

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

**НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра теплогазоснабжения  
Кафедра отопления и вентиляции

**ВЕНТИЛЯЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ И  
СООРУЖЕНИЙ**

Учебные пособия к курсу лекций по дисциплине «Вентиляция», курсовому и дипломному проектированию по дисциплине «Вентиляция» для студентов специальности 270100.65 «Теплогазоснабжение и вентиляция» дневной и заочной форм обучения, программ бакалавриата направления 270800.62 Строительство, программ магистратуры направления 270800.68 Строительство, программ бакалавриата направления 140100.62 Теплоэнергетика и теплотехника, программ магистратуры направления 140100.68 Теплоэнергетика и теплотехника дневной и заочной форм обучения.

Нижний Новгород, 2011

ББК 38.762.2  
К 55

## **ВЕНТИЛЯЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

Учебные пособия к курсу лекций по дисциплине «Вентиляция», курсовому и дипломному проектированию по дисциплине «Вентиляция» для студентов специальности 270100.65 «Теплогазоснабжение и вентиляция» дневной и заочной форм обучения, программ бакалавриата направления 270800.62 Строительство, программ магистратуры направления 270800.68 Строительство, программ бакалавриата направления 140100.62 Теплоэнергетика и теплотехника, программ магистратуры направления 140100.68 Теплоэнергетика и теплотехника дневной и заочной форм обучения.

Нижний Новгород, издание ННГАСУ, 2011, с.178

В учебном пособии рассматриваются основные положения по созданию и поддержанию требуемых параметров микроклимата и конструированию систем вентиляции в производственных цехах, помещениях и сооружениях. Изложены методы расчета систем аварийной вентиляции, а также порядок аэродинамических расчетов для различных видов систем вентиляции, аспирации и пневмотранспорта и подбора вентиляторов, даны зависимости по расчету тепловых и воздушных балансов помещений и воздушно-тепловых завес. Приведены сведения по расчетам и подборам местных отсосов, газоочищающего и обеспыливающего вентиляционного оборудования и методы расчета аэрации в различных по назначению цехах, помещениях и сооружениях.

Рис.103, табл.26, библиогр. назв.21

Составитель: Кочев А.Г.

ББК 38.762.2

ISBN 5-87941-434-5

© Кочев А.Г., 2011  
© ННГАСУ, 2011

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	6
Глава 1. ВЗРЫВООПАСНОСТЬ ГАЗОВ И ПАРОВ .....	7
Глава 2. АВАРИЙНАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ .....	8
Глава 3. ВОЗДУШНЫЕ И ВОЗДУШНО-ТЕПЛОВЫЕ ЗАВЕСЫ .....	13
3.1. Схемы воздушно-тепловых завес .....	14
3.2. Классификация воздушно-тепловых завес .....	17
3.3. Расчёт воздушно-тепловых завес .....	22
Глава 4. МЕСТНАЯ ВЫТЯЖНАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ .....	27
4.1. Требования, предъявляемые к воздухообмену в производственных помещениях .....	28
4.2. Требования, предъявляемые к местным отсосам .....	29
4.3. Классификация местных отсосов .....	30
Глава 5. ВЕНТИЛЯЦИОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ ПРОИЗВОДСТВ .....	30
5.1. Вытяжные шкафы .....	30
5.2. Порядок расчёта местных вытяжных систем вентиляции от вытяжных шкафов .....	34
Глава 6. ВЕНТИЛЯЦИОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ОКРАСОЧНЫХ ЦЕХОВ .....	35
6.1. Вытяжные вентиляционные камеры .....	35
6.2. Основные положения, используемые при проектировании систем вентиляции окрасочных цехов .....	39
Глава 7. ВЕНТИЛЯЦИОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ И ТРАВИЛЬНЫХ ЦЕХОВ .....	40
7.1. Классификация бортовых отсосов .....	40
7.2. Условия установки обычных бортовых отсосов .....	43
7.3. Расчёт количества воздуха, удаляемого бортовыми отсосами .....	46
7.4. Расчёт количества воздуха, удаляемого кольцевыми отсосами .....	49
7.5. Конструкция гальванических фильтров .....	50
7.6. Основные положения, используемые при проектировании систем вентиляции гальванических и травильных цехов .....	68
Глава 8. ВЕНТИЛЯЦИЯ МЕХАНОСБОРОЧНЫХ ЦЕХОВ .....	69
8.1. Кожухи-воздухоприемники .....	69
8.2. Основные положения, используемые при проектировании систем вентиляции механосборочных цехов .....	72

Глава 9. ВЕНТИЛЯЦИОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ГОРЯЧИХ ЦЕХОВ .....	72
9.1. Вытяжные зонты.....	73
9.2. Классификация вытяжных зонтов .....	75
9.3. Расчёт зонтов-козырьков над загрузочными отверстиями электрических печей.....	76
9.4. Расчёт зонтов-козырьков над загрузочными отверстиями печей, работающих на жидком или газообразном топливах.....	77
9.5. Расчёт и конструирование систем воздушного душирования .....	81
9.6. Порядок расчёта систем воздушного душирования с изоэнтальпийным охлаждением для теплого периода года.....	82
9.7. Порядок расчёта систем воздушного душирования с политропным охлаждением для теплого периода года.....	85
9.8. Порядок расчёта систем воздушного душирования для разбавления концентрации вредных компонентов в теплый период года .....	86
9.9. Основные положения, используемые при конструировании систем вентиляции горячих цехов.....	87
Глава 10. СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ СБОРОЧНО-СВАРОЧНЫХ ЦЕХОВ .....	89
10.1. Вертикальные панели всасывания .....	89
10.2. Наклонные панели всасывания (панели Чернобережского) .....	90
10.3. Современные местные отсосы на гибких воздуховодах .....	93
10.4 Современное оборудование сборочно-сварочных цехов .....	94
10.5. Основные положения, используемые при конструировании.....	114
систем вентиляции сборочно-сварочных цехов .....	114
Глава 11. ВЕНТИЛЯЦИЯ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ .....	115
11.1. Системы аспирации и пневмотранспорта .....	115
11.2. Скорость витания.....	117
11.3. Скорость трогания .....	120
11.4. Относительная скорость .....	122
11.5. Транспортирующая скорость .....	122
11.6. Определение потерь давления в системе при подъёме материала на отметку Н.....	124
11.7. Классификация систем аспирации и пневмотранспорта .....	124
11.8. Схемы систем аспирации и пневмотранспорта.....	125
11.9. Особенности конструирования систем аспирации и пневмотранспорта.....	137
11.10. Основные положения, используемые при конструировании систем аспирации и пневмотранспорта.....	137
11.11. Индивидуальные стружкоотсосы серии «ИН» .....	137

Глава 12. ЦИКЛОНЫ СИСТЕМ АСПИРАЦИИ И ПНЕВМОТРАНСПОРТА ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ .....	152
12.1. Циклоны серии Ц.....	152
12.2. Циклоны серии К.....	154
12.3. Циклоны серии УЦ.....	155
Глава 13. ПЫЛЕВЫЕ ВЕНТИЛЯТОРЫ СИСТЕМ АСПИРАЦИИ И ПНЕВМОТРАНСПОРТА .....	155
Глава 14. АЭРОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМ АСПИРАЦИИ И ПНЕВМОТРАНСПОРТА .....	157
Глава 15. АЭРАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ.....	160
15.1. Основные ограничения использования аэрации в помещении.....	160
15.2. Распределение давлений на вертикальные ограждающие конструкции однопролетного цеха.....	160
15.3. Распределение давлений внутри здания .....	162
15.4. Расчет аэрации однопролетных промышленных зданий под действием теплоизбытков .....	165
15.5. Современный метод расчета аэрации под действием теплоизбытков .....	168
15.6. Аэрация под действием ветра .....	170
15.7. Примеры расчета аэрации под действием ветровой нагрузки.....	172
15.8. Расчет аэрации при совместном действии ветра и теплоизбытков.....	174
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	177

## ВВЕДЕНИЕ

Системы вентиляции промышленных зданий по отношению к системам гражданских зданий и административно-бытовых корпусов имеют следующие отличительные особенности: значительно большие расходы воздуха; большие скорости движения воздуха в воздуховодах; большие площади поперечных сечений воздуховодов; конструирование систем аспирации и пневмотранспорта в промышленных цехах по особым требованиям; преимущественное использование воздуховодов круглого сечения; наличие большого количества общеобменных и местных приточно-вытяжных систем. Определение воздухообменов производится по доминирующим видам вредных выделений в производственных цехах и помещениях (по теплоте, водяным парам, вредным газам и парам с учетом их суммации действия на организм человека).

Проектирование и монтаж систем промышленной вентиляции имеют свои специфические требования в зависимости от технологических особенностей производственных процессов, выполняемых на участках цехов.

Характерным для обеспечения требуемых параметров микроклимата в производственных помещениях является одновременная работа общеобменных и местных приточно-вытяжных систем.

Высокая концентрация вредных компонентов в удаляемом воздухе местными вытяжными системами предполагает его очистку в специальном оборудовании перед выбросом в атмосферу.

Расчёт и подбор очищающего оборудования производится по специальным методикам, приведённым в нормативно-справочной документации, для соответствующих видов производств.

Местные системы вентиляции и кондиционирования воздуха компонуются в системы по технологическим линиям производства, по одновременности действия оборудования, по видам вредных выделений, по оптимальным радиусам действия и расходам воздуха.

## Глава 1. ВЗРЫВООПАСНОСТЬ ГАЗОВ И ПАРОВ

В процессе производства на промышленных предприятиях образуются и попадают в помещение вредные газы и пары, которые в определенном процентном соотношении с воздухом или кислородом образуют взрывоопасную смесь. Минимальное процентное соотношение газов или паров с воздухом, при котором наступает условие взрыва, называется **нижним пределом взрываемости (НПВ)**. Максимальное процентное соотношение газов или паров в смеси с воздухом, при котором существует условие взрыва, называется **верхним пределом взрываемости (ВПВ)**. Газ или пар считается **взрывоопасным**, если его относительная концентрация находится между нижним и верхним пределами взрываемости [1,2,4].

Для наиболее распространенных газов и паров, образующихся на промышленных предприятиях, имеются следующие значения НПВ и ВПВ:

	НПВ, %	ВПВ, %
Угарный газ CO	12,5	74
Этиловый спирт этанол C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	4	19
Аммиак NH <sub>3</sub>	16	27
Ацетон CH <sub>3</sub> COCH <sub>3</sub>	3	11
Бензин C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	2,4	4,9
Водород H <sub>2</sub>	4	74
Метан CH <sub>4</sub>	5	15

Наиболее распространенным и опасным является скопление **органической пыли**. Органическая пыль наиболее взрывоопасна при определенном фракционном составе. Например, угольная пыль наиболее взрывоопасна при фракционном составе 75 мкм, так как имеет развитую поверхность контакта частиц пыли с воздухом. Ее взрывоопасность резко снижается при фракционном составе 10 мкм, так как слой пыли лежит более плотным слоем, который ухудшает ее контакт с воздухом.

**Взрыв** – экзотермическое окисление по всему объему с образованием большого количества горячих продуктов сгорания (либо с пламенем, либо без пламени).

**Горение** – пламенное экзотермическое окисление, протекающее на фронте горения. Существует определенная область, где происходит окислительная реакция, распространяющаяся с определенной скоростью.

Нижний или верхний пределы взрываемости для смеси из нескольких компонентов определяется по закону Ле-Шателье [1]:

$$X_{см} = \frac{100\%}{\frac{P_1}{X_1} + \frac{P_2}{X_2} + \dots + \frac{P_n}{X_n}}, \quad (1)$$

где  $P_1, P_2, \dots, P_n$  – относительные (процентные) концентрации каждого компонента в смеси;

$X_1, X_2, \dots, X_n$  – соответственно нижний и верхний предел взрываемости каждого компонента смеси.

## Глава 2. АВАРИЙНАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ

**Аварийная вентиляция** – совокупность элементов и устройств, представляющих мощную механическую вытяжную вентиляцию, которая работает только в аварийных ситуациях для обеспечения эвакуации людей.

Аварийная система вентиляции через пульт управления автоматически заблокирована с общеобменными системами вентиляции. Приточно-вытяжные системы вентиляции в аварийных ситуациях автоматически выключаются, а системы аварийной вентиляции автоматически включаются по сигналу датчика огня, дыма или загазованности.

Аварийную вентиляцию рассчитывают для двух вариантов [1].

**Вариант 1.** Нестационарные изменения концентрации вредных веществ в помещении при выключенных общеобменных системах вентиляции (климатические системы).

Массовый баланс вредных веществ, поступивших в помещение при залповых выбросах, разгерметизации оборудования или нарушении технологического процесса, в дифференциальной форме имеет вид:

$$G_{вр} d\tau - v_n dc = 0. \quad (2)$$

Разделив выражение (2) по переменным интегрирования и проинтегрировав, получим следующую зависимость:

$$\frac{G_{вр}}{V_n} d\tau = dc \quad \left| \int_0^{\tau} \int_{c_0}^c \right. \quad (3)$$

$$c = c_0 + \frac{G_{вр}}{V_n} \cdot \tau. \quad (4)$$

Уравнение (4) представляет собой функцию 1-го порядка (линейная функция).

Также по выражению (4) можно определить режимы работы общеобменных систем вентиляции (рис. 1).

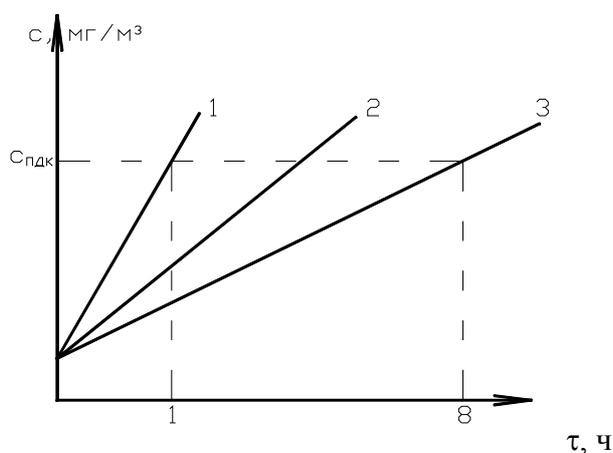


Рис. 1. Изменение концентраций вредных веществ в помещении по времени.

Из графика можно определить следующие характеристики:

– если концентрация вредных веществ достигает значения ПДК [4], в течение первого часа работы, то в этом случае общеобменная система вентиляции должна включиться с начала рабочей смены и работать непрерывно в течение всей смены (см. график 1 на рис. 1);

– если концентрация вредных веществ достигает значения ПДК в течение рабочей смены, то в этом случае общеобменная система вентиляции периодически включается через определенный цикл для предотвращения повышений концентраций значений ПДК (см. график 2 на рис. 1);

– если в течение всей рабочей смены значение концентрации вредных веществ не превышает ПДК, то в этом случае допускается не конструировать общеобменную систему вентиляции для данного помещения (см. график 3 на рис. 1)

**Вариант 2.** Нестационарные изменения концентрации вредных веществ в помещении при работающих общеобменных системах вентиляции.

Массовый баланс вредных веществ имеет вид:

$$G_{\text{вр}} d\tau + L_{\text{пр}} c_{\text{пр}} d\tau - L_{\text{ух}} c_{\text{ух}} d\tau - V_n dc = 0, \quad (5)$$

где  $G_{\text{вр}} d\tau$  – количество вредных веществ, поступивших в помещение за время  $\tau$ ;

$L_{\text{пр}} c_{\text{пр}} d\tau$  – количество вредных веществ, поступивших в помещение за время  $\tau$  с приточным воздухом;

$L_{\text{ух}} c_{\text{ух}} d\tau$  – количество вредных веществ, удаляемых из помещения за время  $\tau$  вытяжными общеобменными системами.

Пусть  $L_{\text{пр}} = L_{\text{ух}}$ ,  $\rho_{\text{пр}} = \rho_{\text{ух}}$ ,  $c_{\text{ух}} = c$  – переменная.

Распределим выражение (5) по переменным интегрирования, получаем

$$\left( \frac{G_{\text{вр}}}{L_{\text{ух}}} + c_{\text{пр}} - c \right) \frac{L_{\text{ух}}}{V_n} d\tau = dc \quad \left| \int_0^{\tau} \int_{c_0}^c \right.$$

$$\frac{L_{\text{ух}}}{V_n} \tau = -\ln \frac{\left( \frac{G_{\text{вр}}}{L_{\text{ух}}} + c_{\text{пр}} - c \right)}{\left( \frac{G_{\text{вр}}}{L_{\text{ух}}} + c_{\text{пр}} - c_0 \right)} \quad (6)$$

Из выражения (6) можно определить время, в течение которого концентрация достигает значения ПДК:

$$\tau = \frac{V_n}{L_{yx}} \cdot \ln \frac{\left( \frac{G_{вр}}{L_{yx}} + c_{пр} - c_0 \right)}{\left( \frac{G_{вр}}{L_{yx}} + c_{пр} - c \right)} \quad (7)$$

Кратность аварийного воздухообмена определяется по зависимости:

$$n_{ав} = \frac{L_{yx}}{V_n} \quad (8)$$

Тогда из выражения (6) можно определить кратность аварийного воздухообмена:

$$\tau = \frac{1}{n_{ав}} \cdot \ln \frac{\left( \frac{G_{вр}}{L_{yx}} + c_{пр} - c_0 \right)}{\left( \frac{G_{вр}}{L_{yx}} + c_{пр} - c \right)} \quad (9)$$

Из зависимости (6) также можно определить концентрацию вредных веществ за определенный интервал времени.

$$c = \frac{G_{вр}}{V_n} + c_{пр} - \left( \frac{G_{вр}}{L_{yx}} + c_{пр} - c_0 \right) e^{-n_{ав} \cdot \tau} \quad (10)$$

В графическом виде выражение (10) можно представить следующим образом (рис 2.):

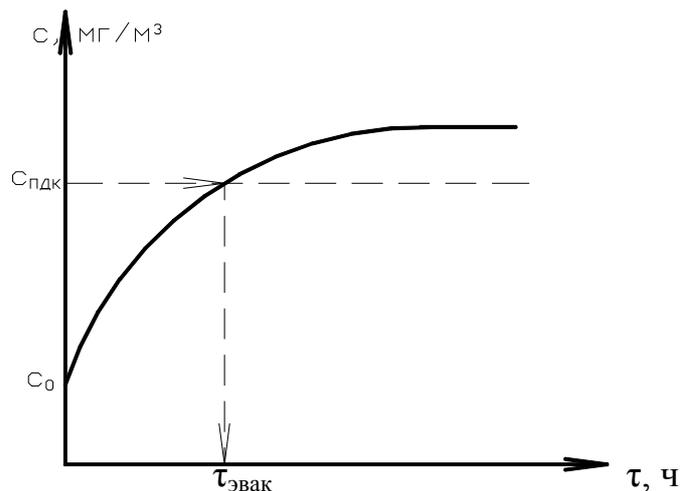


Рис. 2. Изменение концентраций вредных веществ в объёме помещения

По графику можно определить время эвакуации людей при  $c = c_{пдк}$ , то есть время, в течение которого концентрация не будет превышать ПДК.

Однако из выражения (6) нельзя определить производительность аварийной вентиляции  $L_{yx}$ , так как оно является трансцендентным. Поэтому для определения производительности аварийной вентиляции инженер Маурер предложил методику определения производительности аварийной вентиляции через систему относительных выражений.

Относительно концентрации, времени и расхода.

$$\left. \begin{aligned} \bar{c} &= \frac{c - c_{пр}}{c_0 - c_{пр}} \\ \bar{\tau} &= \frac{G_{вр}}{V_n (c_0 - c_{пр})} \\ \bar{L} &= \frac{G_{вр}}{L_{yx} (c_0 - c_{пр})} \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Из первых 2-х зависимостей системы (11) определяют относительную концентрацию и относительное время. Потом по графику находят значение относительного расхода.

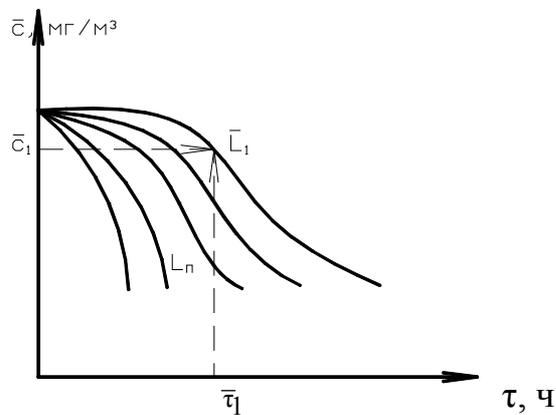


Рис. 3. Значение относительного расхода в зависимости от концентрации вредных веществ

Найденное значение относительного расхода  $\bar{L}$  подставляют в 3 выражение системы (11) и решают его относительно  $L_{yx}$ .

Производительность аварийной вентиляции больше 10 крат, поэтому в систему аварийной вентиляции устанавливается либо большой вентилятор среднего давления, либо два параллельно установленных в системе вентилятора.

Разновидностью аварийной вентиляции для общественных зданий является система дымоудаления, проектируемая аналогичным образом и рассчитываемая по времени эвакуации людей в начале наступления задымления в начальной стадии пожара.

По СНиП 41-01-2003 п. 7.6.6 [18] и СНиП 2.04.05-91\* п. 4.67 [17] для возмещения расхода воздуха, удаляемого аварийной системой вентиляции, специальной приточной системы проектировать не следует, так как при работе аварийной вентиляции воздух поступает в помещение через неплотности, дверей, ворот и проемов.

### **Глава 3. ВОЗДУШНЫЕ И ВОЗДУШНО-ТЕПЛОВЫЕ ЗАВЕСЫ**

**Воздушные завесы** – вентиляционные устройства, предназначенные для предотвращения перетекания воздуха через внутренние перегородки смежных помещений производственного здания с различными классами вредных веществ [4,14].

**Воздушно-тепловые завесы** – вентиляционные устройства, предназначенные для предотвращения перетекания наружного воздуха через двери, ворота и проемы зданий и сооружений различного назначения. Они исключают проникновение в помещение холодного наружного воздуха.

Воздушные завесы имеют следующие основные элементы:

- 1) калорифер;
- 2) вентиляционный агрегат;
- 3) система воздуховодов и каналов;
- 4) воздуховоды равномерной раздачи или вентиляционная колонка с щелевым выпуском воздуха через направляющие лопатки.

Согласно определению воздушные завесы устанавливаются у внутренних стен, а воздушно-тепловые завесы устанавливаются около ворот, дверей и проемов у наружных стен здания [1,2,3,8,9].

### 3.1. Схемы воздушно-тепловых завес

1. Двухсторонняя завеса с боковой раздачей воздуха с подводом снизу к вентколонкам от двух вентиляционных центров и воздухозабором из рабочей зоны или района завесы.

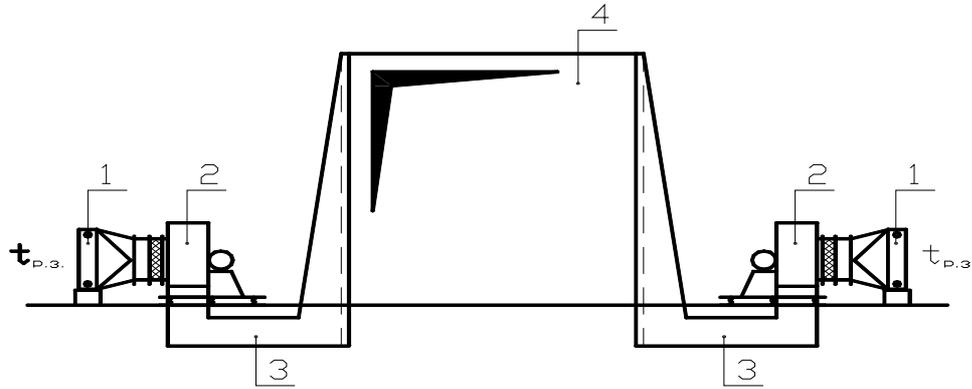


Рис. 4. Двухсторонняя завеса с боковой раздачей воздуха с подводом снизу к вентколонкам от двух вентиляционных центров: 1 – калорифер; 2 – вентиляционный агрегат; 3 – система воздуховодов; 4 – вентиляционная колонка или воздуховод равномерной раздачи

2. Двухсторонняя завеса с подводом сверху с боковой раздачей от одного вентиляционного центра и забором воздуха из рабочей зоны или района завесы.

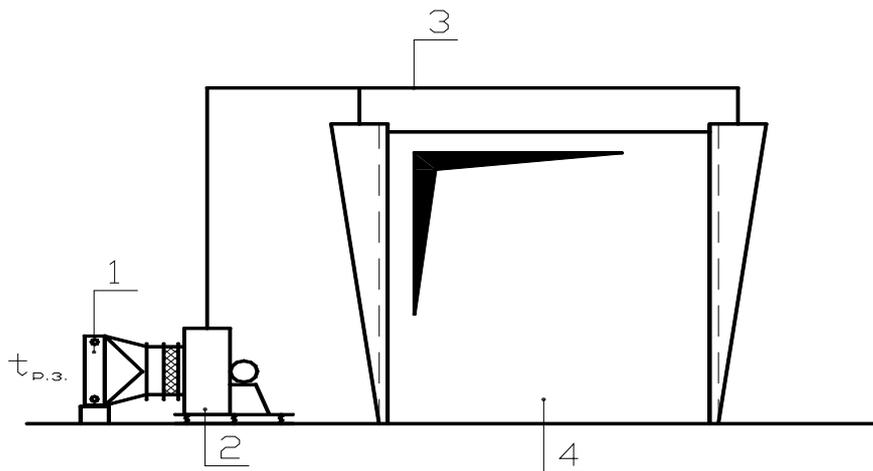


Рис. 5. Двухсторонняя завеса с подводом сверху с боковой раздачей от одного вентиляционного центра

3. Двухсторонняя завеса с подводом сверху с боковой раздачей от одного вентиляционного центра и забором воздуха из верхней зоны.

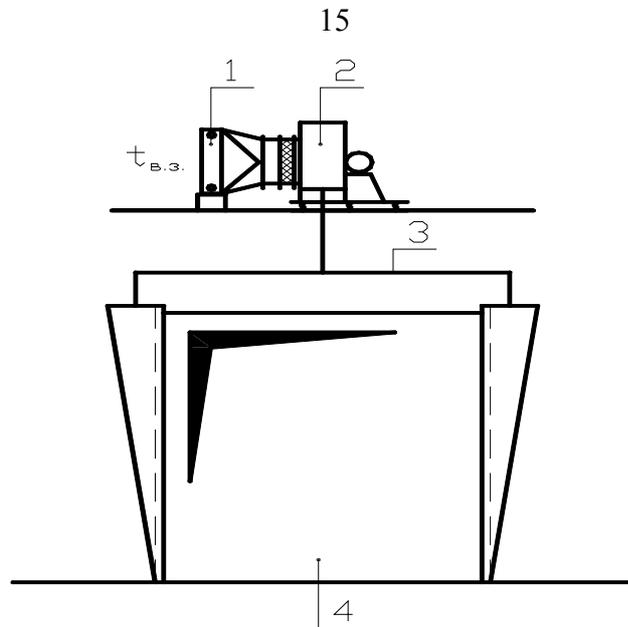


Рис. 6. Двухсторонняя завеса с подводом сверху с боковой раздачей от одного вентиляционного центра

4. Унифицированная воздушно-тепловая завеса СТД-300М (монтируется в блоке).

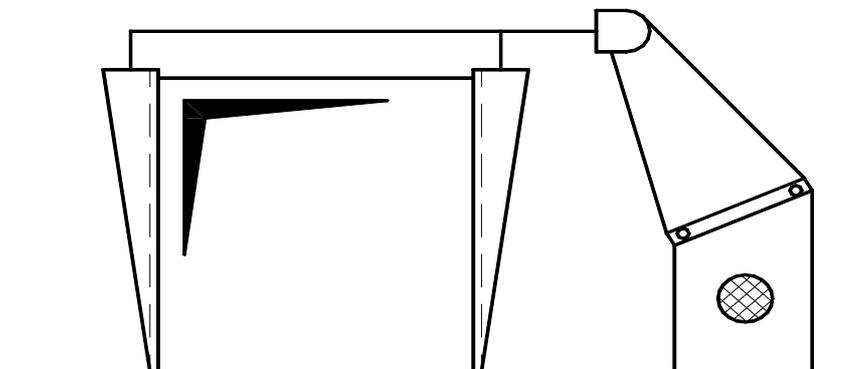


Рис. 7. Унифицированная воздушно-тепловая завеса СТД-300М

5. Двухсторонняя воздушно-тепловая завеса с боковой раздачей воздуха с подводом воздуха сверху от двух вентиляционных центров и воздухозабором и воздухозабором снаружи здания.

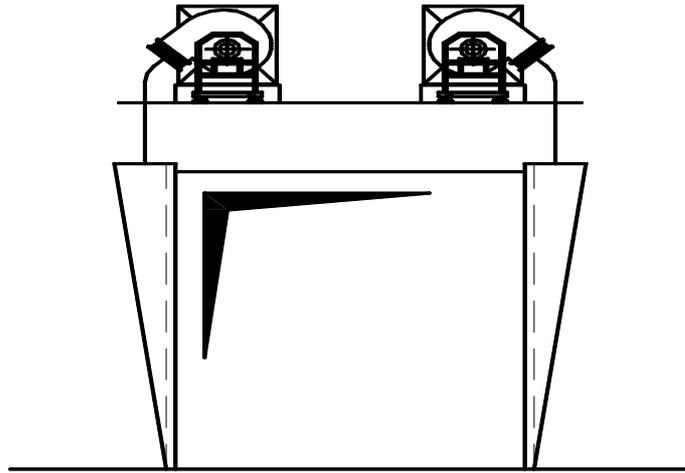


Рис. 8. Двухсторонняя воздушно-тепловая завеса с боковой раздачей воздуха с подводом воздуха сверху от двух вентиляционных центров

6. Унифицированная воздушно-тепловая завеса А6,3х3000 (вентиляционная колонка).

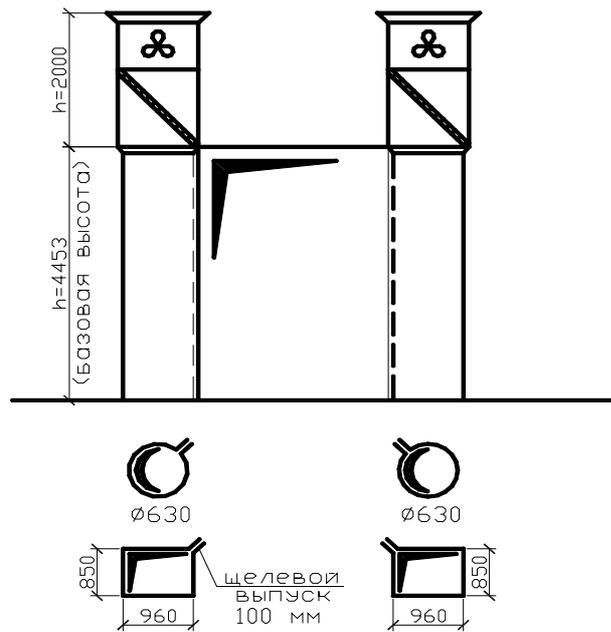


Рис. 9. Унифицированная воздушно-тепловая завеса А6,3х3000

Воздушно-тепловые завесы могут использоваться в качестве воздушно-отопительных агрегатов и как приточные системы вентиляции.

### 3.2. Классификация воздушно-тепловых завес

Воздушно-тепловые завесы имеют следующую классификацию.

1. По режиму работы:

- 1.1) постоянного действия;
- 1.2) периодического действия.

Режим работы завесы определяется следующими факторами:

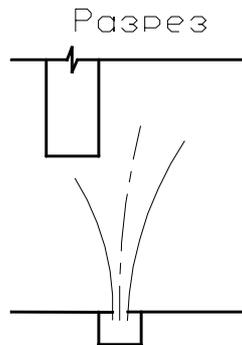
- а) требованиями к параметрам микроклимата в помещении;
- б) наличием постоянных рабочих мест в районе завесы;
- в) режимом работы общеобменных приточных систем вентиляции.

Завесы периодического действия конструируются таким образом, чтобы они не оказывали влияние на тепловой и воздушный режим помещений (в балансе не учитываются).

Завесы постоянного действия используются либо как воздушно-отопительные агрегаты, либо как элементы приточных систем вентиляции.

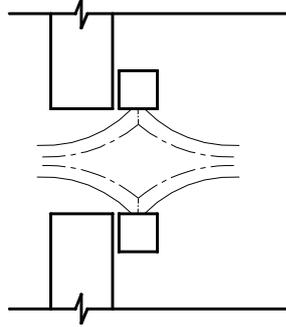
2. По направлению действия струи:

- 2.1) струя, выпущенная снизу вверх



- 2.2) струя, выпущенная сбоку

План



## 2.3) струя выпущенная сверху вниз

Разрез

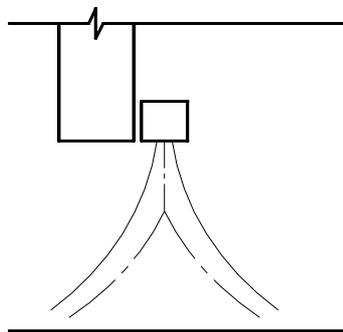


Рис. 10. Направления воздушных струй, выпущенных из ВТЗ

С теплотехнической точки зрения наиболее эффективной является завеса по схеме 2.1, т.к. в этом случае совпадает направление действия гравитационных и инерционных сил. Данная схема не получила широкого распространения из-за постоянного засорения и разрушения щелевого выпуска и воздуховода равномерной раздачей при движении автотранспорта и проходе людей через проем.

В промышленных зданиях наибольшее распространение получала схема 2.2. Двухстороннюю боковую раздачу проектируют при ширине проема более 2,5 м; при ширине проема менее 2,5 м проектируют одностороннюю боковую раздачу.

В общественных зданиях и административно-бытовых комплексах в основном конструируют воздушно-тепловые завесы по схеме 2.3 (это связано с планировкой помещений).

3. По температуре подаваемого воздуха и месту воздухозабора на завесу:

3.1) воздушно-тепловые завесы с подогревом воздуха и воздухозабором из помещения:

$$t_3 > t_B,$$

$$t_B = t_{p.з.}, t_B = t_{в.з.};$$

3.2) воздушная завеса без подогрева и воздухозабором из помещения:

$$t_3 = t_B,$$

$$t_B = t_{p.з.}, t_B = t_{в.з.};$$

3.3) воздушно-тепловая завеса с подогревом и забором воздуха снаружи здания:

$$t_3 > t_H;$$

3.4) воздушная завеса без подогрева и воздухозабором снаружи здания:

$$t_3 = t_H.$$

Схема 3.1 используется в помещениях с особыми требованиями к микроклимату и при наличии постоянных рабочих мест в районе завесы.

Схема 3.2 используется в помещениях с явными теплоизбытками и отсутствием постоянных рабочих мест в районе завесы, т.е. в данных помещениях допускается некоторое снижение температуры в районе завесы.

Схема 3.3 используется, если завеса является приточной системой вентиляции.

Схема 3.4 используется в сухих помещениях (сухой влажностный режим) с явными тепловыделениями и доминирующим дебалансом общеобменных приточных систем вентиляции над вытяжными системами. В данных помещениях за счет внутреннего избыточного давления весь воздух воздушно-тепловой завесы выдавливается через открытый проем наружу.

Согласно СНиП 41-01-2003 (п. 7.7) [18] воздушные и воздушно-тепловые завесы следует предусматривать в следующих случаях:

а) у постоянно открытых проемов в наружных стенах помещений, а также у ворот и проемов в наружных стенах, не имеющих тамбуров и открывающихся более пяти раз или не менее чем на 40 мин в смену, в районах с расчетной температурой наружного воздуха минус 15 °С и ниже (параметры Б);

б) у наружных дверей вестибюлей общественных и административно-бытовых зданий – в зависимости от расчетной температуры (°С) наружного воздуха (параметры Б) и числа людей, проходящих через двери в течение 1 ч:

от минус 15 до минус 25 – 400 чел. и более;

от минус 26 до минус 40 – 250 чел. и более;

ниже минус 40 – 100 чел. и более;

в) при обосновании – у наружных дверей зданий, если к вестибюлю примыкают помещения без тамбура, оборудованные системами кондиционирования;

г) у наружных дверей, ворот и проемов помещений с мокрым режимом;

д) при обосновании – у проемов во внутренних стенах и перегородках производственных помещений для предотвращения перетекания воздуха из одного помещения в другое;

е) при обосновании – у ворот, дверей и проемов помещений с кондиционированием или по заданию на проектирование, или по специальным технологическим требованиям.

Теплоту, подаваемую воздушными завесами периодического действия, не следует учитывать в воздушном и тепловом балансах здания.

Воздушные и воздушно-тепловые завесы у наружных проемов, ворот и дверей следует рассчитывать с учетом ветрового давления. Расход воздуха следует определять, принимая температуру наружного воздуха и скорость ветра при параметрах Б, но не более 5 м/с. Если скорость ветра при параметрах Б меньше, чем при параметрах А, то воздухонагреватели следует проверять на параметры А. Скорость (м/с) выпуска воздуха из щелей или отверстий воздушно-тепловых завес следует принимать не более:

8 – у наружных дверей;

25 – у ворот и технологических проемов.

Расчетную температуру  $t_{см}$  (°C) смеси воздуха, поступающего в помещение через наружные двери, ворота и проемы, следует принимать не менее:

12 – для производственных помещений при легкой работе и работе средней тяжести и для вестибюлей общественных и административно-бытовых зданий;

5 – для производственных помещений при тяжелой работе и отсутствии постоянных рабочих мест на расстоянии 6 м и менее от дверей, ворот и проемов.

На практике часто пользуются данными из СНиП 2.04.05-91\* [17]. Температуру воздуха, подаваемого воздушно-тепловыми завесами, следует принимать не выше 50°C у наружных дверей и не выше 70°C у наружных ворот и проемов.

Расчетную температуру смеси воздуха, поступающего в помещение через наружные двери, ворота и проемы, следует принимать  $t_{см}$  (°C) не менее:

14 – для производственных помещений при легкой работе;

12 – для производственных помещений при работе средней тяжести и для вестибюлей общественных и административно-бытовых зданий;

8 – для производственных помещений при тяжелой работе;

5 – для производственных помещений при тяжелой работе и отсутствии постоянных рабочих мест на расстоянии 3 м и менее от наружных стен и 6 м и менее – от дверей, ворот и проемов.

Рекомендуемая скорость в воздуховодах и каналах завесы должна составлять 70% от скорости воздуха на выходе из щели завесы:  $v_b = 0,7v_3$ .

### 3.3. Расчёт воздушно-тепловых завес

1. Определяется массовый расход воздуха промышленной воздушно-тепловой завесы [2]:

$$G_3 = 5100 \cdot \bar{q}_3 \cdot \mu_{\text{пр}} \cdot F_{\text{пр}} \cdot \sqrt{\Delta P \cdot \rho_{\text{см}}}, \quad (12)$$

где  $\bar{q}_3$  – относительный расход воздушной завесы или характеристика воздушно-тепловой завесы,

$$\bar{q}_3 = \frac{G_3}{G_{\text{пр}}} = 0,5 \div 1,0; \quad (13)$$

Где:  $G_{\text{пр}}$  – количество приточного воздуха, поступившего в помещение со струей завесы после контакта с окружающим воздухом;

$\mu_{\text{пр}}$  – коэффициент расхода проема принимается из справочной литературы в зависимости от конструкции притворов проема: для распашных  $\mu_{\text{пр}} = 0,25 \div 0,36$ ; для раздвижных  $\mu_{\text{пр}} = 0,29 \div 0,42$ ;

$F_{\text{пр}}$  – площадь проема, закрываемого воздушно-тепловой завесой,  $\text{м}^2$ ,

$$F_{\text{пр}} = H_{\text{пр}} \cdot B_{\text{пр}},$$

$\Delta P$  – расчетный перепад давлений воздуха на уровне проема снаружи и внутри здания, Па;

$$\Delta P = \Delta P_p + k_v \cdot \Delta P_v, \quad (14)$$

$\Delta P_p$  – располагаемое давление в проеме, Па;

$$\Delta P_p = h \cdot (\gamma_{\text{н}} - \gamma_{\text{в}}), \quad (15)$$

$h$  – расчетная высота;

$\gamma_{\text{н}}$ ,  $\gamma_{\text{в}}$  – удельный вес воздуха при температуре наружного [13,15,16] и внутреннего [4,14] воздуха соответственно,  $\text{Н/м}^3$ ,

$$\gamma = \frac{3463}{273 + t};$$

$k_v$  – коэффициент, характеризующий поправку на ветровое давление и учитывающий степень герметичности зданий;

$\Delta P_v$  – избыточное давление на уровне проема, Па

$$\Delta P_v = c_v \frac{v_v^2}{2} \rho_H ; \quad (16)$$

$c_v$  – расчетный аэродинамический коэффициент, для зданий  $c_v = +0,8$ ;

$v_v$  – расчетная скорость ветра, м/с, значение которой принимаем по параметрам Б для холодного периода года.

Значение  $k_v$  принимается из справочной литературы в зависимости от конструкции зданий:

1)  $k_v = 0,2$  – для зданий без фонарей и закрытыми аэрационными фрамугами в холодный период года;

$$h = 0,5H. \quad (17)$$

Высота  $h$  принимается по вертикали от центра проема до нулевой зоны, которая совпадает с верхним краем проема.

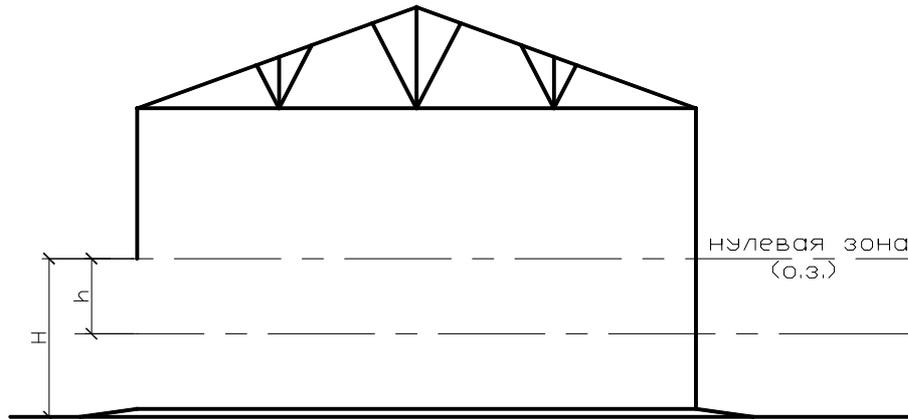


Рис. 11. Здание без фонарей и закрытыми аэрационными фрамугами

2)  $k_v = 0,5$  – для зданий с фонарями и закрытыми аэрационными фрамугами в холодный период года.

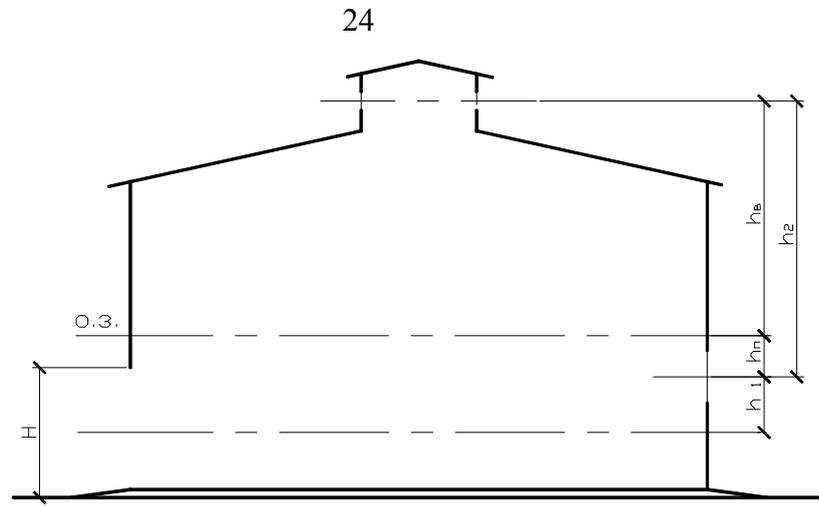


Рис. 12. Здание с фонарями и закрытыми аэрационными фрамугами

$$h = h_1 + \frac{h_2}{\left(\frac{l_n}{2l_B}\right)^2 + 1} ; \quad (18)$$

3)  $k_v = 0,8$  – для зданий с фонарями и открытыми аэрационными фрамугами в холодный период года.

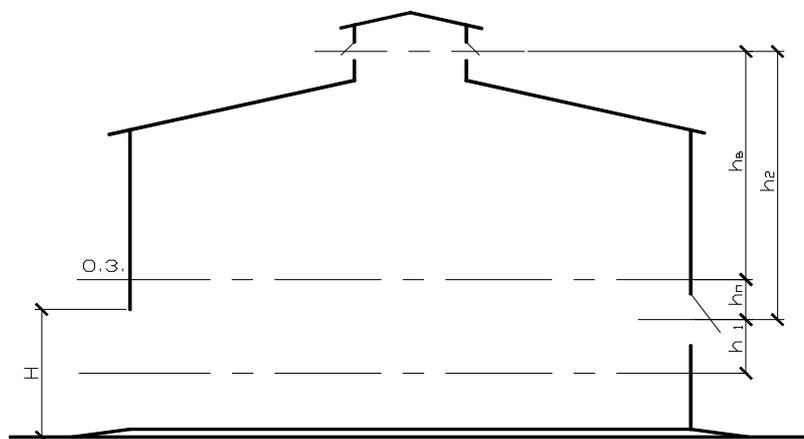


Рис. 13. Здание с фонарями и открытыми аэрационными фрамугами

$$h = h_1 + \frac{h_2}{\left(\frac{\mu_n \cdot F_n}{\mu_e \cdot F_e}\right)^2 + 1} , \quad (19)$$

где  $h_1, h_2$  – вертикальные расстояния соответственно от центра проема до центра приточных фрамуг и от центра проема до центра вытяжных фрамуг, м;

$h_{\text{п}}, h_{\text{в}}$  – соответственно вертикальные расстояния от центра приточных фрамуг до нулевой зоны и от центра вытяжных фрамуг до нулевой зоны, м;

$h$  – расчетная высота, м;

$H$  – высота проема, м;

$l_{\text{п}}$  – горизонтальная длина приточной фрамуги (в плане), м;

$l_{\text{в}}$  – горизонтальная длина вытяжной фрамуги (в плане), м;

$\mu_{\text{п}}, \mu_{\text{в}}$  – соответственно коэффициенты расхода приточных и вытяжных аэрационных фрамуг;

$F_{\text{п}}, F_{\text{в}}$  – площади соответственно приточных и вытяжных фрамуг, м<sup>2</sup>.

2. Определяется температура воздуха воздушно-тепловой завесы:

$$t_3 = \frac{t_{\text{см}} - t_{\text{н}}}{\bar{q} \cdot (1 - \bar{Q})} + t_{\text{н}}, \quad (20)$$

где  $t_{\text{н}}$  – расчетная температура наружного воздуха в холодный период по параметрам Б, °С;

$\bar{Q}$  – относительные потери теплоты завесы, характеризует долю теплоты, теряемую с воздухом, уходящим через открытый проём наружу, относительно общей тепловой мощности ВТЗ,

$$\bar{Q} = \frac{Q_{\text{м/ном}}}{Q_3}, \quad (21)$$

$$\bar{Q} = f(\bar{q}_3; \bar{F}).$$

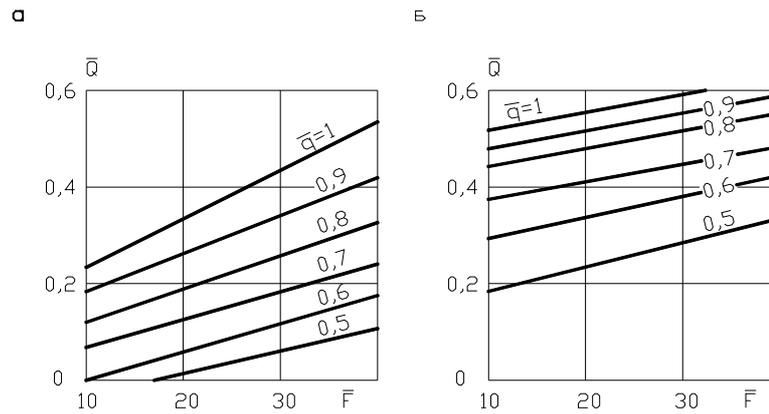


Рис. 14. Значения  $\bar{Q}$  для ВТЗ шиберного типа.

а- для боковой завесы; б- для нижней завесы.

$Q_3$  – тепловая мощность завесы;

$\bar{F}$  – относительная площадь проема.

$$\bar{F} = \frac{F_{np}}{F_{щ}} = 10 \div 40,$$

$F_{щ}$  – площадь щелевого выпуска.

3. Рассчитывается тепловая мощность воздушно-тепловой завесы:

$$Q_3 = 0,278 \cdot G_3 \cdot c_B \cdot (t_3 - t_0) \quad (22)$$

$t_0$  определяется в зависимости от классификации воздушно-тепловых завес:

$$t_0 = t_{p.з.}; t_0 = t_{в.з.}; t_0 = t_{см}; t_0 = t_H$$

4. Определяется ширина щелевого выпуска завесы:

$$b_{щ} = \frac{F_{np}}{2 \cdot \bar{F} \cdot H_{щ}}, \quad (23)$$

где  $H_{щ} = H_{\text{проема}}$  высоте проёма ворот;

цифра 2 в знаменателе – при двухсторонних воздушно-тепловых завесах.

5. Вычисляется скорость воздуха, м/с, на выходе из щели завесы по зависимости

$$v_3 = \frac{G_3}{2 \cdot 3600 \cdot F_{щ} \cdot \rho_3}, \quad (24)$$

$$F_{\text{щ}} = b_{\text{щ}} \cdot H_{\text{щ}},$$

$$v_3 \leq v_{\text{доп}} \quad (25)$$

6. Если неравенство (25) не выполняется, то пересчитывают ширину щелевого выпуска при  $v_3 = v_{\text{доп}}$ :

$$b_{\text{щ}} = \frac{G_3}{2 \cdot 3600 \cdot H_{\text{щ}} \cdot v_{\text{доп}} \cdot \rho_3}. \quad (26)$$

7. Так как при открывании проемов, дверей или ворот температура в районе завесы понижается, то необходимо определять дополнительно количество теплоты завесы, которое расходуется на восстановление температуры от  $t_{\text{см}}$  до  $t_{\text{р.з.}}$ :

$$Q_{\text{доп}} = \frac{0,278 \cdot G_{\text{в}}}{\bar{q}_3} \cdot c_{\text{в}} \cdot (t_{\text{р.з.}} - t_{\text{см}}) \cdot \frac{\tau}{60}. \quad (27)$$

Из зависимости (27) рассчитывают время работы завесы после закрытия проема  $\tau$ .

Данный расчет был приведен для периодически действующих воздушно-тепловых завес. Для завес постоянного действия порядок расчета аналогичный, только массовый расход воздуха, подаваемого воздушно-тепловой завесой,  $G_3$  принимается равным  $G_{\text{пр}}$ , а температура воздуха, подаваемого воздушно-тепловой завесой, принимается равной температуре приточного воздуха.

Завесы предотвращают перетекание воздуха через двери, ворота и проемы, поэтому инфильтрация у них не считается.

## Глава 4. МЕСТНАЯ ВЫТЯЖНАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ

**Местная вытяжная вентиляция** – совокупность элементов и устройств, предназначенных для локализации выделяющихся вредных веществ у технологического оборудования или мест их образования и удаления загрязненного воздуха за пределы помещения [1,2,3,4,8,9,10,12,14,19,20,21].

Основными элементами местных вытяжных систем вентиляции являются:

- 1) местные отсосы;
- 2) ответвления;
- 3) магистральный воздуховод.

В зависимости от того, механическая или гравитационная система, в состав входит очищающее оборудование (фильтры, пылеуловители, циклоны) и вентиляционный агрегат.

Многообразие типов технологического оборудования вызывает необходимость конструирования большого количества форм и моделей местных отсосов.

**Местный отсос** – устройство, предназначенное для забора вредных веществ от технологического оборудования или мест их образования.

Наличие вредных веществ в удаляемом воздухе приводит к выполнению следующих требований к организации воздухообмена в производственных помещениях.

#### **4.1. Требования, предъявляемые к воздухообмену в производственных помещениях**

1. Приточные струи не должны пересекать траекторию факела местных отсосов.
2. Запрещается устанавливать воздухораспределители над технологическим оборудованием и технологическими линиями.
3. Воздуховоды приточных систем должны размещаться в местах, не мешающих технологическому производству.
4. Воздухораспределители следует располагать над рабочими местами и проездами для обеспечения в рабочей зоне требуемых метеоусловий таким образом, чтобы была минимальная траектория от воздухораспределителя до зоны дыхания человека.

5. Тип воздухораспределительных устройств определяется видом технологических операций и особенностями производства в помещении.

Концентрация вредных веществ в воздухе, удаляемом местными вытяжными системами, превышает концентрацию этих веществ в воздухе, удаляемом общеобменными системами, поэтому эффективность местных вытяжных систем по удалению вредностей выше, чем у общеобменных. Общеобменные системы для достижения того же эффекта должны иметь значительно большие расходы, поэтому местные вытяжные системы не являются климатическими, они являются технологическими системами вентиляции.

#### **4.2. Требования, предъявляемые к местным отсосам**

К местным отсосам предъявляются санитарно-гигиенические и технологические требования.

**Санитарно-гигиенические требования** – требования, определяющие необходимость полного улавливания местным отсосом выделяющихся вредных веществ и исключения попадания их в зону дыхания человека для поддержания в рабочей зоне требуемых климатических условий.

##### **Технологические требования:**

1) местный отсос должен полностью укрывать место образования вредных веществ и иметь минимальный технологический проем (рабочий проем) для обслуживания процессов;

2) местный отсос должен располагаться в местах, обеспечивающих максимальную производительность труда и безопасность технологических процессов;

3) местные отсосы должны иметь минимальные аэродинамические сопротивления;

4) удаление вредных веществ должно совпадать с направлением действия сил инерции вредных веществ;

5) местные отсосы должны изготавливаться промышленными методами и легко демонтироваться.

### 4.3. Классификация местных отсосов

Существует следующая условная классификация местных отсосов:

- полуоткрытые;
- открытые;
- полностью закрытые.

**Полуоткрытые местные отсосы** – местные отсосы, полностью укрывающие место образования вредных веществ и имеющие рабочий проем для обслуживания технологических процессов (вытяжные шкафы и вытяжные камеры).

**Открытые местные отсосы** – местные отсосы, расположенные за пределами технологического оборудования и технологической линии (зонты, зонты-козырьки, бортовые отсосы).

**Полностью закрытые местные отсосы** – местные отсосы, входящие в состав кожуха технологического оборудования. Для забора воздуха у них в кожухе имеются специальные щелевидные отверстия.

## Глава 5. ВЕНТИЛЯЦИОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

### 5.1. Вытяжные шкафы

**Вытяжные шкафы** – полуоткрытые местные отсосы, предназначенные для проведения технологических процессов в лабораторных условиях.

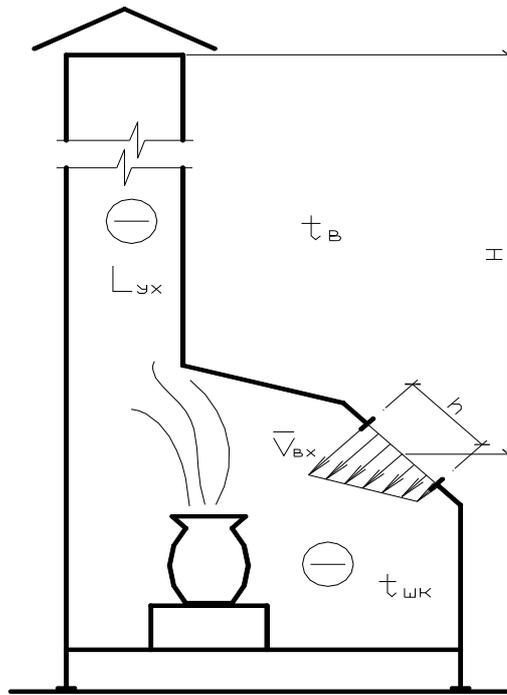


Рис. 15. Простой вытяжной шкаф

Разрежение, создаваемое в шкафу, должно быть таким, чтобы нулевое значение эпюры разрежения находилось ниже нижнего края рабочего проема [1,2,3,19,20].

Удаление воздуха из шкафа может осуществляться гравитационным или механическим способом. Это определяется видом технологических операций, физико-химическими свойствами и температурой продуктов обработки.

Данный вытяжной шкаф называется простым вытяжным шкафом, так как у него отсутствует регулировка расходов воздуха из нижней и верхней зоны.

Вытяжной шкаф, у которого имеется регулировка расходов из верхней и нижней зон, называется комбинированным. Регулировка расходов производится за счет установки экрана.

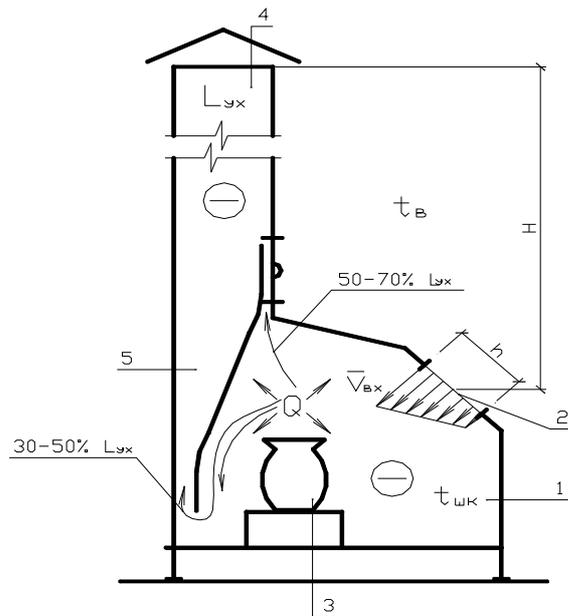


Рис.16. Комбинированный вытяжной шкаф.

1 – корпус вытяжного шкафа; 2 – рабочий проем; 3 – активная зона (зона проведения) 4 – вытяжная шахта; 5 – экран

Количество воздуха  $L_{yx}$ , удаляемого от вытяжных шкафов, определяется токсичностью образующихся вредных веществ и температурой внутри вытяжного шкафа. Так, при эндотермических реакциях (с поглощением теплоты) расход удаляемого воздуха определяется по допустимой скорости в рабочем проеме:

$$L_{yx} = v_{\text{доп}} \cdot F_{\text{пр}} \cdot 3600. \quad (28)$$

Значение допустимой скорости приводится в справочной литературе в зависимости от токсичности вредных веществ,  $v_{\text{доп}} = 0,2 \div 1,5$  м/с.

При экзотермических реакциях в вытяжном шкафу расход удаляемого воздуха  $L_{yx}$  определяется в зависимости от теплоты, выделяемой в результате реакции, и геометрических характеристик шкафа по следующему эмпирическому выражению:

$$L_{yx} = 120 \cdot \sqrt[3]{h \cdot Q \cdot F_{\text{пр}}^2}, \quad (29)$$

где  $h$  – высота рабочего проема, м;

$Q$  – явная теплота, выделяющаяся в результате реакции, Вт;

$F_{\text{пр}}$  – площадь рабочего проема, м<sup>2</sup>.

В шкафах с экзотермическими реакциями удаление воздуха осуществляется в основном гравитационным способом. Этот расход воздуха будет удаляться за счет располагаемого давления:

$$P_p = H \cdot (\gamma_v - \gamma_{\text{шк}}), \quad (30)$$

где  $H$  – вертикальное расстояние от центра рабочего проема до среза вытяжной шахты, м;

$\gamma_v, \gamma_{\text{шк}}$  – удельные веса воздуха в районе шкафа и внутри шкафа, Н/м<sup>3</sup>,

$$\gamma = \frac{3463}{273 + t}. \quad (31)$$

Потери давления при движении воздуха от центра рабочего проема до среза вытяжной шахты определяется методом динамических давлений:

$$\Delta P = \xi_{\text{п}} \cdot P_{\text{д}} = \xi_{\text{п}} \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho_{\text{шк}}. \quad (32)$$

Потери энергии определяются как доля от динамического давления:

$$\xi_{\text{п}} = \Sigma \xi + \lambda_{\text{тр}} \cdot \frac{H}{d}, \quad (33)$$

где  $\xi_{\text{п}}$  – приведенный коэффициент местного сопротивления, который определяется по выражению (33), зависит от коэффициентов местного сопротивления на тракте от входа в шкаф до среза шахты и линейных потерь по высоте шахты;

$v$  – скорость в вытяжной шахте, м/с;

$\rho_{\text{шк}}$  – плотность воздуха в шкафу, кг/м<sup>3</sup>,  $\rho_{\text{шк}} = \gamma_{\text{шк}}/g$

Приравняв выражения (30) и (32), определяем высоту вытяжной шахты, при которой будет обеспечиваться расход  $L_{\text{ух}}$ .

$$H \cdot (\gamma_v - \gamma_{\text{шк}}) = \left( \Sigma \xi + \lambda_{\text{тр}} \cdot \frac{H}{d} \right) \cdot P_{\text{д}},$$

$$H = \frac{\Sigma \xi \cdot P_{\text{д}}}{\Delta \gamma - \frac{\lambda_{\text{тр}}}{d} \cdot P_{\text{д}}}, \quad (34)$$

то есть высота вытяжной шахты определяется в зависимости от суммы коэффициентов местных сопротивлений, перепада удельных весов, диаметра шахты, шероховатости и аэродинамических характеристик.

## 5.2. Порядок расчёта местных вытяжных систем вентиляции от вытяжных шкафов

1. Определяют расход воздуха, который необходимо удалить от вытяжного шкафа:

$$L_{yx} = 120 \cdot \sqrt[3]{h \cdot Q \cdot F_{пр}^2}.$$

2. Рассчитывают температуру воздуха в шкафу, °С:

$$t_{шк} = t_b + \frac{3,6 \cdot Q}{c_b \cdot L_{yx} \cdot \rho_{шк}}. \quad (35)$$

Плотность воздуха в шкафу  $\rho_{шк}$  принимается с последующим уточнением.

3. Вычисляют удельные веса воздуха  $\gamma_b$  и  $\gamma_{шк}$  по зависимости (31) и плотность воздуха в вытяжном шкафу  $\rho_{шк}$ .

4. Находят значение скорости в шахте, задавшись диаметром или эквивалентным диаметром, если шахта имеет прямоугольное сечение. Значение скорости должно быть в пределах  $v = 1,5 \div 2,5$  м/с.

$$v = \frac{L_{yx}}{\frac{\pi d^2}{4} \cdot 3600}. \quad (36)$$

5. Определяют динамическое давление  $P_d = \frac{v^2}{2} \cdot \rho_{шк}$ .

6. Рассчитывают перепад удельных весов  $\Delta\gamma$  и  $\lambda_{тр}$ :

$$\lambda_{тр} = 0,11 \left( \frac{68}{Re} + \frac{k}{d} \right)^{0,25}.$$

7. По выражению (34) находят высоту  $H$ .

8. Определяют располагаемое давление  $P_p$  по формуле (30).

9. Вычисляют суммарное значение коэффициентов местных сопротивлений  $\Sigma\xi$  и приведенный коэффициент местного сопротивления  $\xi_{п}$  по зависимости (33).

10. Рассчитывают потери давления  $\Delta P$  по выражению (32).

11. Производят сравнительный анализ. При выполнении условия

$$P_p \geq \Delta P, \quad (37)$$

проверяют размер вытяжной шахты  $H$ , является ли он приемлемым для монтажа (2 м от уровня кровли). Если высота  $H$  соответствует требованиям и выполняется условие (37), то такой шкаф оборудуют гравитационной системой. Если не выполняется условие (37) или высота не приемлема для монтажа, то в таких случаях шкаф оборудуется механической системой вентиляции.

У «холодных» шкафов (с эндотермическими реакциями) проектируются только механические системы вентиляции, и значение допустимой скорости в рабочем проеме находится в интервале от 0,2 до 1,5 м/с.

## **Глава 6. ВЕНТИЛЯЦИОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ОКРАСОЧНЫХ ЦЕХОВ**

В окрасочных цехах существуют следующие категории помещений по взрыво-пожароопасности: категории А, Б, В, Г, Д. Наиболее распространенными видами местных отсосов в окрасочных цехах являются вытяжные вентиляционные камеры. Конструкция вытяжных вентиляционных камер зависит от способа окрашивания изделия или от способа нанесения на его поверхность различных составов [2, 3, 20].

В настоящее время существуют следующие способы окрашивания изделий: пневмораспыление, струйный облив, окрашивание кистями или валиками, окунание, электроосаждение.

### **6.1. Вытяжные вентиляционные камеры**

**Вытяжные вентиляционные камеры** – полуоткрытые местные отсосы, оборудованные вытяжной вентиляцией, внутри корпуса которых проходят технологические процессы с выделением вредных или токсичных компонентов.

Расчет производительности вытяжной вентиляции из вентиляционных камер зависит от времени нахождения человека внутри камеры. В настоящее время существуют два варианта расчёта производительности вытяжной вентиляции из вытяжных вентиляционных камер

**Вариант 1. Расчёт производительности вытяжных вентиляционных камер при кратковременном пребывании человека в камере.**

Расчет производительности вытяжной системы вентиляции производится по зависимости:

$$L_{yx} = v_{\text{доп}} \cdot F_{\text{пр}} \cdot 3600.$$

Значение допустимой скорости принимается в рабочем проеме камеры и равно  $0,2 \div 1,3$  м/с. Эти данные берутся из справочной литературы в зависимости от способа окрашивания изделия и от токсичности образующихся компонентов.

В настоящее время выпускаемые вытяжные венткамеры оборудуются гидрофильтрами, через которые проходит воздух перед выпуском за пределы камеры.

Классификация вытяжных венткамер производится по конструкции гидрофильтров.

**1. Вытяжная вентиляционная камера с лабиринтовым гидрофильтром.**

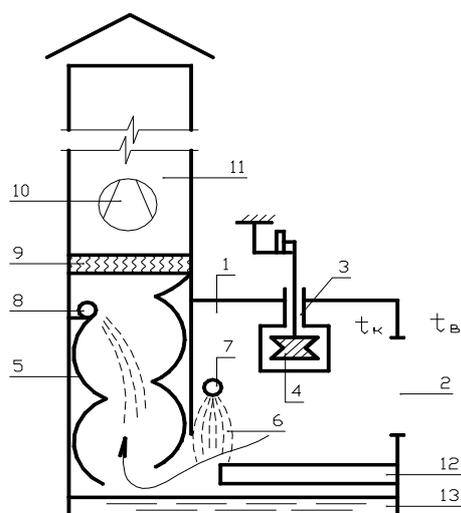


Рис. 17. Вытяжная вентиляционная камера с лабиринтовым гидрофильтром: 1 – корпус камеры; 2 – рабочий проем; 3 – технологический проем; 4 – окрашиваемое изделие; 5 –

лабиринтовый гидрофильтр; 6 – водяной экран камеры; 7 – форсунки водяного экрана камеры; 8 – форсунки гидрофильтра; 9 – каплеуловитель; 10 – вытяжной вентилятор (устанавливается в теплом помещении); 11 – вытяжная шахта; 12 – трап; 13 – водяной отстойник

## 2. Вытяжная вентиляционная камера с каскадным гидрофильтром и перфорированной трубой.

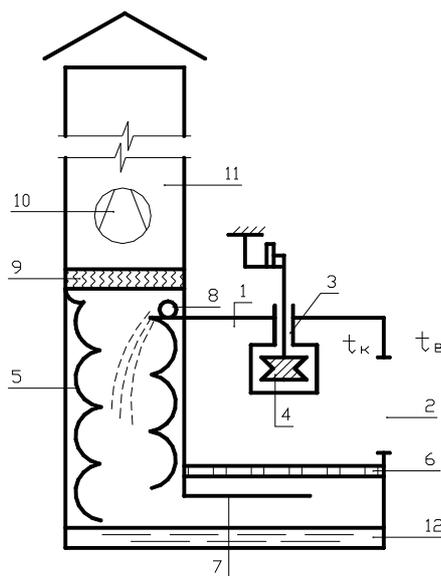


Рис. 18. Вытяжная вентиляционная камера с каскадным гидрофильтром и перфорированной трубой

Отличительными конструктивными особенностями камеры являются:

- каскадная конструкция гидрофильтра 5 с перфорированной трубой для подачи воды на верхний каскад;
- перфорированный трап 6 с экраном 7 для обеспечения равномерного всасывания по всей площади трапа, чтобы исключить образование застойных зон в камере.

## 3. Вытяжная вентиляционная камера с каскадным гидрофильтром и переливом.

Подача воды осуществляется на верхний каскад сосредоточенно или через перфорацию. Переливные каскады создают сплошной экран воды на каждом уровне, в результате – высокая степень очистки.

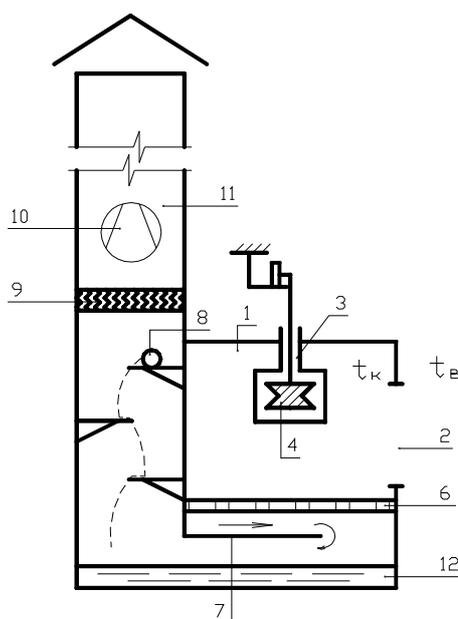


Рис. 19. Вытяжная вентиляционная камера с каскадным гидрофильтром и переливом

### Вариант 2. Расчет производительности вытяжных вентиляционных камер при постоянном пребывании человека в камере.

Расчет производится по количествам образующихся вредных выделений  $G_{вр}$  и предельно допустимым концентрациям соответствующих компонентов:

$$G_{ух} = \frac{G_{вр}}{\frac{c_{ПДК}}{\rho_k} - \frac{c_v}{\rho_v}}, \quad (38)$$

где  $G_{вр}$  – количество вредных выделений, образующихся в камере по каждому компоненту, кг/ч;

$c_{ПДК}$ ,  $c_v$  – ПДК и концентрация данного компонента в рабочей зоне;

$\rho_k$ ,  $\rho_v$  – плотности воздуха в камере и в рабочей зоне, кг/м<sup>3</sup>.

Чтобы человек не получил профессиональных заболеваний, концентрация вредных компонентов в камере не должна превышать предельно допустимой концентрации (ПДК).

Расчет по зависимости (38) производится по каждому компоненту вредных выделений с учетом суммации их действия на организм человека. За расчетное значение принимается большее полученное значение.

## 6.2. Основные положения, используемые при конструировании систем вентиляции окрасочных цехов

1. Окрасочные цеха имеют категории помещений А, Б, В среди прочих, поэтому при конструировании систем вентиляции следует учитывать требования СНиП 41-01-2003, СНиП 2.04.05-91\* и приложений по взрывопожароопасным помещениям, а также требования СНиП 21-01-97\*, ГОСТ Р 53300-2009, СП 7.13130.2009.

2. В окрасочных цехах следует проектировать самостоятельные приточные системы по требованиям категории взрывопожароопасных помещений. Вытяжные вентиляторы должны конструироваться во взрывозащищенном исполнении с резервным вентилятором.

3. Удаление воздуха общеобменными местными системами должно осуществляться из верхней и нижней зон (50%/50%).

4. Если в помещения категорий А и Б имеются выходы помещений других категорий, то они оборудуются тамбур-шлюзами. В тамбур-шлюзы подаётся воздух для создания избыточного давления  $\Delta P_{\text{т-ш}} \geq 20$  Па от самостоятельных приточных систем с резервным вентилятором.

5. Перед выбросом воздуха от местных систем окрасочных цехов необходимо производить его очистку в «мокрых» или «сухих» уловителях .

6. Окрасочные цеха должны оборудоваться системами аварийной вентиляции.

7. При расчете производительностей общеобменных приточных систем следует учитывать следующие балансовые расходы:

$$G_{\text{пр}} = G_{\text{yx}} + G_{\text{м.о.}} \quad (39)$$

8. Приточные общеобменные системы должны обеспечивать воздухо-распределение, исключаящее пересечение траектории приточных струй с факелом вредных выделений.

## Глава 7. ВЕНТИЛЯЦИОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ И ТРАВИЛЬНЫХ ЦЕХОВ

В этих цехах производят химическую, электрохимическую и электрическую обработку поверхностей изделий.

Основными элементами местных вытяжных систем являются бортовые отсосы.

**Бортовой отсос** – открытый местный отсос, удаляющий вредные вещества от гальванических ванн и расположенный на их бортах.

### 7.1. Классификация бортовых отсосов

Существует следующая классификация бортовых отсосов.

1. По расположению:

- а) **однобортовые** (рис. 20);
- б) **двухбортовые** (рис. 21).

Выбор типа бортового отсоса зависит от ширины ванны  $B$ :

- при ширине ванны  $B < 600$  мм – устанавливается **однобортовой** отсос;
- при ширине ванны в пределах  $600 \leq B \leq 1200$  мм – устанавливается **двухбортовой** отсос.

2. По конструктивным особенностям:

- а) **простые (обычные)** бортовые отсосы;
- б) **опрокинутые** бортовые отсосы.

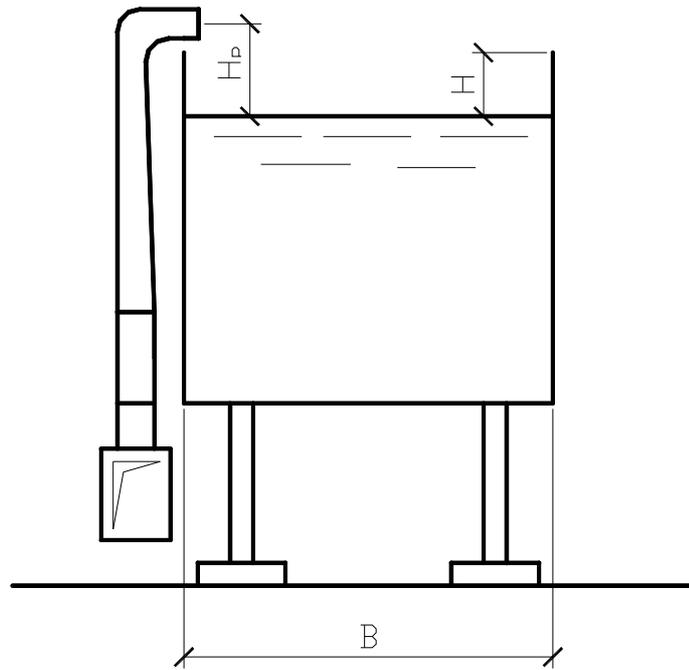


Рис. 20. Простые (обычные) однобортовые отсосы

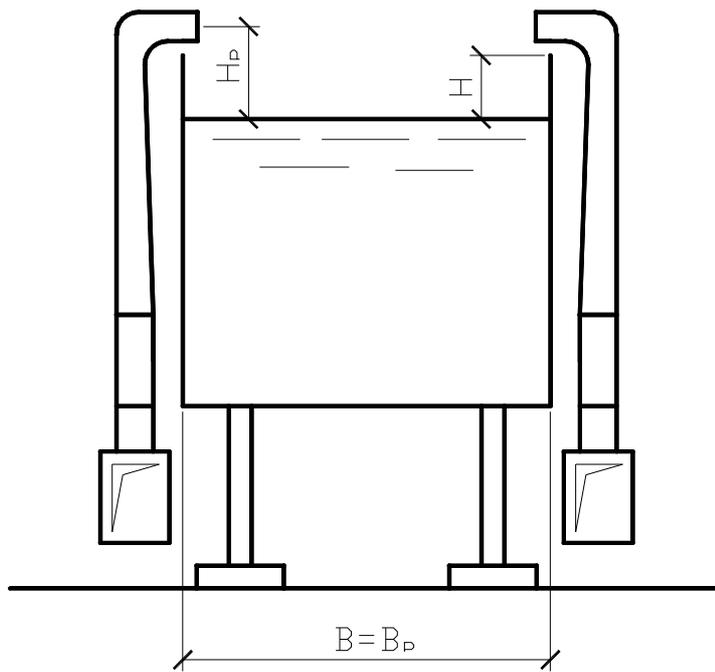


Рис. 21. Простые (обычные) двухбортовые отсосы

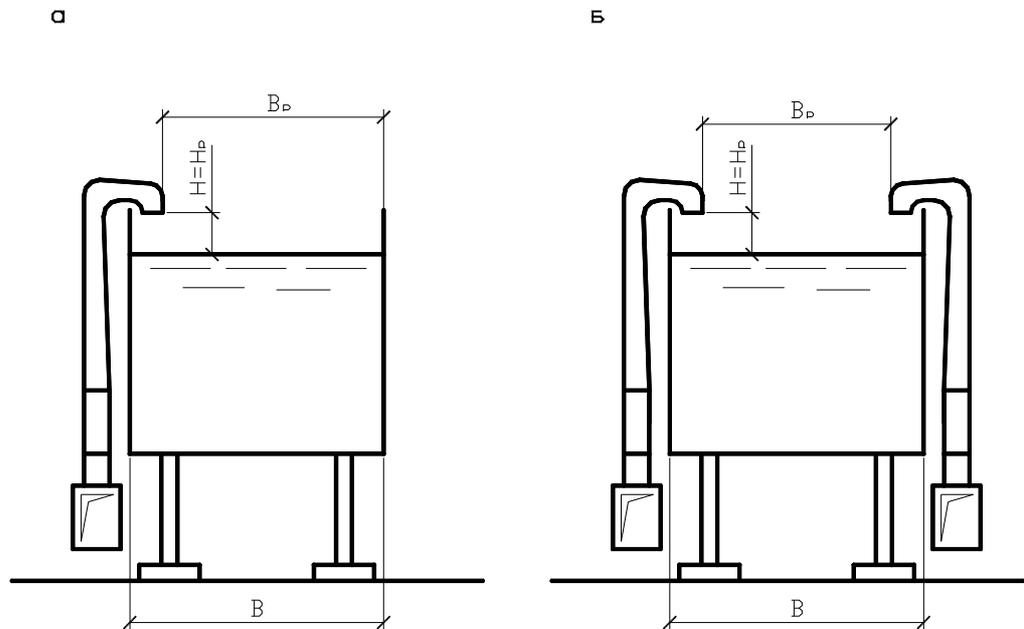


Рис. 22. Опрокинутые бортовые отсосы: *a* – однобортовой отсос; *б* – двухбортовой отсос  
 $B$  – ширина ванны;  $B_p$  – расстояние между крайними точками бортовых отсосов или между крайней точкой бортового отсоса и бортом ванны;  $H$  – вертикальное расстояние от зеркала электролита до края борта ванны;  $H_p$  – вертикальное расстояние от поверхности зеркала электролита до центра плоскости всасывания

Простые бортовые отсосы имеют вертикальную плоскость всасывания, а опрокинутые – горизонтальную плоскость всасывания. Выбор одно- или двухбортового опрокинутого отсоса аналогичен выбору простых.

### 3. По форме:

- прямоугольные;
- кольцевые;
- угловые (в настоящее время не выпускаются).

Как было показано в курсе «Теоретические основы создания микроклимата в помещении», вытяжные отверстия прямоугольной и щелевой форм имеют более дальнобойный факел по сравнению с факелами вытяжных отверстий круглой формы. Поэтому всасывающие отверстия бортовых отсосов любых конструкций изготавливаются прямоугольной или щелевой формы.

## 7.2. Условия установки обычных бортовых отсосов

1. Если расстояние от зеркала электролита до центра плоскости всасывания  $H_p = 80 \div 150$  мм.
2. Если обрабатываемые изделия имеют сложную конфигурацию с выступами.
3. При наличии у ванны передувки.

При прочих равных условиях предпочтение всегда отдают опрокинутым бортовым отсосам, так как вся плоскость всасывания бортового отсоса лежит в зоне паров электролита и криволинейное движение воздуха, подтекающего к плоскости всасывания, оказывает придавливающий эффект на траекторию движения паров электролита.

Опрокинутый бортовой отсос устанавливают у ванн, у которых  $H_p = 150 \div 300$  мм.

Основным недостатком опрокинутых бортовых отсосов является перекрытие части площади поверхности зеркала электролита.

Бортовые отсосы всегда устанавливаются **с длинной стороны** ванны.

Если ванна имеет длину более 1200 мм, то у таких ванн устанавливают секционные бортовые отсосы, т.к. максимальная длина бортового отсоса  $l_1 = 1200$  мм.

Секционные бортовые отсосы имеют следующие основные элементы (рис. 23).

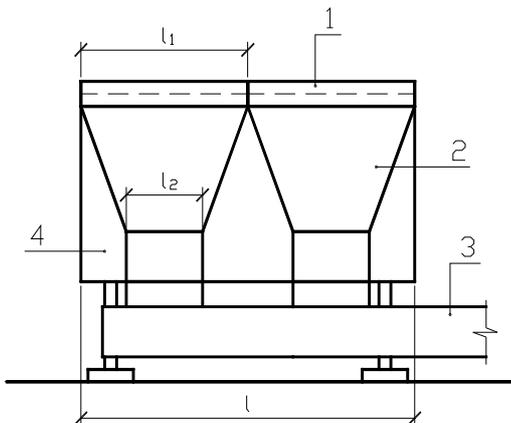


Рис. 23. Секционные бортовые отсосы: 1 – оголовок бортового отсоса; 2 – корпус; 3 – коллектор – камера статического давления, должна обеспечивать равномерность всасывания; 4 – гальваническая ванна

Если ванна имеет длину не более 1200 мм, то допускается устанавливаться один бортовой отсос и в этом случае коллектор может быть исключен из конструкции, а бортовой отсос через переход присоединяется к ответвлению.

В настоящее время выпускаются следующие конструкции опрокинутых бортовых отсосов.

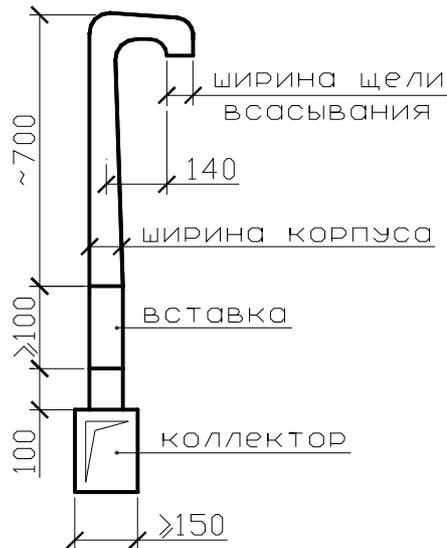


Рис. 24. Конструкция опрокинутых бортовых отсосов.

Ширина щели всасывания может быть: 35, 80, 100, 130, 155, 305 мм.

Ширина корпуса: 80, 100, 120 мм.

Размер соединительной вставки отсоса с коллектором зависит от высоты ванны.

Коэффициент местного сопротивления бортового отсоса  $\xi = 3,0$ .

В нормативно-справочной документации существует следующий номенклатурный ряд размеров бортовых отсосов (табл. 7.1).

**Геометрические характеристики опрокинутых бортовых отсосов**

$l_1$ , мм	$L_2$ , мм
400	240
500	
600	
700	320
800	
900	400
1000	
1100	500
1200	

У одной ванны устанавливают секционные бортовые отсосы одинакового размера  $l_1$  таким образом, чтобы края бортовых отсосов совпадали с краями ванн и между соседними секциями не было разрыва.

Так как бортовые отсосы комплектуются на заводах-изготовителях ванн, то для проектирования в техническом задании указывают точки присоединения к ответвлению, размер присоединительного коллектора и отметка точки присоединения [2,3,8,9,20].

В помещениях с мокрым и влажным климатом возможно образование конденсата, поэтому все воздуховоды гальванических систем прокладывают с уклоном  $i=0,005\div 0,01$  в сторону вентилятора. Перед вентиляторами устанавливают конденсатосборники.

У ванн цилиндрической формы конструируются кольцевые бортовые отсосы, которые изготавливаются обычными и опрокинутыми.

У ванн, где необходимо присутствие человека в процессе обработки изделий, устанавливаются полукольцевые отсосы (см. ниже в разделе «Горячие цеха»).

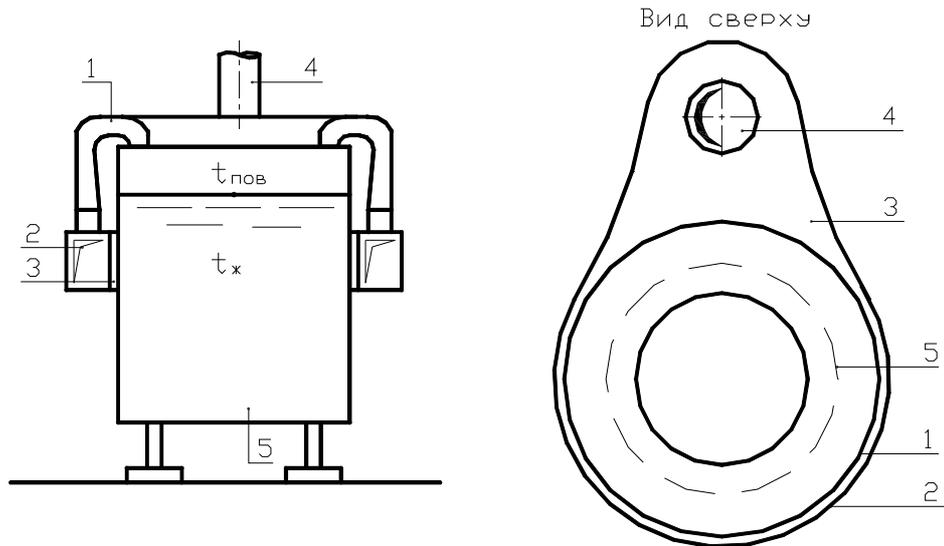


Рис. 25. Кольцевые бортовые отсосы: 1 – оголовок; 2 – корпус; 3 – сборный коллектор; 4 – воздуховод, отводящий загрязненный воздух; 5 – цилиндрическая ванна

### 7.3. Расчёт количества воздуха, удаляемого бортовыми отсосами

В настоящее время используются две методики расчета производительности по удалению воздуха бортовыми отсосами.

#### 1. Метод расчета профессора Баранова М.М.

Расчет производительности бортовых отсосов выполняют по комплексу безразмерных геометрических характеристик ванны и токсичности электролита. Пример расчета приведен в учебнике «Отопление и вентиляция», часть 2, Вентиляция, под редакцией В.Н.Богословского.

#### 2. По нормативно-справочной документации АЗ-782 [2,20].

Этот метод представляет собой расчет производительности бортовых отсосов от эталонной нормализованной ванны и дополнительными коэффициентами, учитывающими особенности проведения соответствующего технологического процесса.

Расход удаляемого воздуха по этому методу равен:

$$L = L_0 \cdot k_{\Delta t} \cdot k_T \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4, \quad (40)$$

где  $L_0$  – количество удаляемого воздуха от нормализованной ванны, м<sup>3</sup>/ч, рассчитывается по формуле:

$$L_0 = 1400 \cdot \left( 0,53 \cdot \frac{B_p \cdot l}{B_p + l} + H_p \right)^{1/3} \cdot B_p \cdot l, \quad (41)$$

$B_p$  – расчетная ширина ванны, м;

$l$  – длина ванны, м;

$H_p$  – расстояние от щели всасывания до уровня электролита в ванне, м;

$k_{\Delta t}$  – поправочный коэффициент на температуру раствора, определяется в зависимости от  $\Delta t = t_{\text{раст}} - t_{\text{р.з.}}$ ;

$k_t$  – коэффициент, учитывающий токсичность раствора и летучесть вредных выделений;

$k_1$  – коэффициент, учитывающий конструкцию отсоса: для однобортового отсоса  $k_1 = 1,8$ ; двухбортового  $k_1 = 1$ ;

$k_2$  – коэффициент, учитывающий наличие воздушного перемешивания,

$k_2 = 1$  – для ванн без воздушного перемешивания.  $k_2 = 1,2$  для ванн с воздушным перемешиванием;

$k_3, k_4$  – коэффициенты, учитывающие укрытие зеркала электролита поплавками или пеной, при отсутствии какого-либо вида укрытия соответствующий коэффициент принимается равным 1.

Для снижения интенсивности испарения некоторых компонентов, имеющих значительную летучесть, зеркало электролита укрывают пеной, поплавками или шариками.

**Нормализованной** называется отдельно стоящая стандартно установленная ванна, у которой  $H_p = 150$  мм и все коэффициенты, входящие в уравнение (40), равны 1.

Если ванна имеет ширину  $B$  более 1200 мм, то двухбортовые отсосы не обеспечивают надежное укрытие зеркала электролита, то есть не исключают попадание вредных паров в зону дыхания человека. У таких ванн конструируют передувку.

**Передувка** – воздуховод равномерной раздачи воздуха с переменным сечением и щелевым выпуском, обеспечивающий укрытие зеркала электролита плоской струей приточного воздуха.

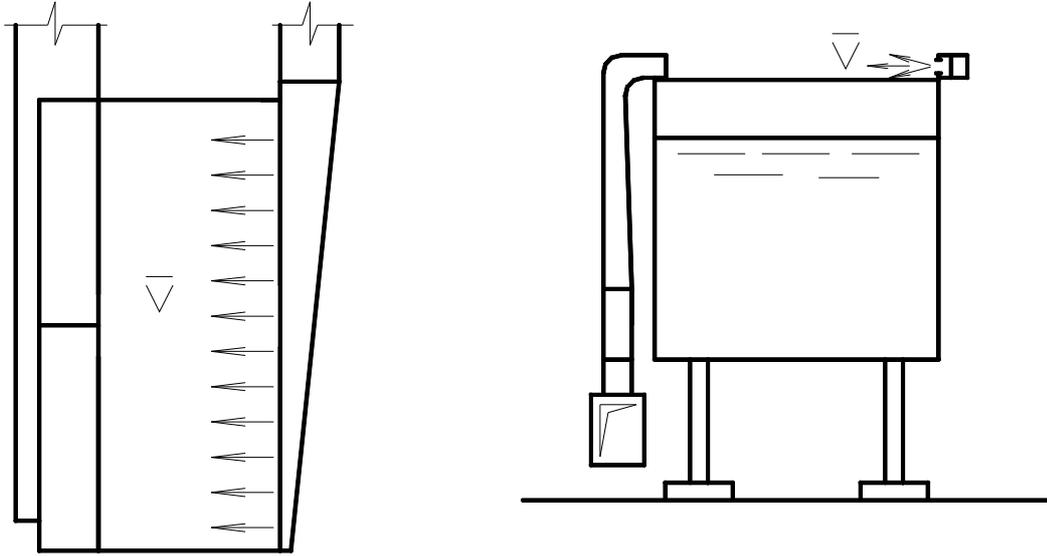


Рис. 26. Ванна с передувкой

Количество воздуха, удаляемого обычными бортовыми отсосами от ванны с передувкой, рассчитывается по зависимости:

$$L_{\text{ух}} = 1200 \cdot B_p^{3/2} \cdot l. \quad (42)$$

Количество приточного воздуха через передувку определяется по выражению:

$$L_{\text{перед}} = 60 \cdot B_p \cdot l \cdot k_{\Delta}. \quad (43)$$

Для ванн с медленно протекающими процессами гальванической обработки допускается уменьшать расход воздуха, удаляемого бортовыми отсосами, на 30% для ванн с крышками, перекрывающими более половины зеркала электролита:

$$L_{\text{ух}} = 0,7 \cdot L. \quad (44)$$

Значение расхода  $L$  определяется по зависимости (40).

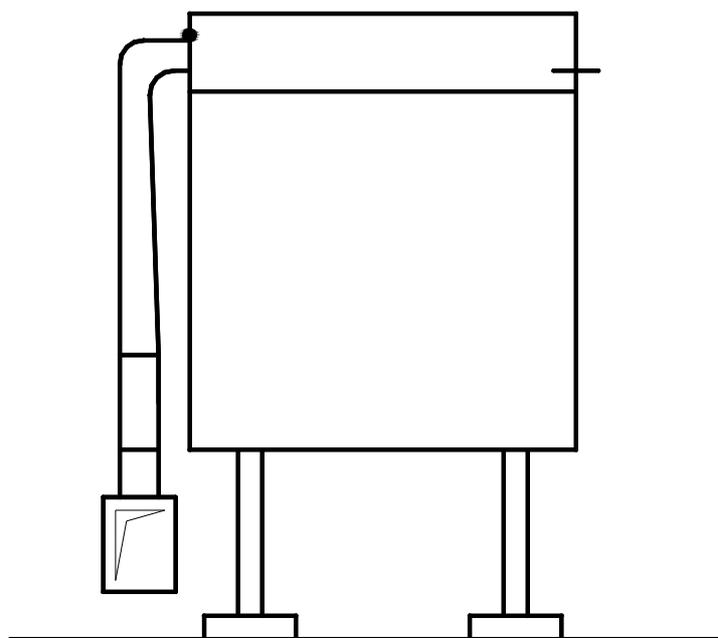


Рис. 27 Ванна с крышкой

#### 7.4. Расчёт количества воздуха, удаляемого кольцевыми отсосами

Расчет производительности кольцевых отсосов ведется по методу профессора Титова В.П.

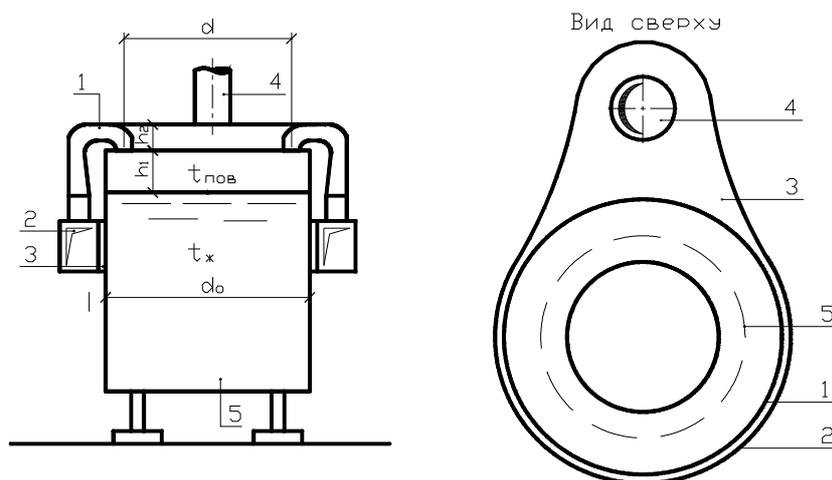


Рис. 28. Кольцевые бортовые отсосы: 1 – оголовок; 2 – корпус; 3 – сборный коллектор; 4 – воздуховод, отводящий загрязненный воздух; 5 – цилиндрическая ванна

Количество удаляемого кольцевыми отсосами воздуха рассчитывается по выражению:

$$L = 103d^{2,84} \cdot \frac{h_1^{0,086}}{h_2^{0,333}} \cdot (t_{\text{пов}} - t_{\text{в}})^{0,442} \cdot k_v, \quad (45)$$

где  $d$  – диаметр между центрами всасывания кольцевого отсоса;

$h_2$  – высота оголовка кольцевой плоскости отсоса;

$k_v$  – коэффициент, характеризующий подвижность воздуха в рабочей зоне;

$h_1$  – расстояние от щели всасывания до уровня электролита в ванне.

$$t_{\text{пов}} = t_{\text{ж}} - 5^\circ\text{C} \text{ при } t_{\text{ж}} \approx 100^\circ\text{C};$$

$$t_{\text{пов}} = t_{\text{ж}} - 3^\circ\text{C} \text{ при } t_{\text{ж}} \approx 50^\circ\text{C};$$

$$t_{\text{пов}} = t_{\text{м.т.}} \quad \text{при } t_{\text{ж}} = t_{\text{в}}.$$

## 7.5 Конструкция гальванических фильтров

Фильтры волокнистые гальванические модернизированные ФВГ-Т-М, ФВГ-М, ФВГ-П-М предприятия «ЭЛСТАТ» [2,20].

### Общие сведения

Фильтры волокнистые гальванические предназначены для высокоэффективной очистки воздушных вентиляционных выбросов от жидких и растворимых в воде твердых аэрозольных частиц и паров в гальванических, травильных и химических производствах; из вытяжных шкафов, лабораторных помещений; моечных камер для струйной обработки поверхностей. Могут использоваться в пищевой промышленности.

Фильтры соответствуют требованиям ТУ 3646-002-11575459-01 и защищены патентом РФ, приоритет от 26.03.90г.

Санитарно-эпидемиологическое заключение.

№77.01.03.364.П.37383.12.1 от 04.12.01г.

Основные преимущества: простота обслуживания (легкая замена фильтрующего материала); небольшие габариты; наличие встроенного гидрозатвора; возможность очищать воздух от аэрозольных частиц кислот, щелочей, солей и их паров.

**Примерный перечень технологических операций, где рекомендуется  
применение фильтров ФВГ-Т-М, ФВГ-М, ФВГ-П-М различных  
исполнений**

активация	пассивация, пассивирование
анодирование	
анодное окисление	полировка хромическая
анодное оксидирование	рыхление
декапирование титановых сплавов	свинцевание
золочение	
кадмирование	серебрение
лужение	снятие хрома, олова, висмута, свинца, фосфатной пленки и др.
меднение кислое	станнатиrowание
нанесение сплава кадмий-олово	травление глубокое размерное
	фосфатирование
никелирование	хроматирование
обезжиривание	хромирование
обработка в хромпике	цинкатная обработка
оксидирование	цинкование
осаждение сплава	чернение
осветление	электрополирование
палладирование	эматалирование

Применение фильтров позволяет снизить выбросы в атмосферу токсичных веществ до норм ПДВ.

**Структура условного обозначения**

ФВГ-(Т,П)-М-Х-У:

ФВГ – фильтр, волокнистый фильтрующий материал, для гальванических ванн;

Т-М из титана, модернизированный;

П-М из полимерного материала, модернизированный;

М из нержавеющей стали, модернизированный;

Х – площадь поверхности фильтрования, м<sup>2</sup> ;

У – исполнение.

### **Условия эксплуатации**

Климатическое исполнение УХЛ и категория размещения 4 по ГОСТ 15150-69.

Производственные помещения категорий Г и Д по СНиП 2.09.02-85\*.

Температура очищаемого воздуха на входе – не более 80°C, разрежение внутри корпуса не более 5кПа.

### **Технические характеристики**

Фильтры ФВГ-Т-М, ФВГ-П-М, ФВГ-М одинаковы по конструкции и отличаются только конструкционным материалом:

ФВГ-Т-М – из титанового сплава,

ФВГ-П-М – из полимерного материала,

ФВГ-М – из нержавеющей стали.

Фильтры выпускаются в исполнениях:

- 00 – стационарные для улавливания аэрозолей кислот, щелочей, солей без камер входа и выхода воздуха (диффузоров и конфузоров);

- 01, 06, 07, 08 и 09 – стационарные для улавливания аэрозолей кислот, щелочей, солей с камерами входа и выхода воздуха (диффузорами и конфузорами);

- КО – стационарные с камерой орошения для улавливания аэрозолей и паров хлористого и фтористого водорода (HCl и HF) и других веществ, легко абсорбируемых специальным раствором;

- С-Ц – стационарные с камерой орошения для улавливания паров и аэрозолей синильной кислоты (цианистого водорода) и ее соединений;

- Щ – стационарные с камерой орошения для улавливания аэрозолей щелочей (при высоких концентрациях аэрозоля свыше – 10 мг/м<sup>3</sup>);

- ИО – стационарные, ионообменные.



Рис. 29. Фильтр ФВГ-М

Таблица 7.3

## Технические характеристики фильтров

Тип фильтра	Производительность по очищаемому воздуху, м <sup>3</sup> /ч	Площадь поверхности фильтрования, м <sup>2</sup>	Максимальная концентрация аэрозоля в очищаемом газе, мг/м <sup>3</sup> не более	Гидравлическое сопротивление, Па		Давление воды, подаваемой на регенерацию, мПа(кгс/м <sup>2</sup> )	Расход промывку фильтрующей кассеты, л/м <sup>2</sup>	Степень очистки, % не менее
				начальное	конечное			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Стационарные фильтры без камер входа и выхода воздуха (исполнение-00) для улавливания аэрозолей кислот, щелочей, солей								
ФВГ-Т-М-0,12; ФВГ-П-М-0,12; ФВГ-М-0,12	1500-2500	0,12	10	350	700	0,1-0,2 (1-2)	200	96
ФВГ-Т-М-0,37; ФВГ-П-М-0,37; ФВГ-М-0,37	2500-5000	0,37						
ФВГ-Т-М-0,56; ФВГ-П-М-0,56; ФВГ-М-0,56	5000-7500	0,56						
ФВГ-Т-М-0,74; ФВГ-П-М-0,74; ФВГ-М-0,74	7500-10000	0,74						
ФВГ-Т-М-1,6; ФВГ-П-М-1,6; ФВГ-М-1,6	10000-20000	1,6						
ФВГ-Т-М-2,4; ФВГ-П-М-2,4; ФВГ-М-2,4	20000-30000	2,4						
ФВГ-Т-М-3,2; ФВГ-П-М-3,2; ФВГ-М-3,2	30000-40000	3,2						
ФВГ-Т-М-4,8; ФВГ-П-М-4,8; ФВГ-М-4,8	40000-60000	4,8						
ФВГ-Т-М-6,4; ФВГ-П-М-6,4; ФВГ-М-6,4	60000-80000	6,4						
Стационарные фильтры с камерами входа и выхода воздуха (исполнения 01; 06; 07; 08 и 09) для улавливания аэрозолей кислот, щелочей, солей								
ФВГ-Т-М-0,37; ФВГ-П-М-0,37; ФВГ-М-0,37 (исполнения 01; 06; 07; 08 и 09)	2500-5000	0,37	10	500	850	0,1-0,2 (1-2)	200	96
ФВГ-Т-М-0,74; ФВГ-П-М-0,74; ФВГ-М-0,74 (исполнения 01; 06; 07; 08 и 09)	7500-10000	0,74						

ФВГ-Т-М-1,6; ФВГ-П-М-1,6; ФВГ-М-1,6 (исполнения 01; 06; 07; 08 и 09)	10000-20000	1,6							
ФВГ-Т-М-3,2; ФВГ-П-М-3,2; ФВГ-М-3,2 (исполнения 01; 06; 07; 08 и 09)	2000-40000	3,2							
ФВГ-Т-М-6,4; ФВГ-П-М-6,4; ФВГ-М-6,4 (исполнения 01; 06; 07; 08 и 09)	60000-80000	6,4							
Стационарные фильтры с камерой орошения для улавливания аэрозолей щелочей при концентрациях свыше 10 мг/м <sup>3</sup> (исполнение – Щ)									
ФВГ-Т-М-0,37-Щ; ФВГ-П-М-0,37-Щ; ФВГ-М-0,37-Щ	2500-5000	0,37	свы ше 10	350	700	0,1-0,2 (1-2)	-	90	
ФВГ-Т-М-0,74-Щ; ФВГ-П-М-0,74-Щ; ФВГ-М-0,74-Щ	7500-10000	0,74							
ФВГ-Т-М-1,6-Щ; ФВГ-П-М-1,6-Щ; ФВГ-М-1,6-Щ	10000-20000	1,6							
ФВГ-Т-М-3,2-Щ; ФВГ-П-М-3,2-Щ; ФВГ-М-3,2-Щ	30000-40000	3,2							
ФВГ-Т-М-4,8-Щ; ФВГ-П-М-4,8-Щ; ФВГ-М-4,8-Щ	40000-60000	4,8							
ФВГ-Т-М-6,4-Щ; ФВГ-П-М-6,4-Щ; ФВГ-М-6,4-Щ	60000-80000	6,4							
Стационарные фильтры с камерой орошения для улавливания паров хлористого и фтористого водорода (исполнение – КО)									
ФВГ-Т-М-0,37-КО; ФВГ-П-М-0,37-КО; ФВГ-М-0,37-КО	2500-5000	0,37	100	600	120 0	0,1-0,2 (1-2)	-	90	
ФВГ-Т-М-0,74-КО; ФВГ-П-М-0,74-КО; ФВГ-М-0,74-КО	7500-10000	0,74							
ФВГ-Т-М-1,6-КО; ФВГ-П-М-1,6-КО; ФВГ-М-1,6-КО	10000-20000	1,6							
ФВГ-Т-М-3,2-КО; ФВГ-П-М-3,2-КО; ФВГ-М-3,2-КО	30000-40000	3,2							
ФВГ-Т-М-4,8-КО; ФВГ-П-М-4,8-КО; ФВГ-М-4,8-КО	40000-60000	4,8							
ФВГ-Т-М-6,4-КО; ФВГ-П-М-6,4-КО; ФВГ-М-6,4-КО	60000-80000	6,4							
Стационарные фильтры с камерой орошения для улавливания паров цианистого водорода (исполнение – С-Ц)									
ФВГ-Т-М-0,37-С-Ц; ФВГ-П-М-0,37-С-Ц; ФВГ-М-0,37-С-Ц	2500-5000	0,37	3	600	120 0	0,1-0,2 (1-2)	-	90	
ФВГ-Т-М-0,74-С-Ц; ФВГ-П-М-0,74-С-Ц; ФВГ-М-0,74-С-Ц	7500-10000	0,74							
ФВГ-Т-М-1,6-С-Ц; ФВГ-П-М-1,6-С-Ц; ФВГ-М-1,6-С-Ц	10000-20000	1,6							
ФВГ-Т-М-3,2-С-Ц; ФВГ-П-М-3,2-С-Ц; ФВГ-М-3,2-С-Ц	30000-40000	3,2							
ФВГ-Т-М-4,8-С-Ц; ФВГ-П-М-4,8-С-Ц; ФВГ-М-4,8-С-Ц	40000-60000	4,8							
ФВГ-Т-М-6,4-С-Ц; ФВГ-П-М-6,4-С-Ц; ФВГ-М-6,4-С-Ц	60000-80000	6,4							

Технические характеристики фильтров ФВГ-М, ФВГ-Т-М, ФВГ-П-М приведены в табл. 7.3.

Рекомендации по выбору исполнения фильтров ФВГ-М, ФВГ-Т-М, ФВГ-П-М приведены в табл. 7.4.

На рис.29 показан фильтр ФВГ-М (исполнение -00).

На рис.30 показаны фильтры ФВГ-М-0,37-00, используемые для улавливания аэрозолей щелочей на МосНПО «РАДОН».

На рис.31 показан фильтр ФВГ-М-0,56-00, установленный на камере струйной обработки поверхностей стальных контейнеров раствором для обезжиривания и фосфатирования перед порошковой окраской.

На рис.32 показан фильтр ФВГ-П-М-0,74-09 для улавливания аэрозолей хлористого и серноокислого никеля.

На рис.33 показан фильтр ФВГ-П-М-4,8-КО для улавливания аэрозолей и паров хлористого и фтористого водорода.

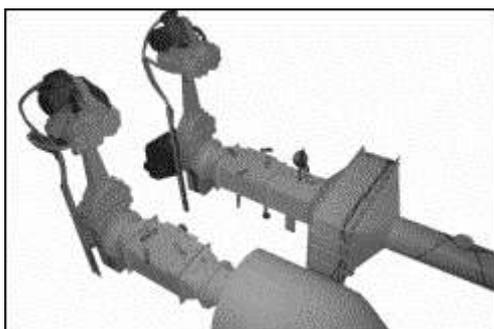


Рис. 30. Фильтры ФВГ-М-0,37-00. МосНПО «РАДОН».



Рис. 32. Фильтр ФВГ-М-0,56-00. ЗАО «Коммунальные машины».

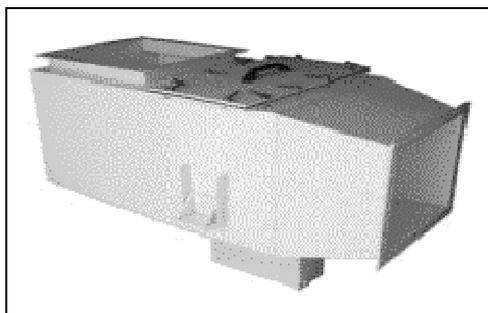


Рис. 31. Фильтр ФВГ-П-М-0,74-0,9 для улавливания аэрозолей хлористого и серноокислого никеля



Рис. 33. Фильтр ФВГ-П-М-4,8-КО для улавливания аэрозолей и паров хлористого и фтористого водорода.

При проектировании аспирационных вентсистем для гальванических и травильных ванн нужно придерживаться следующих основных принципов.

Согласно СНиП на операциях хромирования, никелирования и цианирования каждый выброс веществ первого класса опасности требуется выделять в отдельную вентсистему и в обязательном порядке оснащать газоочистными установками.

Рекомендуется разделять щелочные и кислотные выбросы и не смешивать их, чтобы избежать образования в результате химических реакций водонерастворимых веществ, вызывающих «зарастание» фильтров и газоходов.

Газоочистные устройства рекомендуется размещать как можно ближе к источнику выделения вредных аэрозолей с целью повышения эффективности их работы и защиты газоходов от коррозии.

Таблица 7.4

**Рекомендации по выбору конструкционного материала и исполнения фильтров в зависимости от химических свойств очищаемой среды и ее агрегатного состояния**

Гальванические выбросы	Агрегатное состояние гальванических выбросов	Химическая стойкость конструкционных материалов фильтров*			Исполнение фильтров ФВГ-М- ФВГ-Т-М- ФВГ-П-М-
		Нержавеющая сталь (ФВГ-М)	Титан (ФВГ-Т-М)	Полимеры (ФВГ-П-М)	
Щелочь: концентрация до 10 мг/м <sup>3</sup>	Аэрозоли	ВС	ВС	ВС	-00; -01; -06; -07; -08; -09
Щелочь: концентрация более 10 мг/м <sup>3</sup>	Аэрозоли	ВС	ВС	ВС	-Щ
Серная кислота	Аэрозоли	ОС	С	ВС	-00; -01; -06; -07; -08; -09
Растворимые соли никеля: -сернокислые	Аэрозоли	НС	С	ВС	-00; -01; -06; -07; -08; -09
- хлористые	Аэрозоли	НС	НС	ВС	-00; -01; -06; -07; -08; -09
Хромовый ангидрид	Аэрозоли	ОС	С	ВС	-00; -01; -06; -07; -08; -09
Фосфорная и ортофосфорная кислота	Аэрозоли	НС	НС	ВС	-00; -01; -06; -07; -08; -09
Цианистый водород и его соединения	Пары, аэрозоли	ВС	ВС	ВС	- С-Ц -ИО
Хлористый водород	Пары, аэрозоли	НС	НС	ВС	-КО -ИО

Фтористый водород	Пары	НС	НС	ВС	-КО -ИО
Азотная кислота и окислы азота	Пары	С	С	ВС	-КО -ИО
Уксусная кислота	Пары	НС	НС	ВС	-ИО
Щавелевая кислота	Пары	НС	С	ВС	-ИО

\* ВС – весьма стойкие; С – стойкие; ОС – относительно стойкие; НС – нестойкие.

### **Конструкция и принцип действия**

Фильтры ФВГ-Т-М, ФВГ-П-М, ФВГ-М без камер входа и выхода (исполнение -00) состоят из прямоугольного корпуса с фланцами. Фильтры устанавливаются горизонтально, конструкция позволяет встраивать их непосредственно в воздуховоды, использовать различные варианты подвода и отвода очищаемого воздуха, что облегчает монтаж вентсистем в условиях ограниченного пространства.

В корпусе фильтра через верхний люк устанавливается фильтрующая кассета, улавливающая аэрозольные частицы, которые могут присутствовать в жидкой и твердой фазах.

Уловленный жидкий продукт стекает по фильтрующей кассете вниз на дно аппарата, откуда отводится через гидрозатвор. Твердые частицы оседают на фильтрующем материале, что постепенно приводит к повышению его аэродинамического сопротивления и снижению производительности фильтра. При достижении перепада давления на фильтре 700 Па его необходимо регенерировать путем промывки кассеты теплой (30-40°C) водой.

Промывка фильтрующей кассеты производится либо внутри корпуса аппарата с помощью переносной форсунки через монтажный люк с отводом промывных вод через гидрозатвор, либо промывкой в промывочных ваннах после выемки кассеты из корпуса.

Объем промывных вод не более 200 л на 1 м<sup>2</sup> фильтрующей поверхности.

При отсутствии контроля перепада давления на фильтрах межрегенерационный период назначается исходя из местных условий: концентрации загрязнений в аспирационном воздухе, количества рабочих смен в сутках,

допустимом запасе напора в вентиляционной системе. Обычно периодичность промывки составляет один раз в 15-30 суток.

Средний срок службы фильтрующей кассеты до смены фильтрующего материала 1 год.

Фильтры ФВГ-Т-М, ФВГ-П-М, ФВГ-М с камерами входа и выхода (исполнения 01; 06; 07; 08; 09) имеют габаритные и присоединительные размеры как у ранее разработанных фильтров ФВГ-Т, но по сравнению с ними волокнистые фильтры ФВГ-Т-М, ФВГ-П-М, ФВГ-М обладают рядом преимуществ:

- конструкция кассеты обеспечивает легкое извлечение ее из корпуса фильтра при операции промывки или замене фильтрующего материала и исключает ее поломку даже в случае «зарастания» кассеты солями и «зависания» ее в направляющих пазах (в фильтрах ФВГ-Т из-за неудачной конструкции деформация и поломка кассет при их извлечении наблюдаются очень часто);

- легкая и удобная замена фильтрующего материала кассеты фильтра;

- наличие встроенного гидрозатвора, предотвращающего переток неочищенного воздуха, минуя фильтрующую перегородку;

- возможность промывки кассеты как внутри, так и вне корпуса фильтра.

Фильтры исполнений -00;-01;-06;-07;-08;-09 могут быть изготовлены с гидрозатвором, а также без него.

Фильтры ФВГ-П-М-КО, ФВГ-Т-М-КО для улавливания аэрозолей и паров хлористого и фтористого водорода (НС1 и HF) и других веществ, легко абсорбируемых специальным раствором, и фильтры ФВГ-П-М-С-Ц, ФВГ-Т-М-С-Ц для улавливания паров и аэрозолей синильной кислоты (цианистого водорода) и ее соединений отличаются тем, что в корпусе после фильтра для механического улавливания аэрозольных частиц размещаются: камера орошения с гидравлическими форсунками тонкого распыла и контактная кассета

для осаждения жидкой реагентной фазы, что позволяет улавливать из аспирационного воздуха не только аэрозольные частицы, но и пары.

Фильтры ФВГ-П-М-Щ, ФВГ-Т-М-Щ для улавливания аэрозолей щелочей (при высоких концентрациях аэрозоля до –  $100 \text{ мг/м}^3$ ) также имеют систему орошения, предотвращающую интенсивное «зарастание» фильтра уловленным продуктом.

Габаритные и присоединительные размеры фильтров приведены на рис. 34-37 и в таблицах 7.5-7.8.

По спецзаказу фильтры ФВГ-П-М-КО, ФВГ-Т-М-КО, ФВГ-П-С-Ц, ФВГ-Т-С-Ц и ФВГ-П-М-Щ, ФВГ-Т-М-Щ изготавливают в комплекте с системой подачи и слива орошающей жидкости, включающей в себя: бак-накопитель, насос, манометр, фильтр для орошающего раствора, загрузочную емкость и т.п.

Ионообменные фильтры ИО производительностью 500; 5000; 10000; 15000; 20000  $\text{м}^3/\text{ч}$ .

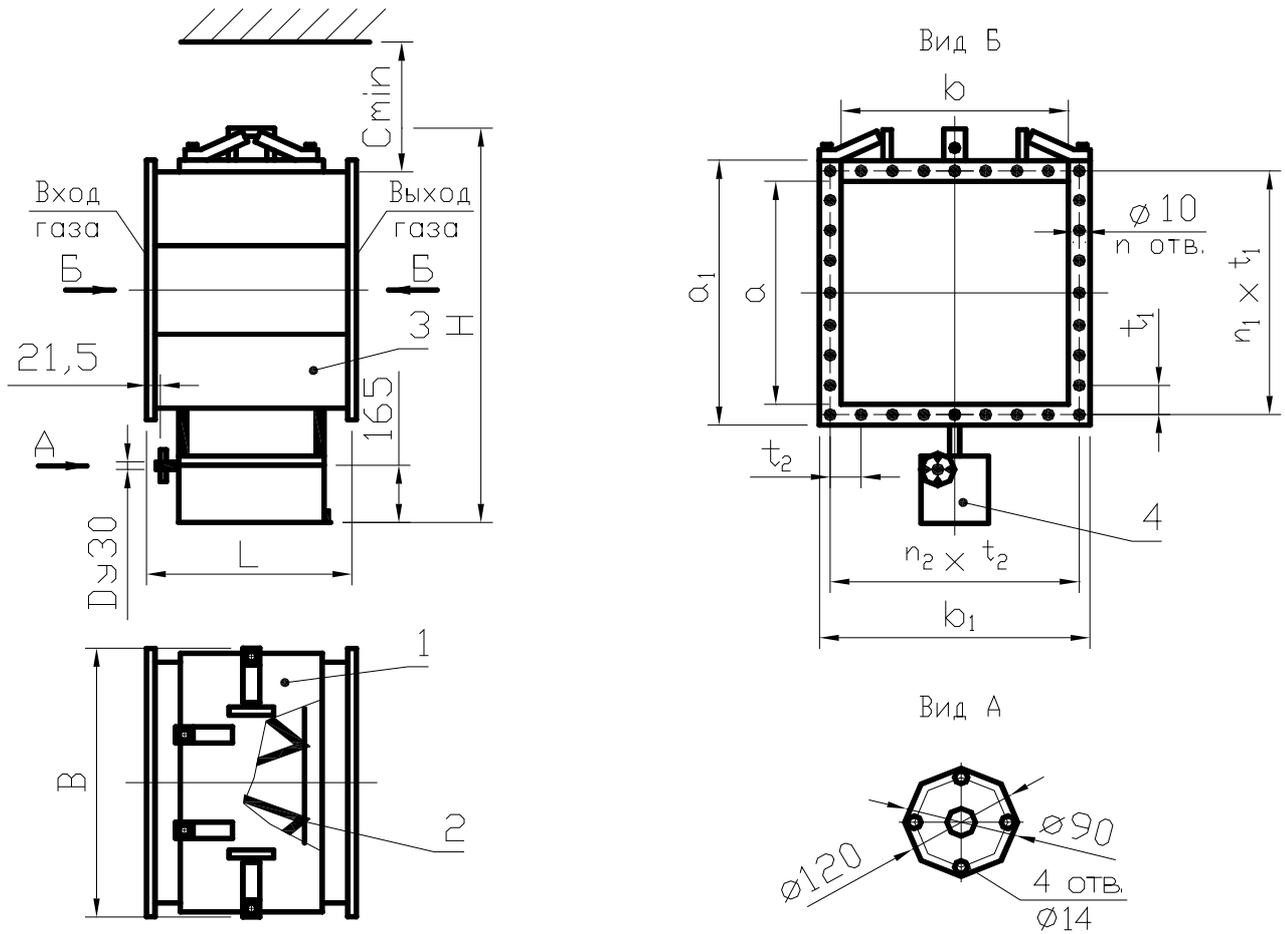


Рис. 34. Стационарные фильтры типа ФГВ-Т-М, ФВГ-П-М, ФГВ-М без камер входа и выхода воздуха исполнения -00 с гидрозатвором: 1 – монтажный люк, 2 – кассета, 3 – корпус, 4 – гидрозатвор.

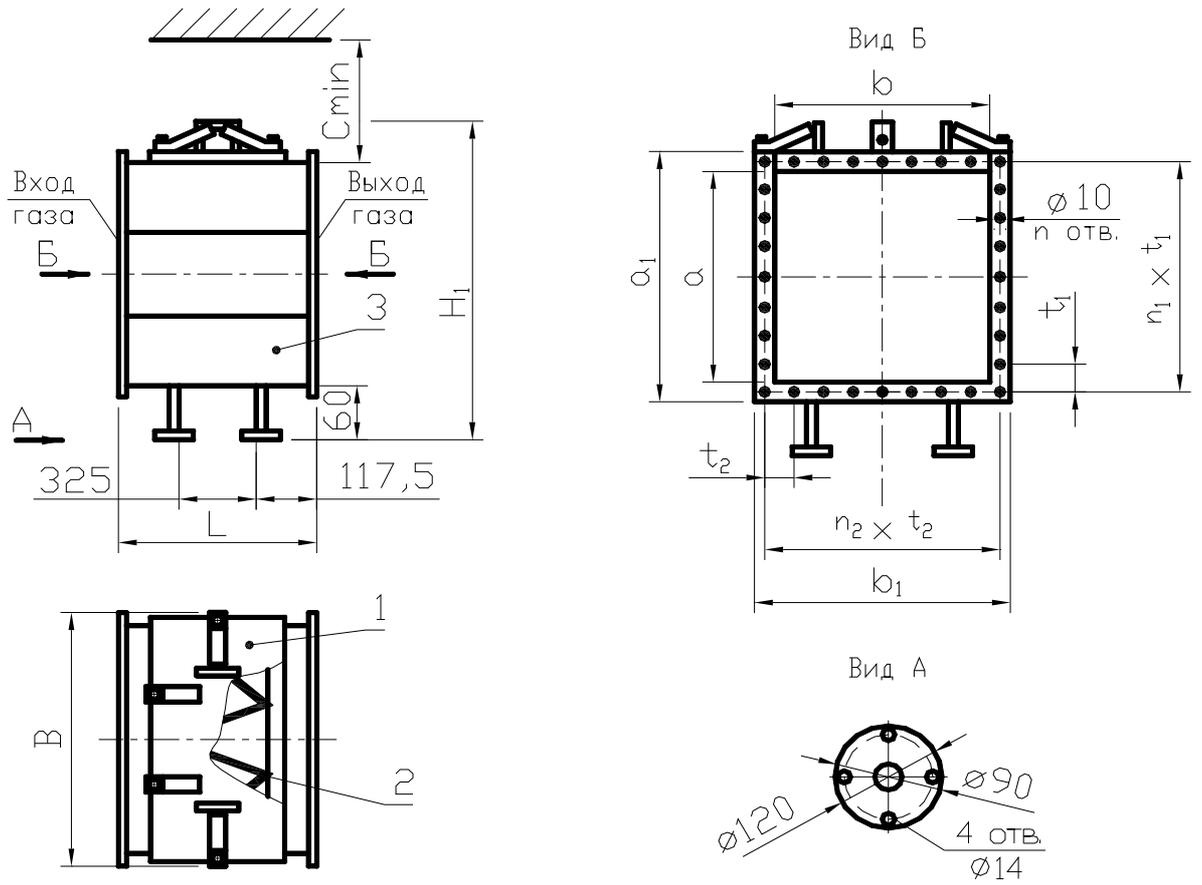


Рис. 35. Стационарные фильтры типа ФГВ-Т-М, ФВГ-П-М, ФГВ-М без камер входа и выхода воздуха исполнения -00 без гидрозатвора: 1 – монтажный люк, 2 – кассета, 3 – корпус.

**Габаритные и присоединительные размеры стационарных фильтров типа ФВГ-Т-М, ФВГ-П-М, ФВГ-М.,  
без камер входа и выхода воздуха исполнения -00 с гидрозатвором, мм**

Тип фильтров	Исполнение	<i>L</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a<sub>1</sub></i>	<i>b<sub>1</sub></i>	<i>t<sub>1</sub></i>	<i>t<sub>2</sub></i>	<i>n</i>	<i>n<sub>1</sub></i>	<i>n<sub>2</sub></i>	<i>Cmin</i>
ФВГ-Т-0,12; ФВГ-П-0,12; ФВГ-М-0,12	0	560	695	240	270	180	310	220	104	110	10	3	2	300
ФВГ-Т-0,37; ФВГ-П-0,37; ФВГ-М-0,37	0	560	725	462	270	360	334	424	110	100	14	3	4	300
ФВГ-Т-0,56; ФВГ-П-0,56; ФВГ-М-0,56	0	560	785	496	360	390	425	455	79	85	20	5	5	400
ФВГ-Т-0,74; ФВГ-П-0,74; ФВГ-М-0,74	0	560	905	542	440	440	504	504	120	120	16	4	4	500
ФВГ-Т-1,6; ФВГ-П-1,6; ФВГ-М-1,6	0	560	982	782	493	680	557	744	107	120	22	5	6	550
ФВГ-Т-2,4; ФВГ-П-2,4; ФВГ-М-2,4	0	560	1225	782	620	680	684	744	120	120	24	6	6	690
ФВГ-Т-3,2; ФВГ-П-3,2; ФВГ-М-3,2	0	560	1475	782	1010	680	1074	744	105	120	32	10	6	1100
ФВГ-Т-4,8; ФВГ-П-4,8; ФВГ-М-4,8	0	560	1464	1112	1010	1010	1074	1074	105	105	40	10	10	1100
ФВГ-Т-6,4; ФВГ-П-6,4; ФВГ-М-6,4	0	560	1920	1060	1496	997	1540	1050	105	110	48	14	10	1100

Таблица 7.6

**Габаритные и присоединительные размеры стационарных фильтров типа ФВГ-Т-М, ФВГ-П-М, ФВГ-М., без камер входа и выхода воздуха исполнения -00 без гидрозатвора, мм**

Тип фильтров	Исполнение	L	H	B	a	b	a <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>	t <sub>1</sub>
ФВГ-Т-0,12; ФВГ-П-0,12; ФВГ-М-0,12	-00	560	695	240	270	180	310	220	104
ФВГ-Т-0,37; ФВГ-П-0,37; ФВГ-М-0,37	-00	560	725	462	270	360	334	424	110
ФВГ-Т-0,56; ФВГ-П-0,56; ФВГ-М-0,56	-00	560	785	496	360	390	425	455	79
ФВГ-Т-0,74; ФВГ-П-0,74; ФВГ-М-0,74	-00	560	905	542	440	440	504	504	120
ФВГ-Т-1,6; ФВГ-П-1,6; ФВГ-М-1,6	-00	560	982	782	493	680	557	744	107
ФВГ-Т-2,4; ФВГ-П-2,4; ФВГ-М-2,4	-00	560	1225	782	620	680	684	744	120
ФВГ-Т-3,2; ФВГ-П-3,2; ФВГ-М-3,2	-00	560	1475	782	1010	680	1074	744	105
ФВГ-Т-4,8; ФВГ-П-4,8; ФВГ-М-4,8	-00	560	1464	1112	1010	1010	1074	1074	105
ФВГ-Т-6,4; ФВГ-П-6,4; ФВГ-М-6,4	-00	560	1920	1060	1496	997	1540	1050	105

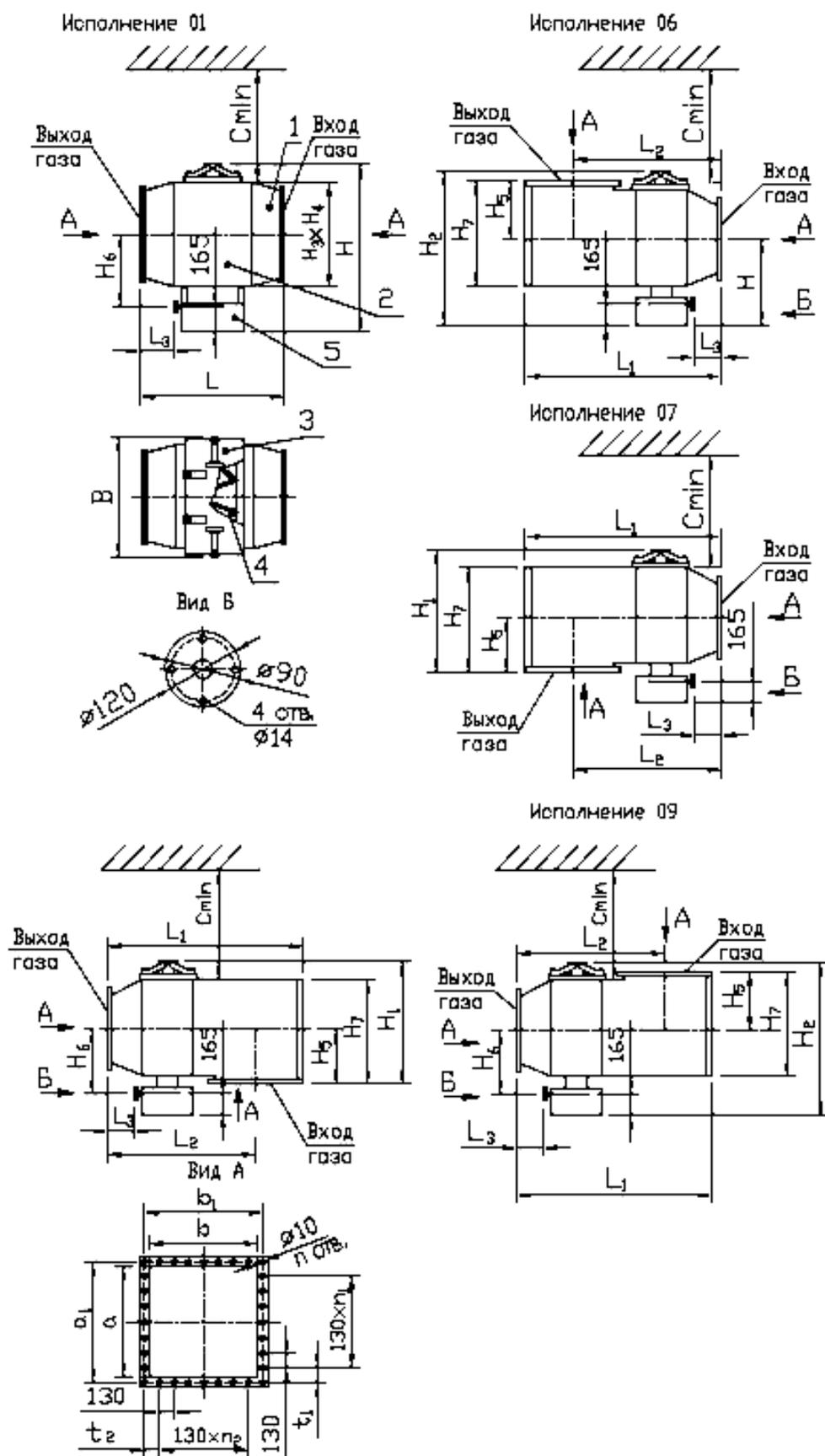


Рис.36. Стационарные фильтры типа ФГВ-Т-М, ФГВ-П-М, ФГВ-М с камерами входа и выхода воздуха исполнения 01, 06, 07, 08, 09 с гидрозатвором: 1 – камера входа газа, 2 – корпус, 3 - монтажный люк, 4 – кассета, 5 – гидрозатвор, 6 – камера выхода газа.

Таблица 7.7

**Габаритные и присоединительные размеры стационарных фильтров типа ФВГ-Т-М, ФВГ-П-М и ФВГ-М с камерами входа и выхода воздуха исполнения 01, 06, 07, 08 и 09 с гидрозатвором, мм**

Тип фильтра	Испол-	L	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	H	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H <sub>4</sub>	H <sub>5</sub>	H <sub>6</sub>	H <sub>7</sub>	B	a	b	a <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	n	n <sub>1</sub>	n <sub>2</sub>	Cmin
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
ФВГ-Т-М-0,37; ФВГ-П-М-0,37; ФВГ-М-0,37	-1	1150	-	-	320	1045	-	-	600	360	-	480	-	420	270	360	450	410	95	75	14	2	2	300
	-6	-	1330	1115	320	-	-	1045	600	360	360	645	660	420	270	360	450	410	95	75	14	2	2	300
	-7	-	1330	1115	320	-	760	-	600	360	360	-	660	420	270	360	450	410	95	75	14	2	2	300
	-8	-	1330	1115	320	-	760	-	600	360	360	480	660	420	270	360	450	410	95	75	14	2	2	300
ФВГ-Т-М-0,74; ФВГ-П-М-0,74; ФВГ-М-0,74	-1	1110	-	-	300	1050	-	-	600	610	-	480	-	670	440	440	490	490	115	115	16	2	2	500
	-6	-	-	-	300	-	-	1050	600	610	360	645	660	670	440	440	490	490	115	115	16	2	2	500
	-7	-	1330	1075	300	-	755	-	600	610	360	-	660	670	440	440	490	490	115	115	16	2	2	500
	-8	-	1330	1075	300	-	755	-	600	610	360	480	660	670	440	440	490	490	115	115	16	2	2	500
ФВГ-Т-М-1,6; ФВГ-П-М-1,6; ФВГ-М-1,6	-01Л	1150	-	-	320	1274	-	-	820	855	-	590	-	915	630	630	680	680	80	80	24	4	4	550
	-01П	1150	1510	1210	320	1274	-	-	820	855	-	590	880	915	630	630	680	680	80	80	24	4	4	550
	-06Л	-	1510	1210	320	-	-	1265	820	855	470	755	880	915	630	630	680	680	80	80	24	4	4	550
	-06П	-	1510	1210	320	-	-	1265	820	855	470	755	880	915	630	630	680	680	80	80	24	4	4	550
	-07Л	-	1510	1210	320	-	980	-	820	855	470	-	880	915	630	630	680	680	80	80	24	4	4	550
	-07П	-	1510	1210	320	-	980	-	820	855	470	-	880	915	630	630	680	680	80	80	24	4	4	550
	-08Л	-	1510	1210	320	-	980	-	820	855	470	590	880	915	630	630	680	680	80	80	24	4	4	550
	-08П	-	1510	1210	320	-	980	-	820	855	470	590	880	915	630	630	680	680	80	80	24	4	4	550
	-09Л	-	1510	1210	320	-	-	1265	820	855	470	590	880	915	630	630	680	680	80	80	24	4	4	550
-09П	-	1510	1210	320	-	-	1265	820	855	470	590	880	915	630	630	680	680	80	80	24	4	4	550	
ФВГ-Т-М-3,2; ФВГ-П-М-3,2; ФВГ-М-3,2	-1	1410	-	-	450	1265	-	-	820	950	-	590	-	1010	820	950	870	1000	110	110	32	5	6	1100
	-6	-	1950	1440	450	-	-	1265	820	950	470	755	880	1010	820	950	870	1000	110	110	32	5	6	1100
	-7	-	1950	1440	450	-	980	-	820	950	470	-	880	1010	820	950	870	1000	110	110	32	5	6	1100
	-8	-	1950	1440	450	-	980	-	820	950	470	590	880	1010	820	950	870	1000	110	110	32	5	6	1100
ФВГ-Т-М-6,4; ФВГ-П-М-6,4; ФВГ-М-6,4	-9	-	1950	1440	450	-	-	1265	820	950	470	590	880	1010	820	950	870	1000	110	110	32	5	6	1100
	-1	1670	-	-	580	2090	-	-	1645	1710	-	1002	-	1770	1300	1300	1350	1350	90	90	44	9	9	1100
	-6	-	2605	1920	580	-	-	2090	1645	1710	882	1167	1705	1770	1300	1300	1350	1350	90	90	44	9	9	1100
	-7	-	2605	1920	580	-	1805	-	1645	1710	882	-	1705	1770	1300	1300	1350	1350	90	90	44	9	9	1100
	-8	-	2605	1920	580	-	1805	-	1645	1710	882	1002	1705	1770	1300	1300	1350	1350	90	90	44	9	9	1100
-9	-	2605	1920	580	-	-	2090	1645	1710	882	1002	1705	1770	1300	1300	1350	1350	90	90	44	9	9	1100	

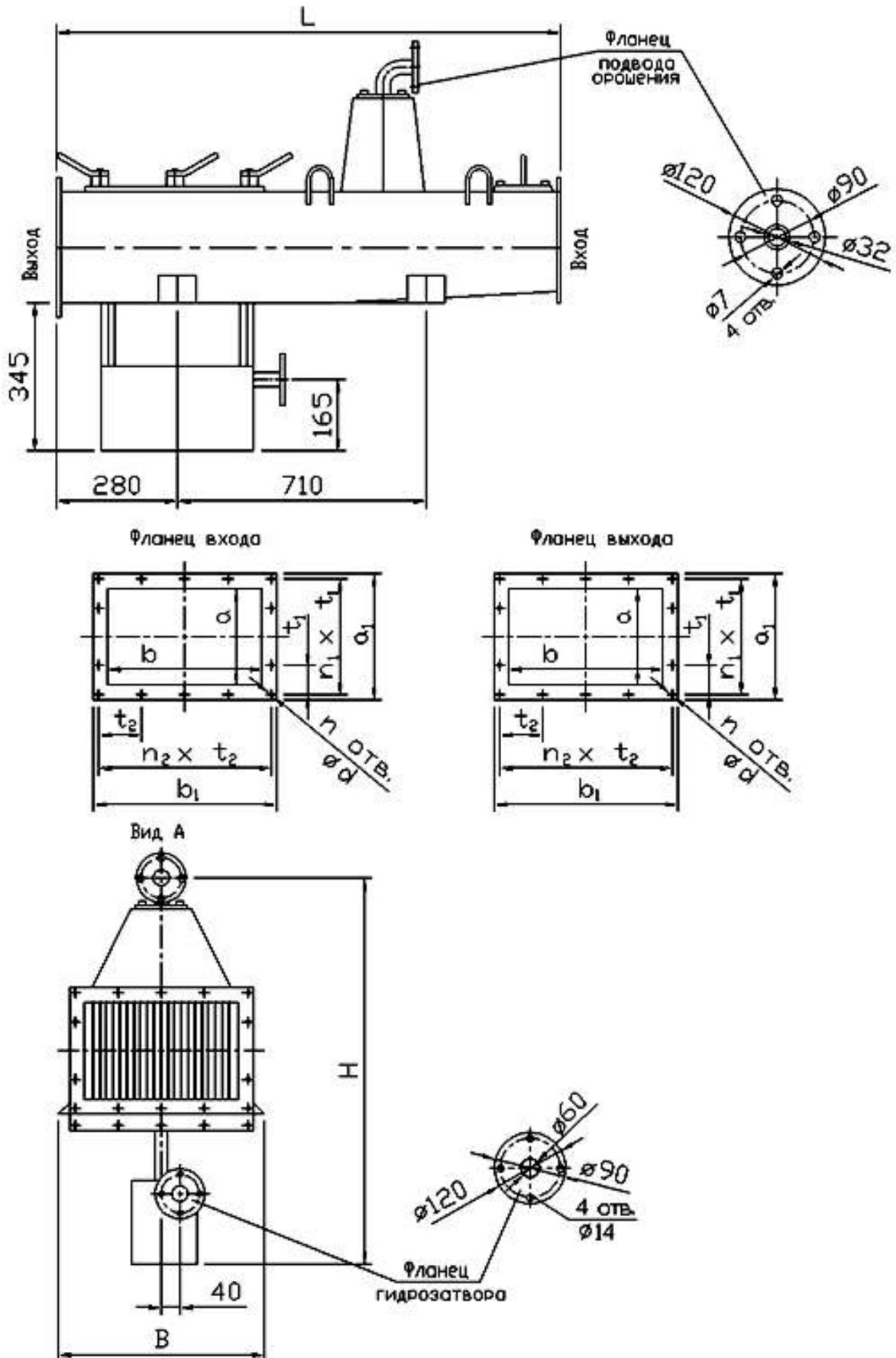


Рис. 37. Стационарные фильтры типа ФВГ-Т-М-КО и ФВГ-П-М-КО, ФВГ-Т-М-С-Ц и ФВГ-П-М-С-Ц, ФВГ-Т-М-Щ и ФВГ-П-М-Щ с камерой орошения

Таблица 7.8

**Габаритные и присоединительные размеры стационарных фильтров типа ФВГ-Т-М, ФВГ-П-М и ФВГ-М  
исполнений –Щ, -КО, -С-Ц, мм**

Тип фильтра	<i>L</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i> <sub>1</sub>	<i>b</i> <sub>2</sub>	<i>t</i> <sub>1</sub>	<i>t</i> <sub>2</sub>	<i>n</i> <sub>1</sub>	<i>n</i> <sub>2</sub>	<i>d</i>	<i>n</i>	Фланец
ФВГ-Т-М-0,37; ФВГ-П-М-0,137 ФВГ-М-0,37	1186	920	494	240	360	304	424	90	100	3	4	10	14	Входной
				270	360	334	424	110	100	3	4	10	14	Выходной
ФВГ-Т-М-0,74; ФВГ-П-М-0,74; ФВГ-М-0,74	1312	1540	510	400	440	470	510	110	96	4	5	10	18	Входной
				440	440	510	510	96	96	5	5	10	20	Выходной
ФВГ-Т-М-1,6; ФВГ-П-М-1,6; ФВГ-М-1,6	1418	1811	750	454	680	521	750	100	120	5	6	10	22	Входной
				493	680	563	750	107	120	5	6	10	22	Выходной

## **7.6. Основные положения, используемые при проектировании систем вентиляции гальванических и травильных цехов**

1. Системы компонуются по видам вредных выделений.
2. Вентиляторы и фильтры располагают в отдельном помещении с отоплением.
3. Воздуховоды прокладываются с уклоном  $i=0,005\div 0,01$  в сторону вентилятора.
4. Вентиляторы компонуют по технологическим линиям.
5. Системы вентиляции должны располагаться из условия размещения приточных и вытяжных общеобменных систем.
6. Запрещается устанавливать зонты на выхлопных шахтах.
7. Запрещается прокладывать напорные воздуховоды через зал цеха открыто.
8. При проектировании систем должно быть минимальное количество проходов через перекрытие и покрытие.
9. Воздухораспределение следует осуществлять над рабочими местами или проездами так, чтобы было минимальное расстояние до зоны дыхания человека, и оно не мешало технологическому производству.
10. Запрещается устанавливать воздухораспределители над технологическим оборудованием.
11. Приточные струи следует направлять так, чтобы они не сбивали факел местных отсосов.
12. При выделении в процессе электролиза чистого водорода удаление воздуха от таких местных отсосов осуществляется эжектором.
13. Запрещается укрывать ванны пеной, если в процессе электролиза образуется водород.
14. В системах вентиляции, удаляющих загрязненный воздух от ванн с токсичными парами, устанавливают 2 параллельных вентилятора (с резервом).

15. Запрещается укрывать ванны поплавокми или шариками, если в них осуществляется обработка мелких изделий в корзинах.

16. От ванн хромирования, никелирования или цинкования конструируются самостоятельные вытяжные системы. У таких систем устанавливают параллельно 2 вентилятора (с резервом).

17. Если местные вытяжные системы обеспечивают воздухообмен более 5 крат, то в данном цехе допускается не проектировать общеобменные вытяжные системы. Если же воздухообмен местными вытяжными системами менее 5 крат, то в таких цехах проектируют общеобменную вытяжную систему с расходом, обеспечивающим однократный воздухообмен.

## **Глава 8. ВЕНТИЛЯЦИЯ МЕХАНОСБОРОЧНЫХ ЦЕХОВ**

Основными видами местных отсосов этих цехов являются кожухи-воздухоприемники.

### **8.1. Кожухи-воздухоприемники**

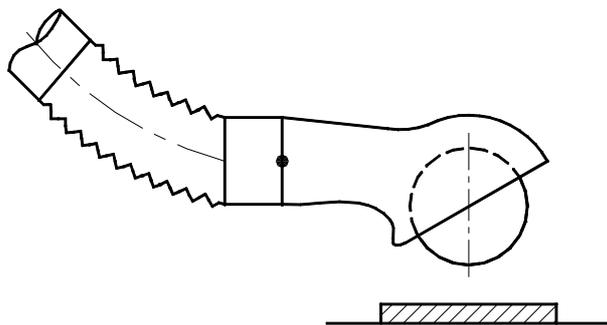
**Кожухи-воздухоприемники** – открытые местные отсосы, удаляющие воздух с примесями от шлифовального, полировального, обдирочного и заточного оборудования [1,2,20].

Количество воздуха, удаляемого местными отсосами, определяется физико-химическими свойствами частиц отходов.

Факел местного отсоса должен полностью улавливать частицы отходов и удалять их за пределы оборудования.

Так как кожухи-воздухоприёмники помимо укрытия режущего элемента защищает человека от травм, то их часто называют **пылезащитными кожухами**.

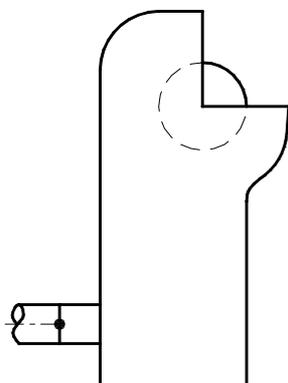
Аэродинамические характеристики шлифовального, полировального и обдирочного оборудования:



Аэродинамические характеристики шлифовального и полировального оборудования:

$$v_{\text{вх}} = 14 \div 18 \text{ м/с}, \xi = 1,5$$

Рис. 38. Шлифовальное и полировальное оборудование.



Аэродинамические характеристики заточного и обдирочного оборудования:

$$v_{\text{вх}} = 17 \div 21 \text{ м/с}, \xi = 3,0$$

Рис. 39. Заточное и обдирочное оборудование.

Данные характеристики приведены в справочной литературе в зависимости от физико-химических свойств отходов и конструкции местного отсоса:

$v_{\text{вх}}$  – скорость в ответвлении местной системы в характерной точке (ось присоединения патрубка местного отсоса).

Расход удаляемого воздуха определяется по выражению:

$$L = v_{\text{вх}} \cdot F \cdot 3600,$$

где  $F$  – площадь поперечного сечения присоединенного патрубка.

Для определения ориентировочных значений расходов в справочной литературе приведены зависимости от диаметра абразивных или полировальных кругов.

Для абразивных кругов:  $L = 2d$  при  $d \leq 250$  мм;

$L = 1,8d$  при  $d = 250 \div 600$  мм;

$L = 1,6d$  при  $d > 600$  мм.

Для полировальных кругов:  $L = 6d$  – при матерчатом круге;

$L = 4d$  – при войлочном круге.

Часто у технологического оборудования механосборочных цехов пылезащитные кожухи имеют форму воронки. Такие кожухи-воздухоприёмники называются **кожухами-воронками**.

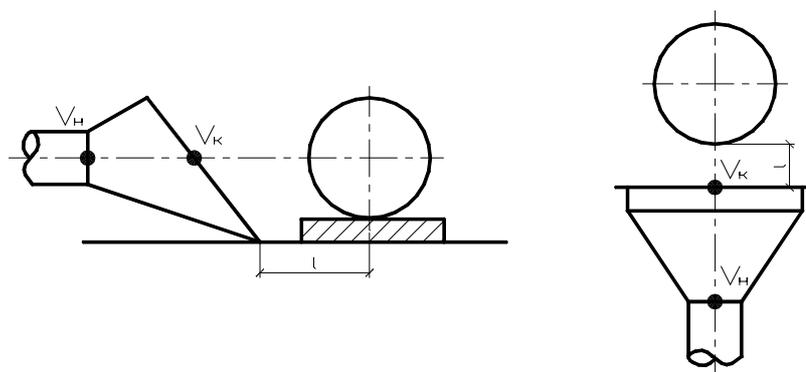


Рис .40. Кожухи-воронки.

Расход воздуха, удаляемого от кожухов-воронок, рассчитывается на максимальную производительность технологического оборудования. Расход зависит от скорости воздуха на входе в воронку  $v_k$ , скорости воздуха на выходе из нее  $v_n$  и расстояния от воронки до места образования отходов  $l$ .

$$L = 3600 \cdot v_n \cdot l^2 \cdot \left( \frac{k_k}{\frac{v_n}{v_k} - 1} \right)^{0,25}, \quad (46)$$

где  $k_k$  – коэффициент, характеризующий конструкцию (форму) воронки от соотношения ее сторон, для воронок круглой формы  $k_k = 7,7$ , прямоугольной –  $k_k = 9,1$ .

Данные приводятся в справочной литературе в зависимости от технологического оборудования, физико-химических свойств примесей и расположения воронки.

## **8.2. Основные положения, используемые при проектировании систем вентиляции механосборочных цехов**

1. Воздуховоды местных вытяжных систем механосборочных цехов конструируются по АЗ-187.
2. Общеобменные системы механосборочных цехов конструируют по ВСН 353-86.
3. При размещении фильтров или сепараторов (циклонов) за вентилятором он конструируется пылевого исполнения.
4. Если фильтр или сепаратор расположен перед вентилятором, то он конструируется обычного исполнения, но среднего или высокого давления.
5. Вентиляторы располагаются за пределами здания или помещения.
6. Системы вентиляции компонуются по видам отходов и в зависимости от объемно-планировочных решений помещения.
7. Воздухораспределение должно быть таким, чтобы приточные струи не сбивали факел местных отсосов.
8. В механосборочных цехах имеются отделения окрасочных и гальванических производств.
9. Очистку воздуха от местных систем осуществляют в аппаратах ПА.

## **Глава 9. ВЕНТИЛЯЦИОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ГОРЯЧИХ ЦЕХОВ**

**Горячими** называются цеха с теплонапряженностью  $q_v > 23 \text{ Вт/м}^3$  и значительными явными теплоизбытками [1,2,8,9,20].

Основными местными отсосами, используемыми в горячих цехах, являются вытяжные зонты.

## 9.1. Вытяжные зонты

**Вытяжной зонт** – это открытый местный отсос, расположенный над технологическим оборудованием и удаляющий вредные газы и пары с плотностью меньше плотности воздуха.

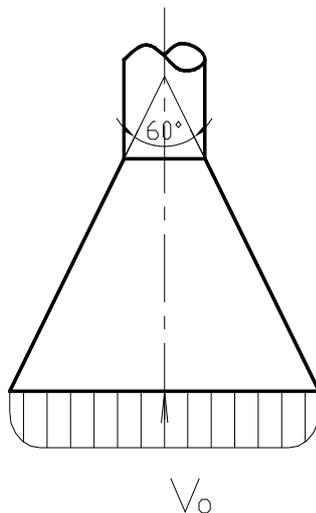


Рис. 41. Вытяжной зонт емкий

Для эффективного улавливания вредных веществ зонт должен иметь плоский профиль скоростей на срезе. Такие зонты называются **емкими**. У них угол раскрытия граней  $60^\circ$ .

Над технологическим оборудованием помещения цеха имеется ограниченный свободный объем для размещения зонтов. Для размещения зонта над оборудованием его изготавливают с другими углами раскрытия граней.

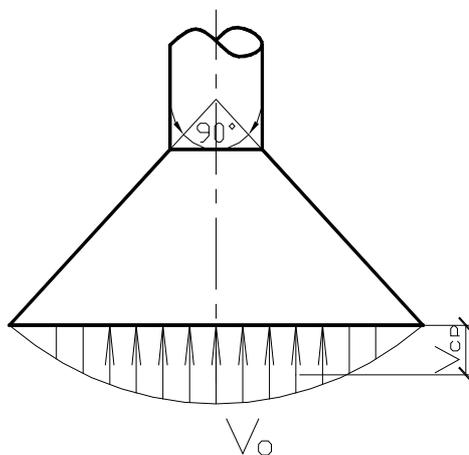


Рис. 42. Вытяжной зонт с углом раскрытия граней  $90^\circ$

У зонтов с углами раскрытия  $90^\circ$  имеется параболический профиль скоростей на срезе. Значение осевой скорости на 65% больше средней скорости в плоскости среза зонта  $v_0 = 1,65 v_{\text{ср}}$ .

Расход воздуха, удаляемого зонтом, определяется по рекомендуемой скорости на срезе зонта и площади среза зонта:

$$L = v_3 \cdot F_3 \cdot 3600.$$

В нормативно-справочной литературе скорость на срезе зонта приводится в зависимости от токсичности и формы зонта,

$$v_3 = 0,2 \div 1,5 \text{ м/с}$$

От зонтов, установленных над варочным оборудованием (варочные плиты), обращенным нагретой поверхностью вверх, расход удаляемого воздуха определяется в зависимости от площадей нагретой поверхности источника и среза зонта, от вертикального расстояния от нагретой поверхности до среза зонта и количества теплоты, выделяемой от нагретой поверхности:

$$L = 125 \cdot \frac{F_3}{F_u} \cdot \sqrt[3]{H \cdot Q_k \cdot F_u^2} . \quad (47)$$

В справочной литературе для электрических плит  $\frac{F_3}{F_u} = 1,2 \div 1,5$ .

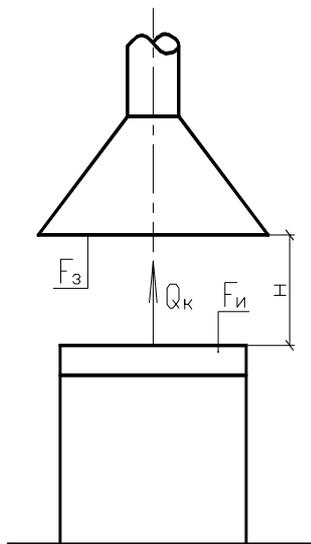


Рис. 43. Установка вытяжного зонта над варочным оборудованием

## 9.2. Классификация вытяжных зонтов

Существует следующая условная классификация зонтов.

1. По конструктивным особенностям:
  - простые (симметричные, несимметричные);
  - зонты-козырьки.
2. По способу улавливания:
  - гравитационные;
  - с механическим побуждением движения воздуха;
  - активизированные поддувом.
3. По расположению:
  - одиночные;
  - групповые.

Зонты-козырьки устанавливаются над загрузочными и выгрузными отверстиями камерных, толкательных и тоннельных печей. При открывании дверцы отверстия в помещение поступает нагретый воздушный поток из печи при отсутствии в ней разрежения, который отклоняется в вертикальном направлении. Этот нагретый воздушный поток должны улавливать зонты-козырьки.

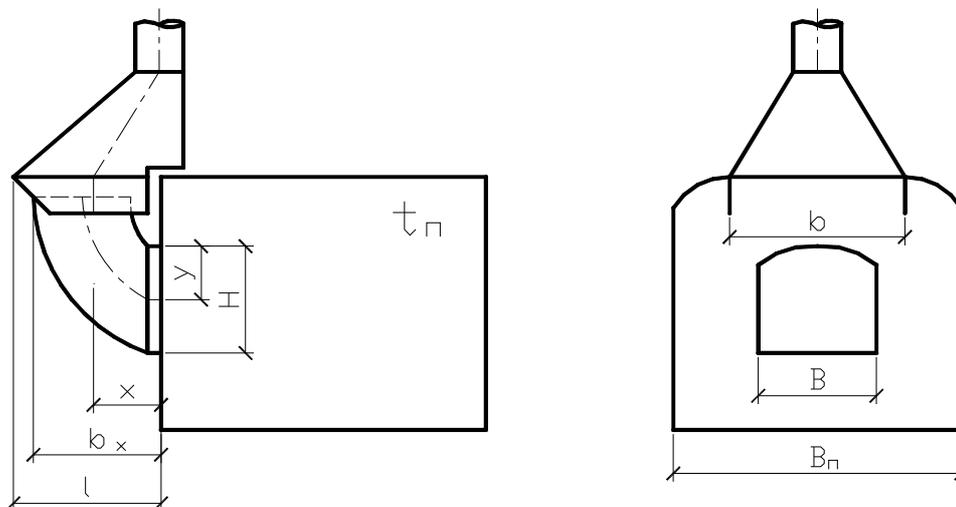


Рис. 44. Зонт-козырек

Для исключения контакта внутреннего воздуха со средой внутри камеры печи за счет большей температуры в камере, давление воздуха в печи не много больше давления воздуха в рабочей зоне, вследствие этого при открывании поток вырывается наружу.

Внутри камеры у задней стенки газовых печей создается разрежение дымососом для отвода продуктов сгорания.

### 9.3. Расчёт зонтов-козырьков над загрузочными отверстиями электрических печей

Для электрических печей расход воздуха, удаляемого зонтиками-козырьками, определяется по зависимости:

$$L = \frac{B \cdot L'}{H}, \quad (48)$$

то есть расход удаляемого воздуха определяется геометрическими размерами загрузочно-выгрузного отверстия  $B$  и  $H$  и комплексным показателем  $L'$ .

Комплексный показатель  $L'$  зависит от высоты и относительной температуры и рассчитывается по выражению:

$$L' = 7700 \cdot H^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{\sqrt[3]{n}}{\sqrt[3]{n+1}} \cdot \sqrt{\frac{\sqrt[3]{n}}{\sqrt[3]{n+1}} \cdot (n-1)}, \quad (49)$$

где  $n$  – отношение абсолютной температуры горячих газов в печи к абсолютной температуре воздуха в рабочей зоне:

$$n = \frac{T_{\Gamma}}{T_{\text{в}}} \approx \frac{\rho_{\text{в}}}{\rho_{\Gamma}}. \quad (50)$$

Температура горячих газов принимается равной температуре в камере печи.

Значение  $L'$  также определяется в справочной литературе по графику в зависимости от  $H$  и  $n$ .

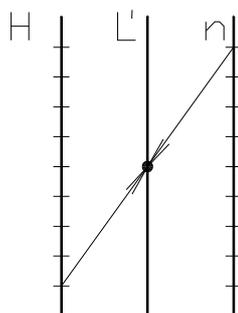


Рис. 45. Зависимость комплексного показателя  $L'$  от  $H$  и  $n$ .

Для зонтов-козырьков со шторками ширина принимается не менее ширины отверстия + 200 мм (с каждого края по 100 мм):

$$b \geq B + 200 \text{ мм.} \quad (51)$$

Для зонтов-козырьков без шторок ширина принимается не менее ширины отверстия, плюс 400 мм (с каждого края по 200 мм):

$$b \geq B + 400 \text{ мм.}$$

Вылет зонта-козырька должен быть не меньше высоты отверстия с запасом 20-25%:

$$l \geq (1,2 \div 1,25) H. \quad (52)$$

#### 9.4. Расчёт зонтов-козырьков над загрузочными отверстиями печей, работающих на жидком или газообразном топливах

Для печей, работающих на жидком или газообразном топливах, дымососы рассчитывают на расход, равный количеству образующихся продуктов сгорания. В камере печи всегда существует избыточное давление за счёт нагретого воздуха, препятствующее попаданию воздуха помещения в камеру печи. Тогда условно приняв значение давления на нижней кромке отверстия равным нулю, то располагаемое давление на верхней кромке отверстия будет определяться по зависимости:

$$P_p = H \cdot (\gamma_v - \gamma_r). \quad (53)$$

Среднее значение давления на срезе отверстия при открывании дверцы будет рассчитываться по выражению:

$$P = \frac{2}{3} \cdot H \cdot \Delta\gamma. \quad (54)$$

За счет избыточного давления в камере воздух начнет выходить из отверстия при открывании дверцы со скоростью, определяемой по формуле:

$$v = \mu_{yx} \cdot \sqrt{\frac{2P}{\rho_{\Gamma}}}, \quad (55)$$

где  $\mu_{yx}$  – коэффициент расхода, принимается из справочной литературы в зависимости от конструкции дверцы печи,

$$\mu_{yx} = \frac{1}{\sqrt{\xi_{\text{отв}}}}. \quad (56)$$

Для наиболее распространенных конструкций распашных отверстий  $\mu_{yx} = 0,65$ .

Для отверстий сложной конфигурации, отличающейся от прямоугольной, эквивалентный диаметр определяется по выражению:

$$d_{\text{эКВ}} = \frac{4 \cdot F_{\text{отв}}}{\Pi_{\text{отв}}}. \quad (57)$$

При выходе горячего воздуха из отверстия за счет гравитационных и инерционных сил этот поток начнет отклоняться в вертикальном направлении, соотношение этих сил характеризуется критерием Архимеда, который для инженерных расчетов записывается в виде:

$$Ar = g \cdot \frac{d_{\text{эКВ}}}{v^2} \cdot \frac{T_{\Gamma} - T_{\text{В}}}{T_{\text{В}}}, \quad (58)$$

$$\frac{T_{\Gamma} - T_{\text{В}}}{T_{\text{В}}} = \frac{\rho_{\text{В}} - \rho_{\Gamma}}{\rho_{\Gamma}}. \quad (59)$$

В выражении (58) соотношение плотностей заменено приблизительно равным соотношением абсолютных температур (59).

Вылет оси факела относительно среза отверстия рассчитывается по зависимости:

$$x = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot m \cdot y \cdot d_{\text{эКВ}}^2}{Ar}}, \quad (60)$$

где  $m$  – коэффициент затухания скорости.

Размер границы факела на входе в зонт от среза отверстия определяется по эмпирической зависимости:

$$b_x = H + 0,4x. \quad (61)$$

Вылет зонта-козырька должен удовлетворять неравенству  $l \geq b_x$ .

При наличии шторок ширина зонта  $b \geq B + 200$  мм. Если шторки у зонтов отсутствуют, то его размеры следует определять из условия угла раскрытия факела, равного  $22^\circ$  ( $\alpha = 22^\circ$ ). Для зонтов-козырьков без шторок, как правило, ширина принимается не менее ширины отверстия, плюс 400 мм (с каждого края по 200 мм):

$$b \geq B + 400 \text{ мм.}$$

В основном, в горячих цехах зонты конструируются осесимметричными, но иногда из-за объемно-планировочных решений помещений и места установки оборудования зонты конструируют не осесимметричными.

Как правило, в горячих цехах удаление воздуха осуществляется гравитационным способом, так как существует значительная разность плотностей наружного воздуха и воздуха у нагретого оборудования. Но при больших расходах или невозможности размещения вытяжных шахт над оборудованием из-за наличия мостовых кранов, подкрановых балок или тельферов конструируют механические системы с расположением вентиляторов снаружи здания. Транзитные воздуховоды прокладываются в подпольных каналах или в верхней зоне цеха. Это связано с тем, что механическая прочность элементов вентилятора защищена от тепловых воздействий максимум до  $110^\circ\text{C}$  (при кратковременном воздействии до  $130^\circ\text{C}$ ), поэтому для охлаждения корпуса вентилятора его размещают снаружи здания.

В горячих цехах, помимо камерных, используются ленточные, толкательные и тоннельные печи. Поэтому у такого оборудования зонты устанавливаются не только у загрузочных и выгрузочных отверстий, но и у ванн закалки и отпуска, расположенных в технологической цепи термической (тепловой) обработки металлов.

В горячих цехах имеются печи цилиндрической формы – шахтные печи. У большинства шахтных печей загрузочное отверстие находится сверху, оно оборудуется телескопической крышкой, поэтому у этих печей местными отсосами являются **простые кольцевые или полукольцевые** отсосы. Обычные кольцевые отсосы устанавливаются у шахтных печей с полной автоматизацией технологического процесса. Если для проведения технологического процесса необходимо присутствие человека (даже кратковременное), то у таких шахтных печей устанавливают обычные полукольцевые отсосы.

Кольцевые и полукольцевые отсосы конструируют по типовым альбомам – местные отсосы для технологического оборудования горячих цехов. По форме они похожи на простые кольцевые и полукольцевые отсосы у гальванических цилиндрических ванн.

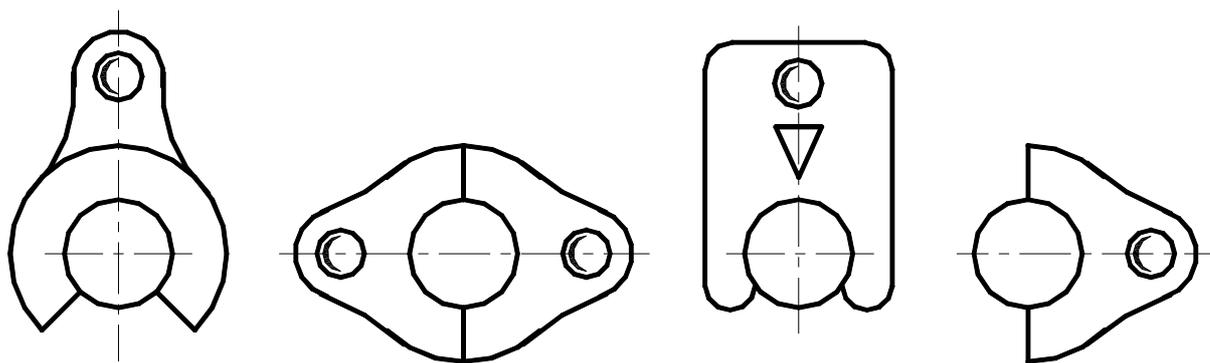


Рис. 46. Простые кольцевые и полукольцевые отсосы.

Расход удаляемого воздуха определяется по допустимой скорости и площади щели всасывания. Значения допустимой скорости и высоты щели всасывания обычных кольцевых отсосов приведены в справочной литературе в зависимости от токсичности образующихся вредных выделений при тепловой обработке металла:

$$L = v_{\text{доп}} \cdot F_{\text{щ}} \cdot 3600.$$

**Зависимость геометрических размеров всасывающих отверстий  
от аэродинамических характеристик и ПДК**

ПДК, мг/м <sup>3</sup>	$v_{доп}$ , м/с	$b_{ш}$ , мм
1	2	3
~100	4÷6	50÷60
~10	6÷10	60÷100
~1	10÷20	100÷200

### 9.5. Расчёт и конструирование систем воздушного душирования

Система воздушного душирования предназначена для подачи приточного воздуха на конкретные рабочие места с целью обеспечения на них нормированных метеорологических условий [1,2,7,8,9,11,19,20,21].

Нормированные параметры воздуха для воздушного душирования приведены в прил. Е СНиП 41-01-2003 [18] и в прил. 3 СНиП 2.04.05-91\* [17].

Душирующие системы рекомендуется устанавливать у оборудования, от которого на рабочее место падает радиационный поток. Если радиационный поток при периодическом пребывании человека на рабочем месте 350 Вт/м<sup>2</sup> и более, то у таких рабочих мест конструируют систему воздушного душирования. При постоянном пребывании человека на рабочем месте системы воздушного душирования конструируются при радиационном излучении 140 Вт/м<sup>2</sup> и более.

Негативное воздействие на поверхность тела человека оказывает радиационная теплота, а также образующиеся токсичные выделения при тепловой обработке изделия, поэтому расчеты систем воздушного душирования проводят не только для исключения перегрева поверхности тела человека, но и для исключения попадания факела вредных выделений в зону дыхания человека.

При расчете систем воздушного душирования решают две задачи: прямую и обратную.

При решении прямой задачи по принятым параметрам определяется площадь поперечного сечения душирующих патрубков и расходы воздуха через патрубки на рабочее место.

При решении обратной задачи определяются параметры приточного воздуха по известным расходам и конструктивным размерам душирующих патрубков.

В настоящее время применяются следующие марки душирующих патрубков систем воздушного душирования:

ППД – патрубок поворотный душирующий для душирования отдельных рабочих мест;

ПДн и ПДв – патрубки душирующие с нижним подводом и верхним подводом воздуха для душирования близко расположенных рабочих мест;

ВГК – воздухораспределитель с горизонтальными компактными струями для душирования одновременно нескольких рабочих мест.

Существуют следующие основные требования при конструировании систем воздушного душирования.

- Расстояние от среза душирующего патрубка до рабочего места должно быть не менее 1 м.
- Площадь сечения душирующего патрубка должна быть более  $0,1 \text{ м}^2$ .
- При радиационном воздействии для предотвращения перегрева поверхности тела человека струи направляются на грудь и лицо человека горизонтально либо сверху под углом  $45^\circ$ .
- Для исключения попадания вредных газов и паров в зону дыхания человека горизонтальные приточные струи направляют на лицо или сверху под углом  $45^\circ$  на лицо.

## **9.6. Порядок расчёта систем воздушного душирования с изоэнтальпийным охлаждением для теплого периода года**

9.6.1. Из нормативно-справочной документации принимаются значения  $t_{\text{норм}}$ ,  $v_{\text{норм}}$ ,  $c_{\text{норм}}$  (нормированные параметры).

9.6.2. Принимается значение расстояние от среза душирующего патрубка до рабочего места  $x$ .

9.6.3. Выбирается тип душирующих патрубков и их аэродинамические характеристики  $m$ ,  $n$ ,  $\xi$ .

9.6.4. По  $J-d$  диаграмме при адиабатическом увлажнении и охлаждении приточного воздуха определяются значения параметров приточного воздуха на выходе из воздухораспределителя  $t_{\text{ох}}$ .

1. Если  $t_{\text{ох}} \geq t_{\text{норм}}$ , то воздух обрабатывается в приточной камере с оросительной секцией (без холодильной установки) или в кондиционере с оросительной секцией за счёт испарительного охлаждения при выключенной холодильной установке.

2. Если  $t_{\text{ох}} < t_{\text{норм}}$ , то приточный воздух подвергается политропной обработке в кондиционере с оросительной секцией с работающей холодильной установкой или в современных кондиционерах с поверхностными хладообменниками.

3. Современные кондиционеры оборудуются поверхностными хладообменниками, которые охлаждают воздух по  $d=\text{const}$  или с частичным осушением его при гибком регулировании холодопроизводительности холодильной установки (чиллера) в обоих случаях.

9.6.5. Определяются площадь душирующего патрубка  $F_0$ , расход воздуха  $L_0$  через него, температура  $t_0$  и скорость  $v_0$ .

4. При изоэнтальпийной (адиабатной) схеме обработке приточного воздуха  $t_{\text{ох}} \geq t_{\text{норм}}$  расчетное значение площади душирующего патрубка  $F_0$  определяется по зависимости:

$$F_{\text{оп}} = \left[ \frac{(t_{\text{р.з.}} - t_{\text{норм}})}{(t_{\text{р.з.}} - t_{\text{охл}})} \cdot \frac{x}{n} \right]^2. \quad (62)$$

Расчетное значение площади округляют до стандартного большего значения  $F_0$ .

9.6.6. Рассчитывают длину начального участка по скорости по выражению:

$$x_{nv} = m \cdot \sqrt{F_0}. \quad (63)$$

9.6.7. По этой величине находят значение скорости струи на выходе из душирующего патрубка:

$$\begin{aligned} \text{если } x \leq x_{nv}, \text{ то} & \quad v_0 = v_{\text{норм}}; \\ \text{если } x > x_{nv}, \text{ то} & \quad v_0 = v_{\text{норм}} \cdot \frac{x}{x_{nv}}. \end{aligned} \quad (64)$$

9.6.8. После определения значений  $v_0$  и  $t_0$  рассчитывают расход воздуха, поступающего на рабочее место из душирующего патрубка:

$$L_0 = v_0 \cdot F_0 \cdot 3600.$$

9.6.9. Рассчитывают значение длины начального участка струи по температуре

$$x_{nt} = n \cdot \sqrt{F_0}. \quad (65)$$

9.6.10. Проводят сравнительный анализ для определения температуры приточного воздуха:

$$\begin{aligned} \text{если } x < x_{nt}, \text{ то температура приточного воздуха } t_0 &= t_{\text{норм}}; \\ \text{если } x \geq x_{nt}, \text{ то температура приточного воздуха } t_0 & \end{aligned}$$

$$t_0 = t_{\text{р.з.}} - (t_{\text{р.з.}} - t_{\text{норм}}) \cdot \frac{x}{x_{nt}}. \quad (66)$$

Выражение (66) получилось из уравнения (62) подстановкой в него  $F_0$  и  $t_0$  вместо  $t_{\text{ох}}$

Результирующее значение  $t_0$  должно удовлетворять неравенству  $t_0 \geq t_{\text{ох}}$ . Если  $t_0 < t_{\text{ох}}$  то в этом случае (для систем без работающей холодильной установки) изменяют значение  $x$  и расчет повторяют сначала. Если и в результате повторного пересчета  $t_0 < t_{\text{ох}}$ , то изменяют параметры  $t_{\text{норм}}$ .

5. При политропной схеме обработки приточного воздуха  $t_{\text{ох}} < t_{\text{норм}}$  используется кондиционеры с холодильными установками (чиллерами).

### 9.7. Порядок расчёта систем воздушного душирования с политропным охлаждением для теплого периода года

Порядок расчета в этом случае аналогичен вышеприведенному для адиабатной схемы обработки воздуха, только со своими зависимостями определяемых величин.

9.7.1. Расчетная площадь душирующего патрубка определяется по зависимости:

$$F_{op} = \left( \frac{x}{n} \right)^2. \quad (67)$$

Полученное значение площади округляют до стандартного значения  $F_o$ .

9.7.2. Определяют значение длины начального участка струи по скорости:

$$x_{nv} = m \cdot \sqrt{F_o}.$$

В результате сравнительного анализа  $x$  со значением  $x_{nv}$  определяют скорость струи приточного воздуха.

9.7.3. Рассчитывают расход воздуха, поступающего на рабочее место из душирующего патрубка,

$$L_o = v_o \cdot F_o \cdot 3600.$$

9.7.4. Определяют длину начального участка струи по температуре

$$x_{nt} = n \cdot \sqrt{F_o}.$$

9.7.5. Проводят сравнительный анализ для определения температуры приточного воздуха:

если  $x < x_{nt}$ , то температура приточного воздуха  $t_o = t_{\text{норм}}$ ;

если  $x \geq x_{nt}$ , то температура приточного воздуха  $t_o$

$$t_o = t_{\text{р.з.}} - (t_{\text{р.з.}} - t_{\text{норм}}) \cdot \frac{x}{x_{nt}}.$$

Вышеприведенные расчеты соответствуют решению прямой задачи для теплого периода года.

### **9.8. Порядок расчёта систем воздушного душирования для разбавления концентрации вредных компонентов в теплый период года**

При выделении в рабочей зоне не только теплоты, но и вредных компонентов, данный расчет проводят для разбавления концентрации вредных компонентов до значений, нормируемых на конкретном рабочем месте. Порядок расчета аналогичен.

Расчетная площадь душирующего патрубка определяется по зависимости:

$$F_{op} = \left[ \frac{(c_{p.m.} - c_{ПДК}) \cdot x}{(c_{p.m.} - c_o) \cdot n} \right]^2, \quad (68)$$

где  $c_{p.m.}$  – значение концентрации вредного компонента на конкретном рабочем месте, принимается по справочнику.

Данный расчет проводится для каждого компонента, входящего в смесь с минимальным значением ПДК.

По значению  $F_{op}$  определяется ближайший больший стандартный размер  $F_o$ , и расчет повторяют заново.

Из всех вышеприведенных расчетов к проектированию принимают больший.

Для теплого периода решается прямая задача.

Для холодного и переходного периодов решают обратную задачу, то есть при известных конструктивных решениях и расходах определяют значение температуры на выходе из душирующего патрубка. Пересчет ведут по выражению (66), так как изменились  $t_{p.z.}$  и  $t_{норм.}$

## 9.9. Основные положения, используемые при проектировании систем вентиляции горячих цехов

- Горячие цеха имеют сухой влажностный режим помещений, поэтому в них проектируют системы вентиляции и системы кондиционирования воздуха.

- Для обеспечения требуемых параметров на рабочих местах необходимо теплоизолировать воздуховоды приточных систем. Т.к. в кондиционерах и оросительных камерах происходит тепловлажностная обработка воздуха, то приточные воздуховоды систем кондиционирования воздуха выполняются из оцинкованной стали.

- В горячих цехах проектируют общеобменные приточные системы и местные приточные системы воздушного душирования, которые обеспечивают нормируемые параметры на рабочих местах с постоянным пребыванием человека при тепловом потоке  $140 \text{ Вт/м}^2$  и более и периодическом пребывании человека или периодическом тепловом воздействии при  $q \geq 350 \text{ Вт/м}^2$ .

- Для энергосбережения следует применять теплоутилизаторы.

- Перечень оборудования горячих цехов, у которых необходимо проектировать системы воздушного душирования на рабочих местах, приведен в справочнике проектировщика.

- При наличии общеобменных и местных приточных систем в горячих цехах всегда существует положительный дебаланс по воздуху  $+\Delta G$ , тогда расход, удаляемый общеобменными вытяжными системами, определяется как разность между суммарным приточным расходом в цех и расходом воздуха, удаляемого местными системами вентиляции:

$$G_{yx} = G_{пр \Sigma} - G_{yx \text{ м.с.}}$$

- Воздух в горячих цехах имеет высокую температуру, поэтому предпочтительнее проектировать гравитационные вытяжные системы вентиляции. При отсутствии возможности проектирования гравитационных вытяжных систем вентиляции проектируют механические вытяжные системы вен-

тиляции с размещением вентилятора снаружи здания для охлаждения его корпуса.

- Воздухораспределение следует проектировать непосредственно в рабочую зону с минимальным расстоянием от воздухораспределителя до зоны дыхания человека, т.е. воздухораспределители следует устанавливать непосредственно у рабочих мест. Это связано с наличием мощных конвективных восходящих потоков. При отсутствии возможности размещения воздухораспределителей у рабочих мест воздухораспределение организуется компактными наклонными струями.

- Воздухораспределение следует организовывать таким образом, чтобы исключить пересечение приточных струй с зоной действия конвективных потоков у оборудования и сдув факела местных отсосов приточными струями.

- Вытяжные системы вентиляции компонуются не только по видам вредных выделений, но и по конструктивным особенностям местных отсосов, а также в зависимости от режима работы технологического оборудования.

- В горячих цехах с непрерывной разливкой стали в желоба конструируют специальные приточные системы вентиляции для охлаждения поверхности этих желобов.

- При наличии систем кондиционирования воздуха в горячих цехах аэрация исключена, но при отключении системы кондиционирования воздуха на ревизионный плановый ремонт воздухообмены в горячих цехах обеспечиваются только аэрацией (1÷1,5 мес.).

- Горячие цеха имеют все вышеприведенные виды технологического оборудования (окрасочное, гальваническое, механосборочное оборудование).

## Глава 10. СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ СБОРОЧНО-СВАРОЧНЫХ ЦЕХОВ

В сборочно-сварочных цехах расход удаляемого воздуха зависит от особенностей сварочного процесса, от вида электродов или используемых газов на горение, а также от типа свариваемого металла [2,20].

Место проведения сварочных работ называется постом сварщика.

### 10.1. Вертикальные панели всасывания

В зависимости от условий выполнения работ расход воздуха, удаляемый вертикальными панелями всасывания, зависит от конструкции панели и ее расположения, геометрических размеров сварочного паста и тепловой мощности конвективного потока от электрической дуги.

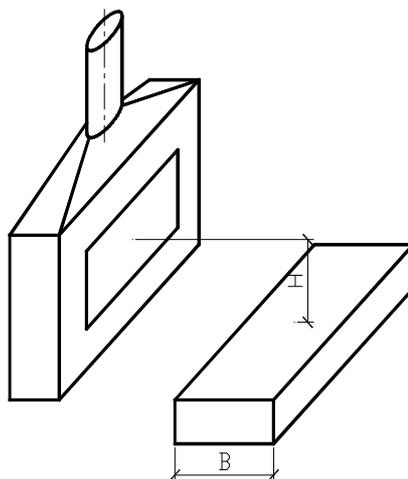


Рис. 47. Вертикальная панель всасывания

$$L_{yx} = C_{пан} \cdot \sqrt[3]{Q_k \cdot (B + H)^5}, \quad (69)$$

где  $C_{пан}$  – коэффициент, характеризующий конструкцию и размещение вертикальной панели всасывания (принимается из справочной литературы);

$$Q_k = k_{св} \cdot N_{эл}, \quad (70)$$

$k_{св}$  – коэффициент, характеризующий условия проведения сварочных работ,  $k_{св}=0,1$  – при сварке под слоем флюса,  $k_{св}=0,25$  – при обычной электродуговой сварке,  $k_{св}=0,3$  – при сварке в среде углекислого газа.

Флюс – органическая присадка, предотвращающая разбрызгивание расплавленного металла, исключая контакт сварного шва с кислородом воздуха и снижающая ультрафиолетовую радиацию на рабочем месте.

$$N_{эл} = J \cdot U. \quad (71)$$

При силе тока  $J \leq 50$  А – сварка, при  $J > 50$  А – резка.

На конкретном рабочем месте (сварочном посту) выполняются различные виды сварочных работ, поэтому разработана универсальная зависимость для расчета количества воздуха, удаляемого от сварочного поста.

$$L_{yx} = k_{v\text{ св}} \cdot L_o, \quad (72)$$

где  $L_o$  – нормативный расход, приведенный в справочной литературе для конкретных видов сварочных работ;

$k_{v\text{ св}}$  – коэффициент запаса по скорости, учитывающий особенности проведения сварочного процесса (принимается из справочной литературы).

## 10.2. Наклонные панели всасывания (панели Чернобережского)

Для наиболее распространенных видов местных отсосов, к которым относятся наклонные всасывающие панели (панели Чернобережского), в справочной литературе приведены поля скоростей при нормированных расходах соответствующих видов сварочных работ.

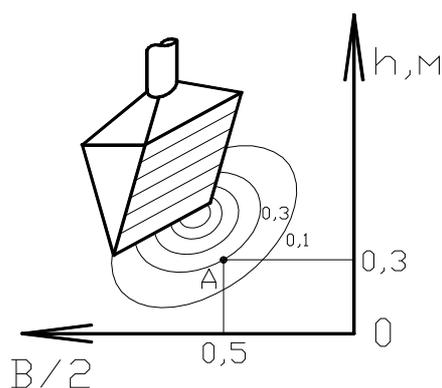


Рис. 48. Наклонная панель всасывания:  $h$  – высота свариваемого изделия;  $B/2$  – полуширина сварочного поста

Расход удаляемого воздуха определяется пропорционально пересчетом. Например, при необходимости обеспечения нормального качества и условий сварки у точки сварки скорость должна быть 0,6 м/с ( $v_0 = 0,6$  м/с) при высоте свариваемого изделия  $h = 0,3$  м и полуширине сварочного поста  $B/2 = 0,5$  м. Требуется определить расход  $L_{yx}$ .

Если определенное значение скорости по полям  $v_{\Pi}$  по вышеприведенным данным при нормируемом расходе (значение в точке А)  $v_A = 0,3$  м/с, то за расчетный расход удаляемого воздуха принимают значение  $L_{yx}$ , определенное при  $v_0 = 0,6$  м/с.

У постов резки металла удаление воздуха осуществляется через нижнюю зону стола сварщика. Расход удаляемого воздуха определяется через удельный расход и площадь горизонтальной поверхности стола резки:

$$L_{yx} = k_{v\text{ св}} \cdot L_{уд} \cdot F_{ст}. \quad (73)$$

где  $L_{уд}$  – удельный расход,  $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ , значения которого приведены в литературе в зависимости от особенностей условий резки;

$k_{v\text{ св}}$  – коэффициент, корректирующий особенности резки на данном рабочем месте.

Для постов полуавтоматической и автоматической сварки расход удаляемого воздуха зависит от силы тока:

$$L_{yx} = k_{1\text{ св}} \cdot \sqrt[3]{J}, \quad (74)$$

где  $k_{1\text{ св}}$  – коэффициент, характеризующий условия сварки и конструкцию местного отсоса, принимается из справочной литературы. Для автоматической сварки с щелевым местным отсосом  $k_{1\text{ св}} = 12$ , для обычной сварки с воронкообразным отсосом  $k_{1\text{ св}} = 16$ .

Из вышесказанного можно сделать следующий вывод: все виды сварочных работ рассчитываются из конкретных условий, т.е. если на одном сварочном посту протекают различные операции сварочных работ, то необходимо регулировать расход удаляемого воздуха при проведении определенного типа сварки. Т.к. в реальных условиях каждый сварочный пост имеет вытяжную местную систему, рассчитанную по доминирующей операции

сварки, то не весь сварочный аэрозоль улавливается местными отсосами при различных операциях и попадает в объем помещения. Таким образом в помещении постоянно накапливаются вредные вещества, которые необходимо дополнительно разбавлять до концентрации, не превышающей ПДК.

В СНиП 41-01-2003 прил. Л [18] и СНиП 2.04.05-91\* в прил.17 [17] для удобства использования приведены расчетные формулы приточной вентиляции, определяющие расход приточного воздуха для разбавления вредных веществ и компенсации вытяжки по доминирующим видам вредных веществ:

$$L_{\text{пр}} = L_{\text{м.о.}} + \frac{m_{\text{р.оп}} - L_{\text{м.о.}} \cdot (c_{\text{р.з.}} - c_{\text{пр}})}{c_{\text{ух}} - c_{\text{пр}}}, \quad (75)$$

где  $m_{\text{р.оп}}$  – количество вредных веществ (сварочного аэрозоля), попадающее в помещение мимо местных отсосов,

$$m_{\text{р.оп}} = (0,01 \div 0,25) m_{\text{р.о.}}, \quad (76)$$

Где:  $m_{\text{р.о}}$  – количество вредного вещества, образующееся при сварочных работах;

$L_{\text{м.о.}}$  – производительность местной вытяжной системы;

$c_{\text{р.з.}}$  – концентрация вредного вещества в рабочей зоне помещения, при отсутствии данных  $c_{\text{р.з.}} = c_{\text{пдк}}$ ;

$c_{\text{пр}}$  – концентрация этих вредных веществ в приточном воздухе, при отсутствии данных

$$c_{\text{пр}} = 0,3 \cdot c_{\text{пдк}}, \quad (77)$$

$c_{\text{уд}}$  – концентрация вредных веществ в удаляемом воздухе, при отсутствии данных

$$c_{\text{уд}} = c_{\text{р.з.}} \cdot \quad (78)$$

Количество общеобменной вытяжки при этих условиях будет определяться как разность массового расхода приточного воздуха за вычетом массового расхода воздуха, удаляемого местными вытяжными системами.

$$G_{\text{ух}} = G_{\text{пр}} - G_{\text{м.о.}} \quad (80)$$

### 10.3. Современные местные отсосы на гибких воздуховодах

В настоящее время наиболее эффективными местными вытяжными системами в сборочно-сварочных цехах являются системы из воздуховодов с гибкими вставками, закреплённые на растяжках. Они были разработаны шведской фирмой «Plimyth» и выпускаются совместным российско-шведским предприятием «Совплим». Отечественной промышленностью выпускаются аналогичные системы типа «Лиана».

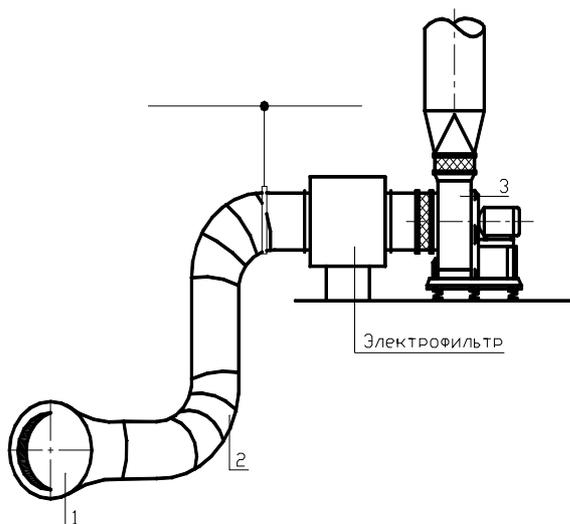


Рис. 49. Системы воздуховодов с гибкими ветками: 1 – диффузор ( $\text{Ø}200\div315$  мм); 2 – гибкий воздуховод с металлическими вставками на растяжках ( $\text{Ø}160\div180$  мм); 3 – вентилятор высокого давления. Он имеет производительность в зависимости от вида сварочных работ: при пайке  $L = 75\div400$  м<sup>3</sup>/ч, для сварочных работ  $L=400\div800$  м<sup>3</sup>/ч (оптимальный расход  $L = 600\div800$  м<sup>3</sup>/ч)

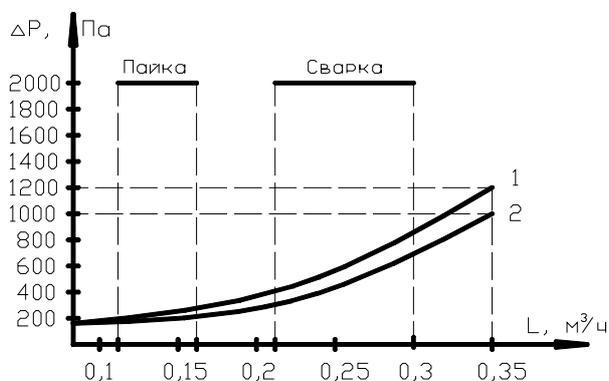


Рис.50. Производительность вытяжной системы с гибким воздуховодом: 1 – воздуховод  $\text{Ø}160$  или  $\text{Ø}180$  при длине воздуховода 6÷8 м; 2 – то же при длине воздуховода 3÷4,5 м.

Эти системы являются мобильными, поэтому графики для определения потерь давления в воздуховодах в зависимости от расхода приведены для конкретной стандартной длины воздуховода.

Данные системы позволяют наиболее эффективно улавливать вредные вещества, выделяющиеся при различных видах сварочных работ.

#### **10.4. Современное оборудование сборочно-сварочных цехов**

Для очистки воздуха от сварочного оборудования производители предлагают широкий спектр оборудования: портативные переносные фильтровентиляционные агрегаты, передвижные фильтровентиляционные агрегаты, энергосберегающие автоматы, переносные вентиляторы с гибкими шлангами.

##### **Передвижные фильтровентиляционные агрегаты**

##### **Плимут R3, R4 и R5**

Агрегаты могут удалять воздух от мест сварки или от шлифовальных станков через одну воздухоприемную воронку, присоединенную к гибкому шлангу диаметром 125 мм и длиной 2 м с подъемноповоротным механизмом, фиксирующим положение воронки в пространстве на высоте до 2,7 м, либо через три, четыре или пять воздухоприемников (по 150 м<sup>3</sup>/ч через каждый) со шлангами диаметром 45 мм. Улавливание сварочного дыма через воздухоприемную воронку, установленную на высоте 0,3 м, осуществляется с площади диаметром 0,5 м. Агрегаты работают от однофазного источника электропитания напряжением 220 В, а агрегаты R4 и R5 также работают от трехфазного источника напряжением 380 В. Мощность, потребляемая вентиляторами агрегатов, составляет соответственно 3X1 кВт, 4X1 кВт и 5X1 кВт. В агрегатах осуществляется двухступенчатая очистка воздуха: в циклоне, где происходит отделение крупных частиц, и в основном фильтре с площадью активной фильтрующей поверхности 20 м<sup>2</sup>, обеспечивающем эффективность очистки не менее 99%. Предусмотрено место и для третьей ступени очистки

в специальных фильтрах. Замена основного фильтра требуется после использования нескольких тысяч электродов. Агрегаты имеют устройство для автоматического включения вентилятора при начале сварки и выключения его через 15-90 секунд после ее окончания.



Рис. 51. Передвижные фильтровентиляционные агрегаты Плимут R3, R4, R5 («СовПлим»)

Таблица 10.1

**Технические характеристики передвижных фильтровентиляционных агрегатов Плимут R3, R4, R5**

Технические характеристики	R3	R4	R5
Расход воздуха через воздухоприемник, м <sup>3</sup> /ч	450	600	750
Максимальное разрежение, мм вод.ст	2100	2100	2100
Двигатель	3x1 кВт однофазный 220 В	4x1 кВт однофазный 220 В или трехфазный 380 В	5x1 кВт трехфазный 380 В
Высота	1100	1100	1100
Диаметр	550	550	550
Диаметр колесной тележки	950	950	950
Гибкий шланг: диаметр, мм/ длина, м	125/2	125/2	125/2

**Консольно-поворотное вытяжное устройство УК.**

Предназначено для улавливания и удаления различных видов дыма и пыли. Устройство эксплуатируется в составе местной вытяжной вентиляции и состоит из двухбалочного консольного механизма с безинерционным тормозом консоли, двух жестких и одного гибкого воздуховодов с

внутренним телескопическим механизмом и съёмной воздухоприёмной воронкой диаметром 300 мм.

Конструктивные особенности и преимущества:

- улавливает не менее 75% вредных веществ непосредственно от источника их выделения;
- для регулирования удаляемого расхода воздуха вытяжное устройство снабжено специальной заслонкой;
- конструкция позволяет крепить к балкам поворотной консоли кабели, шланги, сварочные аппараты и другую оснастку, что освобождает рабочее пространство и существенно увеличивает срок службы кабелей и шлангов;
- воздухоприёмная воронка поворачивается на угол  $110^\circ$  от оси телескопического механизма;
- телескопический механизм позволяет поднять, опустить и зафиксировать воронку на любом уровне в пределах от 0,5 до 2,1 м от уровня пола.

При помощи гибких или жестких воздуховодов вытяжное устройство может подключаться к индивидуальному вентилятору, выбрасывающему воздух в атмосферу, к центральной вентиляционной системе или к стационарным фильтрам.

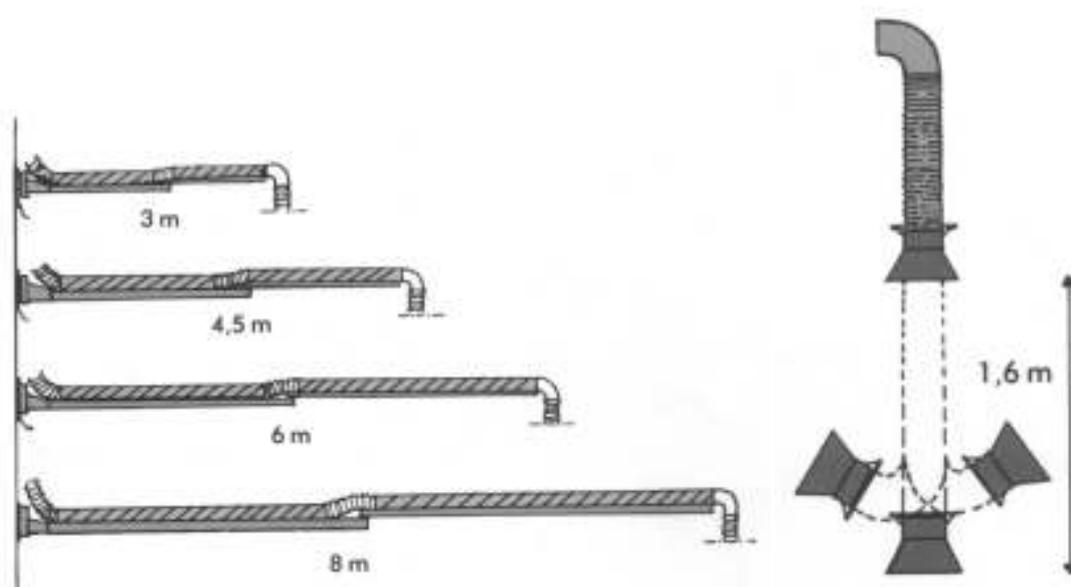


Рис. 52. Консольно-поворотное вытяжное устройство УК («СовПлим»)

Таблица 10.2

**Технические характеристики консольно-поворотного  
вытяжного устройства УК**

Типоразмер	Диаметр шланга, мм	Радиус об- служивания	Длина гори- зонтального шланга, м	Длина верти- кального шланга, м	Общая длина шланга, м
Модель Ø160 мм					
УК-3016	160	3	4	3	7
УК-4516	160	4,5	6	3	9
УК-6016	160	6	8	3	11
УК-8016	160	8	10	3	13
Модель Ø250 мм					
УК-4525	250	4,5	6	3	9
УК-6025	250	6	8	3	11

Таблица 10.3

**Рекомендуемые типоразмеры вентиляторов для консольно-  
поворотного вытяжного устройства УК**

Марка вентиля- тора	Мощность, кВт	Двигатель	Расход воздуха через воздухо- приемник, м <sup>3</sup> /ч	Частота враще- ния эл. двига- теля, об/мин
FUK – 1800	0,55	трехфазный, 380 В	1800	2800
FUK – 2101	0,75	однофазный, 220 В или 110 В	2100	2800
FUK – 2100	0,75	трехфазный, 380 В	2100	2800
FUK – 3000	1,1	трехфазный, 380 В	3000	2800
FUK – 4600	2,2	трехфазный, 380 В	4600	2800

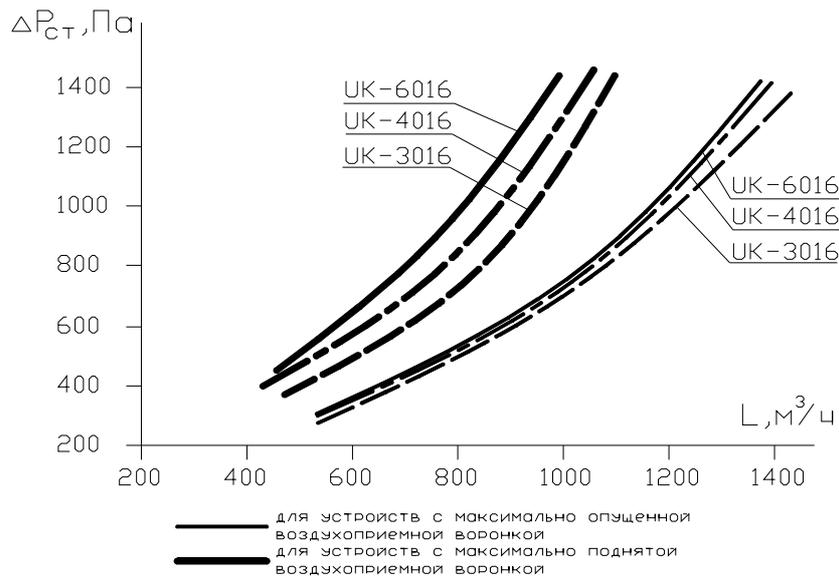


Рис. 53. Сопротивление гибких вытяжных устройств УК («СовПлим»)

### Система местной вытяжной вентиляции Флекс-Макс

Вытяжное устройство Флекс-Макс предназначено для улавливания и удаления различных видов дыма и пыли. Устройство эксплуатируется в составе местной вытяжной вентиляции.

Конструктивные особенности и преимущества:

- улавливает не менее 75% вредных веществ непосредственно от источника их выделения;
- обладает уникальной гибкостью и максимальной зоной обслуживания, позволяя работать внутри замкнутого объема, под изделием и с изделием высотой более 2 м;
- состоит из однобалочного консольного механизма с безинерционным тормозом консоли и вытяжного устройства с внутренним опорным механизмом.

Воздухоприемник системы Флекс-Макс устанавливается в необходимом положении при помощи механизма, состоящего из двух частей: консольно-поворотной и подъемно-поворотной, имеющих шарнирные сочленения.

Балка консольно-поворотного механизма, вдоль которой прокладывается воздуховод, имеет направляющие, по которым перемещаются петли, предназначенные для крепления кабелей, шлангов со сжатым воздухом, бабин со сварочной проволокой общим весом до 50 кг. Балка изготавливается четырех размеров от 1,5 до 4,5 м.

Подъемно-поворотный механизм расположен внутри гибкого шланга и присоединен к кронштейну, закрепленному на конце балки с возможностью поворота вокруг его вертикальной оси на 360°.

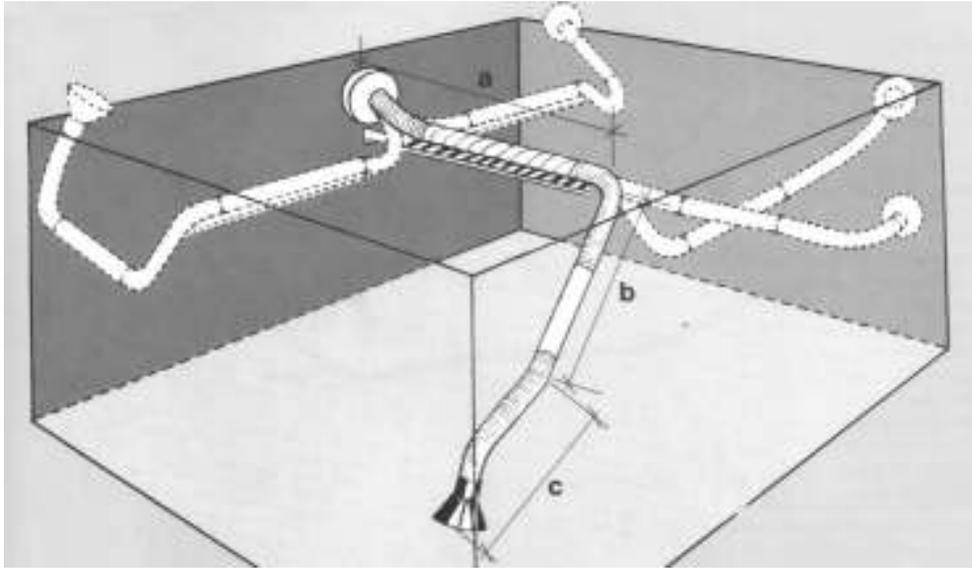


Рис. 54. Система местной вытяжной вентиляции Флекс-Макс («СовПлим»)

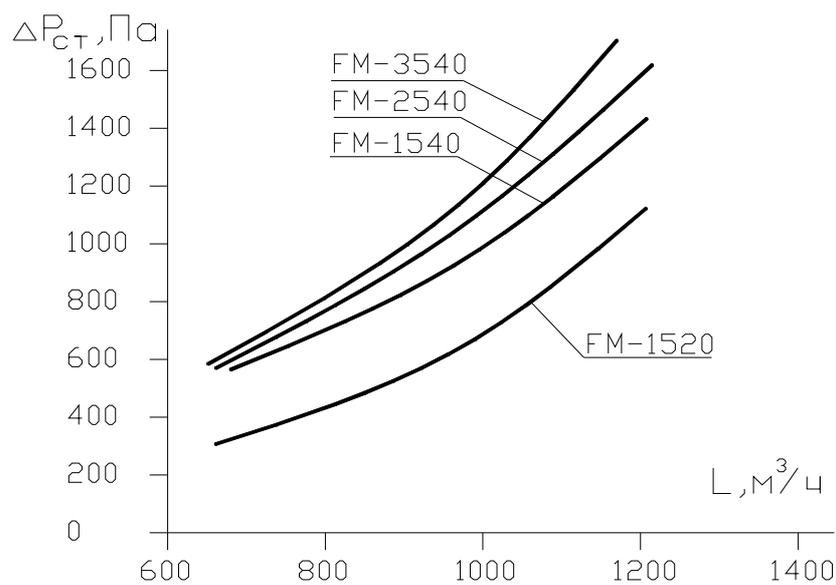


Рис. 55. Потеря давления в вытяжном вентиляционном устройстве Флекс-Макс

Таблица 10.4

**Технические характеристики системы местной вытяжной вентиляции Флекс-Макс**

Модель	Макс. радиус обслуживания, м	Габаритные размеры, мм			Диаметр шланга установки, мм	Общий вес, кг	Потеря давления, Па		Рекомендуемый вентилятор
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>			800 м <sup>3</sup> /ч	1000 м <sup>3</sup> /ч	
FM-1520	4	1850	1270	940	160	47	52	82	FUK-1800
FM-1540	5,8	1850	2050	1940	160	50	62	92	FUK-2100
FM-2520	5	2850	1270	940	160	59	53	83	FUK-1800
FM-2540	6,8	2850	2050	1940	160	62	63	93	FUK-2100
FM-3520	6	3850	1270	940	160	80	54	85	FUK-1800
FM-3540	7,8	3850	2050	1940	160	83	64	95	FUK-2100
FM-4520	7	4850	1270	940	160	92	55	87	FUK-1800
FM-4540	8,8	4850	2050	1940	160	95	65	97	FUK-2100

## Электростатический фильтр

Электростатические фильтры предназначены для очистки воздуха от аэрозолей твердых и сухих веществ, в том числе от сварочного дыма в системах приточной, вытяжной и рециркуляционной вентиляции промышленных цехов. Фильтры EF рассчитаны на продолжительную работу в закрытых помещениях при следующих климатических условиях:

- температура окружающего воздуха от  $+10^{\circ}\text{C}$  до  $45^{\circ}\text{C}$ ;
- относительная влажность 85% при  $25^{\circ}\text{C}$ .

Окружающая среда и очищаемый воздух не должны быть взрывоопасными, не должны содержать агрессивных газов и паров.

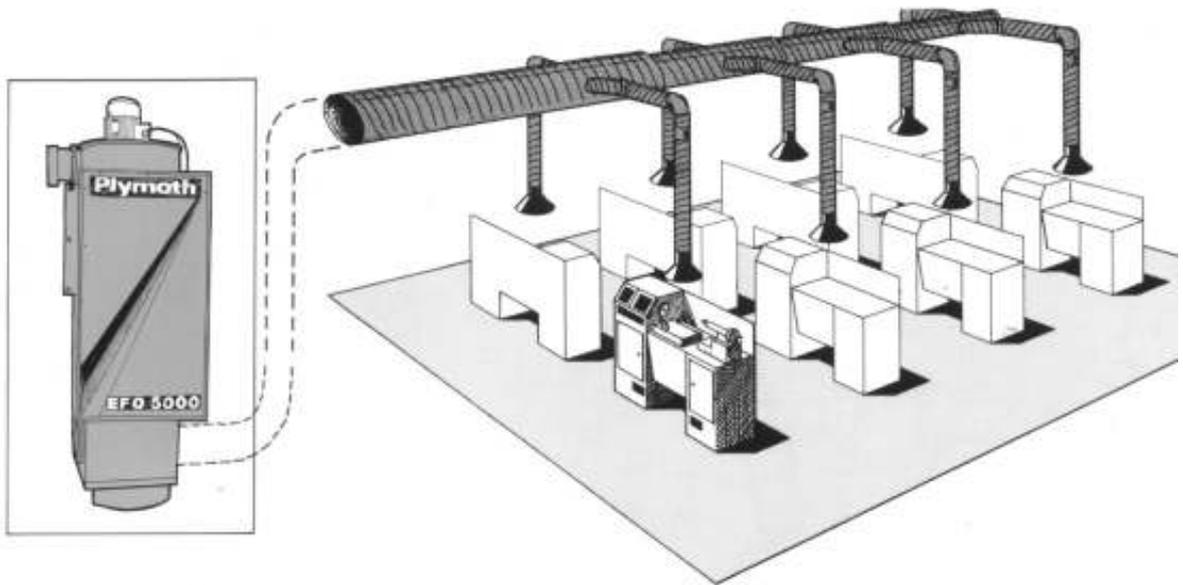


Рис. 56. Вытяжная система вентиляции с установкой электростатического фильтра EF («СовПлим»)

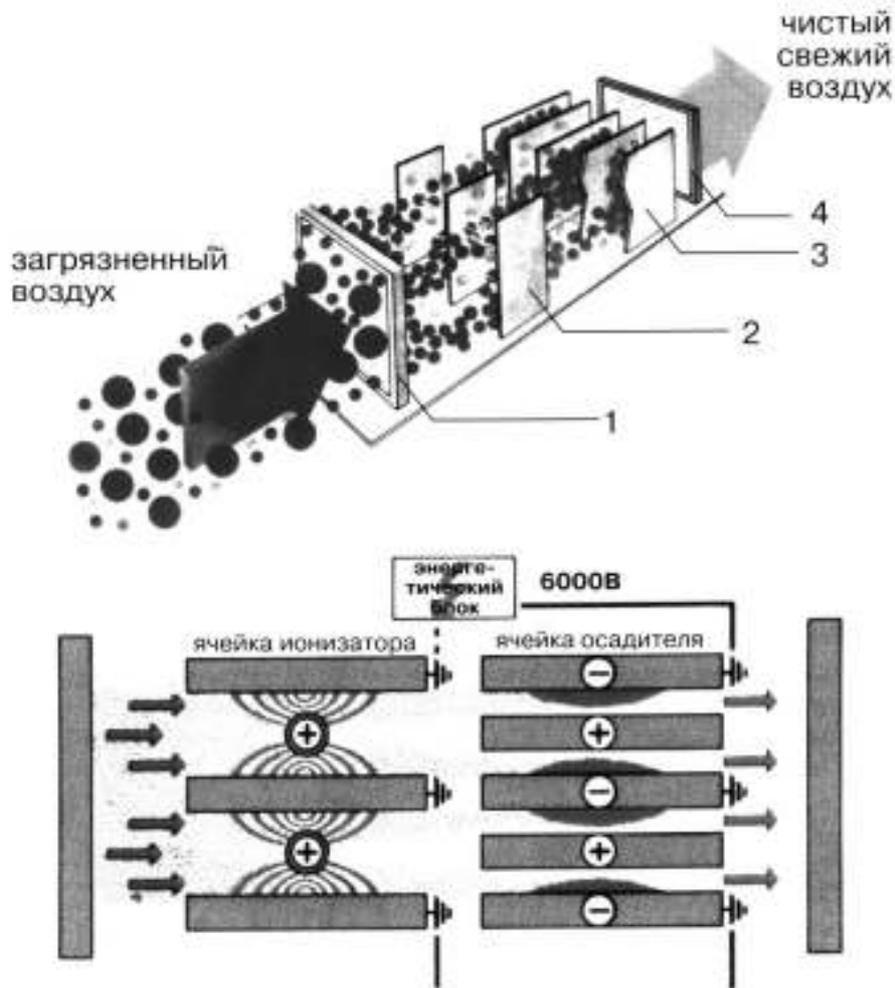


Рис. 57. Принцип фильтрации электростатического фильтра

На первой стадии фильтрации в фильтрующем элементе (1) предварительной очистки оседают частицы размером до 50 микрон. На следующем этапе более мелкие частицы заряжаются в электростатическом поле с напряжением 12000 В, пройдя через вольфрамовые нити ячейки ионизатора (2), и оседают на отрицательно заряженных пластинах осадительной ячейки (3), находящихся под напряжением 6000 В. На этом этапе улавливаются частицы размером до 0,5 микрона и менее. После этого воздух может быть дополнительно пропущен через фильтрующий элемент (4) из активированного угля, в котором отделяются запахи и газы. Фильтр из активированного угля улавливает практически все токсичные примеси воздуха с молекулярной массой более 40 атомных единиц и рекомендуется к установке по рециркуляционной

схеме. В результате очищенный воздух, проходя через вентилятор, выбрасывается наружу или в вентиляционную систему.

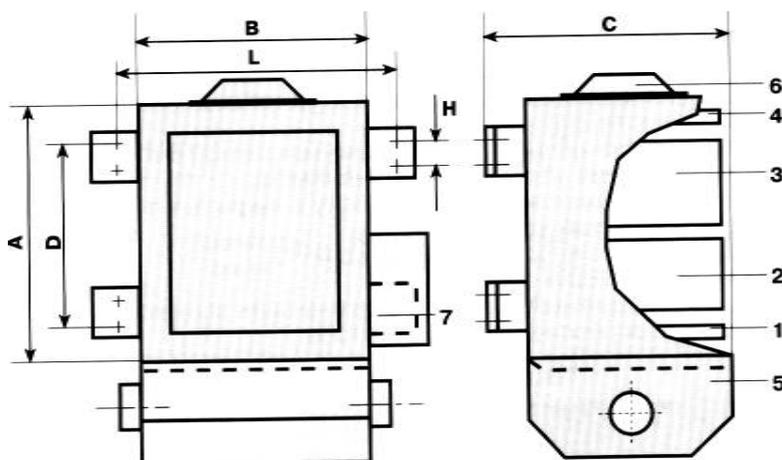


Рис. 58. Электростатический фильтр серии EF («СовПлим»): 1 – префильтр, 2 – ионизационная ячейка, 3 – осадительная ячейка, 4 – угольный фильтр, 5 – приемная камера, 6 – монтажный фланец.

Таблица 10.5

Размеры электростатических фильтров EF («СовПлим»)

Модель	Размеры, мм					
	A	B	C	D	L	H
EF-2000	670	506	527	580	550	250
EF-3000	670	506	782,5	580	550	250
EF-5000	1100	506	782,5	1007	550	250

Таблица 10.6

**Технические характеристики электростатических фильтров и вентиляторов для централизованных систем и подвесных фильтровентиляционных агрегатов EF («СовПлим»)**

Модель	Вентилятор	Расход воздуха, м <sup>3</sup> /ч	Рекоменд. число обслуживаемых мест	Диаметр горизонтального воздуховода, мм	Диаметр вертикального воздуховода, мм
Сварочный дым и пыль					
EF-2000	FUA-1300	1000-1700	1-2	200	160
	FUA-1800				
EF-3000	FUA-1800	1500-2800	2-4	250 315	160
	FUA-2100				
	FUA-3000				
EF-5000	FUA-3000	3000-4600	3-6	250 400	160
	FUA-4600				
Масляный туман					

EFO-2000	FUA-1800	1700	3-4	200	160
EFO-3000	FUA-3000	2800	5-6	250	160
EFO-5000	FUA-4600	4600	7-10	315	160

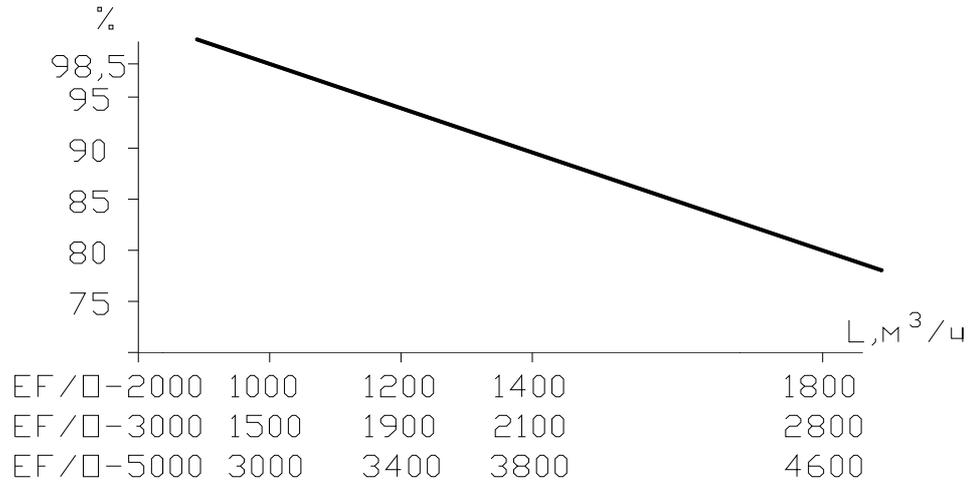


Рис. 59. Зависимость эффективности очистки воздуха в электростатическом фильтре EF («СовПлим») от расхода воздуха

## Высокооборотные радиальные вентиляторы

Промышленные радиальные вентиляторы среднего давления серии FUK и FUA предназначены для перемещения невзрывоопасных газозвудушных сред и применяются в системах вентиляции для санитарно-технических и производственных нужд в условиях умеренного климата, при температуре окружающей среды от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ . Входной (всасывающий) патрубок вентиляторов имеет круглое сечение, а выходной – прямоугольное. Направление вращения рабочего колеса левое (со стороны входного патрубка). Вентиляторы серии FUA имеют усиленную конструкцию корпуса и специально предназначены для комплектации другого вентиляционного оборудования.

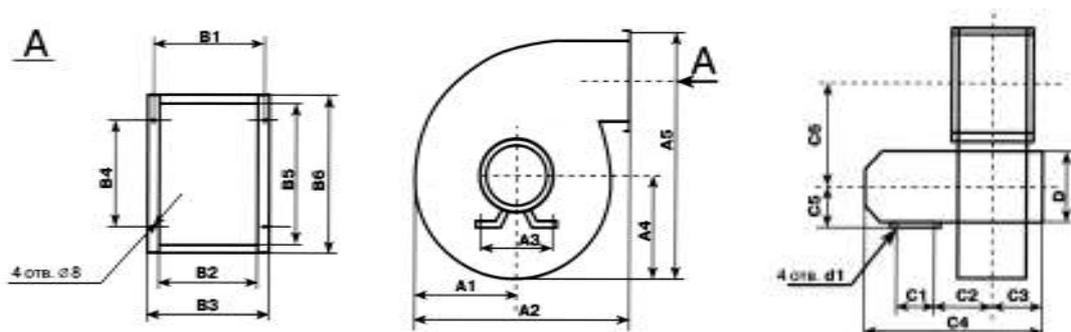


Рис. 60. Высокооборотные радиальные вентиляторы FUK и FUA («СовПлим»)

Конструкция корпуса позволяет устанавливать его на различные виды опор, а также крепить вентилятор непосредственно на фланцевом соединении его всасывающего патрубка в желаемой пространственной ориентации. Уникальная конструкция крыльчатки позволяет перемещать воздух, загрязненный сварочным дымом, выхлопными газами, с масляным аэрозолем и различной пылью.

Таблица 10.7

**Основные размеры вентиляторов FUK, FUA («СовПлим»)**

Тип вентилятора	d1	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4
FUK(FUA)-1800	7	263	472	100	224	544	98	74	118	220
FUK(FUA)-2100	7	263	472	112	224	544	98	74	118	220
FUK(FUA)-3000	7	301	532	112	250	626	140	116	160	220
FUK(FUA)-4700	10	360	640	125	310	730	180	157	200	245
FUK(FUA)-6000	12	360	640	160	310	730	180	157	200	245
		B5	B6	C1	C2	C3	C4	C5	C6	D
FUK(FUA)-1800		237	280	80	79	70	286	63	181	155

Таблица10.8

**Основные технические данные вентиляторов FUK, FUA («СовПлим»)**

Тип вентилятора	Оптимальный режим работы*		Электродвигатель					Масса, кг
	Полное давление, Па	Производительность, м <sup>3</sup> /ч	Тип	Мощность, кВт	Напряжение, В	Частота тока, Гц	Частота вращения,	
FUK-1800	1530-1000	300-1200**	АИР63В2У3	0,55	380	50	2730	19
FUA-1800	1530-1000	300-1200**	АИР63В2У3	0,55	380	50	2730	14,5
FUK-2100	1600-1000	500-1600	АИР71А2У3	0,75	380	50	2820	21,6
FUA-2100	1600-1000	500-1600	АИР71А2У3	0,75	380	50	2820	17,1
FUK-3000	1500-900	500-2300	АИР71В2У3	1,1	380	50	2800	27
FUA-3000	1500-900	500-2300	АИР71В2У3	1,1	380	50	2800	23
FUK-4700	2380-1200	1000-4000	АИР80В2У3	2,2	380	50	2860	43
FUA-4700	2380-1200	1000-4000	АИР80В2У3	2,2	380	50	2860	37
FUK-6000	2500-1400	1500-5000	АИР100S2У3	4	380	50	2850	63
FUA-6000	2500-1400	1500-5000	АИР100S2У3	4	380	50	2850	50

\* - Под оптимальным режимом работы вентилятора понимается режим работы, при котором КПД составляет не менее 90% от максимального.

\*\* - Производительность вентилятора не должна превышать максимально указанной.

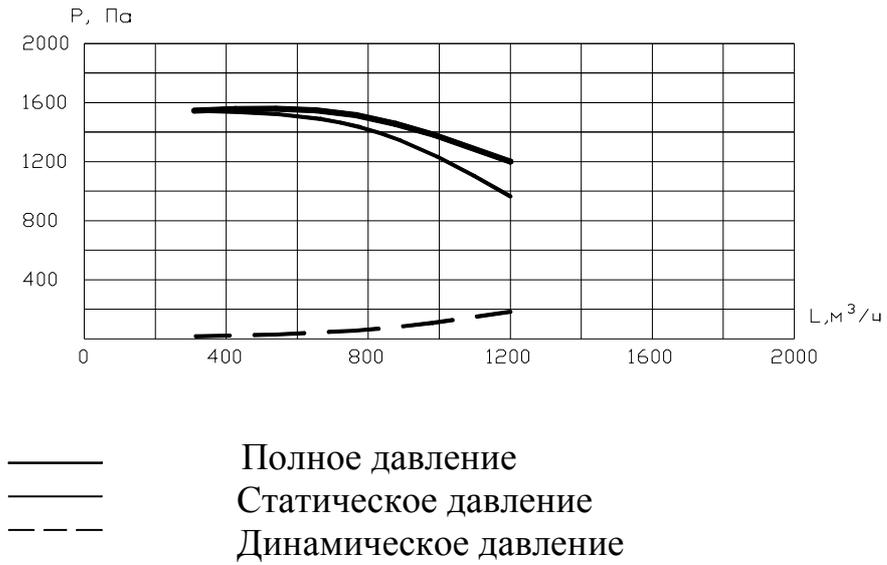


Рис.61. Аэродинамические характеристики вентиляторов FUK-1800, FUA-1800 («СовПлим»)

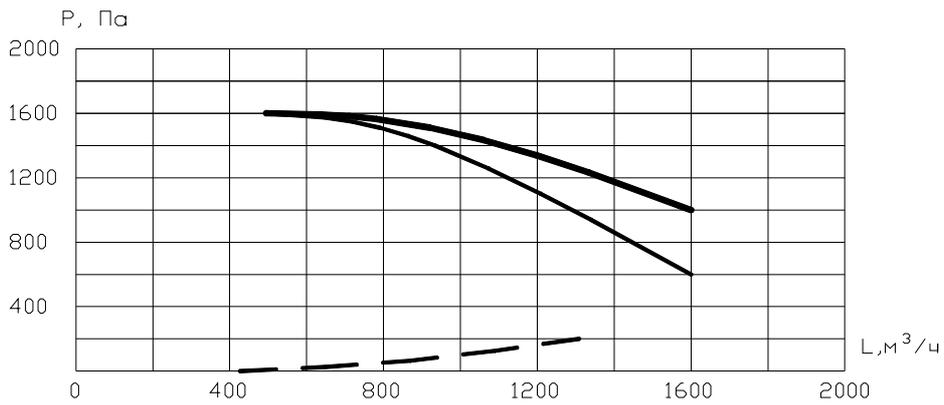


Рис.62. Аэродинамические характеристики вентиляторов FUK-2100, FUA-2100 («СовПлим»)

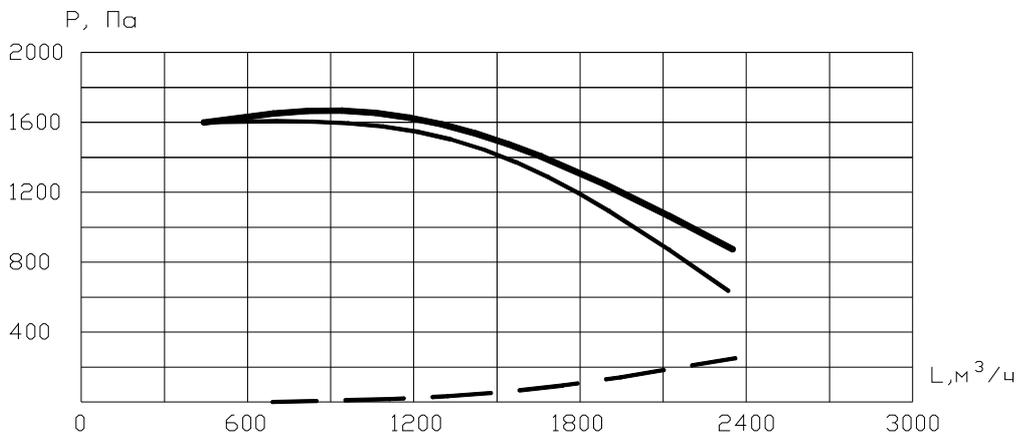


Рис.63. Аэродинамические характеристики вентиляторов FUK-3000, FUA-3000 («СовПлим»)

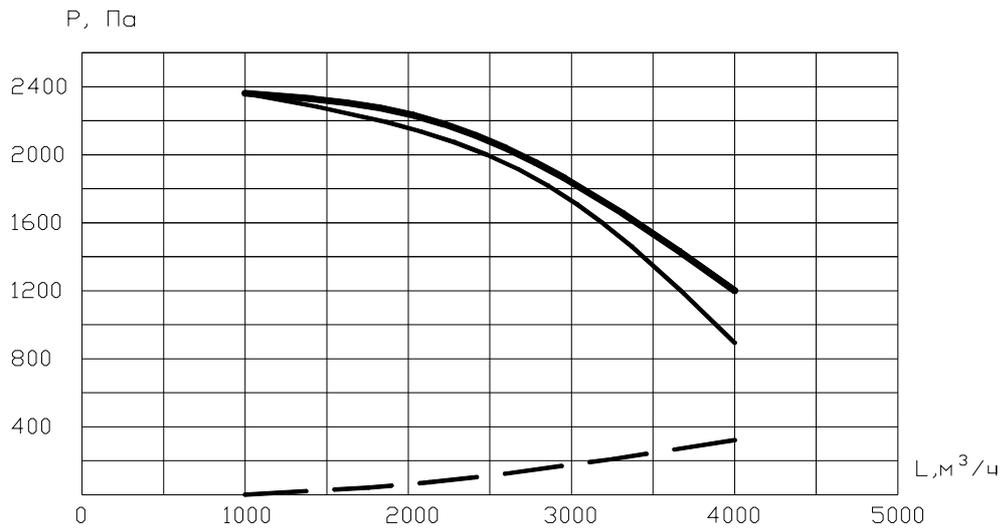


Рис.64. Аэродинамические характеристики вентиляторов FUK-4700, FUA-4700 («СовПлим»).

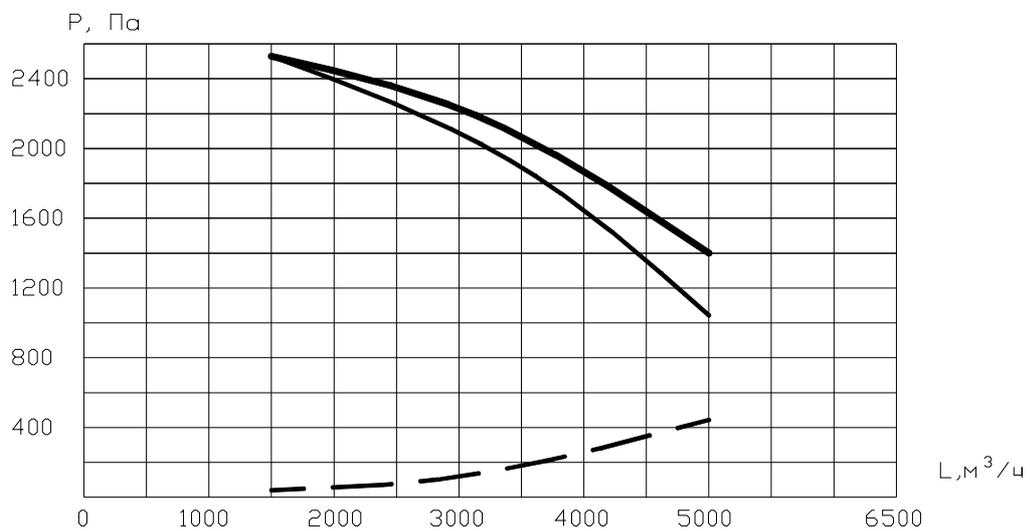


Рис.65. Аэродинамические характеристики вентиляторов FUK-6000, FUA-6000 («СовПлим»)

### Вытяжные катушки с электроприводом

Вытяжные катушки с электроприводом - наиболее современное и удобное решение для удаления выхлопных газов от выхлопной трубы крупногабаритного автотранспорта на стационарных рабочих местах в ремонтных боксах, гаражах и на автотранспортных предприятиях с высокими потолками. Вытяжной шланг намотан на барабан и не загромождает рабочее помещение. При работе с подъемником шланг перемещается вслед за автомобилем. Устройство эксплуатируется в комплекте с предварительно выбранным

типоразмером вентилятора, но в отдельных случаях может подключаться непосредственно к централизованной системе вытяжной вентиляции.

Вытяжная катушка состоит из барабана, на котором намотан вытяжной шланг с ограничителем и газоприемной насадкой, а также монтажной рамы, на которую крепится барабан и вытяжной вентилятор. В нерабочем состоянии вытяжной шланг намотан на барабан катушки, при этом свободный конец шланга с газоприемной насадкой не касается пола и не мешает работе. При подсоединении к выхлопной трубе автомобиля шланг разматывается, при его отсоединении шланг наматывается на катушку. Разматывание и наматывание шланга осуществляется с помощью электропривода, жестко связанного с барабаном. Управление катушкой может осуществляться со стационарного пульта управления, расположенного в удобном месте, с выносного пульта управления или с дистанционного пульта управления (радиоуправление).

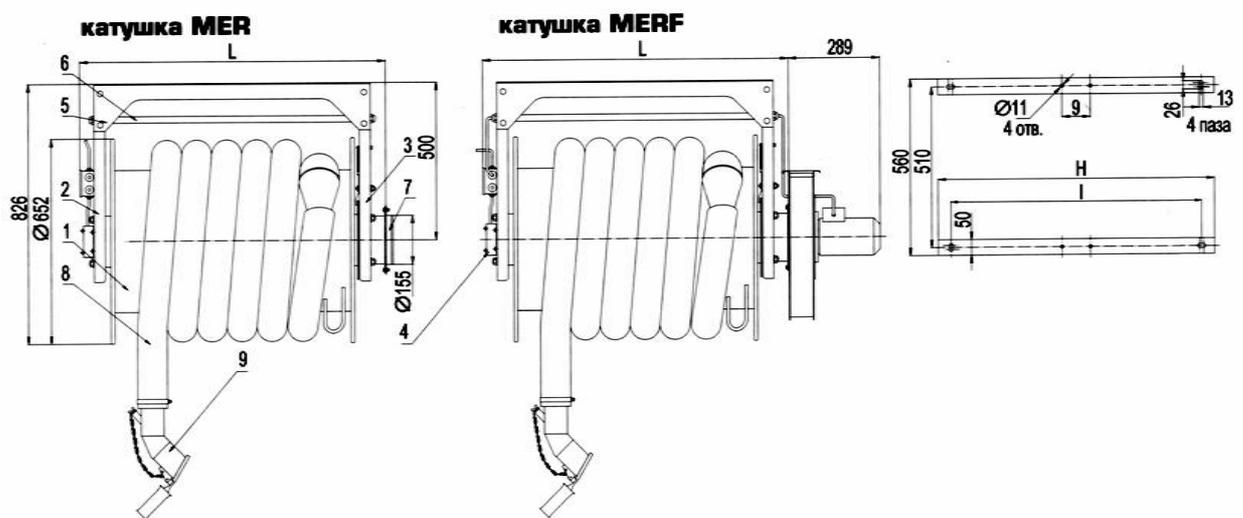


Рис. 66. Вытяжные катушки MER, MERF («СовПлим»): 1 – барабан, 2 – стойка привода, 3 – стойка воздуховода, 4 – электропривод, 5 – балка, 6 – стяжка, 7 – фланец, 8 – шланг вытяжной, 9 – насадка газоприемная.

Таблица 10.9

**Технические характеристики . вытяжных катушек MER, MERF («СовПлим»)**

Модель	Вытяжной шланг		Размеры, мм			Масса без шланга, кг		Рекомендуемый расход воздуха, м <sup>3</sup> /ч
	Диаметр, мм	Длина, м	L	l	H	MER	MERF	
MER/ MERF-75-5	75	5	970	796	880	53,5	67,5	270
MER/ MERF-75-7,5	75	7,5	970	796	880	55,5	69,5	270
MER/ MERF-75-10	75	10	970	796	880	57,5	71,5	270
MER/ MERF-75-12,5	75	12,5	970	796	880	61	75	270
MER/ MERF-100-5	100	5	970	796	880	55	69	370
MER/ MERF-100-7,5	100	7,5	970	796	880	57,5	71,5	370
MER/ MERF-100-10	100	10	970	796	880	62,5	76,5	370
MER/ MERF-100-12,5	100	12,5	1120	946	1030	68	82	370
MER/ MERF-125-5	125	5	970	796	880	57,5	71,5	600
MER/ MERF-125-7,5	125	7,5	970	796	880	63	77	600
MER/ MERF-125-10	125	10	1120	946	1030	69	83	600
MER/ MERF-125-12,5	125	12,5	1120	1146	1230	72	86	600
MER/ MERF-150-5	150	5	970	796	880	59	73	800
MER/ MERF-150-7,5	150	7,5	970	796	880	65	79	800
MER/ MERF-150-10	150	10	1120	946	1030	71,5	85	800
MER/ MERF-150-12,5	150	12,5	1120	1146	1230	78	92	800

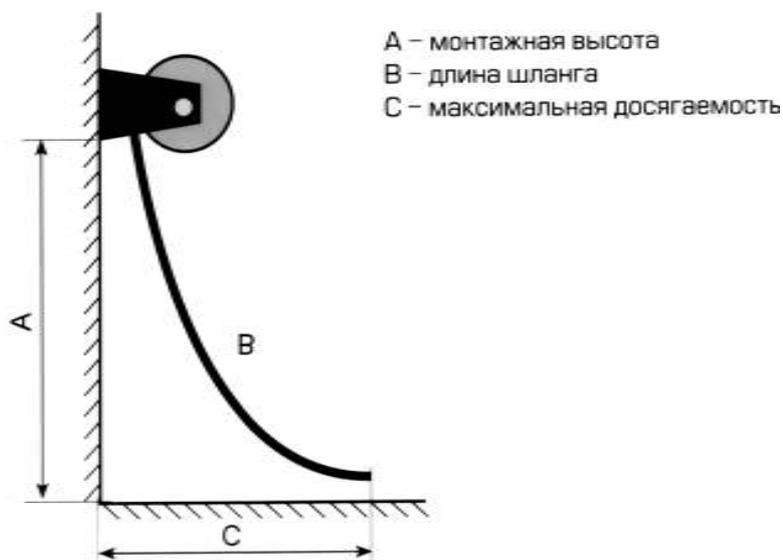


Рис. 67. Зоны обслуживания вытяжных катушек MER, MERF («СовПлим»)

Таблица 10.10

**Зоны обслуживания вытяжных катушек MER, MERF («СовПлим»)**

A, м	B, м	C, м	B, м	C, м	B, м	C, м
3,0	7,5	6,2				
3,5	7,5	5,9	10,0	8,5		
4,0	7,5	5,5	10,0	8,3		
4,5	7,5	5,2	10,0	8,0		
5,0	7,5	4,7	10,0	7,7	12,5	10,6
5,5			10,0	7,4	12,5	10,3
6,0					12,5	10,0
6,5					12,5	9,7
7,0					12,5	9,4

**Варианты построения вытяжных систем**

Предлагаемый современными производителями ассортимент оборудования для удаления выхлопных газов позволяет рассматривать различные варианты построения вытяжных систем: оборудование одиночного рабочего места, центральная система удаления выхлопных газов (с вытяжными устройствами, с вытяжными катушками, рельсовые вытяжные системы).

### **Кольцевая рельсовая вытяжная система**

Кольцевая вытяжная система наиболее гибкое и универсальное решение для удаления выхлопных газов от выхлопной трубы движущегося автомобиля внутри ремонтного бокса, гаража или цеха автотранспортного предприятия. Данная система позволяет одновременно работать со многими автомобилями, при этом она в точности может повторять постоянный путь их перемещения в гараже, а также позволяет избавиться от необходимости устанавливать стационарное вытяжное устройство на каждое рабочее место. При этом автомобиль во время его нахождения в помещении постоянно подсоединен к системе вентиляции.

Кольцевая рельсовая система любой сложности состоит из двух основных «участков» - секций вытяжного рельса-воздуховода и секций возвратного рельса, соединенных дуговым участком возвратного рельса. По вытяжному рельсу-воздуховоду перемещаются подвижные каретки (вытяжные устройства), подключенные через вытяжной шланг к выхлопным трубам, а по возвратному рельсу освободившиеся каретки возвращаются ко въезду в гараж.

Основой рельсовой вытяжной системы является алюминиевый рельс-воздуховод круглого сечения, который собирается из секций стандартных длин. Рельс-воздуховод имеет продольный паз, который снабжен резиновыми уплотнителями. По рельсу-воздуховоду, вслед за автомобилем, перемещается подвижная каретка, на которой закреплен вытяжной шланг и балансир, поддерживающий этот шланг при помощи резиновой поддержки в форме петли. Свободный конец шланга с газоприемной насадкой подключен к выхлопной трубе автомобиля. Каретка снабжена щелевым соплом, которое скользит между резиновыми уплотнителями паза рельса-воздуховода, обеспечивая подвижную связь системы. Рельс-воздуховод при помощи специального отвода подключается к воздуховоду, ведущему к вытяжному вентилятору. Работой вентилятора может управлять аппарат автоматического контроля с датчиками давления. Датчики реагируют на повышение/понижение

давления в вытяжном рельсе за счет воздействия выхлопных газов и монтируются непосредственно в рельс. Непосредственно перед выездом автомобиля из гаража он отсоединяется от системы вентиляции (отключается насадка), а освободившаяся каретка переводится на возвратный рельс, где она начинает движение обратно ко въезду в гараж.

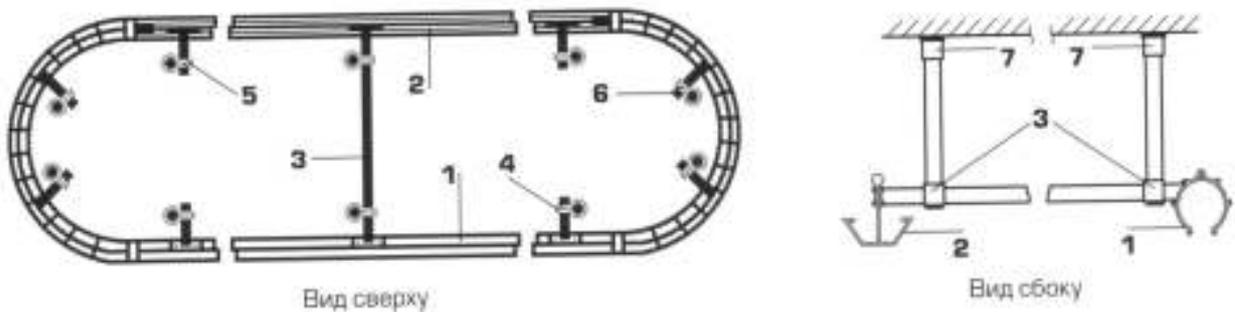


Рис. 68. Кольцевая рельсовая вытяжная система («СовПлим»)

Рельсовая система крепится к потолку. Для типовой формы системы поставляются комплекты вертикальной подвески (3) вытяжного рельса (1) и возвратного рельса (2), которая включает поперечную поддерживающую балку и две вертикальные монтажные опоры. Для усиления подвески типовой конструкции и крепления более сложных систем предлагаются 3 индивидуальных монтажных комплекта - для вытяжного (4), возвратного (5) и возвратно-дугового рельса (6). Вертикальные монтажные опоры, входящие в каждый комплект подвески, могут крепиться к потолку при помощи опор (7).

### 10.5. Основные положения, используемые при конструировании систем вентиляции сборочно-сварочных цехов

- Предпочтительнее местные вытяжные системы конструировать из мобильных систем на гибких воздуховодах фирм «Sovplim», «Plimyth», «Инвент» с воздуховодами «Лиана», но при узкой специализации сварочных работ также проектируют системы с наклонными или вертикальными панелями всасывания.

- Сварочные аэрозоли наиболее эффективно улавливаются и очищаются в электрофильтрах, поэтому местные вытяжные системы перед выбросом загрязненного воздуха в атмосферу очищают в электрофильтрах. Высокая эффективность электрофильтров позволяет использовать теплоту вытяжного воздуха при его рециркуляции, то есть воздух после фильтров выбрасывается в помещение цеха, но в этом помещении обязательно конструируют общеобменную вытяжную систему с кратностью не менее  $1 \text{ ч}^{-1}$ .

- Системы местной вытяжной вентиляции komponуют зависимости от видов образующихся вредных веществ, объемно-планировочных решений помещения, от расположения сварочных постов и технологического оборудования, а также с учетом режима работы сварочного оборудования.

- Воздухораспределение зависит от расположения сварочных постов и от направления действия всасывающего факела местных отсосов. Приточные струи не должны сбивать факел местных отсосов. Местные отсосы следует размещать таким образом, чтобы энергия всасывающего факела наиболее эффективно улавливала факел образующихся вредных веществ.

- В сборочно-сварочных цехах присутствует оборудование всех вышеперечисленных цехов.

Все основные конструкции местных отсосов сборочно-сварочных цехов приведены в «Справочнике проектировщика» под редакцией Павлова и Шиллера и в методических указаниях «Вентиляция промышленного здания. Сборочно-сварочные цеха».

## **Глава 11. ВЕНТИЛЯЦИЯ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ**

### **11.1. Системы аспирации и пневмотранспорта**

Системы аспирации и пневмотранспорта нашли широкое применение в сельскохозяйственной, пищевой, мукомольной, сахарной, деревообрабатывающей и цементной промышленности. В зависимости от вида перемещаемой

мого материала проектируют системы аспирации или пневмотранспорта [1,2,3,10,12].

**Система пневмотранспорта** – механическая система вентиляции, транспортирующая измельченный кусковой материал в смеси с воздухом.

**Система аспирации** – механическая система вентиляции, транспортирующая пыль, дым или капельные аэрозоли веществ в смеси с воздухом.

Системы аспирации и пневмотранспорта предназначены не только для удаления отходов, они также являются технологическими системами для перемещения полуфабрикатов между различными помещениями цеха.

В деревообрабатывающих цехах имеются местные отсосы, защищающие человека от режущих элементов (пылезащитные кожухи). Часто местные отсосы встроены в корпус технологического оборудования, также местные отсосы имеют форму воронок.

Все вышеперечисленные местные отсосы в деревообрабатывающих цехах рассчитываются аналогично местным отсосам механосборочных цехов.

Многообразие технологического оборудования по обработке древесины привело к созданию большого количества форм местных отсосов. Типовые конструкции местных отсосов деревообрабатывающих станков, выпускаемые индустриальным способом, приведены в типовых сериях Т.С. 4.904-3 «Местные отсосы и укрытия к технологическому оборудованию деревообрабатывающей промышленности». В данных альбомах приведены конструктивные схемы размещения местных отсосов у наиболее часто встречающихся марок деревообрабатывающих станков, даны аксонометрические схемы присоединения местных отсосов и их аэродинамические характеристики. Часть сведений из данных типовых серий приведены в справочнике проектировщика под редакцией Павлова и Шиллера.

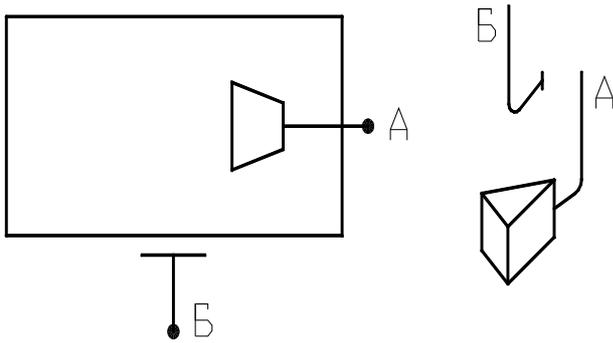


Рис. 69. Схема размещения местных отсосов.

Марка местного отсоса	$L_{\min}$ , м <sup>3</sup> /ч	$v_{\min}$ , м/с	$\xi_{\text{м.о.}}$
-----------------------------	--------------------------------	------------------	---------------------

## 11.2. Скорость витания

Если частицу отпустить, то она начинает падать с ускорением свободного падения  $g$ . За счет сопротивления воздуха (вязкая среда) движение частицы станет равномерным ( $v = \text{const}$ ,  $g = 0$ ). В результате на частицу будет действовать сила тяжести и сила сопротивления среды.

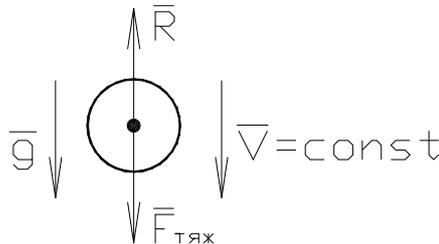


Рис. 70. Падение частицы.

Если частицу разместить в вертикальном восходящем потоке в канале, то при определенной скорости  $v_c$  сила сопротивления среды станет равна си-

ле тяжести частицы. В этом случае скорость движения частицы относительно стенок канала будет равна нулю, то есть частица будет витать.

Скорость, при которой частица витает, называется **скоростью витания** (движения) частицы, хотя это **скорость восходящего воздушного потока** в канале.

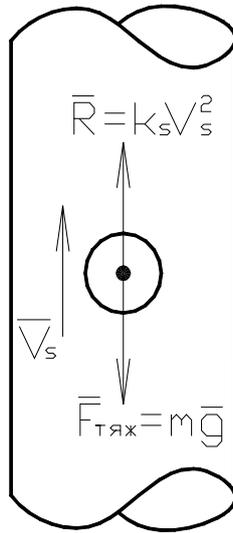


Рис. 71. Частица в вертикальном восходящем потоке

Спроецируем силы, действующие на частицу, на ось ОУ.

При условии витания справедливо равенство:

$$F_{тяж} = R,$$

тогда

$$mg = k_s \cdot v_s^2, \quad (82)$$

$$v_s = \sqrt{\frac{mg}{k_s}}. \quad (83)$$

Для воздуха сила давления (сопротивления) определяется по выражению:

$$R = c_1 \cdot F \cdot \frac{v_s^2}{2} \cdot \rho_v \quad (84)$$

Сравнивая правые части уравнений (82) и (84), можно выразить значение  $k_s$ :

$$k_s = c_1 \cdot F \cdot \frac{\rho_g}{2}, \quad (85)$$

тогда, подставив выражение (85) в (83), найдем значение скорости витания:

$$v_s = \sqrt{\frac{2mg}{c_1 \cdot F \cdot \rho_B}}, \quad (86)$$

где  $mg$  – сила сопротивления воздуха;

$c_1$  – опытный коэффициент, характеризующий режим движения потока, определяется в зависимости от числа Рейнольдса  $Re$ ,  $c_1 = f(Re)$ ;

$F$  – площадь проекции частицы на плоскость, перпендикулярную вектору скорости витания  $v_s$ . Эту площадь называют парусностью частицы;

$k_s$  – коэффициент пропорциональности, характеризует сопротивляемость воздушного потока находящейся в нем частице.

Для обеспечения транспортировки или удаления частиц в вертикальных каналах скорость потока  $v_B$  должна быть всегда больше скорости витания  $v_s$ .

Этими исследованиями занимался академик Клячко, который установил, что для мелко дисперсных фракций при критерии Рейнольдса  $Re$  порядка (1500÷2500) опытный коэффициент  $c_1$  определяется по зависимости:

$$c_1 = \frac{24}{Re} + \frac{4}{\sqrt{Re}}$$

Аналитические зависимости были определены при  $R \sim 1$  (от 0,5 и более):

$$c_1 = \frac{24}{Re}$$

Вышеприведенная зависимость была определена из аэродинамических выражений при распределении сил в потоке. Эмпирические значения скорости витания  $v_s$  для древесных отходов были разработаны Клячко:

$$v_s = 0,14 \cdot \sqrt{\frac{\rho_M}{\left(0,02 + \frac{a}{h}\right) \rho_B}}, \quad (87)$$

где  $a$  – коэффициент, характеризующий форму перемещаемых частиц, для куба –  $a = 1,1$ , для параллелепипеда –  $a = 0,9$ , для шара –  $a = 1$ ;

$h$  – высота частицы;

$\rho_m, \rho_v$  – соответственно плотность материала и воздуха,  $\text{кг/м}^3$ .

Скорость витания используется при расчете систем аспирации и пневмотранспорта на вертикальных участках системы. Для обеспечения надежной работы системы скорости потока воздуха на вертикальных участках должны быть больше скорости витания.

### 11.3. Скорость трогания

Рассмотрим силы, действующие на частицу, находящуюся внутри горизонтального канала в потоке воздуха. Проекции этих сил на горизонтальную ось запишем в виде:

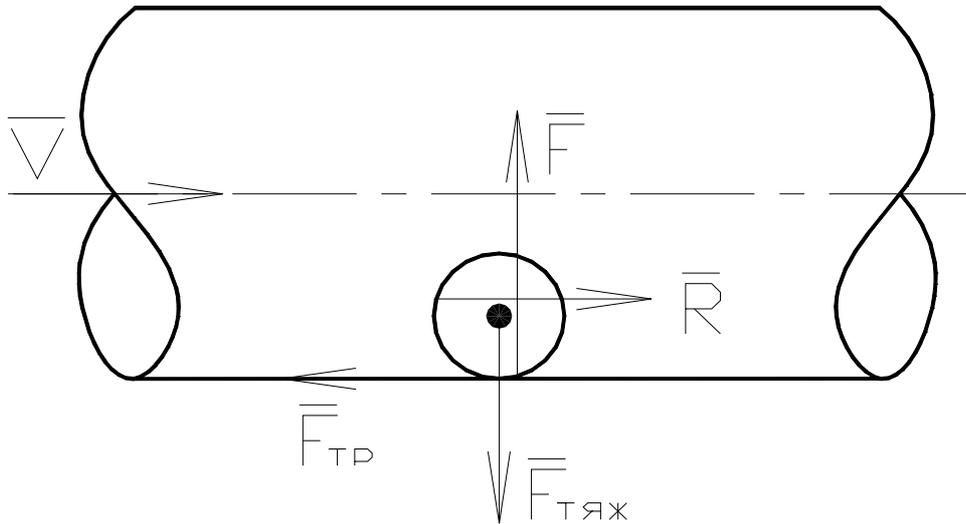


Рис. 72. Частица внутри горизонтального канала в потоке воздуха:  $F_{\text{тяж}}$  – сила тяжести;  $R$  – сила давления потока воздуха;  $F$  – сила реакции опоры

Рассмотрим перераспределение давлений на частицу, находящуюся на поверхности в потоке воздуха.

При обтекании воздуха возле нижней поверхности частицы (у воздуховода) происходит торможение потока, это вызывает увеличение статического давления и падение динамического. С другой стороны, верхний край частицы воздуха, двигаясь вдоль криволинейной поверхности частицы, из-за сплошности среды увеличивает свою скорость у поверхности. Это приводит к увеличению динамического давления и падению статического.

При определенной скорости потока сила статического давления на нижней грани частицы может превысить значение силы тяжести  $F_{\text{тяж}}$ . В этом случае частица оторвется от поверхности и начнет перемещаться в потоке воздуха, в определенной точке траектории частица будет иметь максимальную скорость, направленную горизонтально из-за действия силы давления потока воздуха  $R$ , но под действием силы тяжести она возвратится обратно на горизонтальную поверхность канала.

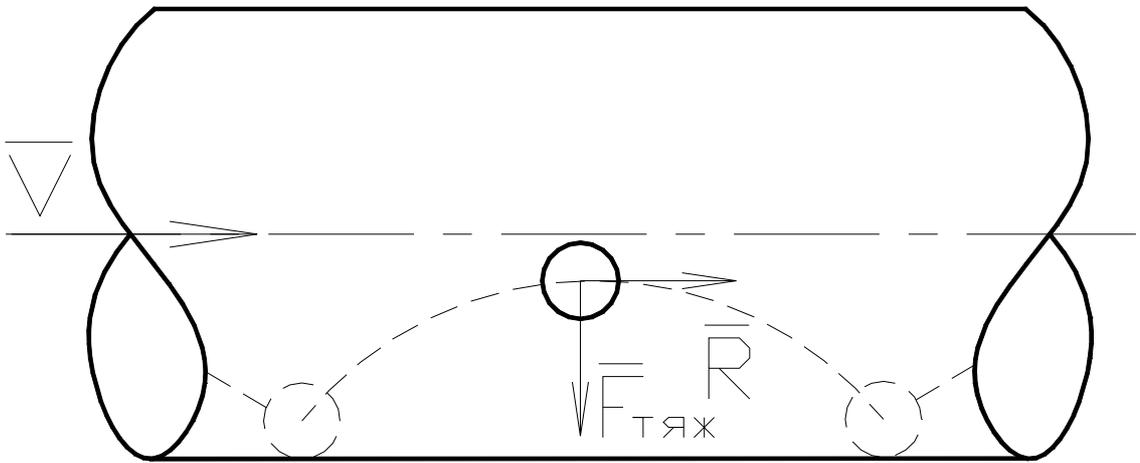


Рис. 73. Движение частицы внутри горизонтального канала в потоке воздуха.

Траектория движения частицы на горизонтальном участке в потоке воздуха имеет форму циклоиды.

**Скорость трогания** – это скорость воздушного потока, при которой частица сдвигается с места в горизонтальном канале.

Для древесных отходов Клячко предложил следующее выражение для расчета скорости трогания:

$$v_{\text{т}} = 1,3 \cdot \sqrt[3]{\rho_{\text{м}}} \quad (88)$$

### 11.4. Относительная скорость

Для расчета систем аспирации и пневмотранспорта пользуются понятием относительной скорости движения материала, которая представляет собой отношение скорости материала к скорости воздушного потока:

$$A = \frac{v_M}{v_B} \quad (89)$$

Из вышеприведенных рассуждений можно сделать вывод, что скорость материала всегда меньше скорости воздушного потока, поэтому относительная скорость  $A$  всегда меньше 1 ( $A < 1$ ).

На определенном участке траектории частица имеет максимальную скорость  $v_M^{\max}$ , относительная скорость при этом значении называется **относительной критической скоростью**.

$$A_{\text{кр}} = \frac{v_M^{\max}}{v_B} \quad (90)$$

В расчетах используется среднее значение относительной скорости  $A_{\text{ср}}$ :

$$A_{\text{ср}} = \frac{v_M^{\text{ср}}}{v_B} \quad (91)$$

При перемещении материалов системами аспирации и пневмотранспорта скорости на различных участках системы должны быть больше скоростей витания и трогания. Такие скорости называются транспортирующими.

### 11.5. Транспортирующая скорость

**Транспортирующая скорость** – это скорость воздушного потока, при которой обеспечивается надежная работа системы без образования тромбов и пробок.

Транспортирующая скорость на горизонтальном участке определяется по зависимости:

$$v_{\text{тр.гор.}} = C_v \cdot \left( \frac{4\mu_p}{A_{\text{ср}}} + 0,01\rho_M + b \right), \quad (92)$$

где  $C_v$  – коэффициент, характеризующий изменение скорости воздушного потока в местном сопротивлении;

$\mu_p$  – относительный массовый расход материала (массовая концентрация материала),

$$\mu_p = \frac{G_M}{G_B}; \quad (93)$$

$b$  – опытный коэффициент, характеризующий вид транспортируемого материала.

В вышеприведенной таблице для местных отсосов от деревообрабатывающего оборудования дана минимальная скорость, которая является минимальной транспортирующей скоростью  $v_{\min}$ .

На любых участках системы скорости могут быть различны, поэтому для обеспечения надежности работы системы пользуются двумя методами конструирования и расчёта систем АС и ПТ.

**Метод 1.** При конструировании систем аспирации и пневмотранспорта на горизонтальном участке перед отводом на вертикальный изменяют диаметр в меньшую сторону так, чтобы скорость потока на вертикальном участке была много больше скорости витания. Это связано с тем, что на вертикальном участке вектор скорости имеет противоположное направление с направлением действия силы тяжести. Под действием силы тяжести на вертикальных участках возрастает концентрация примесей. Поэтому при превышении предельных значений могут образоваться тромбы или пробки.

**Метод 2.** Является самым распространенным способом. В этом методе на любых участках системы транспортирующая скорость должна удовлетворять неравенству

$$v_{\text{тр}} \geq v_{\text{тр.гор.}} + v_s. \quad (94)$$

При этих условиях исключено образование концентраций примеси сверх предельных значений, что обеспечивает высокую надежность работы системы.

## 11.6. Определение потерь давления в системе при подъёме материала на отметку $H$

Часто системы пневмотранспорта используются для транспортировки материалов и полуфабрикатов между участками, расположенными на различных вертикальных отметках.

Запишем закон сохранения энергии при условии полного перехода кинетической энергии в статическую. Уравнение баланса энергии (уравнение мощности) имеет вид:

$$L_{\text{в}} \cdot \Delta P_{\text{под}} = G_{\text{м}} \cdot H \cdot g \quad (95)$$

Смысл уравнения: объемный расход воздуха  $L_{\text{в}}$  перемещается массовым расходом материала  $G_{\text{м}}$  на отметку  $H$  с потерями энергии  $\Delta P_{\text{под}}$ .

$$\frac{G_{\text{в}}}{\rho_{\text{в}}} \cdot \Delta P_{\text{под}} = G_{\text{м}} \cdot H \cdot g ,$$

$$\Delta P_{\text{под}} = \underbrace{\frac{G_{\text{м}}}{G_{\text{в}}}}_{\mu_{\text{р}}} \cdot H \cdot \underbrace{\rho_{\text{в}} \cdot g}_{\gamma_{\text{в}}} , \quad (96)$$

$$\Delta P_{\text{под}} = \mu_{\text{р}} \cdot H \cdot \gamma_{\text{в}} \quad (97)$$

Потери давления при подъеме материала на отметку  $H$  зависят от массовой концентрации материала, от высоты подъема и удельного веса транспортирующего воздуха.

## 11.7. Классификация систем аспирации и пневмотранспорта

### 11.7.1. По назначению:

- внутрицеховые системы, являющиеся разветвленными с большим количеством местных сопротивлений;
- внешнецеховые системы, это линейные системы с небольшим количеством местных сопротивлений.

### 11.7.2. По давлению:

- системы низкого давления,  $\Delta P_{\text{под}} < 5$  кПа;

- системы среднего давления,  $5 \leq \Delta P_{\text{под}} \leq 20$  кПа;
- системы высокого давления,  $\Delta P_{\text{под}} > 20$  кПа.

## 11.8. Схемы систем аспирации и пневмотранспорта

Конструкции систем аспирации и пневмотранспорта зависят от вида технологического оборудования, от его расположения и от объемно-планировочных решений помещения.

### 11.8.1. Коллекторные системы аспирации и пневмотранспорта

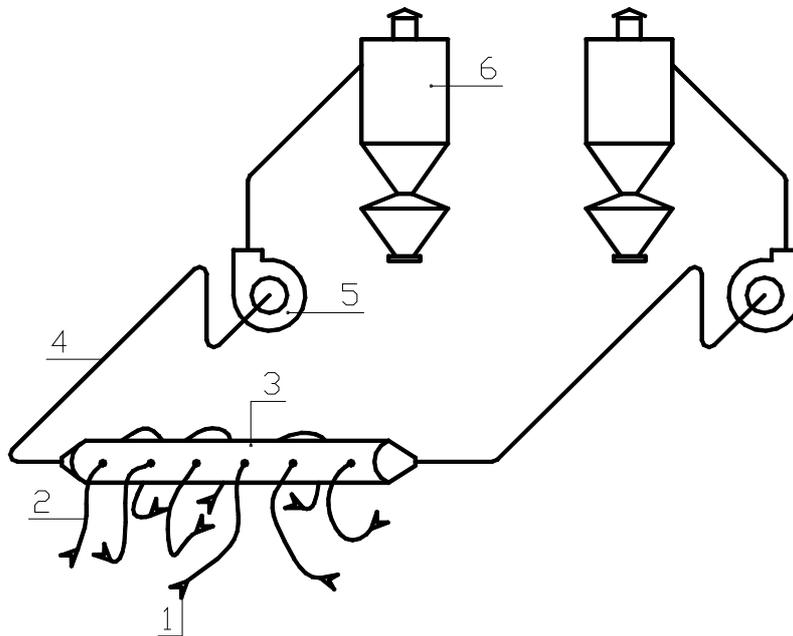


Рис. 74. Коллекторная система аспирации и пневмотранспорта при линейном расположении оборудования: 1 – местный отсос; 2 – ответвление; 3 – коллектор со встроенным ленточным транспортером; 4 – магистральный воздуховод; 5 – пылевой вентилятор; 6 – циклон или сепаратор

Данная схема конструируется при линейном расположении оборудования (более 20 штук в ряд).

На ответвлениях и магистральных воздуховодах скорости должны быть не менее транспортирующих. В горизонтальном коллекторе перемещение примеси осуществляется за счет встроенного ленточного транспортера, а

мелкие фракции перемещаются за счет энергии воздушного потока, но его скорость в коллекторе меньше транспортирующей

$$v_v < v_{тр.}$$

Забор отходов материалов или полуфабрикатов местными отсосами производится за счет энергии всасывающего факела и энергии инерции частиц, полученной от режущих элементов.

Более надежной является система с горизонтальным коллектором с заглушкой внутри центральной части коллектора.

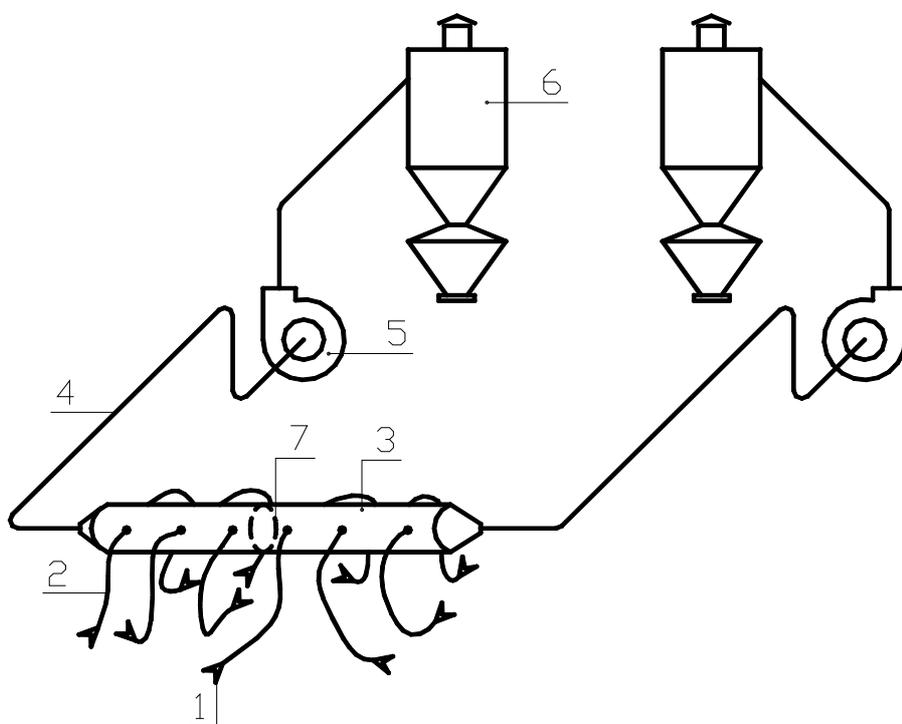


Рис.75. Коллекторная система аспирации и пневмотранспорта при линейном расположении оборудования с заглушкой внутри центральной части: 1 – местный отсос; 2 – ответвления; 3 – горизонтальный коллектор; 4 – магистральный воздуховод; 5 – пылевой вентилятор; 6 – циклон или сепаратор; 7 – заглушка внутри коллектора.

Она обеспечивает устойчивое направление движения потока с примесью в центральной части коллектора при изменении расхода в ответвлениях.

Без заглушки в центральной части коллектора происходило бы изменение направления движения воздуха при перераспределении расходов в ответвлениях (включение или отключение оборудования).

Система магистральных воздуховодов 4 имеет диаметры меньшие или равные диаметру коллектора 3.

При проектировании коллекторных систем в ответвлениях 2 и воздуховодах 4 скорости увеличивают более транспортирующих для повышения надежности работы системы из-за наличия местных сопротивлений: отводов и тройников. В коллекторе 3 расчетной скоростью является транспортирующая скорость.

Для обеспечения надежности работы системы их производительность не должна превышать 10 тыс. м<sup>3</sup>/ч. По этим предельным расходам конструируют количество систем.

Более распространенной является нижеприведенная конструкция с горизонтальным коллектором.

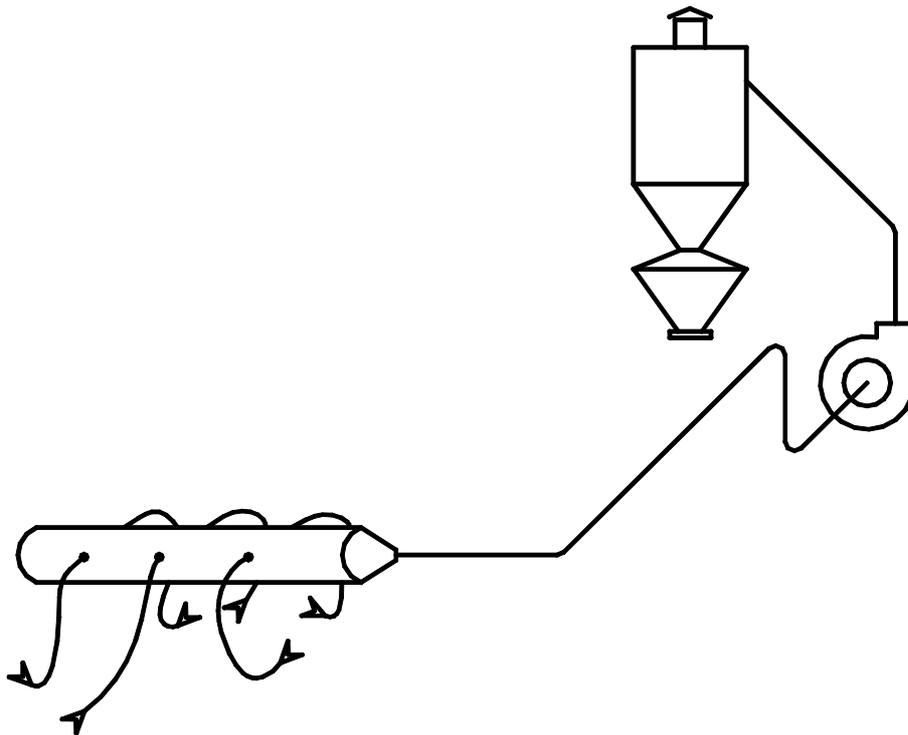


Рис 76. Коллекторная система аспирации и пневмотранспорта с горизонтальным коллектором и расположением ответвлений в шахматном порядке

При групповом расположении оборудования используются вертикальные барабанные коллекторы, коллекторы-люстры, горизонтальные воронкообразные коллекторы. Выбор той или иной конструкции коллектора опреде-

ляется объемно-планировочными решениями помещения, расположением технологического оборудования и количеством ответвлений к технологическому оборудованию.

Конструктивные особенности и типовые размеры коллекторов приведены в типовых сериях.

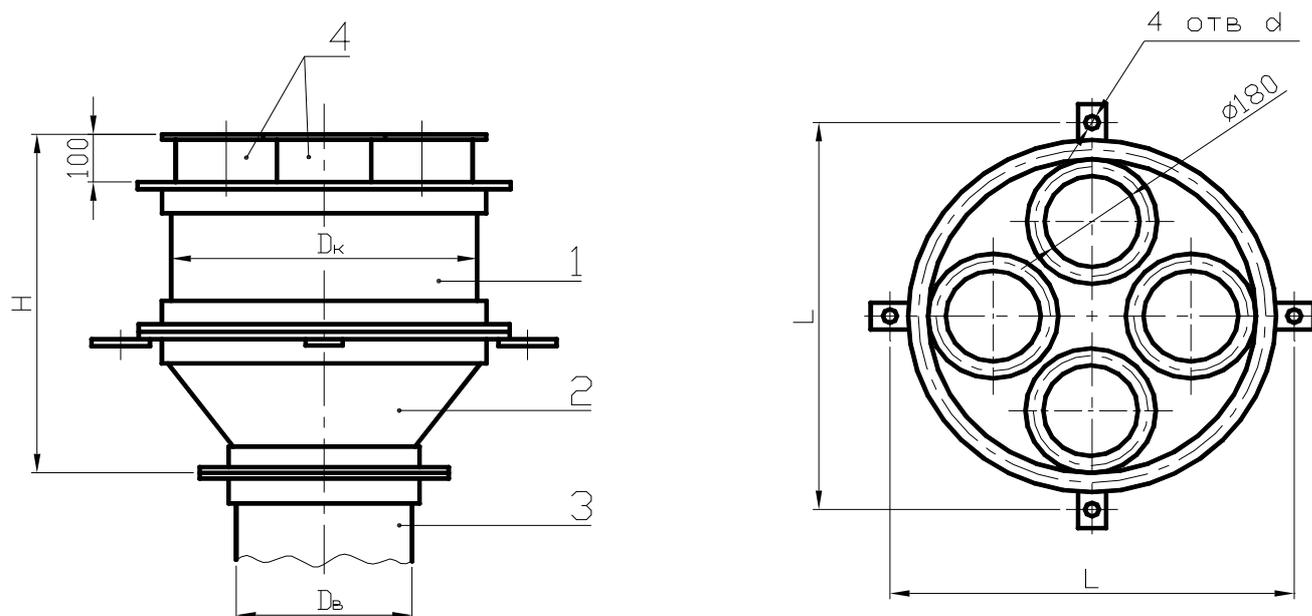


Рис. 77. Коллектор проходной барабанный БП: 1 – цилиндрический корпус; 2 – конус; 3 – воздуховод на пылеочистную установку; 4 – патрубки от воздухопроводов местных отсосов

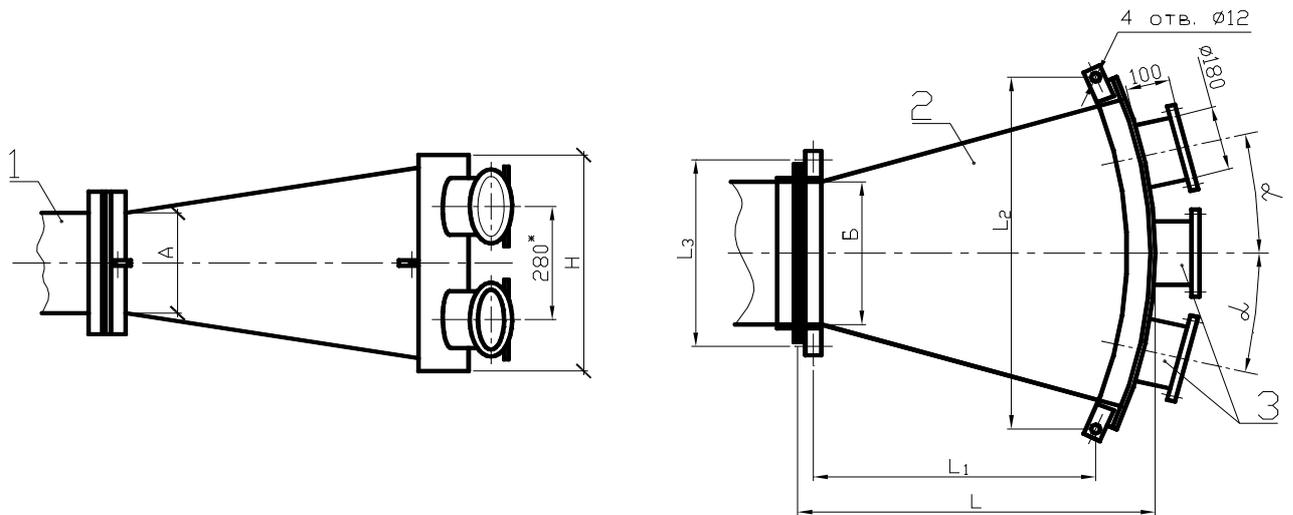


Рис. 78. Коллектор проходной горизонтальный ГП: 1 – воздухопровод на пылеочистную установку; 2 – корпус; 3 – патрубки от воздухопроводов местных отсосов

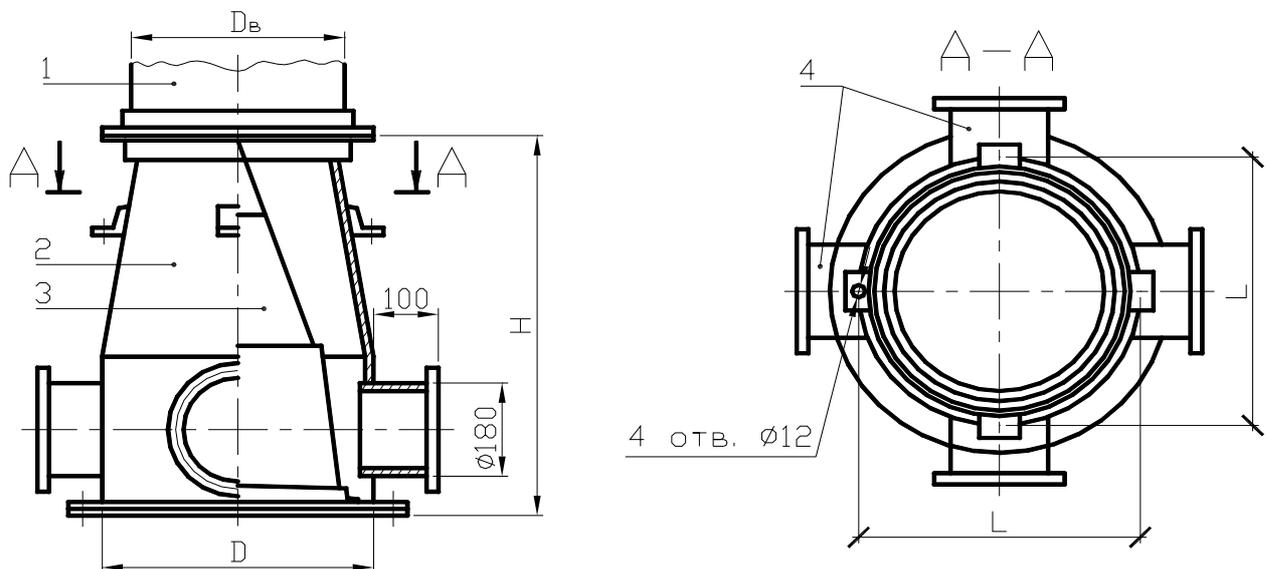


Рис. 79. Коллектор проходной вертикальный ВП: 1 – воздухопровод на пылеочистную установку; 2 – корпус наружный; 3 – корпус внутренний; 4 – патрубки от воздухопроводов местных отсосов

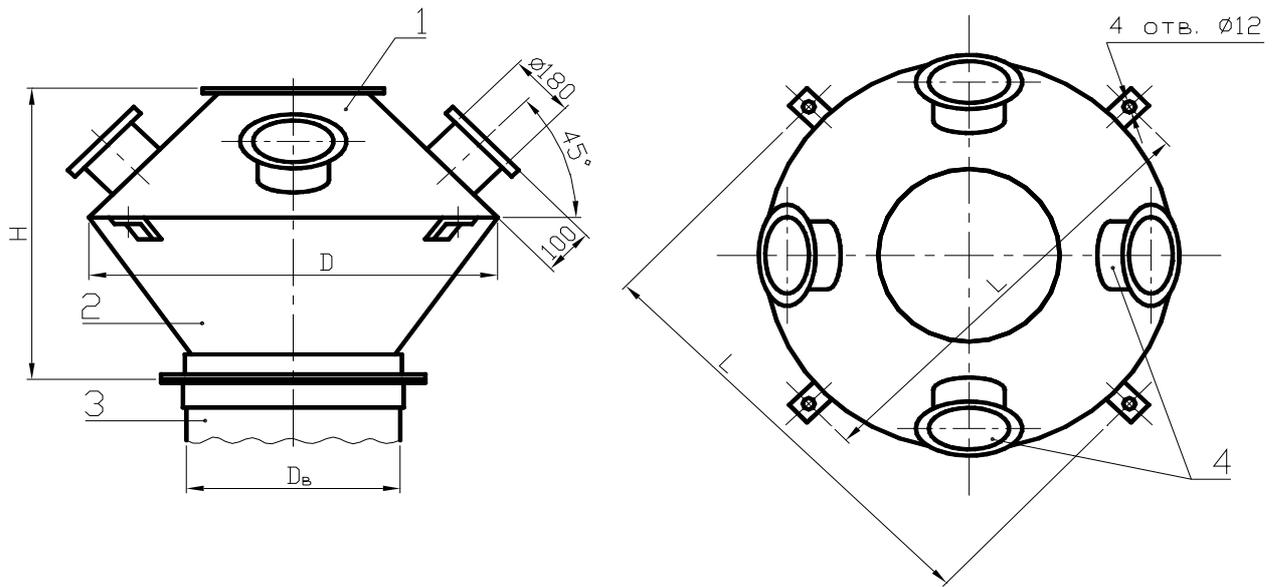


Рис. 80. Коллектор проходной конусный КП: 1 – верхняя часть корпуса; 2 – нижняя часть корпуса; 3 – воздуховод на пылеочистную установку; 4 – патрубки от воздуховодов местных отсосов

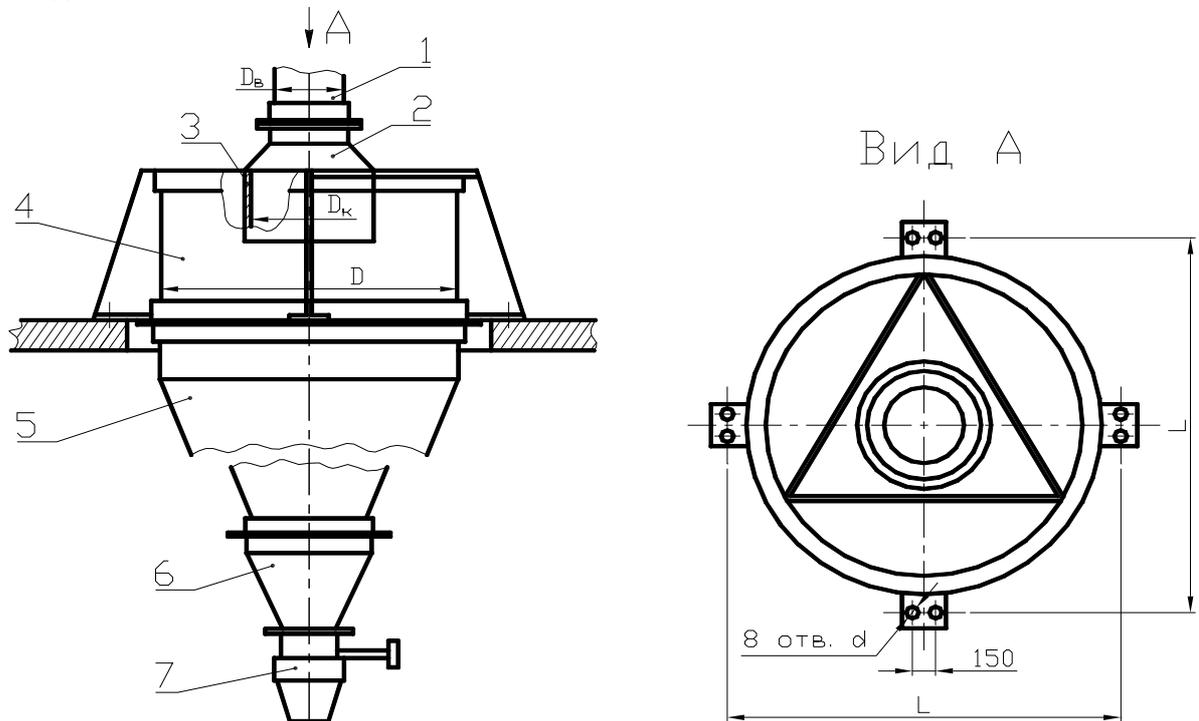


Рис. 81. Коллектор барабанный аспирационный БА: 1 – воздуховод на пылеочистную установку; 2 – секция вентиляторная; 3 – крышка с цилиндром; 4 – цилиндрический корпус; 5 – бункер; 6 – патрубок переходной к мигалке; 7 – мигалка с конусным клапаном.

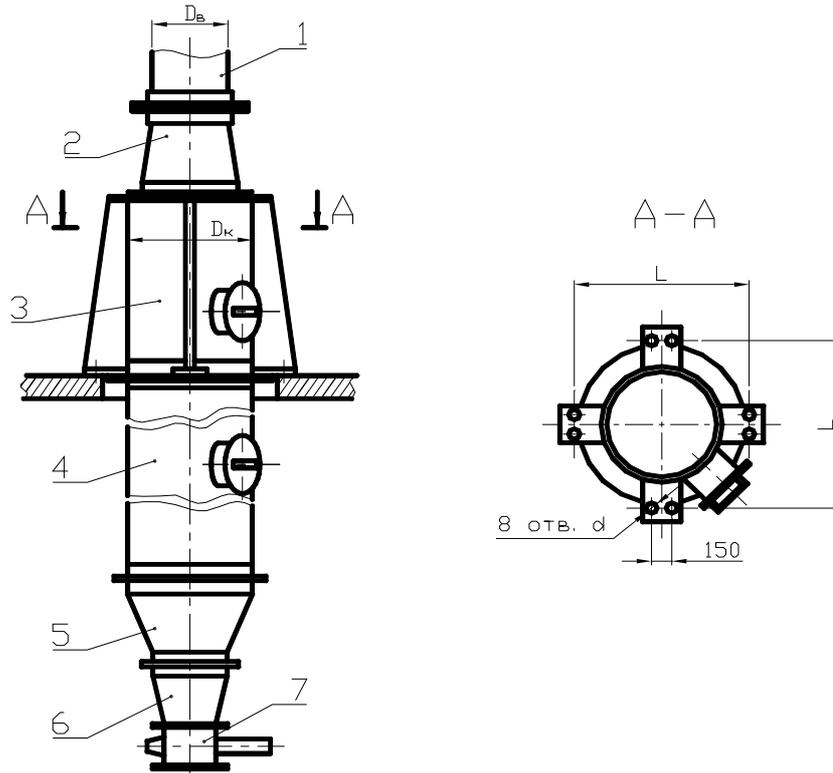


Рис. 82. Коллектор вертикальный круглый ВК: 1 – воздуховод на пылеочистную установку; 2 – секция вентиляторная; 3 – секция опорная; 4 – секция промежуточная; 5 – бункер; 6 – патрубок переходной к шлюзовому питателю; 7 – шлюзовый питатель

Таблица 11.1

**Конструктивные и технологические характеристики вертикальных проходных и конусных проходных коллекторов**

Шифр	Производительность, м <sup>3</sup> /ч	Количество входных патрубков, шт	Габаритные и присоединительные размеры, мм				Масса, кг
			$D_B$	$D$	$H$	$L$	
ВП – 4	6480	4	400	400	650	488	54,5
ВП – 6	9720	6	450	450	690	530	68,6
ВП – 8	12960	8	500	500	740	580	83,6
ВП – 10	16200	10	560	700	790	664	106,1
ВП – 12	19440	12	630	900	875	736	149
КП – 4	6480	4	400	700	505	744	22,5
КП – 6	9720	6	450	900	590	944	35,5
КП – 8	12960	8	500	1000	620	1044	45,9
КП – 10	16200	10	560	1200	680	1300	72,3

Таблица 11.2

**Конструктивные и технологические характеристики барабанных проходных, барабанных аспирационных и вертикальных круглых коллекторов**

Шифр	Производительность, м <sup>3</sup> /ч	Количество входных патрубков, шт	Габаритные и присоединительные размеры, мм						Масса, кг
			$D_B$	$D_K$	$D$	$H$	$L$	$d$	
БП – 4	6480	4	315	600	-	710	700	12	38
БП – 6	9720	6	400	750	-	860	860		56
БП – 8	12960	8	450	950	-	1080	1060		79
БП – 10	16200	10	500	1100	-	1240	1210		102
БП – 12	19440	12	560	1200	-	1300	1320		116,5
БП – 15	24300	15	630	1500	-	1700	1610		180
БА – 00	5000	По проекту	315	500	1000	1506	1280	18	145,3
БА – 0	7000		400	600	1200	1685	1480		228
БА – 1	10000		500	800	1600	1786	1880	22	418
БА – 2	15000		630	1000	2000	2276	2320		579
БА – 3	30000		800	1200	2400	2756	2750		782,3
ВК – 1	7000		500	800	-	5740	1080	18	358
ВК – 2	12000		630	1000	-	6070	1280		449
ВК – 3	20000		800	1200	-	6300	1480		666
ВК – 4	30000		900	1600	-	6670	1950	23	1121
ВК – 5	50000		1000	2000	-	7300	2400		1437

Таблица 11.3

**Конструктивные и технологические характеристики вертикальных проходных и конусных проходных коллекторов**

Шифр	Производительность, м <sup>3</sup> /ч	Количество входных патрубков, шт	Габаритные и присоединительные размеры, мм							$\alpha$	Масса, кг
			A	B	H	L	$L_1$	$L_2$	$L_3$		
ГП – 4	6480	4	300	300	570	827	584	1000	346	20°	44
ГП – 6	9720	6	300	400		800	650	836	446		41,7
ГП – 8	12960	8	400	500		900	705	1026	546	17°	62
ГП – 10	16200	10	500			1000	726	1300		15°	78,5
ГП – 12	19440	12		600		2100	1400	1452		646	24°

Для примера рассмотрим конструкцию системы аспирации и пневмотранспорта с вертикальным барабанным коллектором типа БП.

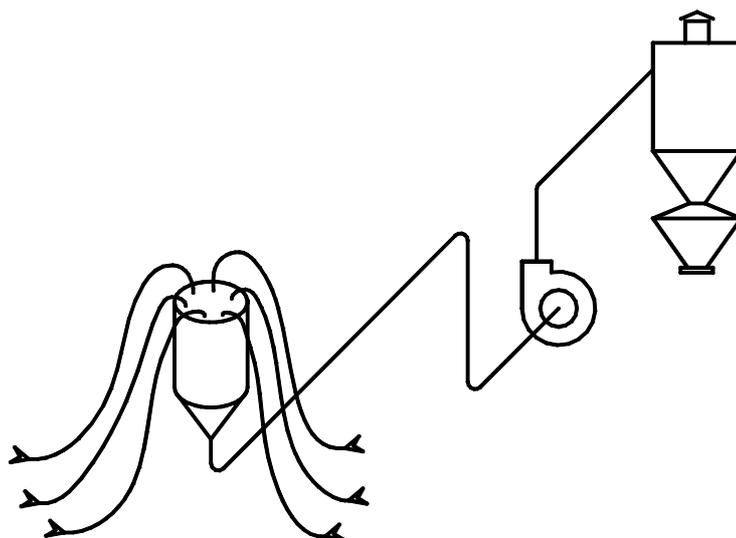


Рис. 83. Коллекторная система аспирации и пневмотранспорта с вертикальным барабанным коллектором

Количество ответвлений может быть от 4 до 12.

Схема с **горизонтальным воронкообразным коллектором** (коллектор 2-х рядный с 3-мя ответвлениями в каждом ряду).

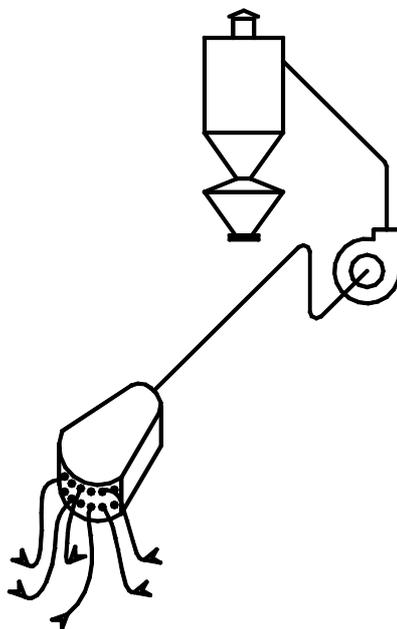


Рис. 84. Коллекторная система аспирации и пневмотранспорта с горизонтальным воронкообразным коллектором.

Коллекторные системы имеют следующие **достоинства**.

- Высокая аэродинамическая надежность работы коллекторных систем при изменении расходов в ответвлениях (включение и отключение оборудования и остановка его на ремонт и ревизию). При перекрытии ответвления шибером или дроссель-клапаном происходит перераспределение расходов на оставшихся ответвлениях, что вызывает увеличение потребляемой мощности вентилятора, следовательно, изменение расхода в коллекторных системах аспирации и пневмотранспорта не должно превышать 30%, в противном случае существует возможность вывода из строя электродвигателя.

- Коллекторные системы являются малогабаритными при большой плотности установленного оборудования.

- В коллекторных системах возможно долгосрочное отключение оборудования на ремонт и ревизию без нарушения аэродинамических схем системы.

В настоящее время запрещается на ответвлениях систем аспирации и пневмотранспорта устанавливать отключающее и регулирующее оборудование. Это связано с частым выходом из строя двигателей вентиляторов. Но при выполнении требования 30% изменения расхода допускается установка отключающих устройств.

**Недостатки** коллекторных систем

- В них наиболее часто происходит аэродинамический сбой потока на входе в коллектор.

- Значительная металлоемкость системы.

### *11.8.2. Разветвлённые системы аспирации и пневмотранспорта*

Наибольшее распространение получили **разветвленные системы** аспирации и пневмотранспорта. Разветвленные системы конструируются и рассчитываются на максимальные расходы с увязкой ответвлений с параллельными участками магистралей.

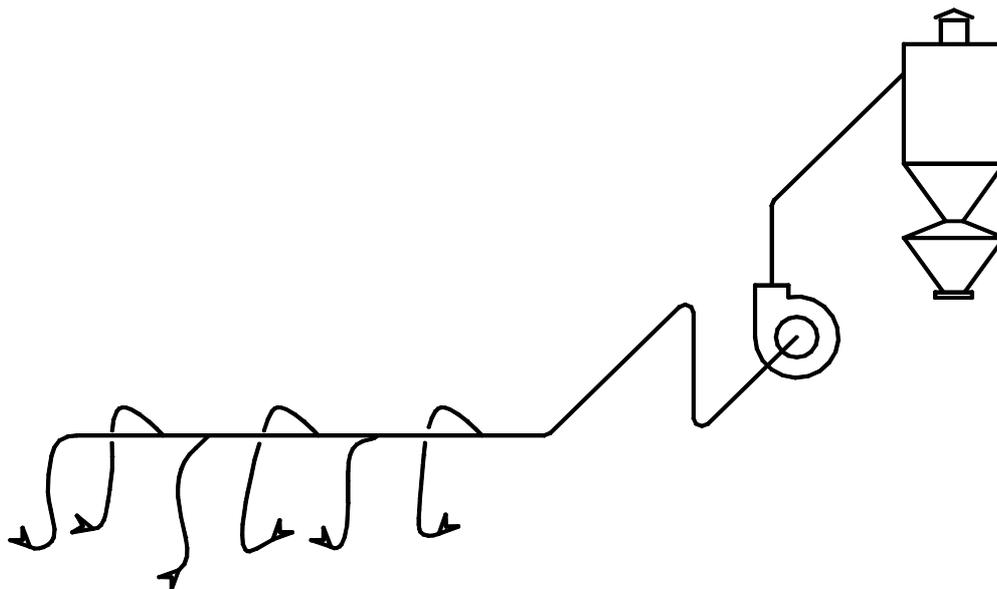


Рис. 85. Разветвленная система аспирации и пневмотранспорта.

**Достоинства** разветвленных систем следующие:

- высокая аэродинамическая надежность, из-за отсутствия внезапных расширений и сужений;
- меньшая металлоемкость по сравнению с коллекторными системами.

**Недостаток** разветвленных систем в том, что данные системы чувствительны к изменению расходов в ответвлениях, что приводит к разрегулировке системы.

Из опыта установлено, что система работает наиболее надежно, когда ее нагрузка сбалансирована относительно всасывающе-нагнетательной линии.

$$\Delta P_c = \Delta P_{в/в \text{ маг}} + \Delta P_{об} \quad (98)$$

При размещении технологического оборудования на различных отметках по вертикали на таких системах устанавливаются вертикальные коллекторы.

### 11.8.3. Вертикальные системы аспирации и пневмотранспорта

Потери давления в **вертикальных системах** складываются из потерь давления в воздуховодах магистрального направления, потерь давления на высоту подъема и потерь давления в оборудовании.

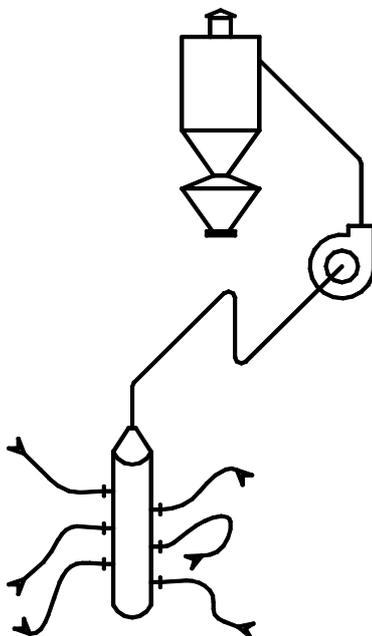


Рис. 86. Вертикальная система аспирации и пневмотранспорта

Если высота подъема составляет более 7 м, то сопротивление рассчитывают по выражению:

$$\Delta P_c = \Delta P_{\text{в/в маг}} + \Delta P_{\text{под}} + \Delta P_{\text{об}} . \quad (99)$$

Наиболее надежно, с высоким КПД, вентилятор работает тогда, когда потери системы на всасывающей и нагнетательной линиях сравнимы между собой:

$$\Delta P_{\text{вс}} \approx \Delta P_{\text{нагн}} . \quad (100)$$

Вследствие этого появилась необходимость разработки пылевых вентиляторов, через которые проходит смесь воздуха с примесью.

## **11.9. Особенности конструирования систем аспирации и пневмотранспорта**

- Так как пылевые вентиляторы имеют высокий уровень звукового давления (высокие шумовые характеристики), то их размещают снаружи здания.

- Древесные отходы относятся к горючим веществам, поэтому между циклоном и стеной здания необходимо предусматривать противопожарный разрыв не менее 10 м.

- Системы конструируются с пылевым вентилятором, если через них проходит смесь воздуха с примесями, то есть циклон или сепаратор находятся за вентилятором по ходу движения воздуха. Если циклон или сепаратор размещаются до вентилятора по ходу движения воздуха, то применяют вентилятор обычного исполнения, но среднего или высокого давления.

- Воздуховоды систем конструируются по АЗ-187:

- применяются воздуховоды только круглого сечения;
- используется сталь с толщиной  $\delta = 1$  мм и более;
- воздуховоды соединяются на фланцах, они являются сварными и относятся к классу плотных П;
- радиус загиба отводов  $2D$ , полуотводы имеют угол поворота  $30^\circ$ ,  $45^\circ$  и  $60^\circ$  с радиусом загиба  $2D$ ;
- тройники и крестовины имеют углы врезки под  $30^\circ$  или  $45^\circ$ .

## **11.10. Основные положения, используемые при конструировании систем аспирации и пневмотранспорта**

- Системы komponуются в зависимости от объемно-планировочных решений и с расходом, не превышающим 10 тыс. м<sup>3</sup>/ч.

- Вентиляторы устанавливаются снаружи здания.

- Учитываются все особенности конструирования систем.

- Воздухораспределение конструируют таким образом, чтобы было кратчайшее расстояние траектории струи от воздухораспределителя до зоны дыхания человека.
- Воздухораспределители стоит размещать над рабочими местами и проездами.
- Запрещается устанавливать воздухораспределители над воздуховодами и технологическим оборудованием.
- Приточные струи не должны сбивать факел местных отсосов.
- Емкость бункера циклона или сепаратора рассчитывается из производительности отходов данной системы таким образом, чтобы заполнение бункера происходило бы не чаще, чем за 3 суток. Наиболее оптимальной является ёмкость, когда очистка бункера происходит 1 раз в неделю (через 5-6 дней).
- Для энергосбережения используют пылеуловители УВП и УВП-СЦ.

### **11.11. Индивидуальные стружкоотсосы серии «ИН».**

Установки серии «ИН» предназначены для удаления и очистки воздуха от стружки и опилок и сбора отходов в мешках-накопителях. Стружкоотсосы предназначены для использования на небольших предприятиях с малым количеством образующихся отходов. Степень очистки воздуха установками серии «ИН» составляет 99,9%. Установки используются для удаления загрязненного воздуха от отдельных станков или групп станков и имеют производительность до 7 000 м<sup>3</sup>/час по воздуху. Ввиду особенности конструкции расстояние от станка до стружкоотсоса, как правило, не должно превышать 2 м.

Конструкция стружкоотсосов представлена на рисунках 69, 70, 71.

Установка состоит из корпуса со встроенным пылевым вентилятором, к корпусу с помощью легкоъемных хомутов крепятся фильтры и накопители отходов.

Варианты исполнения:

- для очистки воздуха от древесных опилок, стружки, опилок ДСП, пластмасс и т.д.;
- для очистки воздуха от опилок, пыли, образующейся в результате обработки на фрезерных станках МДФ и подобных материалов.

При использовании установок серии «ИН» для очистки воздуха от стружки, опилок, пыли, образующихся в результате обработки МДФ, ДСП, ДВП и других материалов, в которых доля лёгкой мелкой фракции в составе отходов относительно высока, рекомендуется использовать фильтры с увеличенной площадью фильтрования. Увеличение площади необходимо для снижения газовой-пылевой нагрузки на фильтрующий материал: Это препятствует глубокому проникновению частиц пыли внутрь материала и увеличивает срок службы фильтра.

Установки предназначены для эксплуатации внутри помещения.

Основные технические характеристики установок серии «ИН» приведены в табл. 11.4.

Условное обозначение установок серии «ИН» определяется по схеме:

УВП	-XXXX	X
Вид изделия		Исполнение
Производительность по воздуху, тыс.м <sup>3</sup> /час		

Пример обозначения установки серии «ИН»:

УВП-2000, где 2000 - производительность установки по удалению и очистке воздуха, м<sup>3</sup>/ч.

Рекомендации по использованию стружкоотсосов «ИН» с деревообрабатывающим оборудованием.

Стружкоотсосы УВП-2000, УВП-2000У могут использоваться:

- со станками ЦА-2А, ПЦК5-2, ЛС80-6, ФСШ-1 А, ФШ, УФС-1, КФ-40, СФ4-1, СФ6-1, С2Ф-3, ШПА-40, СР-4, СР-6, СР-8, ЦДК5-3, СМЗ, СВПГ-2А, ЦДК 4-3, Ц 6-2, ВБ 12, Ц-40, ЦПА-40, ЛС-40, ВФК-2, СВА-2А, СВПГ-1, СВ1ТГ-2, СВПГ-3, ШЛХ-2, КПА-20, ЦДА-4, ВБ-12, ВБ-28, САС-2500, ЦС, ЦД-4, Ц-5(6), ЦА, Ц-2М, ЦДТ-5, ЦУ-2, Lazari, ЦД-5, ВАС, Griggio T-270/P), ГОМА F-110S , СФП-1, ФСШ-1, ФСШ-КН], ФСШ-1 К, ФСШ-3, ФС-1, ФС, ФСА-1, Ф-4, Ф-5, Ф-6, АФ-1, Ф-2ВК(Ф-2-4), ЦТ-2, ЦФ-1, ЦФ-2, Астра, ЛС-80-6, ЦДА-2, LABOR CV4, СВПГ-1 И, Витап, ТК-20, С1, Камея (удлинённый), ФФД-3, Fromia, СФ-4-1, СФ-4-1 А, СФ-6, СФ-6-1 (СФ-6-1 А), С2Ф-4, С2Ф-3-3 (С2Ф-4-1), СФК-Б (СФБ-Г), СФА-Б, СФА-4-1, КФ-Б, СР-6-6, СР-6-9, СР-6-10, СРБ-2, НР11, Dimter, ШО-16-4 (ШО-10-4), Т45, ШПА-40, КПА-20 (КПА-50), ALTENDORF и др.;

- для одновременного обслуживания двух станков, когда суммарный объём отсасываемого воздуха не превышает 2000 м<sup>3</sup>/час;

- УВП-2000У может использоваться также для уборки пола производственных помещений.

- УВП-2000П может использоваться для транспортировки промышленных отходов.

Стружкоотсос УВП-3000 может использоваться:

- со станками ШО 10-4, ШО 16-4, ЦТЗФ-1, TS-300, ЦТЗФ-1 \*, ЦКЗ-2, ЦДК 5, ЦМ, ЦМР-1, МК, 316-4, АМ-33, М-2ГС, LSP-700, LM-410, STR-86, ШД-6-8М, и др.;

- для одновременного обслуживания двух или трёх станков, где суммарный объём отсасываемого воздуха не превышает 3000 м<sup>3</sup>/час.

Стружкоотсос УВП-5000 может использоваться:

- со станками ЦТ4Ф, ЦМР (10-пильный), С 10-3,318-4 , С 16-1 А, С 16-2А, С 16-4М, С 16-51-01, С 26-2М, СК 15, Парк-5, ИРД-6Ф4, МДЦ-10, ЦМР-2, ШО-10-А (ШО-15-А; ШО-15-А-1; ШО-10-А-1), ШО-Б, Ш-2ПА (Ш-2ПА-2), KD84, и др.;

для одновременного обслуживания двух или более станков, где суммарный объём отсасываемого воздуха не превышает 5000 м<sup>3</sup>/час.

Стружкоотсос УВП-ИН-7000 может использоваться:

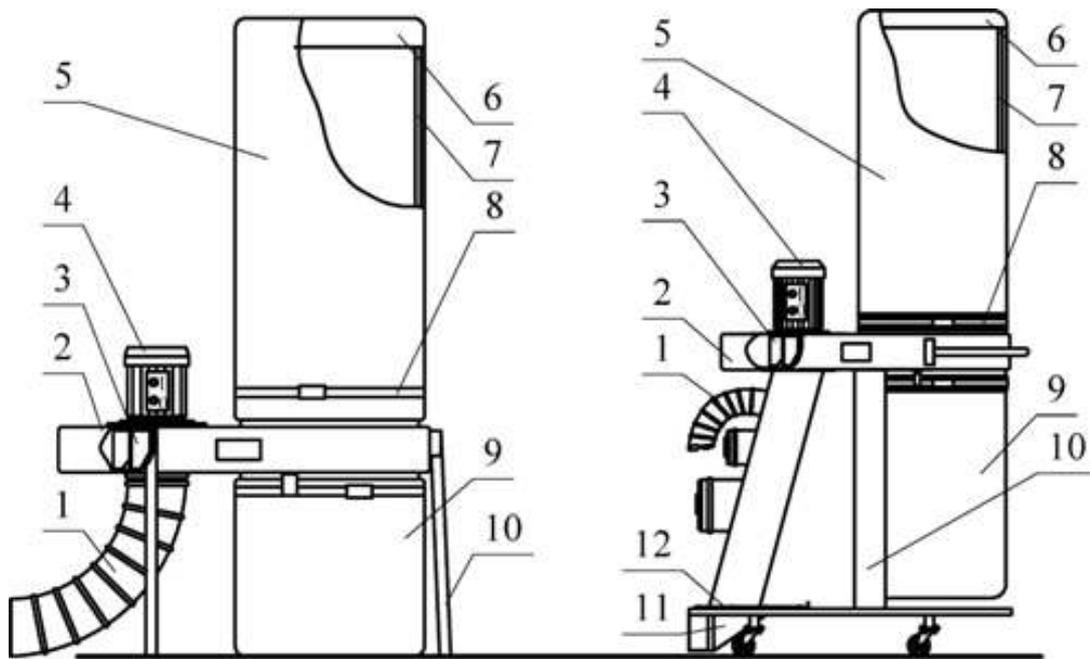
- со станками ЦМР-2, ЦМР (10-пильный), С10-3, С16-1 А, С16-4А, С26-2М, С25-4А, С25-5А, С-125, УСЧ-1, СЧ-4, ДКС170-05, ДШ-300, ЦФ-2, С10, С16, С26, СК25, СПЗО-1, ЦМР-2, ШО-6, ЕВТ-120, ROVER-22, SUPRA-2, Weinig, и др.;

для одновременного обслуживания двух или более станков, где суммарный объём отсасываемого воздуха не превышает 7000 м<sup>3</sup>/час.

Таблица 11.4

**Технические характеристики установок серии «ИН»**

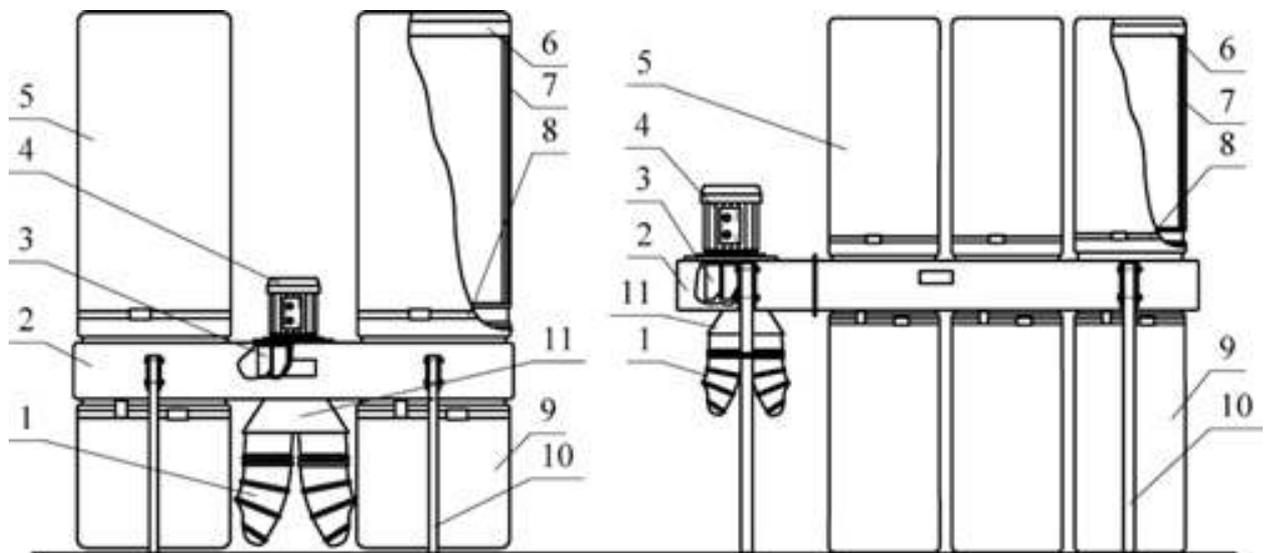
Характеристики	УВП-1200	УВП-2000	УВП-2000-У	УВП-3000	УВП-5000	УВП-7000
Производительность, м <sup>3</sup> /ч	1200	2000	2000	3000	5000	7000
Скорость возд. потока на входе, не	24	28	28	26	26	28
Создаваемое разрежение, Па	1200	1500	1500	1500	1800	1900
Степень очистки воздуха, %	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9
Количество и диаметр	1/120	1/160	80, 120, 160	2/160	3/160	4/160
Количество и объем накопителей, шт./м <sup>3</sup>	1/0,1	1/0,2	1/0,2	2/0,4	3/0,6	4/0,8
Габаритные размеры установки, длина,	850x550x1800	940x580x2300	970x650x2300	1600x580x2300	2500x1100x2300	3000x1100x2300
Вес, кг	50	60	68	87	140	160
Мощность эл.двигателя, кВт	1,1	2,2	2,2	2,2	5,5	5,5



а

б

Рис. 87. Модели УВП-1200С, УВП-2000С (а), УВП-2000У (б): 1 – воздуховод, 2 – корпус, 3 – рабочее колесо вентилятора, 4 – электродвигатель, 5 – фильтрующий элемент, 6 – опора, 7 – стойка фильтра, 8 – хомут, 9 – накопитель, 10 – стойка, 11 – заборник, 12 – шибер



а

б

Рис. 88. Модели УВП-3000С (а), УВП-5000 (б): 1 – воздуховод, 2 – корпус, 3 – рабочее колесо вентилятора, 4 – электродвигатель, 5 – фильтрующий элемент, 6 – опора, 7 – стойка фильтра, 8 – хомут, 9 – накопитель, 10 – стойка, 11 – патрубок

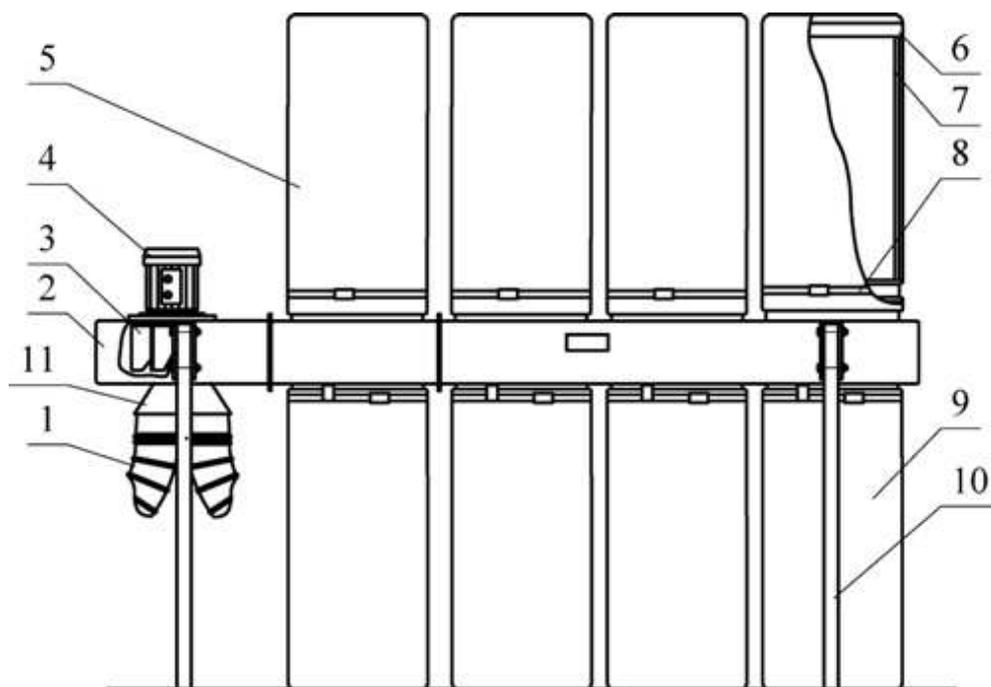


Рис. 89. Установки серии «ИН» (УВП-7000): 1 – воздуховод, 2 – корпус, 3 – рабочее колесо вентилятора, 4 – электродвигатель, 5 – фильтрующий элемент, 6 – опора, 7 – стойка фильтра, 8 – хомут, 9 – накопитель, 10 – стойка, 11 – патрубок.

### 11.12. Установки серии «СЦ»

Установки серии «СЦ» предназначены для очистки воздуха и сбора в бункере-накопителе сухих сыпучих материалов, имеющих насыпную плотность  $600 \text{ кг/м}^3$ .

Область применения:

- деревообрабатывающая и мебельная промышленность;
- производство и переработка пластмасс;
- металлообрабатывающая промышленность;
- химическая промышленность;
- производство строительных материалов;
- производство и переработка сельскохозяйственной продукции и

т.д.

Установки используются в качестве элемента очистки воздуха в системах аспирации и пневмотранспорта как с применением рециркуляционной схемы обращения воздуха, так и без нее.

Степень очистки воздуха составляет 99,9%.

Конструкция установки, принцип работы представлены на рис. 72–74.

Установка состоит из блока фильтров с механической системой регенерации и бункера-накопителя отходов, выполненных в едином корпусе.

Установки серии «СЦ-4» выпускаются с двумя модификациями бункеров - накопителей:

- выгрузка материала из бункера-накопителя самотеком;
- механизированная выгрузка рессорным устройством, расположенным внутри бункера -накопителя.

Другие установки серии «СЦ» выпускаются только с механизированным устройством выгрузки.

Расположенное внутри бункера-накопителя механическое устройство выгрузки позволяет производить выгрузку материалов, не останавливая работу аспирационной системы.

Основные технические характеристики, габаритные и присоединительные размеры установок серии «СЦ» приводятся в таблицах 11.5, 11.6 и на рис.72, 74.

#### *Варианты изготовления «СЦ»:*

Северное исполнение. Для регионов, где температура воздуха в зимний период ниже  $-30^{\circ}\text{C}$ . Бункер-накопитель установки, блок фильтров и крыша в теплоизолированном исполнении, что позволяет сократить до минимума потери тепла при прохождении воздуха в установке и возврате теплого воздуха обратно в рабочее помещение. При изготовлении установки используются специальные стали.

Стандартное исполнение – для регионов с умеренным климатом. Бункер-накопитель установки, блок фильтров и крыша в теплоизолированном исполнении.

Не теплоизолированное исполнение – для регионов с теплым климатом или в случае, когда возврат теплого воздуха обратно не требуется.

Установки имеют возможность подключения устройства выгрузки в пневмотранспортную систему или механический транспортер с сохранением функции выгрузки отходов в автотранспорт.

Условное обозначение установок серии «СЦ» определяется по схеме:



Пример обозначения установки серии «СЦ»: УВП-СЦ-14-34-28;

Где, 14 – цифра, характеризующая диаметр установки и обозначающая количество граней;

34 – производительность установки в тыс.м<sup>3</sup>/ч;

28 – ёмкость бункера накопителя, м<sup>3</sup>.

Установки серии «СЦ» рекомендуется использовать, когда необходимо очищать удаляемый от оборудования или других источников пылеобразования воздух и накапливать отходы перед их дальнейшей утилизацией.

Наличие в установке бункера-накопителя и механизированная выгрузка с задаваемыми параметрами производительности выгрузки позволяет установке работает в комплексе с другим видами оборудования, таким как котельная, когда требуется регулярная подача опилок в котел. В этом случае разрабатывается необходимая система автоматики, контролирующая процесс подачи опилок в котел.

Таблица 11.5.

## Технические характеристики установок серии «СЦ».

Наименование установки	Габаритные размеры АхБхВ, мм	Объем бункера, м <sup>3</sup>	Производительность, м <sup>3</sup> /ч	Площадь фильтров, м <sup>2</sup>	Масса, кг	Кол-во граней, шт.	Исполнен		Потребл. мощность, кВт	Габаритные размеры, мм			
							мног.огр.	коло.нн.		Г	Д	Е	Ж
УВП-СЦ-4-32-22-К	5310x3330x	22	32000	282	59000	4		+	4	11750	7115	11015	7355
УВП-СЦ-4-32-10-К	5310x3330x	10	32000	282	5150	4		+	4	9920	5265	9185	5525
УВП-СЦ-4-17-22-К	5310x3330x	22	17000	121	5150	4		+	4	9920	7115	9185	7355
УВП-СЦ-4-17-10-К	5310x3330x	10	17000	121	4400	4		+	4	8090	5265	7355	5525
УВП-СЦ-14-35-24	Ø3531x141	24	35000	312	7600	14	+	+	7,3	12490	7450	12940	7780
УВП-СЦ-14-35-7	Ø3531x121	7	35000	312	6900	14	+	+	7,3	10520	5480	10970	5810
УВП-СЦ-14-18-24	Ø3531x121	27	18000	137	6900	14	+	+	7,3	10520	7450	10970	7780
УВП-СЦ-14-18-7	Ø3531x102	7	18000	137	6200	14	+	+	7,3	8550	5480	9000	5810
УВП-СЦ-14-18-41	Ø3531x141	41	18000	137	7600	14	+	+	7,3	12490	9420	12940	9750
УВП-СЦ-16-45-30	Ø4008x141	30	45000	424	8600	16	+	+	7,5	12490	7450	12940	7780
УВП-СЦ-16-45-9	Ø4008x121	9	45000	424	7810	16	+	+	7,5	10520	5480	10970	5810
УВП-СЦ-16-24-30	Ø4008x121	30	24000	186	7810	16	+	+	7,5	10520	7450	10970	7780
УВП-СЦ-16-24-9	Ø4008x102	9	24000	186	7020	16	+	+	7,5	8550	5480	9000	5810
УВП-СЦ-16-24-51	Ø4008x141	51	24000	186	8600	16	+	+	7,5	12490	9420	12940	9750
УВП-СЦ-18-60-39	Ø4480x141	39	60000	544	9800	18	+	+	7,5	12490	7450	12940	7780
УВП-СЦ-18-60-12	Ø4480x121	12	60000	544	8910	18	+	+	7,5	10520	5480	10970	5810
УВП-СЦ-18-30-39	Ø4480x121	39	30000	239	8910	18	+	+	7,5	10520	7450	10970	7780
УВП-СЦ-18-30-12	Ø4480x102	12	30000	239	8020	18	+	+	7,5	8550	5480	9000	5810
УВП-СЦ-18-30-66	Ø4480x141	66	30000	239	9800	18	+	+	7,5	12490	9420	12940	9750
УВП-СЦ-20-75-50	Ø4956x141	50	75000	676	10900	20	+	+	7,5	12630	7450	12940	7780
УВП-СЦ-20-75-15	Ø4956x121	15	75000	676	9900	20	+	+	7,5	10660	5480	10970	5810
УВП-СЦ-20-38-50	Ø4956x121	50	38000	297	9900	20	+	+	7,5	10660	7450	10970	7780
УВП-СЦ-20-38-15	Ø4956x102	15	38000	297	8900	20	+	+	7,5	8960	5480	9000	5810
УВП-СЦ-20-38-82	Ø4956x141	82	38000	297	10900	20	+	+	7,5	12630	9420	12940	9750
УВП-СЦ-22-90-57	Ø5430x141	57	90000	836	11900	22	+	+	7,5	12490	7450	12940	7780

Окончание таблицы 11.5.													
Наименование установки	Габаритные размеры АхБхВ, мм	Объем бункера, м <sup>3</sup>	Производительность, м <sup>3</sup> /ч	Площадь фильтров, м <sup>2</sup>	Масса, кг	Кол-во граней, шт.	Исполнен		Потребл. мощность, кВт	Габаритные размеры,			
							мног. огр.	коло. нн.		Г	Д	Е	Ж
УВП-СЦ-22-90-17	Ø5450x1219	17	90000	836	10770	22	+	+	7,5	10520	5480	10970	5810
УВП-СЦ-22-48-57	Ø5450x1219	57	48000	368	10770	22	+	+	7,5	10520	7450	10970	7780
УВП-СЦ-22-48-17	Ø5450x1022	17	48000	368	9640	22	+	+	7,5	8550	5480	9000	5810
УВП-СЦ-22-48-97	Ø5450x1410	97	48000	368	11900	22	+	+	7,5	12490	9420	12940	9750
УВП-СЦ-24-105-70	Ø5907x1411	70	105000	956	13500	24	+	+	7,5	12490	7450	12940	7780
УВП-СЦ-24-105-21	Ø5907x1219	21	105000	956	12220	24	+	+	7,5	10520	5480	10970	5810
УВП-СЦ-24-55-70	Ø5907x1219	70	55000	421	12220	24	+	+	7,5	10520	7450	10970	7780

Технические характеристики установок серии «СЦ» (тип УВП-СЦ-4-...-БК).													
Наименование установки	Габаритные размеры АхБхВ, мм	Объем бункера, м <sup>3</sup>	Производительность, м <sup>3</sup> /ч	Площадь фильтров, м <sup>2</sup>	Масса, кг	Кол-во граней, шт.	Исполнен		Потребл. мощность, кВт	Габаритные размеры,			
							мног. огр.	коло. нн.		Г	Д	Е	Ж
УВП-СЦ-4-17-07-БК	4780x3960x90	7	32000	121	4850	4	+		4	8550	5750		
УВП-СЦ-4-23-07-БК	4780x3960x94	7	23000	166	5400	4	+		4	9000	5750		
УВП-СЦ-4-32-07-БК	4780x3960x10	7	17000	282	6200	4	+		4	10400	5750		

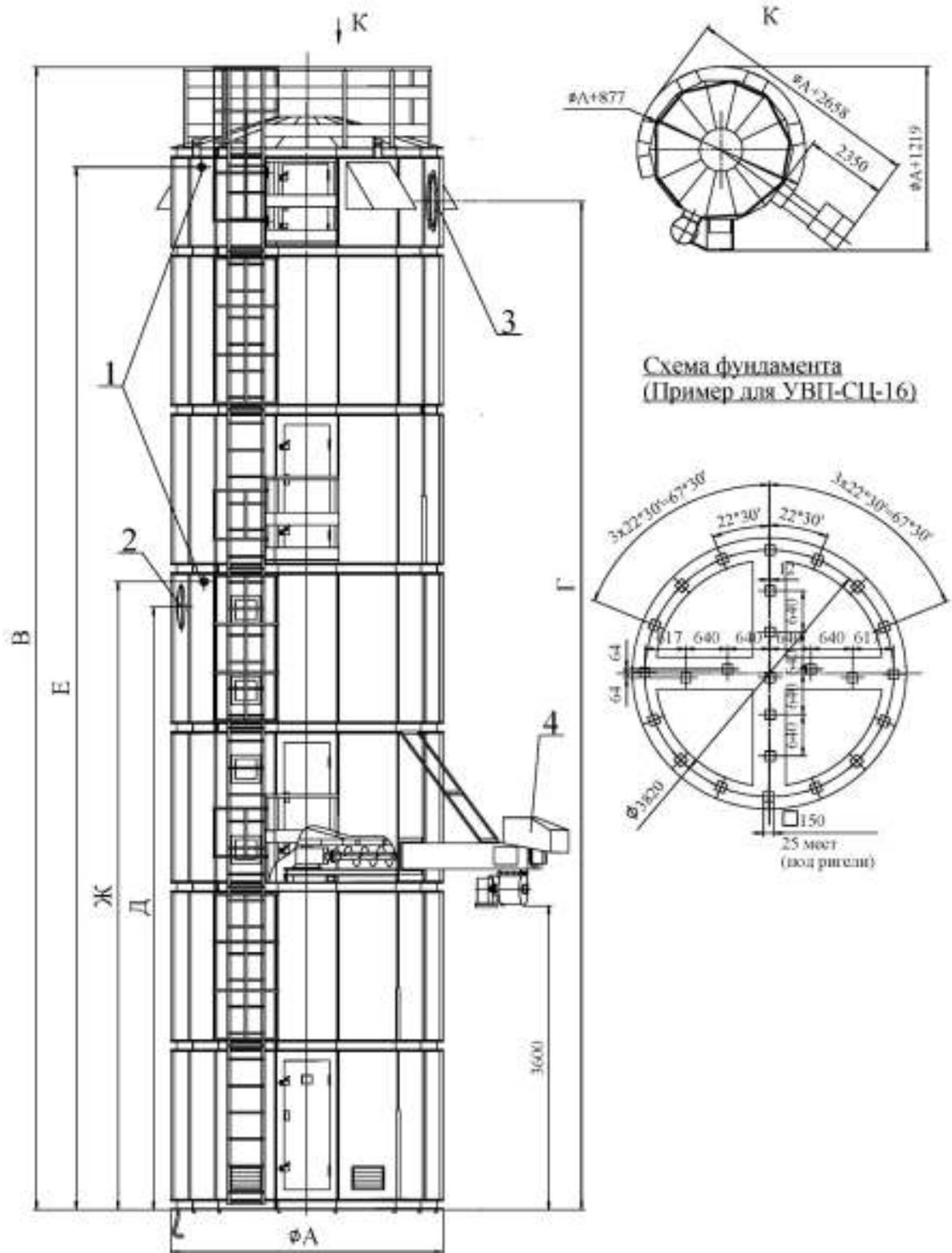


Рис.90. Установки серии «СЦ»: 1 – штуцер системы подачи воды; 2 – входное сечение; 3 – выходное отверстие; 4 – устройство выгрузки

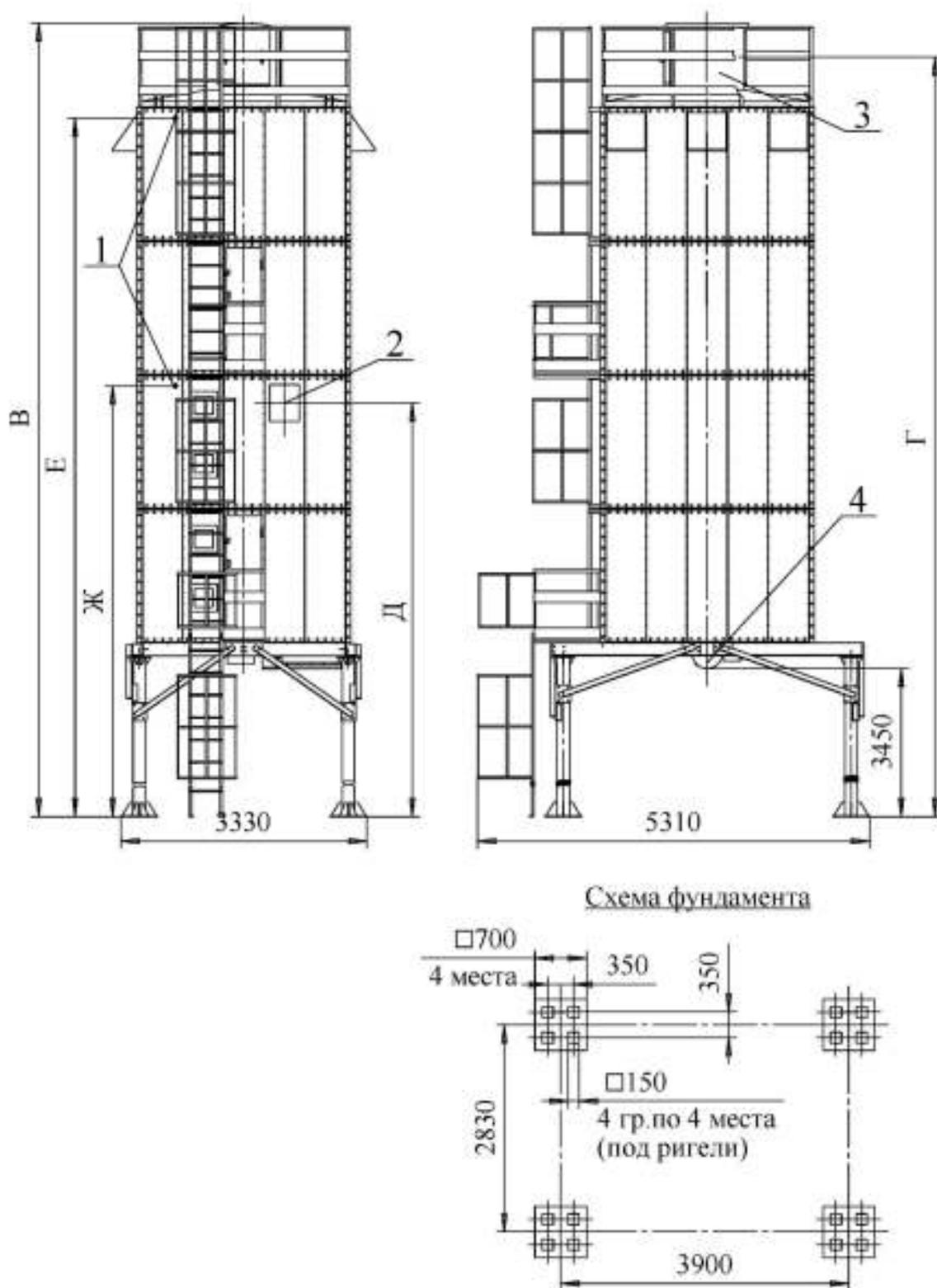


Рис.91. Установки серии «СЦ» (тип СЦ-4): 1 – штуцер системы подачи воды; 2 – входное сечение; 3 – выходное отверстие; 4 – устройство выгрузки.

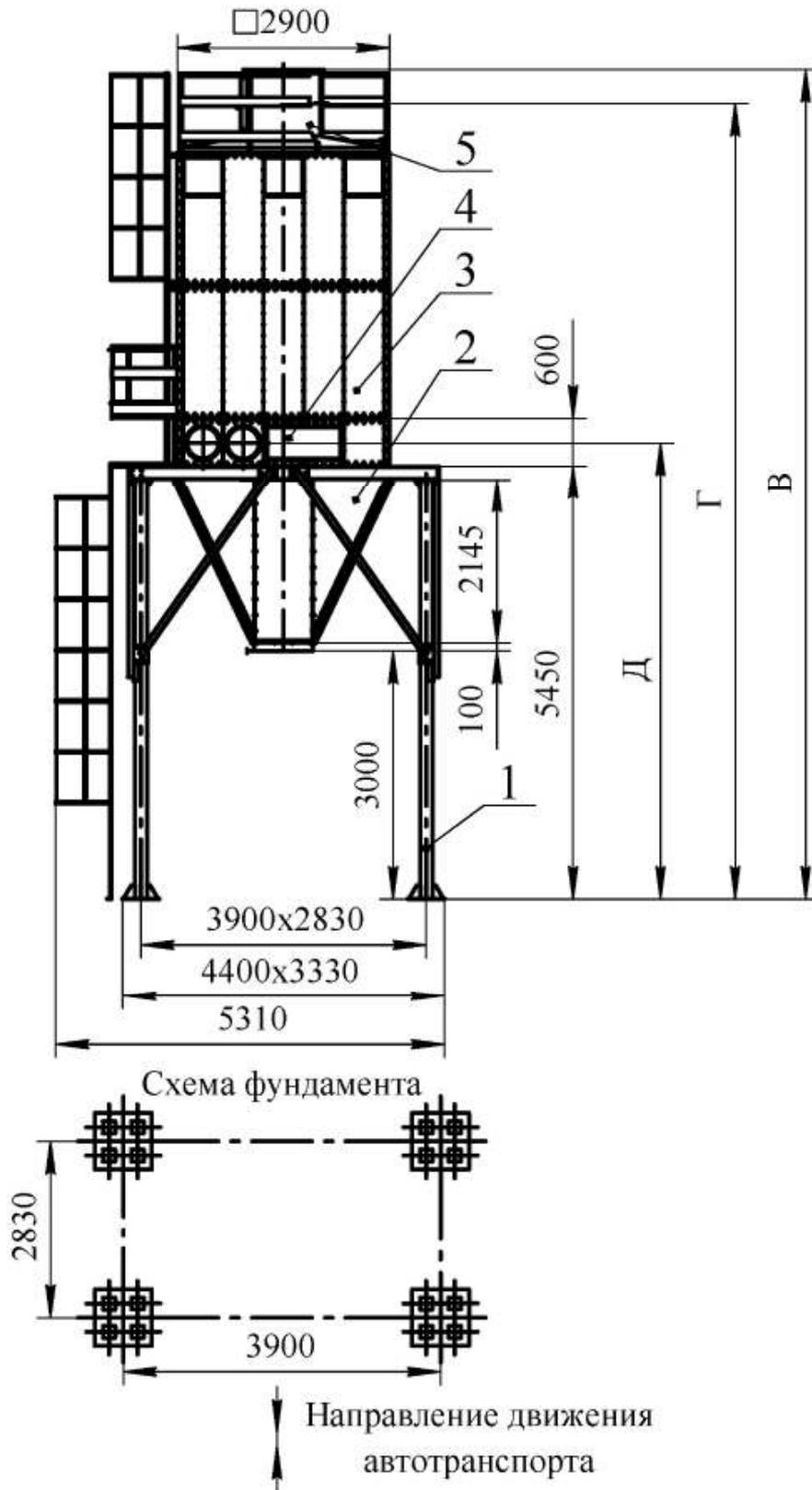


Рис. 92. Установки серии «СЦ» (тип СЦ-4-32-07-БК): 1 – опора; 2 – бункер-накопитель; 3 – блок фильтров; 4 – вход; 5 – выход



Рис. 93. Внешний вид установки серии «СЦ»

## **Глава 12. ЦИКЛОНЫ СИСТЕМ АСПИРАЦИИ И ПНЕВМОТРАНСПОРТА ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Для сепарации древесных отходов в настоящее время используется три типа циклонов: циклоны марки Ц, марки К (ОЭКДМ) и марки УЦ [2,3].

### **12.1. Циклоны серии Ц**

Циклоны серии Ц выпускаются 18 типоразмеров и имеют маркировки от Ц250 до Ц1600. Цифра в маркировке характеризует диаметр корпуса. Эти циклоны имеют интервал производительности  $L_{\min} = 500 \div 700 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $L_{\max} = 18000 \div 23000 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

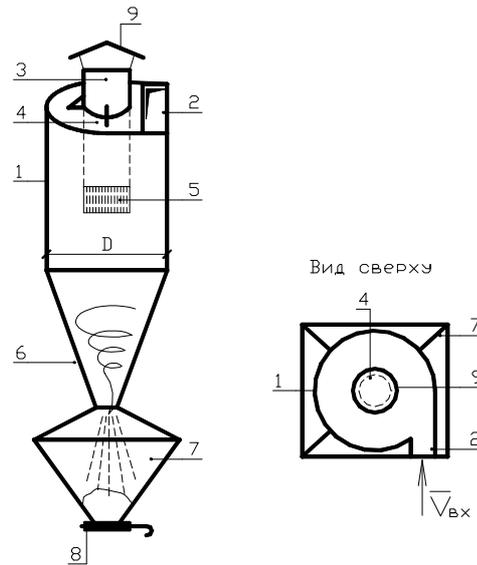


Рис.94. Циклон серии Ц: 1 – цилиндрический корпус (барабан); 2 – входной патрубок прямоугольной формы; 3 – выхлопной патрубок круглой формы; 4 – внутренний стакан; 5 – сепаратор – цилиндр с щелевыми отверстиями и отогнутыми рёбрами (есть только у этой марки циклонов); 6 – конус циклона; 7 – бункер-сборник; 8 – шибер до диаметра 315 мм при большем диаметре – затвор; 9 – зонт

### Принцип действия циклонов.

Запыленный воздух подается тангенциально (т.е. по касательной) через входной патрубок 2 цилиндрическому корпусу циклона. За счет *центробежных сил* примесь прижимается к корпусу, что приводит к увеличению *сил трения*. В нижней части внутреннего стакана воздух проходит через сепаратор и резко изменяет направление движения на противоположное. Очищенный воздух удаляется из циклона через выхлопной патрубок 3, а частицы *по инерции* движутся по нисходящей спирали по конусу циклона в бункер-сборник.

Конус циклона обеспечивает минимальную траекторию движения частиц до бункера и исключает маленьким размером диаметра нижней части вторичный вынос отсепарированной примеси.

Сопротивление циклона определяется по выражению

$$\Delta P_{\text{ц}} = \xi_{\text{вх}} \cdot \frac{v_{\text{вх}}^2}{2} \cdot \rho_{\text{в}}, \quad (100)$$

где  $\xi_{\text{вх}}$  – коэффициент местного сопротивления на входе в циклон,  $\xi_{\text{вх}} = 5,4$ ;

$v_{\text{вх}}$  – скорость во входном патрубке циклона, м/с,  $v_{\text{вх}} = 14 \div 18$  м/с;

$\rho_{\text{в}}$  – плотность воздуха.

## 12.2. Циклоны серии К

Циклоны серии К (ОЭКДМ) выпускаются 10 типоразмеров и имеют маркировки К12÷К34. Цифра в маркировке характеризует диаметр корпуса в дм. Малые размеры этих циклонов имеют производительность  $L_{\min} = 1500 \div 2500$  м<sup>3</sup>/ч, большие –  $L_{\max} = (37 \div 39)$  тыс. м<sup>3</sup>/ч. Транспортирующая скорость для древесных отходов составляет  $v_{\text{вх}} = 14 \div 18$  м/с, коэффициент местного сопротивления на входе в циклон  $\xi_{\text{вх}} = 5,0$ .

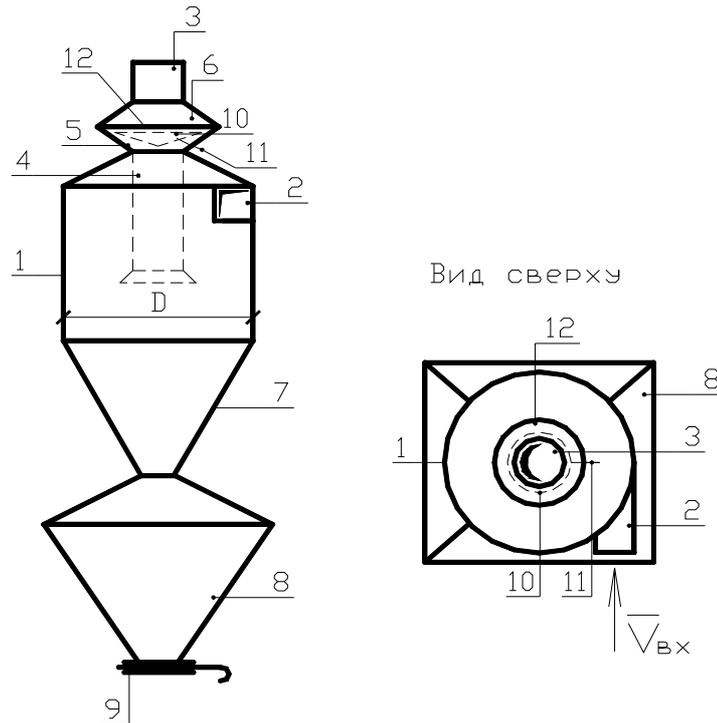


Рис. 95. Циклон серии К (ОЭКДМ): 1 – цилиндрический корпус (барабан); 2 – входной патрубок прямоугольной формы; 3 – выхлопной патрубок круглой формы; 4 – внутренний стакан; 5 – нижний конус выхлопного патрубка; 6 – верхний конус выхлопного патрубка; 7 – конус циклона; 8 – бункер-сборник; 9 – затвор (шибер); 10 – каплеуловитель тарельчатой формы; 11 – водоотводящий патрубок; 12 – кольцевой зазор между нижним и верхним конусами выхлопного патрубка и внешним диаметром каплеуловитель

Отличительной особенностью данного циклона является конструкция выхлопного патрубка и соотношение вертикального размера корпуса и общего вертикального размера циклона.

Очищенный воздух через внутренний стакан проходит по кольцевому зазору в конусах выхлопного патрубка к выхлопному патрубку 3. Атмосферные

осадки улавливаются каплеуловителем 10, так как его внешний диаметр больше диаметра выхлопного патрубка. Через водоотводящую трубу осадки удаляются на крышку корпуса циклона.

Сопротивление данного циклона определяется по выражению (100).

Циклоны марки К имеют иную аэродинамическую схему по сравнению с циклонами марки Ц.

Эффективность действия циклонов Ц и К:  $\eta = 80 \div 95\%$ .

### 12.3. Циклоны серии УЦ

Циклоны серии УЦ выпускаются 15 типоразмеров и имеют маркировки УЦ-500 ÷ УЦ-2000. Цифра в маркировке характеризует диаметр корпуса в мм. Циклоны серии «УЦ» являются конусными. Их характерной особенностью является превышение в 2,5 раза вертикального размера конуса циклона по сравнению с вертикальным размером барабана корпуса.

Эти циклоны имеют интервал производительности  $L=700 \div 8000 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Скорость во входном патрубке циклона для древесных отходов составляет  $v_{\text{вх}}=14 \div 18 \text{ м/с}$ , коэффициент местного сопротивления на входе в циклон  $\xi_{\text{вх}} = 5,0$ .

Основным достоинством конусных циклонов является их высокая эффективность очистки  $\eta=90 \div 98\%$ , то есть она сравнима с эффективностью очистки мокрых пылеуловителей. Серьезным недостатком этих циклонов является повышенные требования к постоянству фракционного состава примеси и к аэродинамической устойчивости потока воздуха.

## Глава 13. ПЫЛЕВЫЕ ВЕНТИЛЯТОРЫ СИСТЕМ АСПИРАЦИИ И ПНЕВМОТРАНСПОРТА

Через пылевые вентиляторы проходит воздух с примесью, поэтому они имеют свои аэродинамические схемы, отличные от вентиляторов, работающих на чистом воздухе.

В настоящее время выпускаются следующие марки пылевых вентиляторов:

В-ЦП6-45 № 4; 5; 6,3; 8

В-ЦП7-40 № 4; 5; 6,3; 8

ВР-100-45 № 5; 6,3; 8

ВР-6-27 № 6,3; 8

ВР-7-28 № 6,3; 8.

Первые три модели являются самыми распространенными, две последние – пылевые вентиляторы специального назначения.

Существуют следующие основные **характеристики, отличающие пылевые вентиляторы от вентиляторов обычного назначения:**

- массивный сварной корпус  $\delta = 3 \div 5$  мм (у обычных вентиляторов  $\delta = 1 \div 2$  мм);
- выпускаются только 6 исполнения (новые модели 5 исполнения) с мощным электродвигателем, установленным на раме;
- крыльчатка вентилятора лопастнообразная;
- диаметр входного патрубка не совпадает с номером вентилятора, он соответствует эквивалентному диаметру выхлопного патрубка ( $d_{\text{вх}} = d_{\text{экв.вых.}}$ );
- они в большинстве случаев выпускаются с нулевым (первым) расположением улитки.

Системы аспирации и пневмотранспорта являются плотными системами, поэтому расход воздуха, перемещаемый вентилятором, равен расходу воздуха в системе (утечки и подсосы исключены),

$$L_{\text{вент}} = L_{\text{с}} \quad (101)$$

Давление, развиваемое вентилятором, определяется по зависимости:

$$P_{\text{вент}} = 1,1\Delta P_{\text{с}} + \Delta P_{\text{об}} \quad (102)$$

В данном случае запас в размере 10% принимается только на воздуховоды.

Надежность работы вентилятора обеспечивается при сравнимых потерях на всасывающей и нагнетательной линиях. Поэтому в выражении (102) принимается запас только у воздуховодов, т.к. потери в них составляют порядка 600÷800 Па, а в циклонах и сепараторах – от 1 до 2,5 тыс. Па.

Пылевые вентиляторы подбираются так же как и обычные по соответствующим универсальным характеристикам, приведенным в справочной литературе.

Именно соотношения (101) и (102) вызывают необходимость в исполнении данных вентиляторов (через клиноременную передачу).

## Глава 14. АЭРОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМ АСПИРАЦИИ И ПНЕВМОТРАНСПОРТА

Цель аэродинамического расчета [1,2,10]:

- определение расходов на участках и в системе в целом;
- определение диаметров на участках системы;
- определение потерь давления на участках и в системе в целом.

*Порядок аэродинамического расчета*

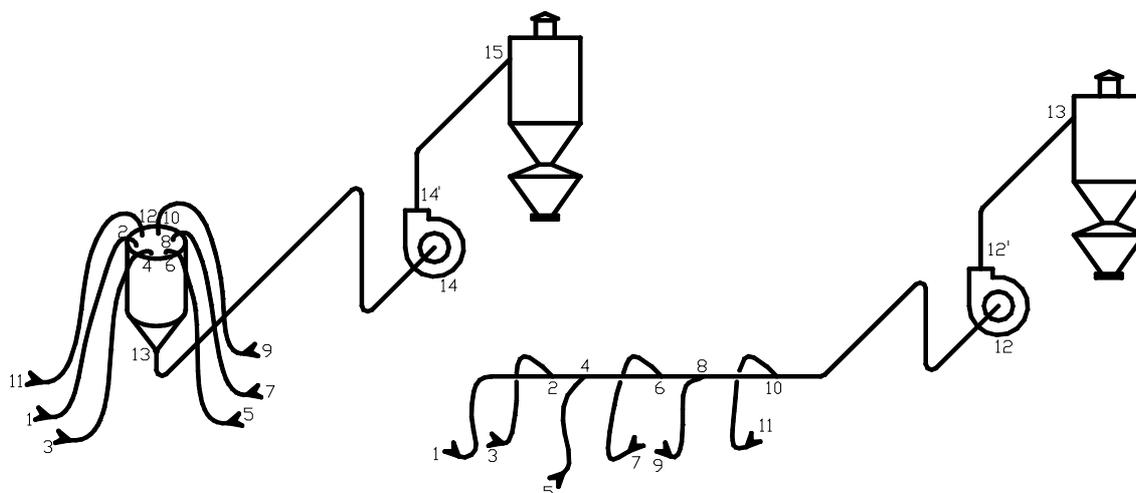


Рис. 96 Схемы систем аспирации и пневмотранспорта

- На аксонометрической схеме на концах ответвлений проставляют минимальные расходы  $L_{\min}$  и длины ответвлений.
- Выбирают самое нагруженное и самое протяженное ответвление, которое будет началом магистрали, и производят нумерацию участков и ответвлений.
- Определяют диаметры и динамические давления ответвлений по таблицам для чистого воздуха.
- Определяют по методу динамических давлений сопротивление участков (ответвлений):

$$\Delta P_{\text{уч}} = \lambda_{\text{тр}} \frac{l}{d} P_{\text{д}} + \Sigma \xi \cdot P_{\text{д}} = \left( \underbrace{\frac{\lambda_{\text{тр}} \cdot l}{d}}_{\xi_{\text{зам}}} + \Sigma \xi \right) \cdot P_{\text{д}}, \quad (103)$$

$$\Delta P_{\text{уч}} = (\xi_{\text{зам}} + \Sigma \xi) \cdot P_{\text{д}}. \quad (104)$$

- По диаметру на участке определяют истинную скорость и из таблиц в справочной литературе по этим 2-м характеристикам определяют  $\lambda_{\text{тр}}/d$ .
- Определяется  $\xi_{\text{зам}}$  и  $\Sigma \xi$  на ответвлениях:

$$\xi_{\text{зам}} = \frac{\lambda_{\text{тр}} \cdot l}{d}.$$

- По формуле (104) рассчитывается сопротивление каждого ответвления  $\Delta P_{\text{уч}}$ .
- К расчету магистральных участков системы переходят только после увязки ответвлений или магистрального участка:

$$\frac{\Delta P_{\text{отв}} - \Delta P_{\text{уч}}}{\Delta P_{\text{уч}}} \cdot 100\% \leq 5\% \quad (105)$$

- При изменении ближайших диаметров на 1 калибр не удается обеспечить выполнение неравенства (105), поэтому минимальный расход на участке увеличивают до значений расходов, при которых выполняется неравенство (105), и придуманные расходы принимают за расчетные ( $L_{\min} \uparrow \rightarrow L_{\text{р}}$ ).



## Глава 15. АЭРАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

**Аэрация** – это организованный естественный воздухообмен за счет гравитационных сил и давления ветра [1,2,8,9].

Она используется в теплый период года для удаления из помещения избытков явной теплоты.

### 15.1. Основные ограничения использования аэрации в помещении

Существуют следующие ограничения использования аэрации в помещении:

- 1) аэрация не допустима в помещениях с кондиционированием воздуха;
- 2) аэрация запрещена, если она сбивает факелы местных отсосов;
- 3) аэрация запрещена в помещениях, где выделяются токсичные вредные вещества;
- 4) аэрация запрещена в помещениях с постоянным пребыванием человека у наружных ограждения, где аэрационные фрамуги находятся ниже 4-х метров от уровня пола;
- 5) аэрация запрещена в холодный период года;
- 6) аэрация запрещена в помещениях, если за счет нее снижается качество выпускаемой продукции.

### 15.2. Распределение давлений на вертикальные ограждающие конструкции однопролетного цеха

Рассмотрим распределение давлений на вертикальные ограждающие конструкции однопролетного цеха. Эпюры давления воздуха на ограждающие конструкции здания *при незначительных ветровых нагрузках* приведены на рис. 97.

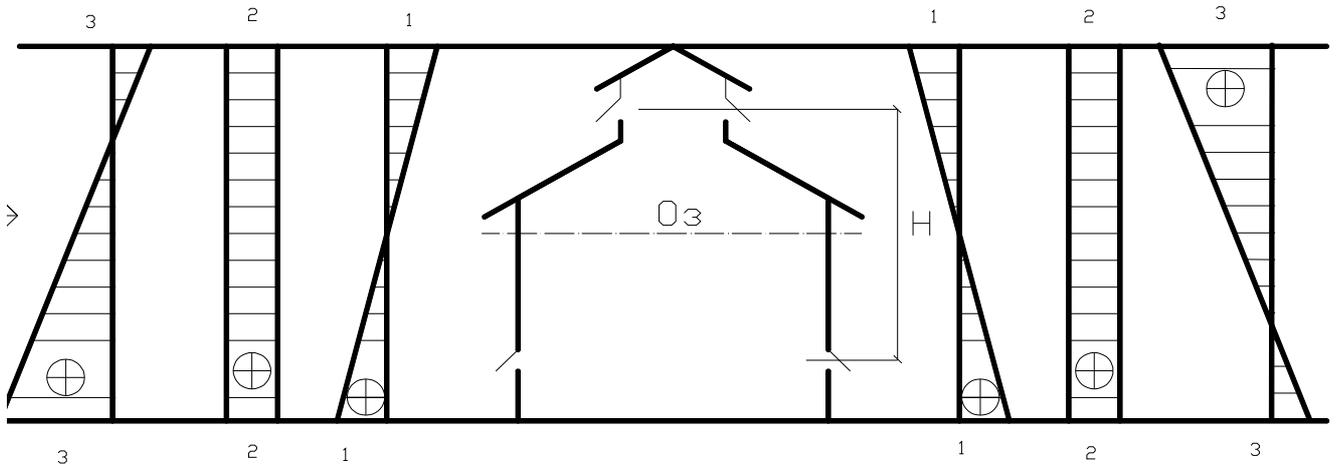


Рис. 97. Эпюры давления воздуха на ограждающие конструкции здания при незначительных ветровых нагрузках

Известно, что давление в приземном слое атмосферы имеет форму треугольника, если за точку отсчета принять давление по центру высоты здания, то эпюра будет следующего вида (см. 1-1). Согласно закону сохранения энергии среднее значение давления изнутри и снаружи здания будут одинаковы, тогда при *слабых* ветровых воздействиях (см. 2-2) с наветренной стороны давление будет избыточным, а с заветренной стороны будет разрежение. Результирующей эпюрой 3-3 характеризуют совместное действие давления и слабого ветра на вертикальные ограждающие конструкции здания.

По результатам суммирования эпюр можно сделать следующий вывод: при слабых ветровых воздействиях нижние аэрационные фрамуги работают на приток воздуха в помещение, верхние – на вытяжку, т.к. нижняя часть эпюры «+», а верхняя «-».

При расчетах аэрационного воздухообмена пользуются следующими понятиями:

1) избыточное давление:

$$\Delta P_{\text{изб}} = P_{\text{в}} - P_{\text{н}} . \quad (108)$$

Избыточное давление – это разность давлений внутри и снаружи здания на ограждающую конструкцию на одном и том же уровне;

2) нулевая зона (Оз) – это горизонтальная плоскость, в которой избыточное давление равно 0:  $\Delta P_{изб} = 0$ .

3) располагаемое давление :

$$\Delta P_p = H(\gamma_n - \gamma_v),$$

то есть произведение вертикального расстояния между центрами приточных и вытяжных фрамуг на разность удельных весов наружного и внутреннего воздуха.

### 15.3. Распределение давлений внутри здания

Выделим в помещении горизонтальную плоскость А-В, которая совпадает условно с нулевой зоной и рассмотрим 2 столба воздуха, расположенных от уровня А-В на расстоянии Н1 вниз до уровня С-Д, проходящей через оси нижних аэрационных фрамуг, и другого столба, расположенного по вертикали на расстоянии Н2 вверх до уровня Е-К, проходящего через оси вертикальных аэрационных фрамуг.

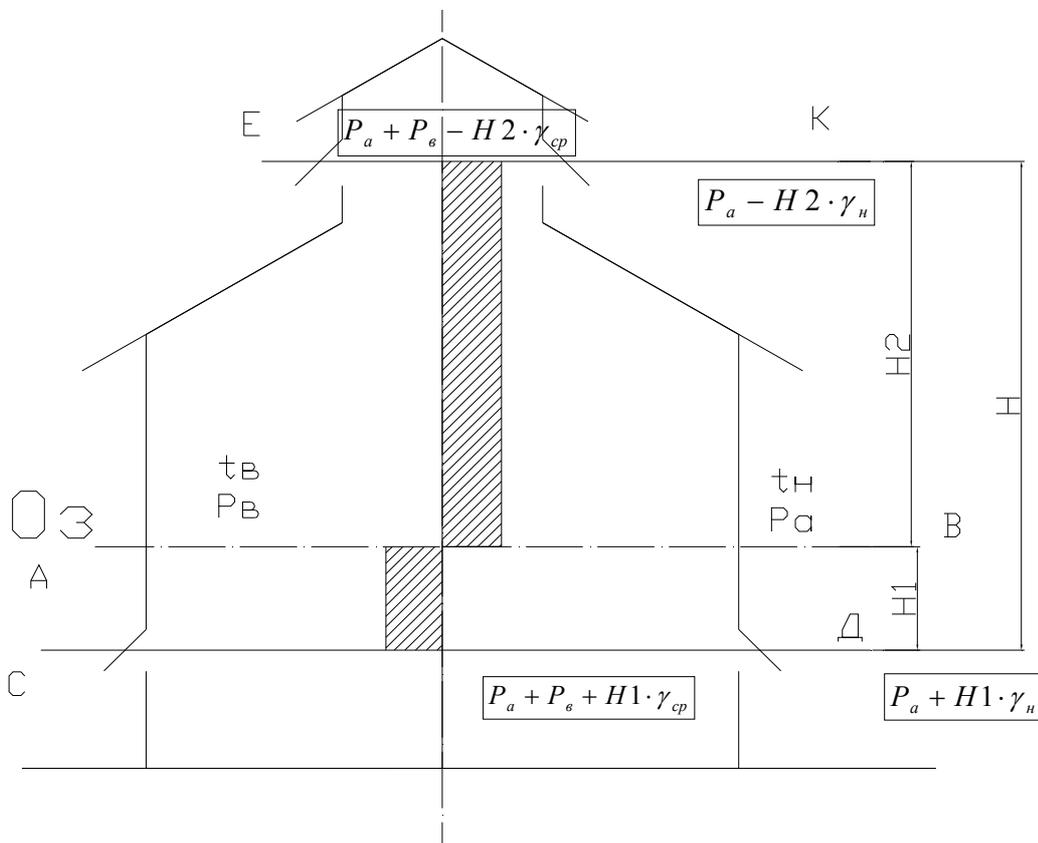


Рис. 98. Распределение давлений внутри здания

На уровне А-В избыточное давление внутри помещения складывается из внутреннего избыточного давления и атмосферного. Снаружи здания на уровне А-В давление соответствует атмосферному.

Пусть эти выделенные столбы воздуха в плане имеют размеры 1x1 метр, отсюда следует, что вес каждого из столбов будет определяться по выражению:

$$P = \rho g V = 1 \cdot 1 \cdot H \cdot \gamma. \quad (109)$$

На уровне С-Д давление будет:  $P_a + P_b + H1 \cdot \gamma_{cp}$ .

На уровне С-Д снаружи здания давление равно:  $P_a + H1 \cdot \gamma_n$ .

На уровне Е-К давление равно:  $P_a + P_e - H2 \cdot \gamma_{cp}$ .

На уровне Е-К снаружи здания давление равно:  $P_a - H2 \cdot \gamma_n$ .

Найдем избыточное давление на уровнях С-Д и Е-К.

$$\text{С-Д: } \Delta P_{\text{изб.СД}} = P_b - H1 \cdot (\gamma_n - \gamma_{cp}) \quad (110)$$

$$\text{Е-К: } \Delta P_{\text{изб.ЕК}} = P_e + H2 \cdot (\gamma_n - \gamma_{cp}) \quad (111)$$

Из анализа уравнений (110) и (111) можно сделать следующие выводы:

- 1) с увеличением высоты  $H$  повышается избыточное давление;
- 2) избыточное давление зависит от температуры внутреннего и наружного воздуха;
- 3) при увеличении внутреннего давления избыточное давление также возрастает.

Существует следующее соотношение расположения аэрационных фрамуг от их площади:

$$\frac{H1}{H2} = \left( \frac{f2}{f1} \right)^2. \quad (112)$$

Отношение вертикальных расстояний расположения приточных и вытяжных фрамуг от нулевой зоны обратно пропорционально квадрату отношения их площадей.

Для расчетов аэрации следует определить перепад температуры, по которому судят о необходимости аэрационного воздухообмена.

Количество тепла, которое необходимо удалить аэрацией, определяется:

$$\Delta Q_{\text{аэр}} = \Delta Q_m - Q_{\text{мех.ух.}}, \quad (113)$$

где  $\Delta Q_m$  – избытки тепла (явного, в теплый период года);

$Q_{\text{мех.ух.}}$  – количество тепла, уносимого из помещения вытяжными механическими системами вентиляции.

Тогда перепад температуры определяется:

$$\Delta t = \frac{3.6 \cdot \Delta Q_m}{c_v \cdot G_{\text{мех.ух.}}}. \quad (114)$$

Если  $\Delta t$  не превышает 4 - 6 °С для производственных помещений и 3-5 °С для общественных и административно-бытовых помещений, то аэрация не требуется, причем  $\Delta t \leq 4^\circ \text{C}$  для не теплонапряженных производственных помещений,  $\Delta t \leq 6^\circ \text{C}$  для теплонапряженных,  $\Delta t \leq 3^\circ \text{C}$  для не теплонапряженных общественных и административно-бытовых и  $\Delta t \leq 5^\circ \text{C}$  для теплонапряженных.

В случае если неравенства не выполняются, то для них проектируют аэрационный воздухообмен при наличии аэрационных фрамуг на нижнем и верхнем уровне.

Аэрационные воздухообмены рассчитываются по 3-м методикам:

1. Метод расчета аэрации по избыткам явной теплоты, применяется, когда динамическое давление ветра меньше половины располагаемого давления:

$$P_{\text{д.в.}} < 0,5H \cdot \Delta \gamma.$$

Метод был разработан Каменевым П.Н. с использованием понятия нулевой зоны. Нулевая зона существует в помещении при отсутствии ветровых нагрузок или при слабом их воздействии. Если есть ветровые нагрузки, то нулевая зона исчезает.

2. Метод расчета при совместном действии теплоизбытков и ветра:

$$0,5H \cdot \Delta \gamma < P_{\text{д.в.}} < 10H \cdot \Delta \gamma.$$

3. Метод расчета под действием только ветровых нагрузок:

$$P_{\text{д.в.}} > 10H \cdot \Delta \gamma.$$

2 и 3 методы были разработаны Батуриным В.В. Эти методы основаны на использовании понятия избыточного давления. Батуриным также был модифицирован расчет П.Н.Каменева.

По значению  $\Delta P_{изб}$  определяется назначение аэрационной фрамуги:

при  $\Delta P_{изб} > 0$  – фрамуга является вытяжной;

при  $\Delta P_{изб} < 0$  – фрамуга является приточной.

Цель расчета аэрации заключается в определении расположения и размеров приточных и вытяжных фрамуг.

#### 15.4. Расчет аэрации однопролетных промышленных зданий под действием теплоизбытков

Данный метод расчёта аэрации называется методом Каменева П.Н.

Однопролетное здание имеет фонарь. Аэрация по теплоизбыткам рассчитывается, когда динамическое давление ветра меньше  $P_{д.в.} < 0,5H \cdot \Delta\gamma$ .

Дано:  $t_n, t_{р.з.}, t_{yx}, P_v$   
 $L_{мех.ух.}, \Delta Q_T$

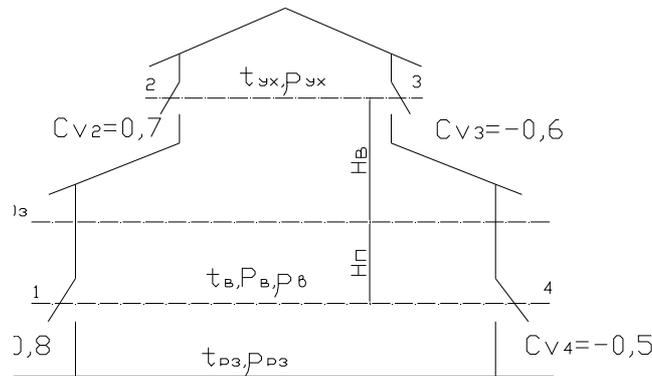


Рис. 99. Однопролетное промышленное здание

##### Порядок расчёта

1. Количество теплоты удаляемое из помещения механическими системами вентиляции:

$$Q_{мех.уд.} = 0,278 \cdot L_{мех.уд.} \cdot \rho_{yx} \cdot c_v \cdot (t_{yx} - t_n) . \quad (115)$$

2. Количество теплоты, которое необходимо удалить при помощи аэрации:

$$\Delta Q_{\text{аэр}} = \Delta Q_{\text{т}} - Q_{\text{мех.уд.}} \quad (116)$$

3. Массовый расход аэрационного вытяжного воздуха:

$$G_{\text{аэр.ух.}} = \frac{3,6 \cdot \Delta Q_{\text{аэр}}}{c_{\text{в}} \cdot (t_{\text{ух}} - t_{\text{н}})} \quad (117)$$

$$L_{\text{аэр.ух.}} = \frac{G_{\text{аэр.ух.}}}{\rho_{\text{ух.}}}$$

4. Согласно исследованиям Каменева П.Н. положение нулевой зоны от уровня приточных и вытяжных фрамуг определяется по соотношению:

$$H1 = \frac{1}{3} H.$$

$$H2 = \frac{2}{3} H. \quad (118)$$

5. Как было показано выше избыточное давление на уровне приточных фрамуг определяется:

$$\Delta P_{\text{изб.1}} = P_{\text{в}} - H1 \cdot (\gamma_{\text{н}} - \gamma_{\text{ср.в.}}).$$

Избыточное давление на уровне вытяжных фрамуг 2:

$$\Delta P_{\text{изб.2}} = P_{\text{в}} + H2 \cdot (\gamma_{\text{н}} - \gamma_{\text{ср.в.}}).$$

И соответственно:

$$\Delta P_{\text{изб.3}} = P_{\text{в}} + H2 \cdot (\gamma_{\text{н}} - \gamma_{\text{ср.в.}});$$

$$\Delta P_{\text{изб.4}} = P_{\text{в}} - H1 \cdot (\gamma_{\text{н}} - \gamma_{\text{ср.в.}}).$$

Внутренне давление (разряжение) определяется из воздушного баланса помещения. При отсутствии данных для расчета  $P_{\text{в}} = 0$ .

6. Считается, что вся энергия приточного и вытяжного воздуха теряется при прохождении через соответствующие фрамуги. Тогда скорость воздуха при проходе через первые фрамуги определяется по зависимости:

$$v_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot |\Delta P_{\text{изб.1}}|}{\rho_{\text{н}}}} \quad (119)$$

Соответственно:

$$v_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot |\Delta P_{\text{изб.2}}|}{\rho_{\text{yx}}}};$$

$$v_3 = \sqrt{\frac{2 \cdot |\Delta P_{\text{изб.3}}|}{\rho_{\text{yx}}}};$$

$$v_4 = \sqrt{\frac{2 \cdot |\Delta P_{\text{изб.4}}|}{\rho_{\text{H}}}};$$

7. Составляется массовый воздушный баланс:

$$G_{\text{аэр.прит.}} = G_{\text{аэр.ух.}} + G_{\text{мех.ух.}} \quad (120)$$

8. Площадь приточных аэрационных фрамуг рассчитывается по формуле:

$$F_{\text{аэр.пр.}} = \frac{L_{\text{аэр.пр.}} \rho_{\text{ср.в}}}{3600 \cdot \mu_{\text{пр}} v_1 \rho_{\text{H}}}, \quad (121)$$

где  $\mu_{\text{пр}}$  – коэффициент расхода приточных фрамуг.

Возможны два варианта расчета площади:

а) Если  $v_1 = v_4$ , то  $F_{\text{аэр.пр.1}} = F_{\text{аэр.пр.}} / 2$ ; (122)

$$F_{\text{аэр.пр.4}} = F_{\text{аэр.пр.}} / 2.$$

б) Если  $v_1 \neq v_4$ , то  $L_{\text{аэр.пр.1}} = L_{\text{аэр.пр.}} / 2$ ; (123)

$$L_{\text{аэр.пр.1}} = L_{\text{аэр.пр.}} / 2.$$

при этом по формуле (121) рассчитывается  $F_{\text{аэр.пр.1}}$

Аналогичным образом определяется площадь вытяжных фрамуг:

$$F_{\text{аэр.ух.}} = \frac{L_{\text{аэр.ух.}} \rho_{\text{ср.в}}}{3600 \cdot \mu_{\text{ух.}} v_2 \rho_{\text{yx}}} \quad (124)$$

При расчете площади вытяжных фрамуг так же возможны два варианта:

а) Если  $v_2 = v_3$ , то  $F_{\text{аэр.ух.2}} = F_{\text{аэр.ух.}} / 2$ ;

$$F_{\text{аэр.ух.3}} = F_{\text{аэр.ух.}} / 2.$$

$$\text{б) Если } v_2 \neq v_3, \text{ то } L_{\text{аэр.ух.2}} = L_{\text{аэр.ух.}} / 2; \quad (125)$$

$$L_{\text{аэр.ух.3}} = L_{\text{аэр.ух.}} / 2.$$

при этом по формуле (124) рассчитывается  $F_{\text{аэр.ух.2}}$ .

В настоящее время данный метод расчета несколько модифицирован и имеет, последовательность, приведённую ниже.

### 15.5. Современный метод расчета аэрации под действием теплоизбытков

Пункты 1-3 те же, что и в методе Каменева П.Н.

4. Определяется значение располагаемого давления:

$$P_p = H(\gamma_n - \gamma_{\text{ух}}) . \quad (126)$$

5. Избыточные давления по каждому уровню определяется как доля от  $P_p$ . Т.к. промышленные здания имеют различную конфигурацию, поэтому значение доли находится от 10% до 40%.

Избыточное давление на уровне первых приточных фрамуг:

$$\Delta P_{\text{изб.1}} = (0,1 \div 0,4)P_p . \quad (127)$$

Для зданий с фонарем доля равна 0,25

На уровне 2-х фрамуг с этой же стороны здания:

$$\Delta P_{\text{изб.2}} = P_p - \Delta P_{\text{изб.1}} ; \quad (128)$$

$$\Delta P_{\text{изб.4}} = (0,1 \div 0,4)P_p ;$$

$$\Delta P_{\text{изб.3}} = P_p - \Delta P_{\text{изб.4}} .$$

6. Рассчитывается площадь приточных аэрационных фрамуг:

$$F_{\text{аэр.пр.}} = \frac{G_{\text{аэр.пр.}}}{3600 \cdot \sqrt{\frac{2|\Delta P_{\text{изб.1}}|\rho_n}{\xi_{\text{пр}}}}} \quad (129)$$

где  $\xi_{\text{пр}}$  – коэффициент местного сопротивления приточных фрамуг, при этом

$\Delta P_{\text{изб}} < 0$  – приточная фрамуга;

$\Delta P_{\text{изб}} > 0$  – вытяжная фрамуга

Аналитические рассуждения по равенству скоростей и их неравенству остаются в силе.

7. Площадь вытяжных аэрационных фрамуг:

8.

$$F_{\text{аэр.ух.}} = \frac{G_{\text{аэр.ух.}}}{3600 \cdot \sqrt{\frac{2|\Delta P_{\text{изб.2}}|\rho_{\text{ух}}}{\xi_{\text{ух}}}}} \quad (130)$$

Рассмотрим  $\mu$  – коэффициент расхода

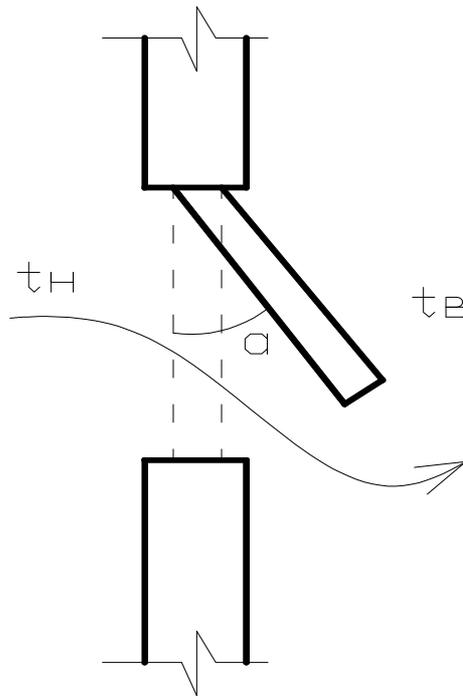


Рис. 100. Угол раскрытия фрамуги.

$$\mu_{\text{пр}} = \frac{1}{\sqrt{\xi_{\text{пр}}}} \quad ; \quad (131)$$

$$\mu_{\text{ух}} = \frac{1}{\sqrt{\xi_{\text{ух}}}} \quad (132)$$

Реальная площадь для прохода воздуха меньше расчетной.

$\mu$  принимается из справочной литературы в зависимости от:

- 1) назначение фрамуги (приточная или вытяжная);
- 2) от конструктивных особенностей;
- 3) от угла раскрытия фрамуги  $\alpha$ .

### 15.6. Аэрация под действием ветра

При обтекании воздушными массами препятствий образуются зоны срыва потоков и зоны завихрения.

Вертикальные ограждающие конструкции зданий и сооружений препятствуют перемещению воздушных масс, в результате чего у их поверхностей образуются зоны торможения с избыточным давлением и в зонах срыва – разряжение.

Для зданий с вертикальными выступающими ограждающими конструкциями при лобовом натекании ветра образуются зоны торможения А и зоны разряжения Б.

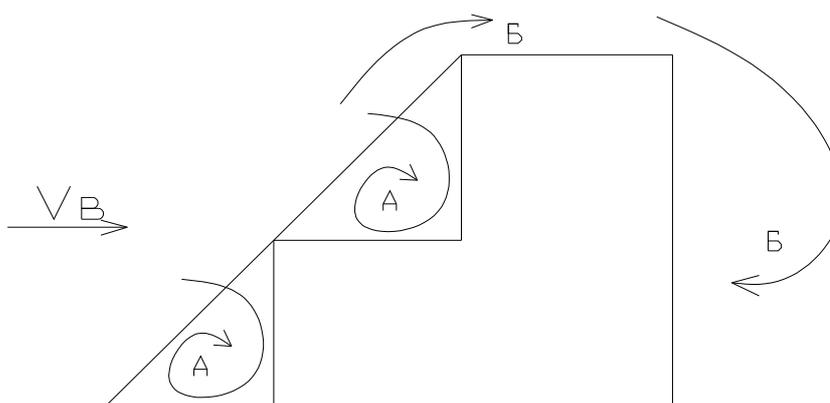


Рис. 101. Обтекание воздушными массами препятствий

При конструировании вентсистем в зонах А предпочтительнее размещать оголовки приточных шахт, а в зонах Б – срезы гравитационных вытяжных шахт. Но воздух имеет среднестатистический характер движения по направле-

нию (его направление переменное), поэтому срезы гравитационных вытяжных шахт выносят за пределы зон А или Б.

Размеры зоны А определяются равнобедренным треугольником с катетом по высоте здания.

*Аэродинамическая тень* – зона разряжения за вертикальной ограждающей конструкцией (зона Б), т.е. с наветренной стороны здания.

Фронтально расположенные вертикальные ограждения, где образуются зоны А (зоны избыточного давления) – *наветренная сторона* здания, сторона здания, где образуется аэродинамическая тень – *заветренная сторона*.

В процессе действия ветра у элементов ограждающих конструкций образуются снежные заносы, поэтому срезы вытяжных шахт следует располагать, согласно требованиям, выше уровня парапетов на 500 мм и выше уровня кровли с учетом следующих требований:

- с учетом 3-х метровой зоны от конька;
- выше уровня аэродинамической тени и зоны подпора;
- выше уровня снежного покрова в данном регионе.

Так как на территории РФ среднее значение уровня снежного покрова 500 - 900 мм, то срезы вытяжных шахт гравитационных систем располагают над уровнем кровли на отметке 1-1,5 м.

Значения повторяемости ветра по различным направлениям в данном регионе приводятся в СНиП 2.01.01-82 и СНиП 23.01-99.

Графическое выражение повторяемости ветра по направлению называется *розой ветров*. Она приведена в СНиП в процентном соотношении и средних скоростях по направлению. Роза ветров строится по 8 направлениям, которые измеряются в румбах.

$$1 \text{ румб} = 1/32 \text{ длины окружности} = 11^{\circ}25'$$

Воздействие ветра на ограждающие конструкции определяется характеристиками, которые называются аэродинамическими коэффициентами. Они

определяют перераспределение давлений по наружной поверхности здания в зависимости от конструкции его элементов и направлении действия ветра.

Физический смысл аэродинамических коэффициентов:

Аэродинамический коэффициент показывает, какая доля динамического давления переходит в статическое на данном элементе конструкции.

Аэродинамический коэффициент обозначается  $C_v$ .

$$C_v = \frac{P_{cm}}{P_0} \quad (133)$$

Аэродинамический коэффициент с наветренной стороны здания является положительным, и его значение находится в пределах  $(+0,4) - (+1)$ , с заветренной стороны здания он имеет отрицательный знак  $(-1) - (-0,3)$ .

Аэродинамические коэффициенты определяются экспериментальным способом, на моделях для наиболее часто встречающихся форм и конструкций зданий и их элементов. Значения аэродинамических коэффициентов для наиболее часто встречающихся конструкций приведены в СНиП 2.01.07-85 «Воздействия и нагрузки».

### 15.7. Примеры расчета аэрации под действием ветровой нагрузки

Данный метод расчета используется, когда динамическое давление ветра больше  $10 P_p$  ( $P_p = H \cdot \Delta\gamma$ ).

Дано:  $P_B, v_v, C_v, t_H$  (летняя),  $t_B, \rho_B, G_{M.O.}$

Порядок расчета

1. Определяется среднее значение динамического давления ветра с наветренной стороны здания:

$$P_{д.в} = \frac{v_v^2}{2} \rho_H \quad (134)$$

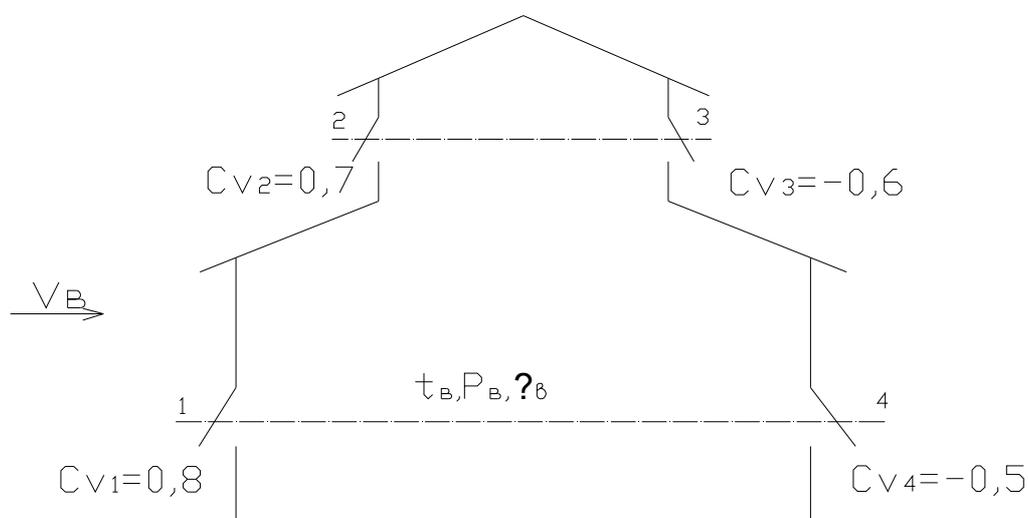


Рис. 102. Однопролетное промышленное здание

2. Определяется давление ветра на уровне каждой из фрамуг:

$$P_{v1} = \pm C_{v1} \cdot P_{d.v}; \quad (135)$$

$$P_{v2} = \pm C_{v2} \cdot P_{d.v};$$

$$P_{v3} = \pm C_{v3} \cdot P_{d.v};$$

$$P_{v4} = \pm C_{v4} \cdot P_{d.v}.$$

3. Определяется избыточное давление:

$$\Delta P_{изб1} = P_e - P_{v1}; \quad (136)$$

$$\Delta P_{изб2} = P_e - P_{v2};$$

$$\Delta P_{изб3} = P_e - P_{v3};$$

$$\Delta P_{изб4} = P_e - P_{v4}.$$

4) По знаку  $\Delta P_{изб}$  можно судить о назначении фрамуг: «-» - приточные, «+» - вытяжные.

Из условия, что вся энергия воздуха теряется на преодоление сопротивления при проходе через аэрационные фрамуги, находим скорость движения воздуха в фрамугах:

$$\begin{array}{l} \text{Приточные} \\ \left\{ \begin{array}{l} v_1 = \sqrt{\frac{2|\Delta P_{\text{изб}1}|}{\rho_{\text{н}}}} \\ v_2 = \sqrt{\frac{2|\Delta P_{\text{изб}2}|}{\rho_{\text{н}}}} \end{array} \right. \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{Вытяжные} \\ \left\{ \begin{array}{l} v_3 = \sqrt{\frac{2|\Delta P_{\text{изб}3}|}{\rho_{\text{в}}}} \\ v_4 = \sqrt{\frac{2|\Delta P_{\text{изб}4}|}{\rho_{\text{в}}}} \end{array} \right. \end{array}$$

5) Записывается массовый баланс воздуха:

$$G_{\text{пр}1} + G_{\text{пр}2} = G_{\text{ух}3} + G_{\text{ух}4} + G_{\text{м.о.}} \quad (137)$$

6) В развернутом виде данный массовый баланс имеет вид :

$$\begin{aligned} F_{\text{пр}1} \cdot v_1 \cdot \mu_{\text{пр}} \cdot \rho_{\text{н}} \cdot 3600 + F_{\text{пр}2} \cdot v_2 \cdot \mu_{\text{пр}} \cdot \rho_{\text{н}} \cdot 3600 = F_{\text{ух}3} \cdot v_3 \cdot \mu_{\text{ух}} \cdot \rho_{\text{в}} \cdot 3600 + \\ + F_{\text{ух}4} \cdot v_4 \cdot \mu_{\text{ух}} \cdot \rho_{\text{в}} \cdot 3600 + G_{\text{м.о.}} \cdot v \end{aligned} \quad (138)$$

Данное уравнение решается методом последовательных приближений.

## 15.8. Расчет аэрации при совместном действии ветра и теплоизбытков

Данный метод расчета применяется, когда динамическое давление ветра не меньше  $0,5 P_p$  и не больше  $10 P_p$  ( $P_p = H \cdot \Delta \gamma$ ).

Дано:  $t_{\text{р.з.}}, t_{\text{н}}, t_{\text{ух}}, \Delta Q_{\text{т}}, P_{\text{в.о.}}, v_{\text{в}}, C_{\text{в}}, G_{\text{м.о.}}$

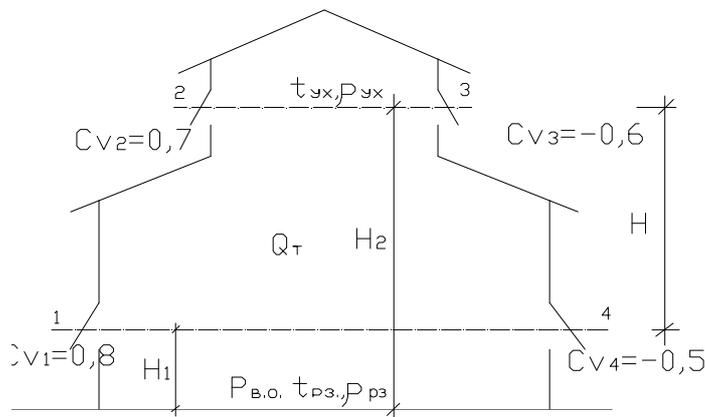


Рис. 103. Однопролетное промышленное здание

### Порядок расчета

1. По аналогии, как и при расчете по методу Каменева П.Н., определяется количество теплоты, удаленной из помещения местными вытяжными системами:

$$Q_{м.о.} = 0,278 \cdot G_{м.о.} \cdot c_{\epsilon} \cdot (t_{п.з.} - t_{н}).$$

2. Определяется количество теплоты, которое необходимо удалить аэрацией:

$$\Delta Q_{аэр} = \Delta Q_{т} - Q_{м.о.}.$$

3. Находится массовый расход удаляемого аэрацией воздуха:

$$G_{аэр.ух.} = \frac{3.6 \cdot \Delta Q_{аэр}}{c_{\epsilon} \cdot (t_{yx} - t_{н})}.$$

4. Определяется внутренне давление в помещении на уровне каждой из фрамуг:

$$P_{вн1} = P_{во} + H_1 \cdot (\gamma_{н} - \gamma_{п.з.});$$

$$P_{вн2} = P_{во} + H_2 \cdot (\gamma_{н} - \gamma_{yx});$$

$$P_{вн3} = P_{во} + H_1 \cdot (\gamma_{н} - \gamma_{п.з.}); \quad (139)$$

$$P_{вн4} = P_{во} + H_2 \cdot (\gamma_{н} - \gamma_{yx}).$$

5. Определяется среднее динамическое давление ветра по формуле (134).

6. Определяется ветровое воздействие на уровне каждой из фрамуг по формуле (135):

$$P_{v1}, P_{v2}, P_{v3}, P_{v4}.$$

7. Определяется избыточное давление на уровне каждой из фрамуг по формуле (136):

$$\Delta P_{изб1} = P_{\epsilon1} - P_{v1}; \quad \Delta P_{изб2} = P_{\epsilon2} - P_{v1}; \quad \Delta P_{изб3} = P_{\epsilon3} - P_{v1}; \quad \Delta P_{изб4} = P_{\epsilon4} - P_{v1}.$$

По знаку  $\Delta P_{изб}$  определяется назначение фрамуг.

8. Из условия полного расходования энергии на преодоление сопротивления во фрамугах определяются скорости:

$$\begin{cases} v_1 = \sqrt{\frac{2|\Delta P_{изб1}|}{\rho_n}}; & v_2 = \sqrt{\frac{2|\Delta P_{изб2}|}{\rho_n}}; \\ v_3 = \sqrt{\frac{2|\Delta P_{изб3}|}{\rho_{yx}}}; & v_4 = \sqrt{\frac{2|\Delta P_{изб4}|}{\rho_{yx}}}. \end{cases}$$

9. Записывается массовый баланс по формуле (137):

$$G_{np1} + G_{np2} = G_{yx3} + G_{yx4} + G_{m.o.}$$

10. В развернутом виде записывается массовый баланс по аналогии уравнением (138):

$$\begin{aligned} F_{np1} \cdot v_1 \cdot \mu_{np} \cdot \rho_n \cdot 3600 + F_{np2} \cdot v_2 \cdot \mu_{np} \cdot \rho_n \cdot 3600 = F_{yx3} \cdot v_3 \cdot \mu_{yx} \cdot \rho_{yx} \cdot 3600 + \\ + F_{yx4} \cdot v_4 \cdot \mu_{yx} \cdot \rho_{yx} \cdot 3600 + G_{m.o.} \cdot v \end{aligned}$$

Данный расчет выполняется по методу последовательных приближений:

- приравнивается  $F_{np1} = F_{np2} = F_{np}$ ,  $F_{yx3} = F_{yx4} = F_{yx}$ ;
- задаются  $F_{np}$  (или  $F_{yx}$ ) и определяют  $F_{yx}$  (или  $F_{np}$  соответственно)
- далее проверяют полученный результат с имеющейся в цехе площадью открывающихся соответствующих фрамуг.

В основном задаются  $F_{yx}$  и определяют  $F_{np}$ .

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Богословский, В.Н. Отопление и вентиляция: Учебник для вузов. В 2-х ч. Ч. 2. Вентиляция / В.Н. Богословский, В.И. Новожилов и др. / Под ред. В.Н. Богословского – М.: Стройиздат, 1976. – 439с.
2. Внутренние санитарно-технические устройства В 3-х ч. Ч.3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. (Справочник проектировщика). Кн.1. /В.Н. Богословский, А.И. Пирумов, В.Н. Посохин и др./Под ред. Н.Н. Павлова и Ю.И. Шиллера – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1992. – 319с.: ил.
3. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 ч. Ч. 3 Вентиляция и кондиционирование воздуха. (Справочник проектировщика). Кн 2. / Б.В.Баркалов, Н.Н. Павлов, С.С. Амирджанов и др.; Под ред. Н.Н. Павлова и Ю.И. Шиллера. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1992 – 416 с.: ил.
4. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны /Госстрой СССР. – М.:Стройиздат,1988. –47с.
5. ГОСТ 12.2.043-80. Средства пылеулавливающие. Классификация. /Госстрой СССР. – М.:Стройиздат,1980. – 10с.
6. ГОСТ Р 51251-99. Фильтры очистки воздуха. Классификация. Маркировка. Госстандарт России. – М. ИПК Издательство стандартов,1999. – 8с.
7. Гримитлин, М.И. Распределение воздуха в помещениях. / М.И. Гримитлин. – С.Петербург,1994. – 316с.
8. Дроздов, В.Ф. Отопление и вентиляция: Учеб. пособие для вузов: В 2-х ч. Ч. 2. Вентиляция / В.Ф. Дроздов. – М.: Высшая школа, 1984. – 263 с.
9. Каменев, П.Н. Отопление и вентиляция: Ч. 2. Вентиляция / П.Н. Каменев. – М.: Стройиздат, 1966. – 480 с.
10. Логачев, И.Н. Аэродинамические основы аспирации: Монография / И.Н. Логачев, К.И. Логачев. – Санкт-Петербург: Химиздат, 2005.- 659с.
11. Нестеренко, А.В. Основы термодинамических расчетов вентиляции и кондиционирования воздуха / А.В.Нестеренко.– М.: Высшая школа, 1971. – 459 с.

12. Пирумов, А.И. Обеспыливание воздуха / А.И. Пирумов.– М.: Стройиздат, 1981. – 296 с.
13. СНиП 23-01-99\* Справочное пособие. Строительная климатология.- М.: Технорматив, 2008.- 145с.
14. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. –М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997. –20 с.
15. СНиП 2.01.01-82 Строительная климатология и геофизика /Госстрой СССР.-М.: Стройиздат, 1983.-136с.
16. СНиП 23-01-99. Строительная климатология /Госстрой России.- М.: ГУП ЦПП, 1999.- 58 с.
17. СНиП 2.04.05-91\*. Отопление, вентиляция и кондиционирование /Госстрой России.- М.: ГУП ЦПП, 1999.- 72 с.
18. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование /Госстрой России.- М.: ФГУП ЦПП, 2004.- 55 с.
19. Талиев, В.Н. Аэродинамика вентиляции: Учеб. пособие для вузов / В.Н. Талиев/ – М.: Стройиздат, 1985. – 208 с.
20. Титов, В.П. Курсовое и дипломное проектирование по вентиляции гражданских и промышленных зданий /В.П. Титов, Э.В. Сазонов, Ю.С. Краснов, В.И. Новожилов/ – М.: Стройиздат, 1976. – 439 с.
21. Шепелев, И.А. Аэродинамика воздушных потоков в помещении / И.А. Шепелев/ – М.: Стройиздат, 1978. – 145с.

Алексей Геннадьевич Кочев

## Вентиляция промышленных зданий и сооружений

Учебные пособия к курсу лекций, курсовому и дипломному проектированию по дисциплине «Вентиляция» для студентов специальности 270100 «Теплогазо-снабжение и вентиляция» дневной и заочной форм обучения.

Научные редакторы: проф., к.т.н. Лебедева Е.А.,  
проф., к.т.н. Крамаренко П.Т.

Подписано к печати \_\_\_\_\_, формат 60×90, 1/16, бумага газетная, уч. изд. л. – \_\_\_\_\_, усл. печ. л. – \_\_\_\_\_, тираж 300 экз., заказ № \_\_\_\_\_.

Нижегородский государственный архитектурно-строительный  
университет  
603950, Нижний Новгород, ул. Ильинская, 65.  
Полиграфический центр ННГАСУ, 603950, Нижний Новгород,  
ул. Ильинская, 65.