываемым во время замены наполненного кубеля порожним.

Количество воздуха, удаляемого местными отсосами от аппаратуры

Наименование и характеристика аппарата	Выделяющиеся вредности	Вид местного отсоса и расчетная скорость v , м/сек	Объем удаляемого воздуха в м ³
1	2	3	4
Открытый варочный котел емкостью в (л): 12	Пары воды, следы газов	Подковообразный бортовой отсос	800 *
60	То же	То же	1100 *
150	»	»	1800 *
200	»	»	2200 *
Диссутор	»	Отсос от крышки, $v = 0,5$	500—600
Универсальный вакуумварочный аппарат	»	То же	300 **
Растворитель сахара	»	»	500—600
Шпектовый шпаритель	Пары воды	Отсос из кожуха	400
Шпаторный аппарат для бочек	То же	Укрытие	1000
Шкаф для мойки бочек	»	Из шкафа	600
Варочная колонка для помидорного сиропа	»	Отсос от крышки	300
Тележка для охлаждения какао-бобов	Тепло, газы	—	Не менее 1500
Обжарочный барабан	Газы	Щелевой отсос	2000
Газовая бисквитная печь ВКШИИ (загрузка и выгрузка)	»	Зонт-козырек со свесами	По 1500
Ванна для мойки яиц	Незначительное выделение хлора	Бортовой отсос	500
Противочная машина	Сернистый газ	Щелевой отсос 1200 800 мм, $v = 4$	1500
Мочная ванна	Пары воды	Бортовой отсос	1600—2000 на 1 м ² зеркала
Бак для десульфатации	Сернистый газ	Отсос от крышки	600

* При выделении сернистого газа вводить коэффициент $k = 1,2$.

** Отсос действует периодически при снятии вакуума.

воздух — наружный и внутренний из основного цеха — удаляется через вытяжные шахты или крышными вентиляторами.

Приточные установки точного отделения фильтрами не снабжаются. Вентиляторы обычно осевые, воздух подается сосредоточенно в верхнюю или среднюю зоны. Температура приточного воздуха может быть $+12^{\circ}\text{C}$. Многостворчатые клапаны, устанавливаемые в воздухозаборных отверстиях, для наружного и внутреннего воздуха желательно автоматизировать. На наружном воздухе клапан с электроподогревом.

Вентиляция хлебохранилища рассчитывается на удаление тепла и влаги, выделяющихся от остывающего хлеба. При восьмичасовом хранении хлеба считают, что в помещении выделяется водяной пар в количестве 2,5% от среднечасового количества хлеба. При более длительном хранении количество выделяющейся влаги следует считать равным 3% от среднечасового количества хлеба.

Тепло, выделяемое хлебом, для тех же условий хранения принимают 22 ккал/кг исходя из среднечасового количества хлеба. При более длительном хранении тепловыделение следует увеличивать до 25 ккал/кг.

Приведенные цифры справедливы в случае открытого хранения хлеба — на стеллажах, на тележках или в контейнерах.

Нужно оговориться, что искусственное охлаждение хлеба в специальных камерах на практике не привилось и применяется редко. При охлаждении хлеба в камерах последние располагаются в основном цехе. Хлебохранилище как таковое отсутствует.

Общобменная вентиляция хлебохранилища рассчитывается графоаналитически с применением $I-d$ диаграммы. Угловой коэффициент получается порядка 1200—1500.

Приточный воздух подается сосредоточенно или рассеянно; в последнем случае — воздухораспределителями в рабочую зону. При этом температурный градиент принимается 0,6—0,8. Вытяжная вентиляция естественная при помощи шахт или дефлекторов. Здесь существенно принимать меры для предотвращения капли из шахт.

Кратность обмена в хлебохранилищах бывает до 10, редко больше.

В дрожжевом и заварочном отделениях вентиляция направлена на борьбу с избыточным теплом и влагой. Влаговыделения возникают в основном с открытого зеркала дрожжевых и заварочных чанов.

Для расчета количества поступающей влаги принимают следующие температуры жидкостей в открытых чанах ($t^{\circ}\text{C}$):

закрываемая заварочная машина	70
заварка в чане закисания	50
» » холодильнике	40
жидкие дрожжи в дрожжевом чане	30

Проектирование предприятий общественного питания регламентируется нормами и техническими условиями СН 87-60. Нужно сразу отметить, что эти нормы устарели и имеют неточности.

Согласно СН 87-60 вентиляционные установки предприятий общественного питания зависят от числа посадочных мест и делятся на две группы: с числом посадочных мест в торговом зале до 100 и более 100.

Для столовых с числом посадочных мест до ста допускается только одна вытяжная вентиляция без организованного притока. Одновременно снижаются требования к вытяжной вентиляции, в частности уменьшаются рекомендуемые кратности обмена. Это указание СН 87-60 не может быть признано правильным.

Практика эксплуатации столовых, оборудованных только вытяжной вентиляцией, показывает, что условия работы в горячих цехах — кухнях, пирожковых — крайне тяжелые во все время года.

На основании многолетних наблюдений автор считает необходимым оборудовать все пункты питания приточно-вытяжной вентиляцией, независимо от числа мест в зале. Вытяжная вентиляция во всех случаях должна проектироваться без каких-либо сокращений воздухообменов.

Борьба с пылью и мухами для предприятий общественного питания столь же актуальна, как и для прочих предприятий пищевой промышленности. Предприятия общественного питания в этом отношении могут быть приравнены к кондитерским фабрикам.

Избавиться полностью от мух и пыли возможно лишь при круглогодичной работе искусственной вентиляции с фильтрацией воздуха. Это наиболее правильное вентиляционное решение.

На предприятиях общественного питания фрамуги окон могут открываться только в жаркие часы, когда наружная температура выше расчетной летней (параметры A). При более низких температурах окна и двери должны держаться закрытыми, а воздух подаваться в помещения механической вентиляцией. Разумеется, вентиляция должна быть рассчитана на удаление избыточного тепла в теплый период.

В исключительных случаях возможно ограничиться производительностью приточной вентиляции, соответствующей переходному периоду. В летнее время недостающий приточный воздух будет поступать через фрамуги окон, защищенные сетками. Возможно также устройство дополнительной приточной системы, работающей только в летнее время и состоящей из фильтра и вентилятора.

Подача неподогретого воздуха в горячие цехи механическим путем возможна при помощи матерчатых патрубков, играющих

роль воздухораспределителей. Эти патрубки, располагаемые в верхней зоне, кроме рассеяния холодного воздуха, выполняют роль фильтра, задерживая пыль. Матерчатые патрубки могут выполняться из любой пористой ткани, в частности из бязи. Нагрузка на 1 м² поверхности патрубка может приниматься 100—150 м³/ч в зависимости от сорта ткани. При этом сопротивление матерчатого патрубка составляет 15—30 кг/м².

Приточные установки пунктов питания должны располагаться в изолированных помещениях, по возможности в том же этаже, в котором расположены торговые и производственные помещения, или ниже его. Для приточных систем, обслуживающих торговые помещения, необходимо принимать меры по звукозаглушению, вплоть до установки специальных шумоглушителей.

Нормы СН 87—60 рекомендуют устройство отдельных приточных систем для торговых и производственных помещений. Если посадочных мест меньше двухсот, допускается устройство общей приточной системы для торговых и производственных помещений.

Вытяжные системы устраиваются преимущественно децентрализованными. Однако иногда возможно ограничиться всего двумя системами: для торгового зала и для всей группы производственных помещений, кроме уборных и душевых. Последние в этом случае вентилируются естественно. Вытяжные вентиляторы устанавливаются в изолированных помещениях — на чердаках, в специальном техническом этаже или в утепленных будках снаружи здания. Последнее может быть допущено лишь как исключение при непрямой звукоизоляции будок.

Уборные и душевые во всех случаях должны обслуживаться самостоятельной вытяжкой с естественным или механическим побуждением.

Воздушный баланс помещений общественного питания, как правило, должен быть положительным: суммарное количество приточного воздуха больше суммарной вытяжки. Это необходимо во избежание подсоса холодного и нефильтрованного воздуха снаружи, а также для предотвращения попадания воздуха из смежных помещений. Последнее особенно важно для промышленных предприятий, где рядом со столовой могут быть расположены цехи с вредными выделениями.

Лишь в некоторых помещениях пункта общественного питания может быть допущен положительный воздушный баланс: приток привалирует над вытяжкой в торговых залах, в вестибюлях, в загрузочных. В прочих помещениях воздушный баланс отрицательный.

Часть приточного воздуха, необходимая для компенсации вытяжки и создания суммарного положительного баланса, подается в коридоры, тамбуры, на лестницы и в иные помещения без вредностей.

Вентиляционные системы предприятий общественного питания расположенные в производственных зданиях, не должны совмещаться с вентиляционными системами этих зданий.

На предприятиях общественного питания вредностями являются тепло, влага, газы и запахи. Пылевыведения практически отсутствуют.

Основной вредностью, определяющей величину воздухообмена, является избыточное тепло от кухонных плит и варочной аппаратуры, механизмов, горячих блюд, людей, освещения и солнечной радиации. Влаговыделения менее существенны. Водяной пар выделяется от горячих блюд, варочных котлов, людей и моечной аппаратуры. Газы, в основном акролены, поступают в помещении при жарении в кипящем жире, а также при выпечке кондитерских изделий. Запахи сопутствуют почти всем процессам приготовления пищи. Особое место занимают испарения сырого лука — не только пахучие, но и раздражающие слизистые оболочки.

Вытяжная вентиляция выполняется с местными отсосами и общеобменной. Местный отсос в виде завесы или кольцевого воздуховода над кухонной плитой встречается повсеместно. Местные отсосы необходимы также от электросковородок и фритюрниц для жарения пирожков, кондитерских печей, посудомоечных машин и лукозенок. Перечисленным исчерпываются местные отсосы на предприятиях общественного питания. Изредка устраивают завесы над варочными котлами, а также щелевые отсосы от ручных моек. Последнее надо приветствовать, так как щелевые отсосы избавляют работающих у моек от необходимости вдыхать водяные пары, загрязненные мыльной щелочью.

Воздухообмен в основных производственных помещениях — кухнях и иных горячих цехах, а также в моечных — определяется расчетом как по производительности местных отсосов, так и на удаление избыточного тепла. Проверка воздухообмена на удаление влаги обычно не производится, так как воздухообмен, определенный по теплу и местным отсосам, оказывается достаточным для удаления влаги. Газы удаляются местными отсосами — завесами, зонтами, щелевыми отсосами; проверка общеобменной вентиляции на газоудаление не производится.

В торговых залах воздухообмен определяется расчетом по избыточным тепловыделениям. Проверки на влагоудаление тоже не требуется.

В прочих производственных помещениях, за исключением моечных, вентиляция общеобменная и определяется по кратности обмена. Так же назначается воздухообмен и во вспомогательных помещениях.

Рекомендуемые кратности обмена приводятся в СН 87 60 как при приточно-вытяжной вентиляции, так и при наличии только вытяжки. Кратности обмена для первого случая следует

признать минимально необходимыми, обеспечивающими относительно благоприятные условия. Уменьшать воздухообмены при отсутствии организованного притока не следует, особенно для летнего периода. Вытяжная вентиляция должна быть рассчитана по единым нормам независимо от способа подачи приточного воздуха. В холодный период года при отсутствии подогретого притока вытяжка может быть соответственно уменьшена.

Таблица 33

Расчетная кратность обмена в производственных и вспомогательных помещениях

Наименование помещений	Кратность обмена в ч		Наименование помещений	Кратность обмена в ч	
	приток	вытяжка		приток	вытяжка
Мясо-рыбная заготовочная	4	5	Моечная посуды и тары	6*	8*
Овощная и холодная заготовочная, доготовочная	3	4	Вестибюль	2—3	—
Холодные кондитерские и пирожковые заготовочные	2	3	Гардероб и умывальные	—	1
Помещение для продажи обедов на дом и экспедиция	1,5	2	Раздаточная в отдельном помещении	1**	2**
Хлеборезка	2	1	Комната санитарной части и кабинет врача	2	1
Комната шеф-повара	4	3	Склады тары, кладовая сухих продуктов и овощей, инвентарная и бельевая	—	1
Загрузочная	2—3	1	Камера отходов	4	5

* Ручная мойка без местного отсоса.

** С проверкой по теплу.

В табл. 33 приведены расчетные кратности обмена при общеобменной вентиляции в производственных и вспомогательных помещениях. Приведенные в таблице данные приемлемы для помещений с нормальными высотами и площадями. Кратность обмена для моечных предусматривает общеобменную вентиляцию и ручную мойку. При посудомоечных машинах воздухообмен определяется производительностью местных отсосов от них; кроме того, должна предусматриваться общеобменная вытяжка из верхней зоны с кратностью не менее 2. Для крупных столовых при ручной мойке рекомендуется применение щелочных отсосов; для этого случая воздухообмен определяется по производительности отсоса плюс общеобменная вытяжка в двукратном объеме.

Объем воздуха, удаляемого местным отсосом от посудомоечной машины, зависит от ее конструкции и величины рабочих проемов. В среднем объем удаляемого от машины воздуха можно принимать 600—1000 м³/ч. От ручной мойки щелевым отсосом обычно удаляется от 300 до 500 м³/ч на одну мойку, в зависимости от ее размеров.

Рекомендуется устраивать местный отсос от лукорезки при помощи всасывающей воронки. Объем удаляемого воздуха можно назначать от 200 до 300 м³/ч.

Общеобменная вытяжка в помещениях, указанных в табл. 33, производится из верхней зоны. Приточный воздух подается также в верхнюю зону через жалюзийную решетку или насадок для струйного притока. Температура приточного воздуха должна быть не ниже +12° С.

Вентиляция в торговых залах и буфетах устраивается общеобменной, направленной на борьбу с избыточным теплом.

Тепловыделения от людей и горячей пищи согласно СН 87—60 принимают по 100 ккал/ч на одного посетителя и одного работника обслуживания. Тепловыделения от освещения, солнечной радиации и механизмов рассчитываются обычным путем. При расчете тепловыделений в торговом зале (буфете) принимается, что все тепловыделяющее оборудование работает одновременно.

Расчетные температуры в рабочей зоне торгового зала берутся по данным СН 87—60, однако с некоторыми оговорками. В холодный период при наружной температуре до +10° С внутренняя температура должна быть не более +20° С. В теплый же период приходится руководствоваться СНиП II-Г. 7-62. На основании сказанного расчетная температура в летний период должна быть не более чем на 3° С выше наружной расчетной температуры по параметрам А. При этом в торговом зале будут соблюдаться условия комфорта, аналогичные производственным цехам, с незначительными избытками явного тепла. При температуре в рабочей зоне выше +28° С необходимо охлаждать подаваемый воздух, например путем промывки его рециркулирующей водой.

Температурный градиент в торговых залах редко превышает 0,8 на 1 м высоты над рабочей зоной, т. е. свыше 2 м от пола. При подаче приточного воздуха в верхнюю зону в некоторых случаях температура выравнивается по высоте и градиент становится равным нулю. При соответствующем расположении приточных и вытяжных отверстий повышение температуры по высоте наблюдается даже при подаче приточного воздуха в верхнюю зону.

Считается возможным принимать температуру воздуха, уходящего из торговых зал, на 1—1,5° С выше температуры рабочей зоны при подаче приточного воздуха вверх и на 2—2,5° С — при подаче притока в рабочую зону. Сказанное относится к помещениям высотой 4—4,5 м.

При подаче приточного воздуха в летний период механическим путем следует учитывать его нагрев в вентиляторе. Нагрев воздуха зависит от конструкции вентилятора, в среднем можно считать, что воздух нагревается на 1° С.

В торговых помещениях вентиляция приточно-вытяжная с резким превышением притока над вытяжкой. Из торговых помещений удаляется только 50% подаваемого в них воздуха. Остальные 50% подсасываются через проемы в кухню и удаляются из нее.

При вентиляции торговых помещений следует принимать меры по обесшумливанию приточной установки. В этих помещениях, обычно имеющих повышенную отделку, особое внимание должно быть обращено на эстетику. Вентиляционные каналы и приточные отверстия должны быть соответственно архитектурно оформлены и не должны портить общего вида интерьера. Металлические воздуховоды здесь неприемлемы как из эстетических соображений, так и с точки зрения распространения шума.

Вентиляция кухни и иных горячих цехов решается совместно с вентиляцией торговых помещений. Таким образом, 50% воздуха из торгового зала удаляется через кухню, влияя тем самым на ее тепловой и воздушный балансы.

Тепловыделения в горячих цехах возникают от тепловыделяющего оборудования, людей (по 100 ккал/ч на одного человека), механизмов, освещения и солнечной радиации.

**ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЯ ОТ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО
ОБОРУДОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ
ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ**

Плита кухонная:	
№ 1	35 000 ккал/ч
№ 2	5 500 »
№ 19	7 000 »
№ 21	15 000 »
Плита газовая:	
на 8 конфорок	13 000 »
» 12 »	20 000 »
» 16 »	26 000 »
Плита кухонная электрическая типов ЭП, ЭПМ, ЭПН	45% (от полной мощности)
Барочный котел (в л).	
600	4300 ккал/ч
400	3200 »
250	2300 »
125	1700 »
60	1400 »
40	1100 »
Тепловые электрические аппараты: электродкотлы, электрокипяильники, электрокофеварки и т. п.	до 30% (от полной нагрузки)
То же, водонагреватели	15—20%

Печи электрические, электросковороды, электрошкафы	40% (с учетом остывания изделий)
Кипятильник производительностью 200 л/ч	2000 ккал/ч
Печи кондитерские огневыс (на 1 м ² поверхности)	400—500 » (с учетом остывания изделий)
Паровой шкаф (на 1 м ²)	300 ккал/ч
» мармит (на 1 м ² горячей поверхности)	1200 »

При этом предполагается, что 50—60% поверхности плиты свободно от кухонной посуды. Для газовых плит тепловыделение может быть определено по расходу газа и его теплотворной способности, принимая, что до 35% всего выделяемого топливом тепла переходит в помещение. Для газовых плит, не имеющих дымоотвода, когда продукты горения поступают в помещение, можно принимать, что до 70% всего количества тепла от сжигания газа поступает в помещение.

Для подсчета тепловыделений от механизмов принимают, что 50—60% всей установленной мощности переходит в тепло, поступающее в помещение.

Если кухонных плит несколько, то их суммарное тепловыделение вычисляется с учетом коэффициента одновременности, равного 0,8. Тепловыделения от прочего оборудования, включая и механизмы, определяются с учетом коэффициента одновременности, принимаемого равным 0,8 для столовых и 0,7 — для ресторанов.

Воздухообмен в кухне и иных горячих помещениях определяется по избыточному теплу, так как тепловыделения являются преобладающей вредностью. Однако было бы ошибочно игнорировать иные вредности, в частности газы. Последние выделяются преимущественно в процессах жарения и печения и являются продуктами разложения жиров и сахара, в меньшей степени — белков. Это общеизвестный кухонный «чад», с которым приходится бороться. Источники тепла разнообразны, источники газовой выделений ограничиваются кухонными плитами, электросковородками, фритюрницами для жарения пирожков и кондитерскими печами.

Рациональная борьба с газами — местные или зональные отсосы. Следуя этому правилу, можно решить и вентиляцию горячих цехов предприятий общественного питания.

Рациональным местным отсосом от кухонной плиты служит расположенная над ней остекленная завеса. Значительно менее эффективен так называемый кольцевой воздуховод.

Завесы над кухонными плитами применялись еще в двадцатых годах. Их распространение тормозилось дефицитностью не-

бьющегося стекла. В настоящее время такое стекло имеется, в частности органическое. Для каркаса завесы лучше всего применить алюминиевые уголки.

Размеры завесы в плане должны быть более соответствующих наружных размеров плиты на 0,5 м с каждой стороны. Завеса крепится к потолку помещения и не доходит до пола на 2,2—2,3 м. Во избежание капли по периметру завесы следует предусматривать желобок с отводом из него конденсационной

воды. Часть потолка, ограниченная завесой, должна быть теплоизолирована во избежание теплопередачи в вышележащее помещение.

На рис. 46 показана остекленная завеса над кухонной плитой.

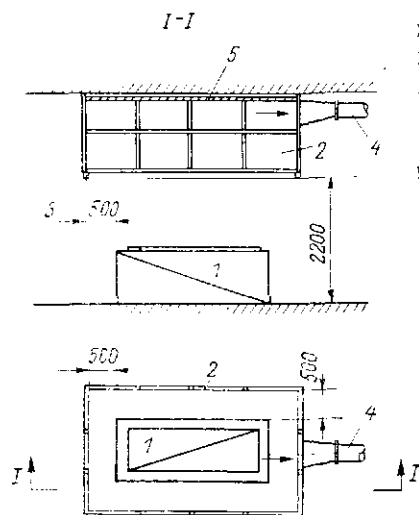


Рис. 46. Остекленная завеса над кухонной плитой

I — кухонная плита; 2 — завеса с каркасом из уголков; 3 — желобок для отвода конденсата; 4 — воздуховод; 5 — теплоизоляция потолка

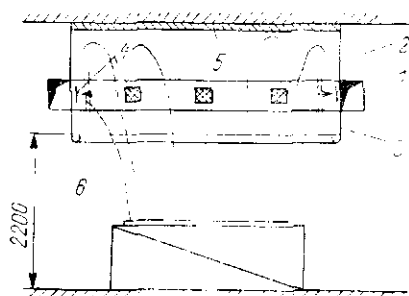


Рис. 47. Кольцевой воздуховод со щитками

I — кольцевой воздуховод; 2 — верхний щиток; 3 — нижний щиток; 4 — всасывающие отверстия; 5 — теплоизоляция потолка; 6 — желобок для отвода конденсата

В сравнении с завесой кольцевые воздуховоды обладают многими недостатками. Они загромождают и затемняют помещение, их трудно чистить как изнутри, так и снаружи, они некрасивы и, главное, малоэффективны. Без зашивки металлическим листом пространства между верхней гранью кольцевого воздуховода и потолком кольцевой воздуховод вообще не выполняет функции местного отсоса.

Такой воздуховод, особенно если он расположен на значительном расстоянии от потолка, является, в сущности, устройством для общесобменной вытяжки, причем даже не из верхней зоны, а из средней. Основная часть восходящего потока, несущего газы, оказывается неудовленной, настиляется на потолок и распространяется по помещению.

Кольцевой воздуховод обязательно должен иметь верхние щитки, доходящие до перекрытия. Только тогда он будет

работать как местный отсос. Но воздуховод с верхними щитками превращается по сути в ту же завесу, только усложненную и непрозрачную. Такое решение, конечно, нерационально.

На рис. 47 показан кольцевой воздуховод с верхними и нижними щитками.

В соответствии с рекомендациями СН 87—60 при расчете объема воздуха, удаляемого завесами и кольцевыми воздуховодами, расположенными над кухонными плитами, принимают, что завесой удаляется 75% тепла, выделяемого кухонной плитой, а кольцевым воздуховодом — соответственно 60%. Температура уходящего воздуха в обоих случаях принимается равной 45° С. Приведенные цифры получены практически и возражений не вызывают.

Объем воздуха, удаляемого завесой или кольцевым воздуховодом L_a , рассчитывается для летнего периода. Расчет ведется по формуле

$$L_a = \frac{Q_a}{0,3(45 - t_p)} \text{ [м}^3/\text{ч]}, \quad (78)$$

где Q_a — количество тепла, поступающее под завесу или в кольцевой воздуховод;

t_p — температура в рабочей зоне помещения в летний период.

Величина $Q_a = 0,75 Q$ для завесы и $Q_a = 0,6 Q$ — для кольцевого воздуховода, где Q — полное тепловыделение от плиты.

Некоторые проектировщики, рассчитывая завесу для летнего периода, вместо температуры рабочей зоны подставляют в формулу (78) расчетную наружную температуру, что неверно.

Если Q — полное тепловыделение кухонной плиты, то в свете сказанного количество тепла, не улавливаемое завесой и попадающее в помещение будет равно

делениям, удаляемым общеобменной вентиляцией.

При значительном количестве варочных котлов и компактном их расположении иногда над ними устанавливают завесу. Здесь кроме тепла улавливается водяной пар, периодически вырывающийся из варочных котлов.

Объем воздуха, удаляемого через завесу над варочными котлами, следует определять по скорости в ее горизонтальном сечении. Скорость можно принимать в пределах от 0,08 до 0,1 м/сек.

Рассчитаем объем удаляемого воздуха и его температуру при устройстве завесы над тремя варочными котлами по 250 л при температуре рабочей зоны для летнего периода +25° С, размерах завесы в плане 1,5×5 м, $F = 7,5 \text{ м}^2$:

при скорости в горизонтальном сечении 0,1 м/сек объем удаляемого воздуха

$$L = 3600 \cdot 7,5 \cdot 0,1 = 2700 \text{ м}^3/\text{ч};$$

тепловыделение от трех котлов

$$Q = 2300 \cdot 3 = 6900 \text{ ккал/ч};$$

под завесу поступает 75% тепла, т. е.

$$Q_3 = 0,75 \cdot 6900 \approx 5200 \text{ ккал/ч};$$

температура воздуха, удаляемого из-под завесы,

$$t = 25 + \frac{5200}{0,3 \cdot 2700} \approx 31^\circ \text{C}.$$

При расчете общеобменной вентиляции в горячих цехах приходится задаваться температурой уходящего воздуха. Температура рабочей зоны для летнего периода, как правило, принимается на 5°C выше расчетной наружной температуры по параметрам А как для помещений со значительными избытками явного тепла.

Температурный градиент для помещений кухни, пирожковой и т. п. можно принимать в пределах от 1 до 1,2, но не более. Величины температурного градиента принимают в зависимости от способа подачи приточного воздуха и местоположения приточных насадков или панелей. В среднем температуру уходящего воздуха рекомендуется принимать на $2\text{—}2,5^\circ \text{C}$ выше температуры рабочей зоны.

При определении температуры приточного воздуха в теплый период следует учитывать нагрев его в вентиляторе.

Определяя количество тепла, которое необходимо удалять общеобменной вентиляцией, следует учитывать тепло, уносимое с воздухом местных отсосов. В первую очередь учитывается

где t_p — температура приточного воздуха.

Электросковороды и фритюрницы должны иметь местный отсос. Обычно такой отсос устраивается в виде полукольцевой щели, располагаемой со стороны, противоположной рабочему месту обслуживающего персонала. Возможен местный отсос при помощи всасывающей панели, но это менее конструктивно. Зонт над сковородой или завеса не приемлемы, так как не удаляют вредности из дыхательной зоны человека.

На рис. 48 показано удаление газов от электросковороды полукольцевым отсосом. Щель высотой 50—60 мм располагается на расстоянии 80—100 мм над бортом сковороды или фритюрницы. Скорость засоса принимается в пределах 4—5 м/сек.

Можно рекомендовать следующие объемы воздуха, удаляемого местными отсосами:

от электросковороды с малой загрузкой

$$L = 500 \div 700 \text{ м}^3/\text{ч};$$

то же, при интенсивном жарении

$$L = 600 \div 800 \text{ м}^3/\text{ч};$$

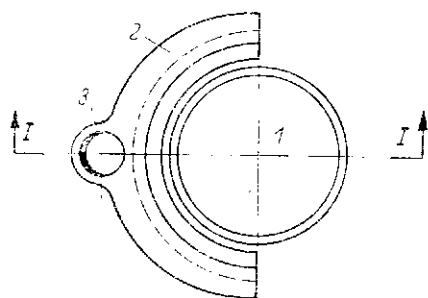
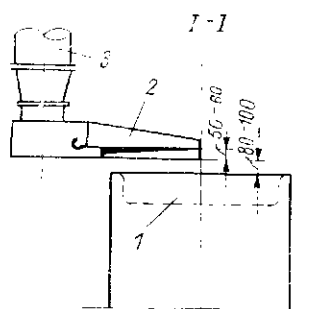


Рис. 48. Местный отсос у электросковороды

1 — электросковорода; 2 — полуконической отсос; 3 — воздуховод.

сковорода мощностью 4,5 кВт, электровыпечной шкаф мощностью 16,5 кВт, кипяtilьник производительностью 200 л/ч.

Высота помещения кухни 4 м, кубатура 600 м³, установленная мощность механизмов 5 кВт, теплоступление от солнечной радиации 1500 ккал/ч, наружная расчетная температура $t_{\text{н}} = -20^{\circ}\text{C}$ (летний период). Приточный воздух подается на высоте 3 м от пола перфорированной панелью. Объем воздуха, поступающий из торгового зала с $t = +24^{\circ}\text{C}$, равен 10 000 м³/ч. Количество работающих 5 человек.

от фритюрницы емкостью до 50 л

$$L = 800 \div 1000 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

От кондитерских печей и электровыпечных шкафов выделяются газы при открывании дверей, а также через щели при закрытых дверцах. Для улавливания этих газов рационально применение зонтов-козырьков с боковыми свесами. Скорость в горизонтальном сечении зонтов с боковыми свесами берется в пределах от 0,6 до 0,7 м/сек. Вынос зонтика-козырька рекомендуется порядка 400 мм.

При длине зонтика 900 мм объем удаляемого воздуха

$$L = 3600 \cdot 0,9 \cdot 0,4 \cdot 0,6 = 800 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Рассчитаем воздухообмен в кухне, обслуживающей столовую на 200 посадочных мест при следующих условиях.

Технологическое оборудование: плита № 1, два варочных котла по 250 л, электро-

Над кухонной плитой проектируется остекленная завеса, у электровыпечного шкафа — зонт размерами 900×400 мм, у электросковороды — полукольцевой щелевой отсос.

Объемы воздуха, удаляемые местными отсосами, следующие: через зонт электровыпечного шкафа — $800 \text{ м}^3/\text{ч}$, через щелевой отсос у электросковороды — $700 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Тепловыделения от плиты $Q_1 = 35\,000 \text{ ккал/ч}$.

Тепловыделение под завесу

$$Q_2 = 0,75 \cdot 35\,000 \approx 26\,000 \text{ ккал/ч.}$$

Тепловыделение в помещение

$$Q_3 = 0,25 \cdot 35\,000 \approx 9\,000 \text{ ккал/ч.}$$

Температура в рабочей зоне принимается $t_p = +25^\circ \text{C}$.

Количество воздуха, удаляемого от завесы,

$$L_2 = \frac{26\,000}{0,3(45 - 25)} \approx 4\,300 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Суммарный объем воздуха, удаляемого местными отсосами.

$$L_c = 800 + 700 + 4\,300 = 5\,800 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Температура приточного воздуха с учетом нагрева его в вентиляторе

$$t_n = t_{н\text{н}} + 1^\circ \text{C} = 20 + 1 = 21^\circ \text{C.}$$

Количество тепла, уносимое воздухом, удаляемым местными отсосами из рабочей зоны,

$$Q_{p.з} = 0,3 \cdot 5\,800(25 - 21) \approx 7\,000 \text{ ккал/ч.}$$

Тепловыделения от оборудования (кроме плиты) с коэффициентом одновременности 0,8

$$Q_2 = (2\,300 \cdot 2 + 4,5 \cdot 860 \cdot 0,4 + 16,5 \cdot 860 \cdot 0,4 + 2\,000 \cdot 1 + 5 \cdot 860 \cdot 0,6) \cdot 0,8 \approx 13\,000 \text{ ккал/ч.}$$

Тепловыделение от людей

$$Q_3 = 100 \cdot 5 = 500 \text{ ккал/ч.}$$

Теплопоступление от солнечной радиации $Q_4 = 1\,500 \text{ ккал/ч}$.

Полное тепловыделение в помещении кухни

$$Q = 9\,000 + 13\,000 + 500 + 1\,500 = 24\,000 \text{ ккал/ч,}$$

т. е. на 1 м^3 (тепловыми потерями пренебрегаем)

$$q = \frac{24\,000}{600} = 40 \text{ ккал/м}^3 \cdot \text{ч.}$$

Помещение характеризуется значительными избытками явного тепла. Температура рабочей зоны назначена правильно.

Температурный градиент принимаем равным 1. Тогда температура уходящего воздуха

$$t_{\text{уд}} = 25 + 1(4 - 2) = 27 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Количество тепла, ассимилируемое воздухом, поступающим из торгового зала, и удаляемое через кухню.

$$Q = 0,3 \cdot 10000 (27 - 24) = 9000 \text{ ккал/ч}.$$

Остающееся избыточное тепло, удаляемое общеобменной вытяжкой из верхней зоны,

$$Q' = 24000 - (7000 + 9000) = 8000 \text{ ккал/ч}.$$

Объем воздуха, удаляемый общеобменной вытяжкой,

$$L = \frac{8000}{0,3(27 - 21)} \approx 4400 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Объем приточного воздуха, непосредственно подаваемый в помещение кухни (окна не открываются),

$$L_{\text{п}} = 5800 + 4400 = 10200 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Суммарный объем воздуха, удаляемого из кухни,

$$L_{\text{в}} = 10200 + 10000 = 20200 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Из них местные отсосы, включая завесу над плитой, равны $5800 \text{ м}^3/\text{ч}$, а общеобменная вытяжка — $14400 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Кратность воздухообмена по притоку

$$n = \frac{10200}{600} = 17 \text{ об/ч}.$$

То же, по вытяжке

$$n' = \frac{20200}{600} \approx 34 \text{ об/ч}.$$

Для данного предприятия общественного питания следует запроектировать две приточные установки, из которых одна будет обслуживать торговые помещения, а другая — производственные. Вытяжных установок намечается пять: одна обслуживает торговый зал, вторая и третья — кухню (общеобменная вытяжка и местные отсосы), четвертая осуществляет вытяжку из прочих производственных и вспомогательных помещений, а пятая удаляет воздух из уборных и душевых.

ВЕНТИЛЯЦИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ КОРПУСОВ И ЛАБОРАТОРИЙ**§ 34. Специфика вентиляции многоэтажных зданий**

Инженерные корпуса промышленных предприятий, обычно включающие конструкторско-проектные бюро, опытные и полузаводские установки, исследовательские лаборатории и подсобные помещения, почти всегда размещаются в многоэтажных зданиях. В таких же зданиях располагаются обычно и центральные лаборатории промышленных предприятий. Многоэтажные здания с большим количеством некрупных помещений характерны также для научно-исследовательских институтов — самостоятельных или входящих в состав промышленного предприятия. По своей производственной характеристике научно-исследовательские институты весьма близки к инженерным корпусам.

Многоэтажные производственные здания со значительным количеством некрупных помещений встречаются также в радиотехнической и приборостроительной промышленности.

Перечисленные промышленные объекты имеют много общего по характеру производимых в них работ и по типам применяемого оборудования. В научно-исследовательских институтах и инженерных корпусах заводов, а также в производственных зданиях точного приборостроения в значительной степени не используется ручной труд, в частности на таких операциях, как пайка и сварка, окраска изделий и деталей, гальванические покрытия и травление, шлифовка и полировка, ручная сборка и т. д. Оборудование здесь, как правило, мелкогабаритное, порой полузаводского и даже лабораторного типа, размещаемое частично в вытяжных шкафах и мелких укрытиях.

В рассматриваемых зданиях как следствие производимых в них работ выделяются самые разнообразные вредности, начиная с избыточного тепла и кончая подчас самыми токсическими вредностями — парами ртути, свинца и т. п. Количество вредностей обычно незначительно в сравнении с производственными зданиями иных профилей.

Инженерные корпуса, лаборатории и производственные цехи радио- и приборостроения, а также научно-исследовательские институты относятся к объектам с вредными технологическими процессами. Вентиляция здесь играет первостепенную роль, обуславливая не только сохранность здоровья работающих, но и наибольшую эффективность производственных и исследовательских процессов. В некоторых цехах точного приборостроения средствами вентиляции обеспечивается такая

чистота воздушной среды, которая не пущна по санитарным соображениям. Кроме того, иногда потребно поддерживать постоянные параметры воздуха — температуру и влажность — в очень точных пределах, т. е. требуется полное кондиционирование воздуха.

В рассматриваемых зданиях весьма существенны еще два обстоятельства, которые должны быть учитываемы и которые не всегда учитываются при проектировании вентиляции: тишина и отсутствие вибрации.

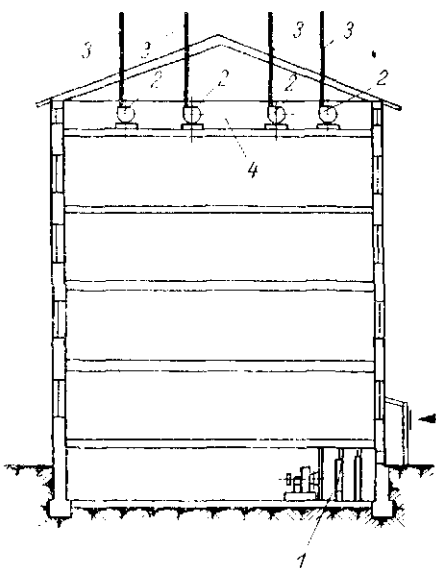


Рис. 49. Расположение вентиляционных установок в многоэтажном здании
1 — приточная установка; 2 — вытяжные установки; 3 — выхлопные трубы; 4 — технический этаж

этаж с успешным перекрытием; выхлопные трубы непосредственно выводятся через кровлю наружу.

Схема расположения приточных и вытяжных установок в многоэтажном здании показана на рис. 49.

Размещение приточных установок в первом этаже или подвале, кроме предотвращения вибрации строительных конструкций, существенно еще из соображений недопустимости обратной тяги в приточных системах. Обратная тяга при остановке системы опасна здесь вследствие наличия токсических и взрывоопасных веществ.

Казалось бы, вытяжные установки можно размещать на любом этаже, принимая меры по их изоляции и предотвращению вибрации. Но это не так. При расположении вытяжных

на и отсутствие вибрации. В шумном помещении вряд ли возможна серьезная научная работа, а вибрация даже самая незначительная вредно отражается на точности производимых исследований, например на взвешивании или сборке тонких приборов.

В многоэтажных зданиях проектирование вентиляции с соблюдением указанных требований о недопустимости шума и вибрации базируется на единственно правильном принципе размещения приточных и вытяжных установок. Укрупненные и однотипные приточные установки располагаются внизу здания на грунте, но не на перекрытиях. Вытяжные же установки, обычно децентрализованные, выносятся в верхнюю зону здания в специальный технический

установок в промежуточных этажах весьма сложно вывести выхлопные трубы выше конька кровли, что в данных зданиях необходимо. Единственный путь — трассировать трубы снаружи здания — малопримлем по эстетическим соображениям. Прокладывать же напорные воздуховоды через вышележащие этажи недопустимо ввиду наличия токсических вредностей.

Всасывающие воздуховоды вытяжных систем обычно группируются по несколько штук и выводятся в верхний технический этаж, где и подключаются к вытяжным вентиляторам. Идущие через этажи воздуховоды легко декорируются, особенно если они проходят возле стен и перегородок. Внутристенные каналы не рекомендуются, они используются только для вытяжки из вспомогательных помещений — уборных, гардеробных и т. п.

В системах с очисткой воздуха от пыли, аэрозолей и газов очистные устройства — фильтры, барботеры и т. п. — устанавливаются поблизости от обслуживаемой ими аппаратуры. Таким образом, через вышележащие этажи проходят лишь воздуховоды, транспортирующие очищенный воздух.

Верхний технический этаж или часть его, предназначенная для размещения вытяжных установок, выполняется с усиленной звукоизоляцией и массивным перекрытием. Когда требуется особенно полно погасить вибрацию от работы вентиляторов, устраиваются так называемые «плавающие» перекрытия, в которых железобетонные плиты не связаны жестко со строительными конструкциями, а лежат на эластичном основании. Иногда такие перекрытия заменяют тяжелыми плитами, опертymi на мягкие подкладки и лежащими на плитах обычного перекрытия.

Когда вибрация вовсе не допустима, вытяжные установки располагаются на грунте в подвале здания. При расположении вытяжных установок в подвале выхлопные трубы вынужденно выводятся выше кровли по фасаду здания. В этом случае трубы начинаются у самой земли, располагаются группами и относительно легко декорируются.

Вытяжные системы, размещаемые в техническом этаже, устанавливаются в изолированных помещениях с соответствующим звукозаглушением. Эти машинные отделения должны быть светлыми, достаточно просторными и специально вентилируемыми при наличии токсических вредностей (кратность воздухообмена от 3 до 5). Должны быть предусмотрены отводы в канализацию конденсата и атмосферных осадков из кожухов вентиляторов. Выхлопы устраняются факельными, с выводом устья труб на высоту не менее 2—3 м над коньком кровли. Выхлопные трубы выпускаются через кровлю по возможности без погибов, они располагаются попарно и симметрично. Такое расположение удобно для крепления труб к кровле и желательно с точки зрения эстетической. Иногда из этих же

соображении выходные трубы декорируются специальными ограждениями, как это показано на рис. 50.

Приточные установки размещаются в подвале, если таковой имеет высоту не менее 3,5 м, или в первом этаже. Помещения приточных камер должны иметь хорошую звукоизоляцию. Вентиляторные установки монтируются на фундаментах, не связанных со строительными конструкциями. Возможна установка фундаментов в приемках. Воздухозабор может осуществляться через оконные проемы или через проемы в стенах специальных будок.

Приточные установки, обслуживающие рассматриваемые здания, как правило, выполняются с фильтрацией воздуха. Иногда добавляется и промывка, особенно если требуется полное или неполное кондиционирование воздуха.

Непременным элементом приточной установки является шумоглушитель, ликвидирующий аэродинамический шум. Могут применяться глушители любых типов: камерные, пластинчатые, сотовые и т. п. В качестве глушителя используются главные приточные стояки, выполняемые неметаллическими и покрываемые изнутри звукопоглощающей штукатуркой.

Не рекомендуется выполнять главные приточные стояки из металла. Это может

быть допущено только в виде исключения, причем воздуховоды должны изготавливаться из стали толщиной не менее 1 мм (лучше 2-3 мм) с ребрами жесткости. Скорость воздуха в стояках не должна превышать 6-7 м/сек. Маложесткие металлические воздуховоды при значительных скоростях воздуха вибрируют и создают крайне неприятный шум.

Вытяжные стояки небольших сечений обычно выполняются из стали толщиной не менее 1 мм и снабжаются ребрами жесткости. Скорость воздуха в стояках из соображений бесшумности не берется больше 7 м/сек.

Для более надежного обесшумливания рекомендуется покрывать стояки слоем минеральной ваты толщиной 30-50 мм

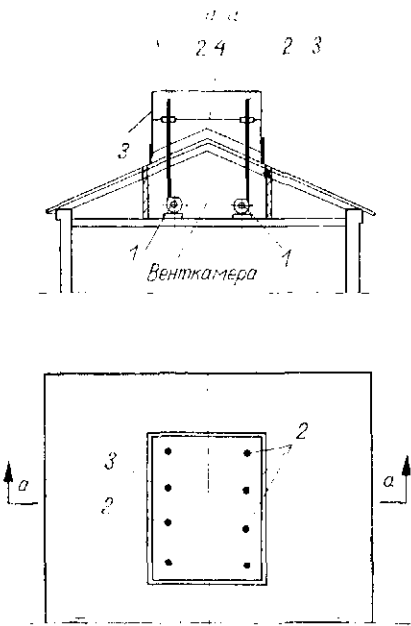


Рис. 50. Задекорирование выходных труб

1 — вытяжные вентиляторы; 2 — факельные выбросы; 3 — декорирующий щит; 4 — крепление выходных труб

с последующей штукатуркой и окраской. Это мероприятие оправдывает себя и с эстетической точки зрения.

В рассматриваемых зданиях в большинстве случаев имеются центральные коридоры, обычно используемые для разводки приточного воздуха. Горизонтальные воздуховоды чаще всего образуются подшивкой потолков в коридорах. Помимо эстетики это преследует и цели бесшумливания. Внутренняя поверхность короба, образованного подшивным потолком, покрывается звукопоглощающей штукатуркой.

Раздача приточного воздуха иногда производится в вентилируемые помещения. Однако предпочтительнее подавать воздух в коридоры, откуда он подсасывается в помещения через самозакрывающиеся решетки. Решетки должны быть пластмассовыми, так как металлические решетки стучат при закрытии.

Подача приточного воздуха непосредственно в вентилируемые помещения принудительным путем допустима лишь при постоянном объеме вытяжки из этих помещений. При переменном режиме вытяжки, что нередко встречается в инженерных корпусах и лабораториях, подача воздуха в вентилируемые помещения противопоказана. В подобных случаях воздух должен полностью поступать в коридоры, являющиеся как бы резервуарами чистого воздуха. Нужно оговориться, что при этом абсолютно недопустимо курение в коридорах. В зданиях должны предусматриваться специальные курительные.

Для помещений полужавоцких установок, мастерских и т. п. при постоянном объеме вытяжки приточный воздух следует подавать непосредственно в помещения. Если имеются местные отсосы и тепловыделения незначительны, то рационально подавать приточный воздух в верхнюю или среднюю зоны при помощи перфорированных панелей с перфорацией только сверху или сверху и сбоку. Возможна также подача в верхнюю зону через перфорированный потолок. Подобная панель, показанная на рис. 51, не портит вида помещения и дает рассеянный и малоощутимый приток.

Панели желательно устраивать с максимально развитой поверхностью. В среднем можно считать, что на 1 м^2 горизонтальной поверхности панели с перфорацией только сверху следует подавать от 800 до $1200 \text{ м}^3/\text{ч}$.

В большинстве основных помещений рассматриваемых зданий имеются местные отсосы. Одновременно требуется и общеобменная вытяжка. Возникает вопрос, можно ли осуществлять местную и общую вытяжку одной системой. Подобное совмещение вентиляционных систем возможно лишь при постоянной

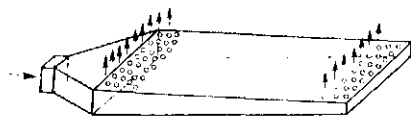


Рис. 51. Приточная перфорированная панель

работе местных отсосов и после регулировки, осуществляемой при наладке дроссель-шайбами. Сказанное, разумеется, не распространяется на аспирационные системы.

Некоторые проектировщики, имея в помещении несколько местных отсосов, например вытяжных шкафов, предусматривают шиберы на ответвлениях к этим отсосам. Эти шиберы предназначены не для первичной регулировки, а для отключения отсосов на моменты их бездействия. Такое решение неправильно: при токсических вредностях установка шиберов у местных отсосов недопустима и может повлечь за собой отравления. При токсических вредностях все имеющиеся местные отсосы должны работать непрерывно и постоянно. Выключение отсоса при временном бездействии аппаратуры опасно, так как по забывчивости отсос может быть своевременно не включен или включен не на полную производительность и вредности попадут в дыхательные органы человека.

Отметим, что в рассматриваемых зданиях суммарный воздушный баланс всегда должен быть положительным, т. е. приток преобладать над вытяжкой.

§ 35. Вентиляция производственных и лабораторных помещений

К производственным помещениям инженерных корпусов относятся различные мастерские и опытные цеха: механические, инструментальные, экспериментальные, гальванические, сборочные и иные, специфические для определенной отрасли промышленности.

Остановимся на сборочных цехах, в которых почти повсеместно производится пайка оловом или иными веществами, в частности сплавами свинца ПОС.

Если пайка производится оловом, возможно ограничиться общеобменной вытяжкой. Предпочтительнее, однако, местные отсосы. При пайке же сплавами свинца, что наиболее распространено, местные отсосы необходимы во всех случаях. В зависимости от условий работы и габаритов паяемых предметов пайка может производиться в шкафовых или витринных укрытиях, на столах, снабженных местными отсосами, и непосредственно в помещении при крупногабаритных изделиях.

При пайке на столах применяются местные отсосы в виде воронок. Воронки достаточно эффективны даже при небольших количествах удаляемого воздуха при условиях, что устье приемника находится вблизи места пайки. Если воронка удалена от места пайки на 250—300 мм, то вредности удаляются плохо даже при значительных скоростях отсоса. Весьма существенно, чтобы электропаяльник, от которого по окончании пайки все еще выделяются вредности, находился бы поблизости от воронки, а еще лучше внутри ее.

Указанные условия достигаются при строго фиксированных местах пайки небольших изделий на специальных «стендах», располагаемых возле всасывающей воронки, как это показано на рис. 52. Рядом со «стендом» устанавливается подставка для паяльника с таким расчетом, чтобы кончик паяльника находился в устье воронки.

Оборудование мест пайки стендами и подставками показывает хорошие результаты при работе со свинцовыми и висмутовыми сплавами. Скорость в сечении воронок составляла 2,5—3 м/сек, т. е. была ниже обычно рекомендуемой 5 м/сек. При скорости 2,5 м/сек объем удаляемого воздуха на одну воронку размерами 400×200 мм составляет ~700 м³/ч.

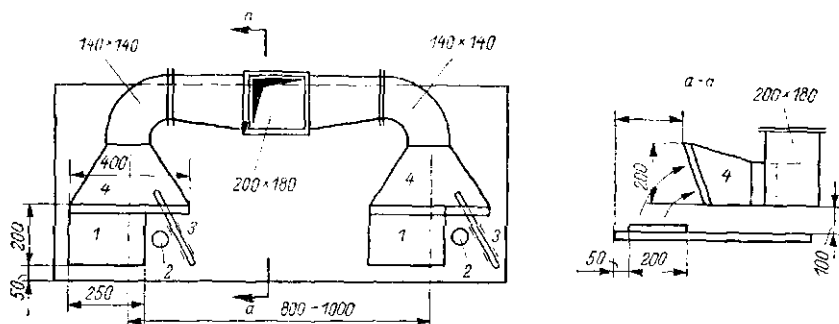


Рис. 52. Оборудование мест пайки

1 — стенд для пайки; 2 — банка с флюсом; 3 — паяльник на подставке; 4 — всасывающая воронка

При пайке более мелких деталей размеры воронки можно назначать 250×200 мм. Скорость в сечении такой воронки принимается 3—3,5 м/сек, а объем удаляемого воздуха — 550—650 м³/ч. Пайку изделий среднего габарита удобно производить в укрытиях, которые желательно выполнять прозрачными из органического стекла. При величине проема укрытия на одно рабочее место 700×400 мм, при скорости в проеме 0,7 м/сек объем удаляемого воздуха равен ~700 м³/ч.

Если необходимо производить пайку на крупногабаритных предметах, рекомендуется иметь несколько подвижных панелей, обслуживающих возможные места пайки, аналогично тому, как это делается при сварочных работах. Однако в инженерных корпусах и лабораториях подвижные панели не всегда удобны, так как они загромождают помещения и портят его вид. Обычно ограничиваются стационарными всасывающими панелями, располагаемыми у стен помещения; иногда эти панели имеют вертикальное перемещение. Предметы, на которых нужно произвести пайку, подвозятся к всасывающим панелям, благодаря чему осуществляется местная вытяжка. Панели применяются вертикальные, обычные их размеры 500×500 мм. Скорость

в живом сечении панели принимают 6—8 м/сек, учитывая значительное удаление места выделения вредностей от панели. При скорости 8 м/сек при живом сечении панели, равном 0,25 от габаритного, объем удаляемого воздуха составит 1800 м³/ч.

В опытных цехах инженерных корпусов встречается самая разнообразная аппаратура, различные механизмы. Выделяющие вредности аппараты в большинстве случаев заключаются в стационарные или разборные укрытия. Применяются разнообразные виды укрытий, начиная от специальных пытящих шкафов и кончая разборными укрытиями со съемными шторками. Реже встречаются укрытия кабиного типа, в которые люди заходят периодически, применяя средства индивидуальной защиты.

Для малогабаритной аппаратуры очень хорошо оправдали себя шкафные укрытия, выполненные из прозрачных материалов. В подобных укрытиях аппарат или механизм полностью доступен для наблюдения. Обслуживание его производится через один или несколько проемов. Иногда в прозрачное укрытие помещают только часть аппарата, являющуюся источником выделения вредностей.

В стационарных укрытиях, имеющих длинные проемы, используемые при работе лишь частично, применяются передвижные прозрачные щитки. Такие щитки в количестве один или два на проем допускают работу в проеме по всей длине, закрывая в то же время часть его сечения.

Полузаводские дробильно-размольные механизмы, а также пылящее оборудование чаще всего располагаются в стационарных или разборных укрытиях-кожухах. В аналогичных укрытиях размещают небольшие гальванические ванны, баки для проигки, печи для плавки и обжига и тому подобную аппаратуру.

Зонты в качестве местных отсосов в инженерных корпусах и лабораториях категорически исключаются как из-за неэффективного их действия, так и по требованиям эстетики. При тепловыделяющей и влаговыведяющей аппаратуре используются остекленные завесы, чаще же тепло и влага удаляются общеобменной вентиляцией.

Бортовые отсосы применяются во всех случаях, когда невозможно полное укрытие источника вредностей. Бортовые отсосы особенно эффективны у баков, чанов, вакуум-аппаратов и т. п., загрузка и разгрузка которых производится периодически с помощью подъемных механизмов. У круглых аппаратов бортовые отсосы устраиваются кольцевыми секционными с отсасывающими патрубками снизу. Объем воздуха, удаляемого бортовым отсосом, зависит от токсичности вредности и интенсивности ее выделения.

При диаметре круглого аппарата в пределах 500—700 мм можно рекомендовать следующие нормы удельного объема уда-

ляемого воздуха на 1 м^2 поверхности зеркала выделения вредных веществ.

Для вредных веществ с допустимой концентрацией до 1 мг/м^3 объем удаляемого воздуха равен:

при горячем процессе $9000 \text{ м}^3/\text{ч} \cdot \text{м}^2$;

при холодном процессе $6000 - 7000 \text{ м}^3/\text{ч} \cdot \text{м}^2$.

Для вредных веществ с допустимой концентрацией до 10 мг/м^3 объем удаляемого воздуха равен:

при горячем процессе $7000 \text{ м}^3/\text{ч} \cdot \text{м}^2$;

при холодном процессе $4000 - 5000 \text{ м}^3/\text{ч} \cdot \text{м}^2$.

Для вредных веществ с допустимой концентрацией до 100 мг/м^3 объем удаляемого воздуха при любом процессе $2500 \text{ м}^3/\text{ч} \cdot \text{м}^2$.

При выделении особо вредных веществ приведенные нормы нужно увеличить и назначать удельный объем удаляемого воздуха в пределах $10\,000 - 14\,000 \text{ м}^3/\text{ч} \cdot \text{м}^2$.

В лабораторных помещениях все работы, связанные с выделением вредных веществ, производится в вытяжных шкафах. Лабораторные вытяжные шкафы - самое распространенное оборудование исследовательских и производственных лабораторий. К сожалению, в большинстве случаев вытяжные шкафы изготавливаются кустарно, сплошь и рядом по устаревшим и нерациональным образцам. Неудачная конструкция шкафа порой сводит на нет даже хорошо выполненную вентиляцию.

Лабораторные шкафы необходимо выполнять металлическими - из стали или алюминия, а также из пластических масс, но не деревянными. Дерево - материал, способный пахнуть и высыхать при изменении влажности в помещении. Выполненные из дерева шкафы почти всегда имеют щели и характерны неплотным закрытием дверок. Дверки шкафа поднимаются и опускаются с трудом, что ухудшает их эксплуатацию и иногда делает невозможной блокировку дверок.

Лабораторный шкаф должен иметь регулируемую вытяжку из верхней и нижней его зон. Шкафы только с верхней или только нижней вытяжкой для лабораторных работ не рекомендуются. Внутри шкаф должен быть гладким, без выступающих частей; воздухопроводы внутри шкафа не допустимы. Наиболее рациональна конструкция шкафа с двойной задней стенкой, образующей плоский вытяжной воздухопровод, сообщающийся с рабочей полостью шкафа отверстиями, снабженными регулирующими движками. Отверстия должны располагаться равномерно по длине шкафа. Схема лабораторного шкафа с двойной задней стенкой показана на рис. 53.

Лабораторные шкафы бывают с одной дверкой, двумя и тремя. Четырехдверные шкафы обычно не встречаются и заменяются двухдверными. Двухдверные шкафы, как правило, должны иметь блокировку, допускающую одновременное открытие полностью лишь одной дверки; возможно открытие обеих дверок на какую-то долю их высоты, например обе дверки

наполовину. В трехдверных шкафах обычно две дверки блокированы, а третья свободна. В таких шкафах могут быть полностью открыты две дверки одновременно. Возможны, конечно, еще и другие варианты, например полное раскрытие всех дверок в двухдверном и трехдверном шкафах.

Обычные размеры дверок лабораторных шкафов — 500×700 мм. В некоторых случаях требуется укрупнение проемы длиной 800 мм и высотой до 600 мм. Проемы еще больших размеров — уже исключение.

При расчете объема воздуха, удаляемого из лабораторного шкафа, считаются с условиями выделения вредностей и с их составом, а также с необходимым раскрытием дверок. Для металлических лабораторных шкафов учитывающий неплотности коэффициент можно принимать от 1 до 1,1. Расчетную скорость для шкафов, в которых производится аналитические работы, следует принимать в пределах 0,7—0,8 м/сек, при работе со ртутью — 1—1,2 м/сек, при нагреве — до 1,3 м/сек.

Количество воздуха, удаляемого от обычного двухдверного шкафа с блокировкой дверок при производстве аналитических работ (размеры проема 700×500 мм),

$$3600 \cdot 0,7 \cdot 0,5 \cdot 0,8 \cdot 1,1 \approx 1100 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Для трехдверного шкафа объем воздуха $2200 \text{ м}^3/\text{ч}$.

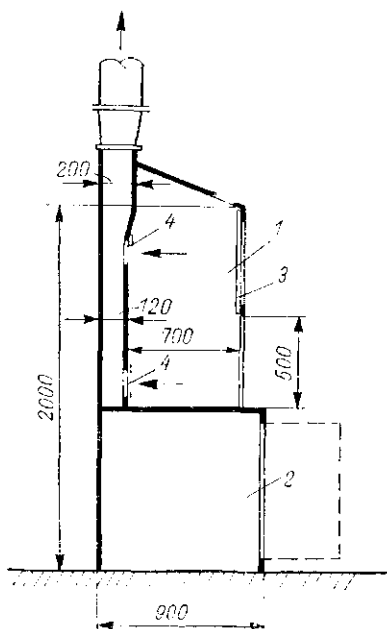


Рис. 53. Лабораторный шкаф

1 — верхний отсек шкафа; 2 — нижний отсек шкафа; 3 — подъемная дверка; 4 — смотревое отверстие с сеткой и регулировочным движком

В большинстве лабораторных и производственных помещений, кроме местных отсосов, предусматривается общеобменная вытяжка из верхней зоны (за некоторыми исключениями). Объем воздуха определяется по кратности, принимаемой не менее единицы. В большинстве помещений однократный обмен недостаточен. В помещениях небольшого объема, в которых имеется выделение паров, газов и аэрозолей, кратности общеобменной вытяжки следует принимать в пределах от 2 до 5.

В помещениях с определенными тепловыделениями, влаговыделениями или с местными отсосами воздухообмен определяется расчетом. Только в тех помещениях, где выделение вредностей неопределенное и не поддается учету, возможно

определять воздухообмен по практическим данным — по кратности обмена.

Кратности воздухообмена по вытяжке в 1 ч для некоторых производственных и лабораторных помещений:

физическая лаборатория	4—6
акустическая и магнитная лаборатория	3—4
препараторская	5
весовая	3
рентгеноаппаратная, рентгенографическая	8—10 (из верхней и нижней зон)
кристаллооптическая	10
фотокомната светлая	4—5
проявительная	10 (никогда местный отсос от ванн)
аккумуляторная	15 (из верхней и нижней зон)
кислотная	10 (из верхней и нижней зон)
щелочная	8 (из верхней и нижней зон)
притирочная стеклодувной	5 (из верхней и нижней зон)
сборочное отделение с пайкой оловом	8—10
выдача реактивов	3
распаковочная при складе	5
склад посуды и оборудования	2
склад химикатов	5—8 (отсос из шкафов)

§ 36. Проектно-конструкторские бюро и вспомогательные помещения

До настоящего времени не имеется каких-либо норм на проектирование вентиляции в помещениях проектных и конструкторских бюро. Ограниченные указания о кратности воздухообмена в конструкторских бюро, приведенные в нормах СН 245—63, относятся к небольшим помещениям, располагаемым в комплексе административных. Что касается проектных бюро и институтов, то по таким никаким указаний не имеется. Вследствие сказанного наблюдается произвол при проектировании вентиляции в крупных проектно-конструкторских учреждениях.

В составе инженерных корпусов современных промпредприятий имеются крупные конструкторские и проектные бюро, в которых работают сотни высококвалифицированных инженерно-технических и научных работников. На некоторых особо значительных предприятиях конструкторские бюро выделяются даже в самостоятельные здания. Но где бы они ни располагались — в самостоятельном здании или в инженерном корпусе — конструкторско-проектные бюро (или институты) должны оборудоваться соответствующей вентиляцией.

В помещениях проектно-конструкторских бюро возможна лишь общеобменная вентиляция. Приточный воздух следует подавать в помещения принудительно в объеме около 90% вытяжки. Воздух необходимо подавать в верхнюю зону равномерно и рассеянно или в отдельных случаях в рабочую зону в удалении от рабочих мест и с малыми скоростями. Рекомендуется, если это возможно по архитектурным условиям, подавать воздух в верхнюю зону перфорированными панелями с перфорацией только сверху. Такие панели могут быть легко задекорированы. Вытяжка должна производиться из двух зон: около $\frac{2}{3}$ всего воздуха из верхней зоны и около $\frac{1}{3}$ — из нижней. Расположение приточных панелей или отверстий и вытяжных решеток должно обеспечивать хорошую промывку всего помещения.

Определить воздухообмен расчетом в данном случае затруднительно, поэтому его следует назначать по кратности обмена. Приводимая в СН 245-63 кратность — 1,5 обмена в час, безусловно, недостаточна. На основе опыта полагается правильным принимать кратность обмена в проектно-конструкторских бюро для холодного и переходного периодов равной 2,5—3 и для теплого периода — не менее 4. Только при этих условиях будет обеспечена достаточная чистота и надлежащая температура воздуха в помещениях. Для теплого же периода желательно охлаждение приточного воздуха хотя бы за счет промывки его рециркулирующей водой. Впрочем, последний вопрос решается в зависимости от климатических условий местности, в которой расположено данное предприятие. В некоторых случаях, безусловно, будет оправдано кондиционирование воздуха.

Приточный воздух, подаваемый в помещения проектно-конструкторских бюро, должен фильтроваться.

Из вспомогательных помещений инженерных корпусов нужно прежде всего остановиться на светокопировальных мастерских. В этих помещениях выделяются аммиак, тепло и пыль; последнее имеет место у копировальных машин типа «Эра».

В СН 245—63 по поводу вентиляции светокопировальных мастерских указывается только, что воздухообмен в них определяется по расчету и должен быть не менее чем трехкратный.

В современных светокопировальных мастерских, как правило, устанавливаются специальные агрегаты, имеющие кожухи и патрубки для местных огосов. По паспортным данным этих аппаратов от них необходимо отсасывать воздух.

Объемы воздуха, удаляемого от светокопировальных аппаратов (в m^3/q):

УФ-5	500
«Ренс»	900
«Опел»	900
САДП (две камеры)	1800
СКА	600

Если тип светокопировального аппарата неизвестен, объем удаляемого воздуха можно принимать в среднем 1000 м³/ч на один аппарат.

Кроме светокопировальных аппаратов, в мастерских устанавливаются проявочные шкафы и шкафы для проветривания светоконий: и те, и другие имеют дверки, открывающиеся лишь периодически и кратковременно. Обычно размер дверок проявочного шкафа 800×600 мм, а шкафа для проветривания — 1000×650 мм. При расчете воздухообмена полагают раскрытыми около одной трети всех имеющихся дверок. Расчетные скорости принимают: для проявочного шкафа — 0,5 м/сек, для шкафа проветривания — 0,3 м/сек. Сравнительно низкие скорости учитывают кратковременность открывания дверок.

При указанных размерах проемов объем удаляемого воздуха составляет: от проявочного шкафа — 850 м³/ч, от шкафа проветривания — 700 м³/ч.

У светокопировальных машин типа «Эра» обычно устраняется местный отсос (угольная пыль), осуществляемый двумя воронками, удаляющими примерно 400—500 м³/ч.

Кроме местных отсосов от оборудования, в светокопировальных мастерских необходима общеобменная вытяжка из верхней зоны с однократным воздухообменом.

Суммарная кратность воздухообмена в светокопировальных мастерских, как правило, колеблется в пределах от 4 до 7.

В подсобных помещениях, в которых не имеется выделения вредностей, а также в административных и бытовых помещениях воздухообмен назначается по кратности.

Кратности воздухообмена в 1 ч для некоторых вспомогательных и административных помещений:

кабинет для теоретических работ	3
» директора, главного инженера или главного конструктора (приток в объеме 80% вытяжки)	4—5
выдача книг, читальный зал . . .	2
разборка книг	3
переплетная (местный отсос от кле-варки)	не менее 5
тепловой узел	5—7
курильщца	10—12
помещение душей	6—8
раздевальная при душевой	3
гардероб, умывальная	1
зал совещаний, конференцзал (с про-веркой по количеству людей) . .	не менее 3
радиоузел, телефонная станция (при-ток при кратности 2)	3
конторские помещения	2

Для компенсации вытяжки из вспомогательных помещений приточный воздух подается частично в сами помещения и частично в коридоры. В большей части помещений вытяжка

превалирует над притоком; в зале совещаний воздушный баланс нейтральный. При количестве людей в конференц-зале более 200 помещение обслуживается самостоятельной приточной и вытяжной системами, рассчитанными на летний период и обеспечивающими подачу и удаление по 40 м³/ч воздуха на 1 человека. В помещении душевой и курительной приточный воздух не подается. В раздевальную подается воздух для компенсации вытяжки из нее и из душевой. Для компенсации вытяжки из конторских помещений воздух подается в коридоры.

Если проектно-конструкторское бюро и административные помещения выделены в специальную группу (отдельный этаж или отсек в здании), то в эту часть здания приточный воздух следует подавать в количестве большем, чем требуется для компенсации вытяжки. Таким образом, в этой части здания создается подпор.

ЛИТЕРАТУРА

1. Максимов Г. А. Отопление и вентиляция, ч. II, Вентиляция, Госстройиздат, 1955.
2. Батурин В. В. Основы промышленной вентиляции. Профиздат, 1956.
3. Батурин В. В., Кучерук В. В. Вентиляция машиностроительных заводов. Машгиз, 1954.
4. Батурин В. В. Отопление, вентиляция и газоснабжение, ч. II, Вентиляция. Госстройиздат, 1959.
5. Каменев П. Н. Отопление и вентиляция, ч. II, Вентиляция. Стройиздат, 1964.
6. Бромлей М. Ф., Щеглов В. П. Проектирование отопления и вентиляции. Стройиздат, 1965.
7. Рысин С. А. Вентиляционные установки машиностроительных заводов. Справочник, Машгиз, 1960.
8. Андреев П. И. Распространение тепла и влаги в цехах промышленных предприятий. Госстройиздат, 1955.
9. Андреев П. И. Рассеяние в воздухе газов, выбрасываемых промышленными предприятиями. Госстройиздат, 1952.
10. Баранов М. М. Бортовые отсосы от промышленных ванн. МИСП им. Куйбышева, М., 1958.
11. Глушков Л. А. Борьба с пылью при измельчении руд. Металлургиздат, 1955.
12. Глушков Л. А. Обеспыливание оборудования дробильно-размольных отделений, Metallurgizdat, 1957.
13. Глушков Л. А. Вентиляция дробильно-размольных отделений. Metallurgizdat, 1956.
14. Кучерук В. В. Очистка вентиляционного воздуха от пыли. Машгиз, 1963.
15. Ужов В. П. Санитарная охрана атмосферного воздуха, Медгиз, 1962.
16. Глауберман Х. В. Отопление, вентиляция, сушка и увлажнение. Гизтегпром, 1959.
17. Серенко А. С., Проценко Г. А., Шелекетин А. В. Обеспыливание воздуха на дробильно-сортировочных и обогатительных фабриках железной руды. ГИТИ, Харьков, 1957.
18. Серенко А. С. Обеспыливание воздуха в огнеупорной промышленности. Metallurgizdat, 1953.
19. Бугаков С. Е. Основы вентиляции горячих цехов. Metallurgizdat, 1962.