

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Магнитогорский государственный технический университет
им. Г. И. Носова»

Г.Н. Трубицына

МЕСТНЫЕ ПРИТОЧНО-ВЫТЯЖНЫЕ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ

*Утверждено Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия*

Магнитогорск
2015

УДК 697.001.2(075.8)

Рецензенты:

Заслуженный деятель науки и техники, доктор технических наук,
профессор кафедры промышленной теплоэнергетики
ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет»

Е.В. Торопов

Главный специалист отдела отопления и вентиляции
ОАО «Магнитогорский Гипромез»

О.В. Лукашова

Трубицына, Г.Н.

Местные приточно-вытяжные системы вентиляции: учеб.
пособие / Г.Н. Трубицына. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск.
гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. – 85 с.

Рассмотрены теоретические основы проектирования и расчета местных систем вентиляции промышленных и общественных зданий. Приведены рекомендации по расчету местных отсосов и местных приточных систем вентиляции. Пособие предназначено для обучающихся по специальности 270109 «Теплогазоснабжение и вентиляция» и бакалавров направления 270800.62 «Строительство». Может быть использовано для выполнения практических заданий, курсовых и дипломных проектов по вентиляции гражданских и промышленных зданий.

УДК 697.001.2(075.8)

© Магнитогорский государственный
технический университет
им. Г.И. Носова, 2015
© Трубицына Г.Н., 2015

ВВЕДЕНИЕ

Развитие вентиляции имеет многовековую историю. Известно, что еще древние инки в стенах дворцов устраивали большие вертикальные полости и наполняли их камнями. Днем камни нагревались солнцем и ночью теплый воздух поступал в помещение. Камни за ночь остывали и днем в помещении было прохладно.

В России в середине 19 века работал комитет по изучению различных способов вентиляции помещений. Комитет разработал нормы воздухообмена и установил оптимальные и допустимые температуры воздуха для различных помещений. В 1835 г. инженер А. А. Саблуков изобрел центробежный вентилятор, что позволило интенсивно вентилировать производственные помещения. Позже русский физик Э. Х. Ленц предложил удалять вредности непосредственно от мест их образования, т.е. применять местные системы вентиляции, которые существенно улучшили условия труда. В настоящее время нет ни одного предприятия, которое не было бы оборудовано системами вентиляции. Интенсивно развивается промышленность по производству вентиляционного оборудования.

При проектировании вентиляции необходимо соблюдать ряд требований, к которым относятся: санитарно-гигиенические, строительно-монтажные, архитектурные и эксплуатационные [1, 2].

Сегодняшний рынок требует грамотных специалистов с универсальными знаниями и широким кругозором. В пособии рассмотрены основы расчета и проектирования местных приточных и вытяжных систем вентиляции в зданиях различного назначения.

Пособие разработано для обучающихся бакалавров и магистров направления 270800.62 профиля «Теплогазоснабжение и вентиляция», охватывает вопросы, знание которых необходимо для выполнения курсовых проектов по дисциплинам «Проектирование систем промышленной вентиляции и очистка вентиляционных выбросов», «Особенности вентиляции в цехах различного назначения» и раздела по вентиляции выпускной работы.

1. МЕСТНЫЕ ПРИТОЧНЫЕ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ

Местные системы вентиляции широко применяются в промышленных зданиях. Согласно требованиям СНиП сначала рассчитывают местные системы вентиляции, а затем, в дополнении к ним, общеобменные [1]. Местные приточные системы вентиляции всегда механические.

Основными элементами этих систем являются:

- воздухораспределительные устройства;
- воздуховоды;
- вентиляторы;
- устройства для обработки воздуха (фильтры, калориферы и др.).

К местным приточным системам вентиляции относятся воздушные завесы и воздушные души.

1.1. Воздушные завесы

1.1.1. Общие сведения

Воздушная завеса – это вентиляционное устройство для предотвращения прохода воздуха через открытый проем. В ней использовано шиберующее свойство плоской воздушной струи [2].

Воздушные завесы устраивают как у проемов в наружных ограждениях, так и у проемов во внутренних ограждениях. В последнем случае воздушная завеса препятствует перетеканию воздуха из загрязненного помещения в чистое. Устраивают воздушные завесы также у проемов и отверстий в ограждении технологического оборудования для предотвращения выбивания вредных выделений в помещение.

Схема и основные элементы воздушной завесы показаны на рис. 1.1. Главным элементом этого вентиляционного устройства является воздуховод равномерной раздачи, снабженный щелевым насадком с направляющими пластинками. Выходящий из насадка воздух образует плоскую струю. Воздухораспределительные коробки (один или два) связаны воздуховодами с вентиляторами. На схеме показан центробежный вентилятор, однако воздушные завесы komponуются и осевыми вентиляторами. При необходимости подогрева подаваемого воздуха в воздушной завесе устанавливают калорифер.

1.1.2. Классификация воздушных завес

Воздушные завесы могут классифицироваться по ряду признаков.

Один из главных признаков для классификации воздушных завес – это режим их работы.

1. По режиму работы различают воздушные завесы двух видов:

1) периодического действия (воздушные завесы у периодически открываемых проемов);

2) постоянного действия (воздушные завесы у постоянно открытых проемов).

Режим работы воздушных завес определяется требованиями технологии производства.

Периодичность действия обуславливает необходимость проведения расчета и наладки воздушной завесы таким образом, чтобы ее работа не влияла на тепловой и воздушный режимы помещения.

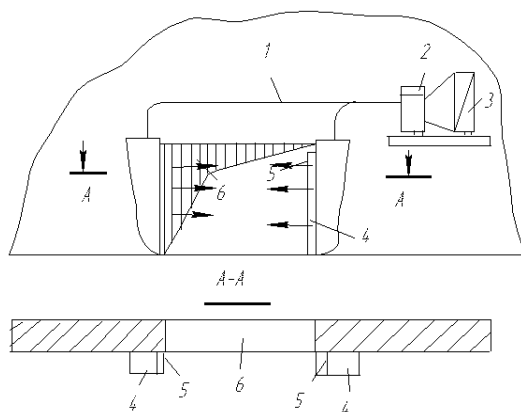


Рис. 1.1. Основные элементы воздушной завесы:

1 – воздуховод; 2 – вентилятор; 3 – калорифер; 4 – воздуховод равномерной раздачи; 5 – щелевой насадок; 6 – проем в ограждении

Постоянство действия позволяет использовать воздушную завесу не только по прямому ее назначению, но и для организации притока или вытяжки либо в качестве воздушно-отопительного агрегата.

2. По направлению струи воздушные завесы можно разделить на три вида (рис. 1.2):

1) с направлением струи снизу вверх (с подачей воздуха через горизонтальную щель, расположенную внизу проема) (рис 1.2, а);

2) с горизонтальным направлением струи – одно- и двусторонние (с подачей воздуха через вертикальную щель, расположенную с одной или с двух сторон проема) (рис. 1.2, б, в);

3) с направлением струи сверху вниз (с подачей воздуха через горизонтальную щель, расположенную сверху проема) (рис. 1.2, г).

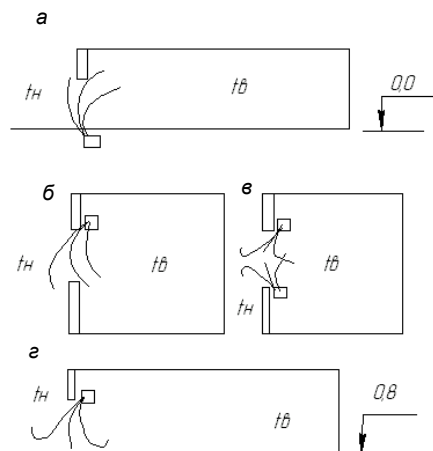


Рис. 1.2. Схемы воздушных завес с различным направлением струи:
а – направление струи снизу вверх; б – боковая односторонняя завеса (план);
в – боковая двусторонняя завеса (план);
г – направление струи сверху вниз

Для проемов в наружных ограждениях наиболее целесообразно устройство завес с подачей воздуха снизу вверх, так как при этом наиболее надежно предотвращается врывание холодного воздуха в нижнюю (рабочую) часть помещения.

В случаях возможной остановки транспорта в открытом проеме или опасности засорения горизонтальной щели сыпучими материалами, падающими с проходящего транспорта, а также при установке в проемах транспортеров или другого оборудования, следует устраивать завесу с боковой подачей воздуха. Завесы этого вида получили наиболее широкое распространение.

Воздушные завесы с подачей воздуха сверху вниз можно рекомендовать в первую очередь для проемов во внутренних ограждениях или для проемов и отверстий в ограждении технологического оборудования, т.е. для случаев, когда перепад давлений с двух сторон ограждения постоянен по высоте. Для проемов в наружных ограждениях этот вид воздушной завесы менее подходит, так как его применение связано с опасностью прорывания наружного воздуха в нижнюю (рабочую) часть помещения.

3. По месту воздухозабора и температуре подаваемого воздуха t_3 воздушные завесы можно разделить на четыре вида (рис. 1.3):

1) с внутренним воздухозабором и подогревом подаваемого воздуха – $t_3 > t_{в}$ (рис. 1.3, а);

2) с внутренним воздухозабором без подогрева подаваемого воздуха – $t_3 = t_{в}$ (рис. 1.3, б, в);

3) с наружным воздухозабором и подогревом подаваемого воздуха – $t_3 > t_{н}$ (рис. 1.3, г);

4) с наружным воздухозабором без подогрева подаваемого воздуха – $t_3 = t_{н}$ (рис. 1.3, д).

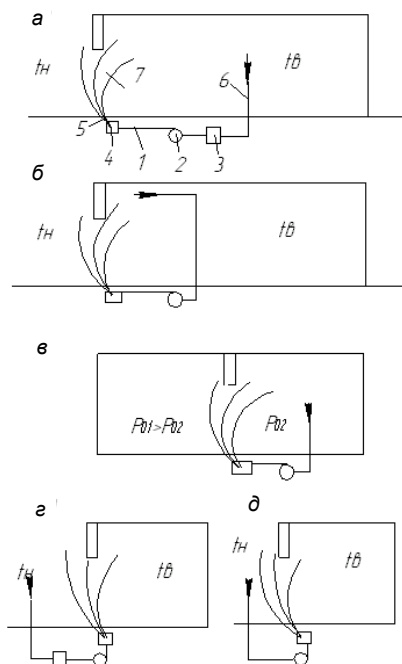


Рис. 1.3. Схемы воздушных завес с различным местом воздухозабора и разной температурой подаваемого воздуха:

- 1 – воздуховод; 2 – вентилятор; 3 – калорифер; 4 – распределительный короб; 5 – щелевой насадок; 6 – забор воздуха; 7 – струя завесы;
 p_{01} – избыточное давление в первом помещении;
 p_{02} – избыточное давление во втором помещении

Воздушные завесы с внутренним воздухозабором и подогревом подаваемого воздуха устраивают у проемов в наружных ограждениях помещений с постоянными рабочими местами вблизи ворот и дверей или с повышенными требованиями к воздушной

среде. Для таких помещений устройство воздушных завес с наружным воздухозабором нецелесообразно, так как приводит к увеличению затрат тепла на подогрев воздуха.

Воздушные завесы с внутренним воздухозабором без подогрева подаваемого воздуха устраивают у проемов наружных ограждений помещений, в которых допускается некоторое периодическое понижение температуры, а также у проемов во внутренних ограждениях.

С наружным воздухозабором и подогревом подаваемого воздуха устраивают воздушные завесы постоянного действия, используемые в качестве приточных вентиляционных установок.

Использование воздушных завес с наружным воздухозабором без подогрева подаваемого воздуха возможно в случае избыточного давления в помещении, которое как бы выдавливает струю завесы наружу.

В настоящее время получают распространение двух- и многослойные воздушные завесы, в которых отдельные струи подаваемого воздуха нагреваются до разной температуры.

1.1.3. Общие положения по выбору и проектированию воздушных завес

Воздушные или воздушно-тепловые завесы (воздушные завесы с подогревом воздуха) могут быть шиберного или смешивающего типа. Воздушные завесы устраивают в отапливаемых зданиях для обеспечения требуемой температуры воздуха в рабочей (обслуживаемой) зоне и на постоянных рабочих местах, расположенных вблизи ворот, дверей и технологических проемов.

Завесы шиберного типа в результате частичного перекрытия проема воздушной струей (шиберующего действия воздушной струи) существенно сокращают прорыв наружного воздуха через открытый проем (значение коэффициента расхода воздуха через проем при работе завесы становится меньше), а в помещение поступает образующаяся смесь холодного наружного воздуха с нагретым. При этом температура смеси должна быть равна нормативной [3].

Завесы смешивающего типа не создают дополнительного сопротивления на пути врывающегося наружного воздуха, а осуществляют эффективное смешение его с нагретым воздухом завесы в пределах тамбура. Здесь температура смеси воздуха должна быть также равна нормативной.

Постоянно действующие воздушные или воздушно-тепловые завесы шиберного типа следует предусматривать у постоянно открытых ворот или технологических проемов в наружных огражда-

ющих конструкция. Завесы шиберного типа периодического действия устанавливаются:

а) у ворот, не имеющих тамбуров и открывающихся чаще 5 раз или не менее чем на 40 мин в смену;

б) у открывающихся технологических проемов в наружных ограждающих конструкциях здания в районах с расчетной температурой наружного воздуха – 15°C и ниже (параметры Б);

в) при обосновании предусматриваются завесы для зданий в районах и с другими расчетными температурами наружного воздуха, и при другой продолжительности открывания ворот и проемов (например, в помещениях с мокрым режимом и в помещениях с кондиционированием воздуха).

Воздушно-тепловые завесы смешивающего типа следует проектировать:

а) у наружных дверей вестибюлей общественных и административно-бытовых зданий в зависимости от расчетной температуры наружного воздуха в холодный период года (параметры Б) и числа людей, проходящих через двери в течение 1 ч:

при температуре от -15 до -20°C – 400 чел. и более;

при температуре от -26 до -40°C – 250 чел. и более;

при температуре ниже -40°C – 100 чел. и более.

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

в) у наружных дверей помещений с мокрым режимом.

Температуру смеси воздуха, поступающего в помещение при работе воздушных завес, следует принимать (если это не противоречит технологическим требованиям) не менее:

14°C при легкой работе;

12°C при работе средней тяжести и для вестибюлей общественных и административно-бытовых зданий;

8°C при тяжелой работе;

5°C 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.

Температура воздуха, подаваемого воздушно-тепловыми завесами, принимается не выше 50°C у наружных дверей и 70°C у ворот и технологических проемов, если не установлены другие температуры по технологическим требованиям.

Скорость выпуска воздуха из щелей или отверстий воздушных и воздушно-тепловых завес следует принимать не более 8 м/с у наружных дверей, 25 м/с у ворот и технологических проемов, если не установлены другие скорости по технологическим требованиям.

Завесы шиберного типа, как правило, проектируют с двухсторонним выпуском воздуха (двухсторонние завесы) и komponуют из двух самостоятельных агрегатов.

Воздухораспределительные короба завес располагают с внутренней стороны проема на расстоянии не более $\sqrt{0,1F_{пр}}$ (где $F_{пр}$ - площадь открываемого проема, оборудованного завесой). При отсутствии места для установки коробов непосредственно у открываемых проемов рекомендуется применять завесы с удлиненными воздуховыпускными посадками (рис. 1.4).

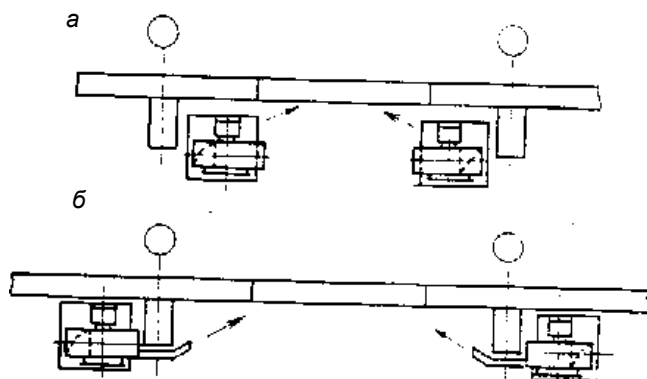


Рис. 1.4. Размещение завес:
а – между колоннами; б – за колоннами

Зазор между насадками и проемом следует зашивать. Воздушная струя завесы должна направляться под углом 30° к плоскости проема, оборудованного завесой. Глубина щелевидного насадка для устойчивости направления принимается равной $l = 2,5b_0$, где b_0 – ширина щели. Конструкция воздухораспределительных коробов должна обеспечивать горизонтальное движение воздушной струи завесы и отношение минимальной скорости выхода воздуха к максимальной по высоте щели не менее 0,7.

На завесу шиберного типа воздух, как правило, забирается на уровне всасывающего патрубка вентилятора. При установке вентилятора на полу рекомендуется забирать воздух из верхней зоны помещения, если температура воздуха в верхней зоне на 5° и более выше температуры в рабочей зоне. Допускается устройство нижних или боковых односторонних завес. Завесы с нижней подачей воздуха рекомендуется применять при ширине проема значительно большей, чем высота. Они более надежно предохраняют нижнюю зону помещения от прорыва холодного воздуха. Односто-

ронные завесы, по сравнению с двухсторонними, менее надежно перекрывают проем при движении или остановке транспорта.

Для уменьшения потерь тепла с частью струи завесы, уходящей наружу, рекомендуется (особенно при односторонних завесах) устраивать тамбур, имеющий боковые стенки и перекрытие. Длина тамбура должна быть не меньше ширины ворот, а ширина - на 1 м больше ширины ворот.

Выпуск воздуха из воздушно-тепловых завес смешивающего типа следует предусматривать с двух сторон в непосредственной близости от открываемых дверей таким образом, чтобы потоки воздуха завесы не прерывались открытыми створками дверей.

Конструкция воздуховыпускных отверстий должна обеспечивать горизонтальное направление потока воздуха завесы. Высота воздуховыпускных отверстий принимается от 0,1 до 1,6 м от пола, ширина определяется расчетом. Забор воздуха на завесу, как правило, производится под потолком вестибюля. Забор воздуха снаружи предусматривается при совмещении воздушно-тепловой завесы с приточной вентиляцией. Подавать воздух рекомендуется: при воздухозаборе из помещения - в тамбур (внутренний - при тройных дверях), при воздухозаборе снаружи - в вестибюль.

Основное оборудование воздушных и воздушно-тепловых завес следует размещать у наружных ворот, дверей и проемов в помещениях с производствами всех категорий пожарной, взрывопожарной и взрывной опасности. Оборудование завес с калориферами при теплоносителе воде или паре допускается размещать в помещениях, доступ в которые ограничен (склады, кладовые и др.).

Для помещений с взрывоопасными производствами должны применяться вентиляторы в искрозащищенном исполнении, а температура теплоносителя для калориферов, через которые проходит рециркуляционный воздух, не должна превышать 80% значения температуры самовоспламенения газов, паров или пыли. Если в качестве теплоносителя применяется горячая вода, ее температура для категорий производств А, Б и Е при наличии горючей и взрывоопасной пыли в помещениях должна быть не выше 110°C, а при ее отсутствии - не выше 150°C. При отсутствии соответствующего искрозащищенного оборудования на завесу в помещениях с категориями А, Б и Е допускается забирать наружный воздух или воздух из соседних помещений категорий В, Г и Д, если нет горючей пыли.

Средства автоматизации воздушных завес должны обеспечивать: пуск вентилятора при открывании обслуживаемого проема и при понижении температуры вблизи закрытого проема ниже установленного значения; выключение вентилятора после закрытия обслуживаемого проема и при восстановлении температуры воздуха вблизи закрытого проема до заданного значения.

Для уменьшения расхода наружного воздуха, прорывающегося в помещение через открытые проемы, и мощности воздушных завес рекомендуется:

- уменьшать площади открываемых проемов, оборудованных завесами шиберного типа, применяя шторы или щиты, а для завес смешивающего типа принимать конструкции входов, имеющие сравнительно небольшие значения коэффициентов расхода воздуха через вход;

- сокращать до минимума площади открываемых вытяжных аэрационных проемов в холодный период года и максимально герметизировать притворы окон верхнего света и аэрационных фонарей, если они в этот период не открываются;

- увеличивать, по возможности, расход воздуха приточной механической вентиляции непосредственно в помещениях, оборудованных завесами.

Действие периодически работающих завес не следует учитывать в воздушном и тепловом балансах примыкающего помещения, а работу постоянно действующих воздушных завес шиберного типа (с подогревом или без подогрева воздуха) учитывать необходимо. При проектировании в первую очередь рекомендуется принимать завесы заводского изготовления и по типовым чертежам (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Основные расчетные показатели конструкций
боковых двухсторонних воздушно-тепловых завес

Шифр завесы	Производительность		Ширина щели, мм	Размеры проема ворот, м		Относительная площадь $\bar{F} = \frac{F_{пр}}{F_{щ}}$
	по воздуху G_1 , кг/ч	по теплу Q_1 , Вт		ширина	высота	
ЗТ.В2-25.01.УЗ	30000	180000	100	3	3	15
ЗТ.В2-28.01.УЗ	33600	200000	100	3,6	3,6	18
А5	11300	73700	70	2	2,4	17
				2,4		17
А5-01	18500	173300	70	3	3	21
				3,6		26
ЗВТ1.00.000	28800	232600	90	3	3	17
ЗВТ2.00.000				3,6		20
ЗВТ1.00.000-01	40800	511700	100	3,6	3	18
ЗВТ2.00.000-01				3,6		18
ЗВТ1.00.000-02	28800	232600	75	3,6	3,6	24
ЗВТ2.00.000-02				4,2		28

Шифр завесы	Производительность		Ширина щели, мм	Размеры проема ворот, м		Относительная площадь $\bar{F} = \frac{F_{пр}}{F_{щ}}$
	по воздуху G_1 , кг/ч	по теплу Q_1 , Вт		ширина	высота	
ЗВТ1.00.000-03	40800	511700	90	3,6	3,6	20
ЗВТ2.00.000-03				4,2		23
ЗВТ3-1	39000	368200	150	3,6	4,2	12
ЗВТ6-1						
ЗВТ3-2	41400	423100	150	3,6	4,2	12
ЗВТ6-2						
ЗВТ3-3	43700	481600	150	3,6	3,2	12
ЗВТ6-3						
ЗВТ3-4	44100	383400	150	4,2	4,2	14
ЗВТ6-4						
ЗВТ3-5	52400	522200	150	4,2	4,2	14
ЗВТ6-5						
ЗВТ4-1	55200	619100	150	4,2	4,8	14
ЗВТ7-1						
ЗВТ4-2	56400	498800	150	4,2	4,8	14
ЗВТ7-2						
ЗВТ5-2	63000	628100	150	4,2	4,8	14
ЗВТ8-2						
ЗВТ5-1	67800	746300	150	4,2	4,8	14
ЗВТ8-1						
ЗВТ5-3	76900	686500	150	4,8	5,4	16
ЗВТ8-3						
ЗВТ5-4	85800	959400	150	4,8	5,4	16
ЗВТ8-4						
ЗВТ5-5	91200	1122180	150	4,8	5,4	16
ЗВТ8-5						

Примечания: 1. Завесы ЗТ.В2-25.01У3 и ЗТ.В2-28.01У3 изготавливают Горьковский механический завод №1 и Михневский завод вентиляционных заготовок НПО «Промвентиляции». Завесы А5–ЗВТ2.00.000-03 изготавливают по типовым чертежам серии 1.494-2, а завесы ЗВТ3-1–ЗВТ8-5 – по чертежам серии 5.904-7.

2. В табл. 1.1 приведена суммарная производительность завес (двух установок, располагаемых с обеих сторон проема ворот) при теплоносителе – перегретой воде с параметрами 150-70°C и температуре поступающего в вентилятор воздуха, равной 14°C.

3. Условные обозначения: $F_{пр}$ – площадь открываемого проема, оборудованного завесой; $F_{щ}$ – суммарная площадь выпускных щелей.

1.1.4. Расчет воздушных завес

А) Расчет боковых двухсторонних завес шиберного типа

Общий расход воздуха, подаваемого завесой шиберного типа, определяют по формуле

$$G_3 = 5100 \cdot \bar{q} \cdot \mu_{пр} \cdot F_{пр} \sqrt{\Delta p \cdot \rho_{см}}, \quad (1.1)$$

где $\bar{q}$ – отношение расхода воздуха, подаваемого завесой, к расходу воздуха, проходящего в помещение через проем при работе завесы; $\mu_{пр}$ – коэффициент расхода проема при работе завесы (табл. 1.2); $F_{пр}$ – площадь открываемого проема, оборудованного завесой, м²; Δp – разность давлений воздуха с двух сторон наружного ограждения на уровне проема, оборудованного завесой, Па; $\rho_{см}$ – плотность, кг/м³, смеси воздуха, подаваемого завесой, и наружного воздуха при температуре $t_{см}$, равной нормативной $\rho=353/(273+t)$.

Таблица 1.2

Коэффициенты расхода проемов $\mu_{пр}$ для завес шиберного типа

Тип завесы	Относительная площадь $\bar{F} = \frac{F_{пр}}{F_{щ}}$	Значения $\mu_{пр}$ при относительном расходе воздуха, подаваемого завесой, $\bar{q}$					
		0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Боковая	10	0,42	0,38	0,35	0,33	0,31	0,29
		0,36	0,32	0,31	0,28	0,26	0,25
	20	0,35	0,32	0,3	0,29	0,29	0,29
		0,3	0,27	0,26	0,25	0,25	0,25
	30	0,31	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
		0,27	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
	40	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
		0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Нижняя	10	0,5	0,45	0,4	0,37	0,34	0,31
		0,42	0,38	0,36	0,32	0,3	0,27
	20	0,4	0,35	0,3	0,28	0,25	0,23
		0,34	0,3	0,28	0,25	0,23	0,21
	30	0,35	0,3	0,27	0,24	0,22	0,2
		0,31	0,26	0,24	0,24	0,22	0,2
	40	0,31	0,27	0,24	0,21	0,2	0,18
		0,27	0,24	0,21	0,19	0,17	0,15

Примечания: 1. Над чертой приведены значения $\mu_{пр}$ для раздвижного проема, под чертой – для распашного.

2. Значения относительного расхода $\bar{q}$ и относительной площади $\bar{F}$ принимают исходя из технико-экономических соображений. В первом приближении рекомендуется принимать $\bar{q} = 0,6-0,7$; $\bar{F} = 20-30$.

Разность давлений Δp определяют расчетом в результате решения уравнений воздушных балансов помещений с учетом ветрового давления для холодного периода года.

Для ориентировочных расчетов, если нет полных исходных данных, значение Δp можно определять по формуле

$$\Delta p = \Delta p_T + k_1 \Delta p_B, \quad (1.2)$$

где k_1 – поправочный коэффициент на ветровое давление, учитывающий степень герметичности зданий (табл. 1.3):

Таблица 1.3

Поправочный коэффициент k_1 на ветровое давление

Здание	k_1
Без аэрационных проемов	0,2
С аэрационными проемами, закрытыми в холодный период года	0,5
То же, открытыми в холодный период года	0,8

$$\Delta P_T = 9,8 \cdot h_{\text{расч}} (\rho_H - \rho_B); \quad (1.3)$$

$$\Delta P_B = c \cdot V_B^2 \cdot \rho_H / 2, \quad (1.4)$$

где $h_{\text{расч}}$ – расчетная высота, т.е. расстояние по вертикали от центра проема, оборудованного завесой, до уровня нулевых давлений, где давления снаружи и внутри здания равны (высота нейтральной зоны), м; ρ_H – плотность воздуха, кг/м^3 , при температуре наружного воздуха (параметры Б); ρ_B – то же, при средней по высоте помещений температуре внутреннего воздуха t_B ; V_B – расчетная скорость ветра, значение которой принимается при параметрах Б для холодного периода года; c – расчетный аэродинамический коэффициент, значение которого следует принимать по СНиП 2.01.07-85.

Расчетную высоту $h_{\text{расч}}$ ориентировочно можно принимать:

а) для зданий без аэрационных проемов и фонарей

$$h_{\text{расч}} = 0,5 \cdot h_{\text{пр}}, \quad (1.5)$$

где $h_{\text{пр}}$ – высота открываемого проема, оборудованного завесой;

б) для зданий с аэрационными проемами, закрытыми в холодный период года,

$$h_{\text{расч.}} = h_1 + \frac{h_2}{0,25 \cdot (l_{\text{п}}/l_{\text{в}})^2 + 1}, \quad (1.6)$$

где h_1 – расстояние от центра проема, оборудованного завесой, до центра приточных проемов, м; h_2 – расстояние между центрами приточных и вытяжных проемов, м; $l_{\text{п}}$ – длина открываемых в теплый период года притворов приточных проёмов, м; $l_{\text{в}}$ – то же, вытяжных проемов, м (для зданий со светоаэрационными или зенитными фонарями, закрытыми в холодный период года, усредненные значения $h_{\text{расч}}$ приведены в табл. 1.4);

в) для зданий с аэрационными проемами, открытыми в холодный период года,

$$h_{\text{расч.}} = h_1 + h_{\text{п}} \quad (1.7)$$

или

$$h_{\text{расч.}} = h_1 + \frac{h_2}{[\mu_{\text{п}} F_{\text{п}} / (\mu_{\text{в}} F_{\text{в}})]^2 + 1}, \quad (1.8)$$

где $h_{\text{п}}$ – расстояние от центра открытых приточных аэрационных проемов до уровня нулевого давления, полученного при расчете аэрации в холодный период года (параметры Б), м; $\mu_{\text{п}} F_{\text{п}}$ и $\mu_{\text{в}} F_{\text{в}}$ – произведения коэффициентов расхода открытых, соответственно, приточных и вытяжных аэрационных проемов и их площадей, м².

Таблица 1.4

Усредненные значения $h_{\text{расч}}$ одноэтажных
производственных зданий

Высота здания, м	Значения $h_{\text{расч}}$, м, при размерах проема ворот, м				
	3×3	3,6×3	3,6×3,6	4,2×4,2	4,8×5,4
7,2	5,6	5,4	4,8	4,1	2,7
	2,9	2,5	2	2,1	2,7
8,4	6,4	6,1	5,6	4,8	3
	3,4	2,9	2,4	2,1	2,7
10,8	7,8	7,6	7	6,1	4
	4,4	3,8	3,2	2,8	2,7
15,6	10,9	10,5	9,8	8,7	6,2
	6,2	5,5	4,8	3,8	2,7

Примечания: 1. Над чертой приведены значения $h_{\text{расч}}$ для зданий со светоаэрационными фонарями, под чертой – для зданий с зенитными фонарями.

2. Значения $h_{\text{расч}}$ приняты не менее половины высоты проема ворот и получены в результате расчета (ЦНИИПромзданий) для промышленных зданий общего назначения пятипролетных по ширине и длиной 300 м. Принято, что в здании имеются четверо ворот, из которых одни ворота открыты. Остекление ленточное: в нижней зоне с двумя рядами открывающихся створок, в верхней один или два ряда окон с глухими створками (размер створки 1,5×1,2 м). Светоаэрационные фонари – П-образного профиля с одним рядом открывающихся створок (размер панели 6×1,25 м).

При наличии дисбаланса $\Delta G_{\text{мех}}$ и превышении в помещении механической вытяжки над притоком значение G_3 , ориентировочно, можно определять по следующим формулам:

а) при заборе воздуха для завесы из помещения

$$G_3 = \Delta G_{\text{мех}} \cdot \frac{\bar{q}}{1 - \bar{q}} \cdot \frac{\mu_{\text{пр}} \cdot F_{\text{пр}}}{\sum (\mu_{\text{п}} F_{\text{п}}) + \sum (\mu_{\text{пр}} F_{\text{пр}})}; \quad (1.9)$$

б) при заборе воздуха для завесы снаружи

$$G_3 = \Delta G_{\text{мех}} \cdot \bar{q} \cdot \frac{\mu_{\text{пр}} \cdot F_{\text{пр}}}{\sum (\mu_{\text{п}} F_{\text{п}}) + \sum (\mu_{\text{пр}} F_{\text{пр}})}, \quad (1.10)$$

где $\sum (\mu_{\text{п}} F_{\text{п}})$ - сумма произведений коэффициентов расхода открытых приточных проемов и их площадей, м²; $\sum (\mu_{\text{пр}} F_{\text{пр}})$ - сумма произведений коэффициентов расхода одновременно открытых проемов, оборудованных завесами, и их площадей, м².

При расчете следует проверять значения G_3 по формуле (1.1), и за расчетный расход принимать большее из значений, полученных по формулам (1.1) и (1.9) или (1.1) и (1.10). Значение $\Delta G_{\text{мех}}$ не должно превышать однократного обмена в 1 ч.

Требуемая температура воздуха завесы t_3 определяется на основании уравнения теплового баланса по формуле

$$t_3 = t_n + \frac{t_{\text{см}} - t_n}{\bar{q}(1 - \bar{Q})}, \quad (1.11)$$

где $\bar{Q}$ – отношение теплоты, теряемой с воздухом, уходящим через открытый проем наружу, к тепловой мощности завесы (рис. 1.5).

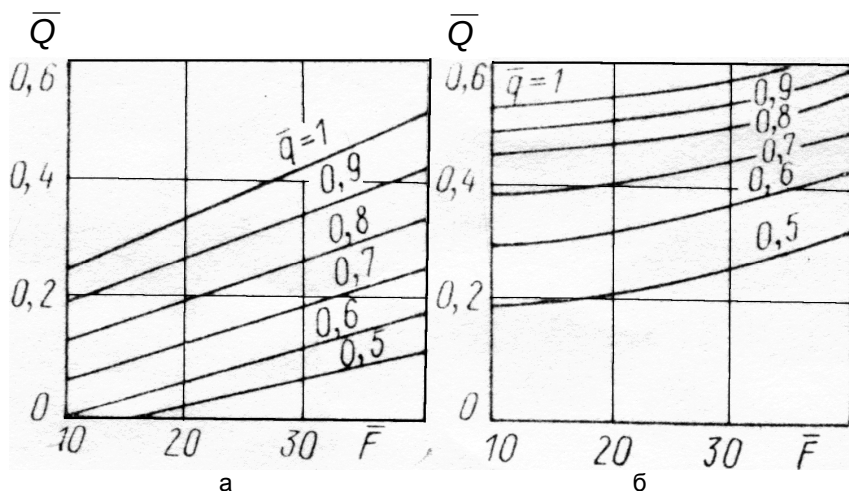


Рис. 1.5. Определение потерь теплоты с частью струи завесы шибера типа, уходящей наружу:

а – для боковой завесы; б – для нижней завесы

Для боковых завес значение t_3 может быть определено с помощью номограммы, приведенной на рис.1.6.

Тепловая мощность калориферов воздушно-тепловой завесы определяется

$$Q_3 = AG_3(t_3 - t_{\text{нач.}}), \quad (1.12)$$

где $A=0,28$ – коэффициент; $t_{\text{нач}}$ – температура воздуха, забираемого для завесы; °С (на уровне всасывающего отверстия вентилятора $t_{\text{нач}}$ принимается равной температуре смеси воздуха, поступаю-

щего в помещение; из верхней зоны – равной температуре воздуха в верхней зоне; снаружи – равной температуре наружного воздуха для холодного периода года, соответствующей параметрам Б).

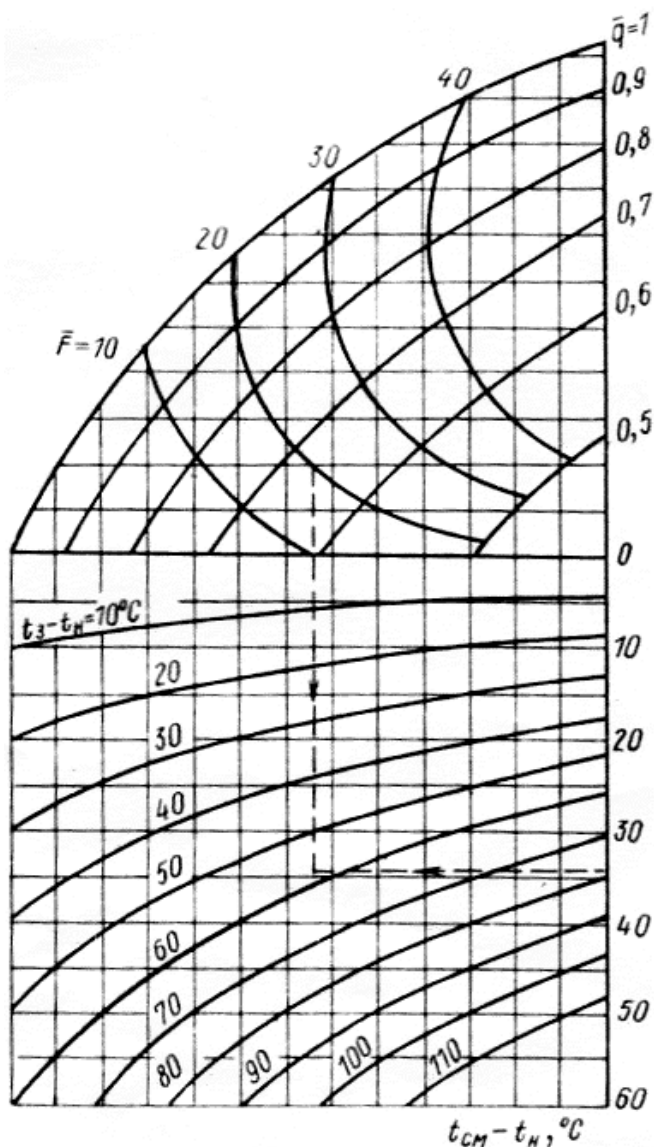


Рис. 1.6. Номограмма для определения температуры воздуха для боковой завесы шибера типа

Если в результате расчета t_3 окажется меньше $t_{\text{нач}}$, то следует использовать завесы без калориферных секций.

Для экономии тепловой энергии целесообразно использовать комбинированные воздушно-тепловые завесы (КВТЗ), подающие часть воздуха без подогрева (рис 1.7).

КВТЗ состоят из двух пар вертикальных воздухораспределительных коробов (стояков), установленных внутри помещения. Наружная пара стояков, расположенная ближе к воротам, подает неподогретый воздух, а внутренняя пара – нагретый до 70°C , что позволяет снизить тепловые потери струи воздушной завесы.

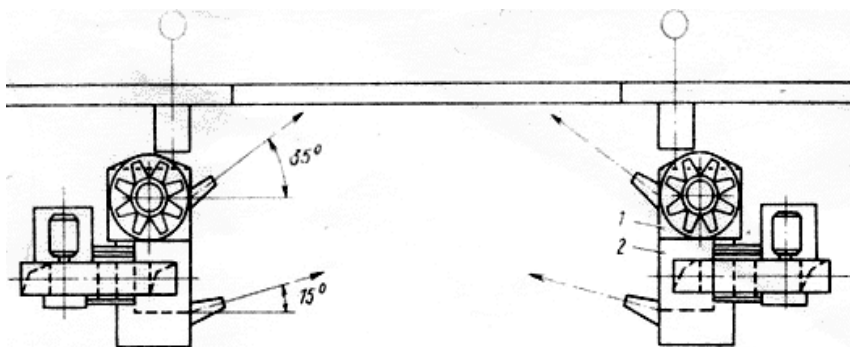


Рис. 1.7. Комбинированная воздушно-тепловая завеса:

1 – стояк наружной завесы неподогретого воздуха;

2 – стояк внутренней завесы нагретого воздуха

Расчет КВТЗ ведется в следующем порядке:

Задаются относительный расход воздуха и относительная площадь щелей наружной пары стояков воздушной завесы $\bar{q}_н$ и $\bar{F}_н$.

Рекомендуется принимать $\bar{q}_н = 0,8$ и $\bar{F}_н = 15$. По значениям $\bar{q}_н$ и $\bar{F}_н$ из рис. 1.5 определяются относительные потери теплоты со струей наружной завесы $\bar{Q}$. При $\bar{q}_н = 0,8$ и $\bar{F}_н = 15$, $\bar{Q} = 0,16$.

Затем вычисляется относительный расход воздуха через «внутреннюю» завесу по формуле

$$\bar{q}_в = \frac{t_{\text{см}} - t_h}{70 - t_h} [1 - \bar{q}_н (1 - \bar{Q})]. \quad (1.13)$$

Рассчитывается относительная площадь воздуховыпускных щелей «внутренней» завесы

$$F_B = 0,84 \bar{F}_H \bar{q}_H / \bar{q}_B. \quad (1.14)$$

Определяются общая относительная площадь воздуховыпускных щелей и общий относительный расход КВТЗ:

$$\bar{F} = \bar{F}_B \bar{F}_H / (\bar{F}_B + \bar{F}_H); \quad (1.15)$$

$$\bar{q} = \bar{q}_B + \bar{q}_H. \quad (1.16)$$

По полученным значениям $\bar{F}$ и $\bar{q}$ по табл. 1.1 находится $\mu_{пр}$ и рассчитывается общий расход воздуха G_3 подаваемого КВТЗ по формуле (1.1). После этого определяется расход воздуха через наружную и внутреннюю завесы соответственно:

$$G_H = G_3 \bar{q}_H / \bar{q}; \quad (1.17)$$

$$G_B = G_3 \bar{q}_B / \bar{q}. \quad (1.18)$$

Тепловая мощность калориферов КВТЗ рассчитывается по формуле (1.12) при $G_3=G_B$ и $t_3=70^\circ\text{C}$.

Пример расчета боковых двухсторонних завес шибберного типа

Рассчитать боковую двухстороннюю завесу и подобрать типовое решение, если завеса должна быть устроена у раздвижных ворот, размером $F_{пр}=3,6 \times 3,6=12,96 \text{ м}^2$ в одноэтажном производственном здании высотой 8,4 м, имеющем зенитные фонари. Механическая вытяжка и механический приток сбалансированы. Расчетная температура наружного воздуха $t_H=-20^\circ\text{C}$; $\rho_H=1,39 \text{ кг/м}^3$. Температура воздуха в помещении $t_B=18^\circ\text{C}$; $\rho_B=1,21 \text{ кг/м}^3$. При работе завесы температура смеси воздуха $t_{см}=14^\circ\text{C}$; $\rho_{см}=1,23 \text{ кг/м}^3$. Расчетная скорость ветра $v_B=5,5 \text{ м/с}$. Расчетный аэродинамический коэффициент $c=0,8$. Поправочный коэффициент $k_1=0,2$.

Решение

Принимаем, согласно табл. 1.1, значение $\bar{q}=0,65$. В этом случае и при $\bar{F}=20-30$ для раздвижных ворот находим $\mu_{пр}=0,3$.

По табл. 1.3 для принятых размеров ворот и высоте здания $h_{расч}=1,3-1,5=2,4 \text{ м}$, расчетная разность давлений по формулам (1.3), (1.5) составит

$$\Delta p = 9,8 \cdot 2,4 \cdot (1,39 - 1,21) + 0,2 \cdot 0,8 \cdot 5,5^2 \cdot 1,39 / 2 = 7,64 \text{ Па.}$$

Общий расход воздуха завесы определяем по формуле (1.1)

$$G_3 = 5100 \cdot 0,65 \cdot 0,3 \cdot 12,96 \sqrt{7,64 \cdot 1,23} = 39500 \text{ кг/ч.}$$

Принимаем к установке по табл. 1.1 завесы типа ЗВТ 1.00.000-03 суммарной производительностью по воздуху $G_3=40800$ кг/ч. Для принятого по табл. 1.1 решения получим $\bar{F}=20$ и из формулы (1.1) вычислим

$$\bar{q} = \frac{40800}{5100 \cdot 0,3 \cdot 12,96 \sqrt{7,64 \cdot 1,23}} = 0,67.$$

Требуемую температуру воздуха, подаваемого завесой, находим по формуле (1.11)

$$t_3 = -20 + \frac{14 + 20}{0,67(1 - 0,1)} = 36,4^\circ\text{C},$$

где $\bar{Q} = 0,1$ – величина, определяемая по рис. 1.5 при $\bar{F} = 20$ и $\bar{q} = 0,67$.

Требуемую суммарную тепловую мощность калориферов завесы вычисляем по формуле (1.12)

$$Q_3 = 0,28 \cdot 40800(36,4 - 14) = 255900 \text{ Вт.}$$

Поскольку суммарная тепловая мощность принятой типовой конструкции, согласно табл. 1.1, составляет 511700 Вт, т.е. вдвое больше требуемой, то в данном случае целесообразно в одном из агрегатов завесы не устанавливать калориферную секцию или принять однорядную установку калориферов.

Б) Расчет завес смешивающего типа

Расход воздуха для воздушно-тепловой завесы смешивающего типа определяется по формуле

$$G_3 = 5100 k_2 \mu_{\text{вх}} F_{\text{вх}} (t_{\text{см}} - t_{\text{н}}) \frac{\sqrt{\Delta p \rho_{\text{н}}}}{t_3 - t_{\text{см}}}, \quad (1.19)$$

где k_2 – поправочный коэффициент для учета числа проходящих людей, места забора воздуха для завесы и типа вестибюля (табл. 1.5); $\mu_{\text{вх}}$ – коэффициент расхода, зависящий от конструкции входа; $F_{\text{вх}}$ – площадь одной открываемой створки наружных входных дверей, м^2 .

При совмещении воздушно-тепловой завесы с приточной вентиляцией (т.е. при заборе воздуха снаружи) значение G_3 принимают равным расходу воздуха, необходимого для приточной вентиляции, но не менее значения, определяемого по формуле (1.19).

Значение Δp определяют в результате расчета воздушного режима здания с учетом ветрового давления. При отсутствии полных исходных данных Δp можно рассчитывать по формуле (1.3), где значение $h_{\text{расч}}$ вычисляют с учетом ветрового давления в зависимости от этажности здания по формулам:

для зданий с числом этажей три и меньше

$$h_{\text{расч}} = h_{\text{л.к.}} - 0,5h_{\text{дв}}; \quad (1.20)$$

для зданий с числом этажей больше трех

$$h_{\text{расч}} = 0,5(h_{\text{л.к.}} + 2h_{\text{эт}} - h_{\text{дв}}), \quad (1.21)$$

где $h_{\text{л.к.}}$ – высота лестничной клетки от планировочной отметки земли, м; $h_{\text{дв}}$ – высота створки входных дверей, м; $h_{\text{эт}}$ – полная высота одного этажа, м.

Тепловую мощность калориферов воздушно-тепловой завесы определяют по формуле (1.12).

Пример расчета завесы смешивающего типа

Рассчитать воздушно-тепловую завесу для главного входа в административное здание при заборе воздуха из открытого вестибюля. Входные двери вращающиеся ($\mu_{\text{вх}} = 0,1$ по табл. 1.6). Исходные данные: $t_n = 25^\circ\text{C}$; $\rho_n = 1,42 \text{ кг/м}^3$; $t_b = 16^\circ\text{C}$; $\rho_b = 1,22 \text{ кг/м}^3$; $t_{\text{см}} = 12^\circ\text{C}$; $h_{\text{л.к.}} = 60 \text{ м}$; $h_{\text{дв}} = 2,5 \text{ м}$; $h_{\text{эт}} = 3,3 \text{ м}$; $F_{\text{вх}} = 0,8 \cdot 2,5 = 2 \text{ м}^2$; $n = 2500 \text{ чел/ч}$.

Решение

Находим значение $h_{\text{расч}}$ по формуле (1.21)

$$h_{\text{расч}} = 0,5(60 + 2 \cdot 3,3 - 2,5) = 32,1 \text{ м}.$$

Определяем Δp по формуле (1.3)

$$\Delta p = 9,8 \cdot 32,1(1,42 - 1,22) = 62,9 \text{ Па}.$$

Находим коэффициент k_2 по табл. 1.5. Так как число людей, проходящих в здание, превышает 1500 чел/ч, то расчетное число людей для одной створки составит $n = 2500/2 = 1250 \text{ чел/ч}$. При заборе воздуха из открытого вестибюля, вращающихся дверях и числе людей, проходящих через одну створку, 1250 за 1 ч. Получим $k_2 = 0,46$.

Таблица 1.5

Поправочный коэффициент k_2 для завес смешивающего типа

Место забора воздуха и тип вестибюля	Двери	Значения k_2 при числе людей n , проходящих через вход в здание за 1 ч															
		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	
Забор воздуха из вестибюля открытого	Одинарные	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,28	0,31	0,35	0,39	0,43	0,47	0,51	0,55	0,58	0,61	
	Двойные или вращающиеся	0,04	0,08	0,11	0,15	0,19	0,21	0,26	0,3	0,34	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51	0,54	
	Тройные	0,03	0,06	0,08	0,11	0,14	0,16	0,2	0,25	0,28	0,32	0,35	0,38	0,41	0,44	0,46	
То же, закрытого	Одинарные	0,05	0,09	0,14	0,18	0,22	0,23	0,27	0,32	0,35	0,39	0,43	0,46	0,49	0,52	0,55	
	Двойные или вращающиеся	0,03	0,07	0,1	0,14	0,17	0,19	0,23	0,27	0,31	0,34	0,37	0,4	0,43	0,46	0,49	
	Тройные	0,02	0,05	0,07	0,1	0,12	0,15	0,18	0,23	0,25	0,29	0,32	0,34	0,37	0,4	0,42	
Забор воздуха снаружи или при вестибюле открытым	Одинарные	0,04	0,08	0,12	0,16	0,2	0,21	0,24	0,28	0,31	0,34	0,38	0,41	0,44	0,47	0,49	
	Двойные или вращающиеся	0,03	0,06	0,09	0,12	0,15	0,17	0,21	0,24	0,27	0,30	0,33	0,35	0,38	0,41	0,43	
	Тройные	0,02	0,04	0,07	0,09	0,11	0,13	0,16	0,2	0,23	0,26	0,28	0,3	0,33	0,35	0,37	
То же, при закрытом	Одинарные	0,04	0,07	0,11	0,14	0,17	0,18	0,22	0,25	0,28	0,31	0,34	0,35	0,38	0,4	0,42	
	Двойные или вращающиеся	0,03	0,05	0,08	0,11	0,13	0,15	0,18	0,21	0,24	0,26	0,29	0,31	0,33	0,36	0,38	
	Тройные	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1	0,12	0,15	0,18	0,2	0,22	0,24	0,26	0,29	0,31	0,33	

Примечания: 1. Открытым считается вестибюль, не отделенный дверями от лестничной клетки и лифтового холла; закрытым - вестибюль, снабженный дверями перед лестничной клеткой и лифтовым холлом.

2. Максимальная пропускная способность одной створки двери 1500 чел/ч, поэтому при устройстве нескольких параллельно расположенных входных дверей и проходе через них до 1500 чел/ч расчет производят по площади одной открываемой створки. При проходе через них более 1500 чел/ч значение $F_{вх}$ в формуле (1.19) увеличивают в отношении $n/1500$ с округлением до ближайшего большего целого числа. В этом случае коэффициент k_2 принимают в зависимости от n , деленного на это целое число.

Определяем G_3 по формуле (1.19) с учетом того, что люди проходят одновременно через две створки и температура $t_3 = 50^\circ\text{C}$

$$G_3 = 5100 \cdot 0,46 \cdot 0,1 \cdot 2 \cdot 2(12 + 25) \frac{\sqrt{62,9 \cdot 1,42}}{50 - 12} = 8630 \text{ кг/ч.}$$

Вычисляем Q_3 по формуле (1.12)

$$Q_3 = 0,28 \cdot 8630(50 - 12) = 91820 \text{ Вт.}$$

Таблица 1.6

Коэффициент расхода $\mu_{\text{вх}}$ для завес смешивающего типа

Конструкция входа	$\mu_{\text{вх}}$
Одинарные двери	0,7
Двойные двери с тамбуром, прямой проход	0,65
Тройные двери с тамбуром, прямой проход	0,6
Двойные двери с тамбуром, зигзагообразный поход	0,55
Тройные двери с тамбуром, зигзагообразный поход	0,4
Вращающиеся двери	0,1

Примечание. При числе последовательно расположенных дверей больше трех расчет можно проводить с незначительным запасом, как для тройных дверей.

1.2. Воздушные души

Воздушным душем называют поток воздуха, направленный на ограниченное рабочее место или непосредственно на рабочего (рис.1.8).

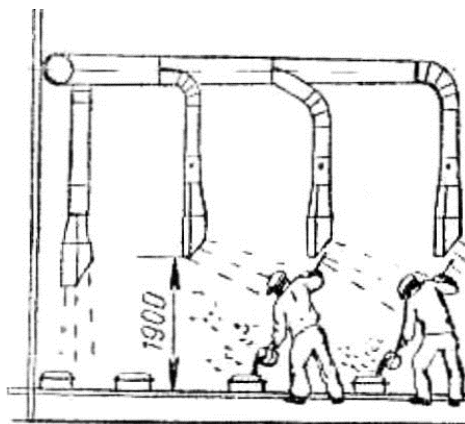


Рис. 1.8. Воздушный душ на заливочном участке

1.2.1. Общие сведения

Воздушное душирование применяют для создания на постоянных рабочих местах требуемых метеорологических условий при тепловом облучении и при открытых производственных процессах, если технологическое оборудование, выделяющее вредные вещества, не имеет укрытий или местной вытяжной вентиляции.

При душировании можно подавать наружный воздух с обработкой его в приточных камерах (очисткой, охлаждением и нагреванием в холодный период года в случае необходимости) или внутренний воздух.

Воздушное душирование наружным воздухом мест постоянного пребывания работающих следует проектировать:

- а) при тепловом облучении интенсивностью 350 Вт/м^2 и более;
- б) при открытых технологических процессах с выделением вредных веществ.

При проектировании воздушного душирования должны быть приняты меры, предотвращающие сдувание производственных вредных выделений на близко расположенные постоянные рабочие места. Воздушная струя должна быть направлена так, чтобы по возможности исключалось подсасывание ею горячего или загрязненного газами воздуха.

Для воздушного душирования рабочих мест следует предусматривать воздухораспределители, обеспечивающие минимальную турбулизацию воздушной струи и имеющие устройства для изменения направления струи в горизонтальной плоскости на угол 180° и в вертикальной плоскости на угол 30° .

При проектировании воздушного душирования наружным воздухом следует принимать расчетные параметры А для теплого периода года и Б для холодного периода.

Воздушное душирование при тепловом облучении должно обеспечивать на местах постоянного пребывания работающих температуру и скорость движения воздуха в соответствии с табл. 1.7, а при открытых производственных процессах поддержание норм метеорологических условий и чистоты воздуха в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88.

Таблица 1.7

Нормы температур и скоростей движения воздуха при воздушном душировании

Категория тяжести работ	Температура воздуха в рабочей зоне $t_{p.з.}$, °C	Скорость движения $V_{норм}$, м/с	Температура воздуха $t_{норм}$, °C, в душирующей струе на рабочем месте при интенсивности облучения, Вт/м ²				
			350	700	1400	2100	2800
Легкая	28	1	28	24	21	16	-
		2	-	28	26	24	20
		3	-	-	28	26	24
		3,5	-	-	-	27	25
Средней тяжести	28	1	27	22	-	-	-
		2	28	24	21	16	-
		3		27	24	21	18
		3,5		28	25	22	19
Тяжелая	26	2	25	19	16	-	-
		3	26	22	20	18	17
		3,5	-	23	22	20	19

Примечания: 1. Температуру в душирующей струе следует понижать на 0,4°C при повышении температуры в рабочей зоне на 1°C, но принимать ее не ниже 16°C.

2. При длительности теплового облучения менее 15 мин или более 30 мин в течение 1 ч работы температуру в душирующей струе допускается принимать соответственно на 2°C выше или ниже значений, приведенных в табл. 1.7.

В табл. 1.8 приведены данные ЛИОТ по интенсивности теплового облучения на рабочих местах отдельных видов производств.

Таблица 1.8

Интенсивность теплового облучения на рабочих местах отдельных видов производств

Производство	Профессия рабочих	Интенсивность теплового облучения, Вт/м
Доменный цех	Горновые, чугушники и желобщики	700-2100
Мартеновский цех	Сталевары, разлишники, ковшовые Машинисты завапочных машин	700-2100 1400-3500
Прокатный цех	Сваршники нагривательных колодцев Сваршники методических печей Вальцовшники, резшники, контролеры	350-560 280-840 1000-2100
Электросталеплавильный цех	Сталевары, разлишники, канавшники, ковшовые	700-2100
Ферросплавный цех	Плавильшники и горновые	700-2100
Цех рафинирования свинца	Рафинировшники и разлишники Дистилляторшники Купельаторшники	700 1000 1000-1400
Цех огневого и электролитического рафинирования меди	Рабочие отражательных печей огневого рафинирования. Рабочие по зачистке отливок при огневом рафинировании	700 3500 1000-1400
Цех рафинирования алюминия	Электролитшники	700-2800
Обжиговый цех никельного завода	Печевые, загрузшники и кочегары многоподоных и туннельных печей	210-700
Цех печного литья	Бронзосплавшники и разлишники	350-1400
Цех изготовления электроламп	Сваршники (сварка горловины с корпусом) Термисты Укладшники спиралей Заваршники ножек электроламп Откачешники воздуха Настройшники заварооткачешных автоматов, операторы колбовывдувных автоматов	560-1400 1000-1400 70-140 280-410 350-410 280-560

Окончание табл. 1.8

Производство	Профессия рабочих	Интенсивность теплового облучения, Вт/м
Отделение электронно-лучевых трубок	Сварщики (сварка горловины с конусом)	560-700
	Сварщики по приварке доньев Помощник термиста	1000-1400 1000
Машинно-ванный цех бутылочного завода	Оператор машины 2-ЛАМ	420-770
	Относчики у печи Загрузчики бункеров Загрузчики шихты в печь	820-1300 500-770 1400-2800
Цех изготовления сортовой посуды	Рабочие на выработном верстаке печи: при взятии стекла из печи при выдувке на площадке	2700-3000 175-700
Ванная печь отделения парфюмерной тары	Наборщики стекломассы	2500
	Операторы на полуавтоматах Относчики у печи	580-700 1400
Машинно-ванный цех стекольного завода	Мастер первой и второй руки машины ВВС на второй площадке	1000-1750
	Бортовые у печи Отломщики Резчики	140-210 210-350 150
Цех производства стеклотары	Операторы прессовывудных машин	350-850
Горновой цех электротехнической керамики и фарфора	Кочегары горнов	350-1000
Цех туннельных печей для обжига изделий из керамики	Кочегары и рабочие по загрузке и выгрузке изделий	350-1400
Сушильное отделение изделий из керамики	Рабочие по разравниванию и сборке материалов	350-2100
Прессовый цех резинотехнических изделий	Прессовщики	350-2100

1.2.2. Конструирование систем воздушного душирования

Системы, подающие воздух к воздушным душам, проектируются отдельными от систем другого назначения.

При проектировании систем воздушного душирования, как правило, следует применять воздухораспределители УДВ (табл. 1.9). Воздухораспределители обычно устанавливают на высоте не менее 1,8 м от пола (до их нижней кромки). Для душирования группы постоянных рабочих мест могут быть использованы воздухораспределители ВГК или ВСП (типовые серии 4.904-68 и 5.904-47).

Расстояние от места выпуска воздуха до рабочего места следует принимать не менее 1 м, а воздушный поток должен быть направлен:

- на грудь человека горизонтально или сверху под углом до 45° для обеспечения на рабочем месте нормируемых температур и скорости движения воздуха;
- в лицо (зону дыхания) горизонтально или сверху под углом до 45° для обеспечения на рабочем месте допустимых концентраций по газу и пыли; при этом должны обеспечиваться нормируемые температура и скорость движения воздуха.

Если невозможно достигнуть нормируемой температуры воздуха в душирующей струе на рабочем месте повышением скорости движения воздуха, следует устанавливать форсунки тонкого распыла воды в потоке подаваемого воздуха на выходе из воздухо-раздающего устройства или применять адиабатическое охлаждение воздуха при централизованной обработке его в приточных камерах. Количество воды, уносимой струей воздуха, составляет около 5 г на 1 м³ воздуха; количество сжатого воздуха при применении пневматических форсунок – около 0,5 кг на 1 кг распыляемой воды.

Установки с применением искусственного холода требуют значительных эксплуатационных и капитальных затрат, поэтому искусственное охлаждение воздуха следует применять только в случаях, когда нормируемая температура воздуха на рабочем месте ниже температуры приточного воздуха, полученной при его адиабатическом охлаждении.

Унифицированные душирующие воздухораспределители УДВ (рис. 1.9 и 1.10) рекомендуются к предпочтительному применению. Они разработаны в следующих исполнениях: нижний подвод воздуха без увлажнения УДВ_н и с увлажнением УДВ_{ун}; верхний подвод воздуха без увлажнения УДВ_в и с увлажнением УДВ_{ув}.

Таблица 1.9

Характеристики типовых душирующих воздухораспределителей

Воздухораспределитель	Рисунок	Марка	Размеры, мм					Масса, кг	Расчетная площадь, F_0 , м ²	Коэффициенты		
			d_0	h_0	l_0	H	L			m	n	ζ
1. Универсальный душирующий воздухораспределитель типа УДВ (серия 5.904-31)	1.9	УДВ-1	450	400	400	770	725	$\frac{39,2}{49,2}$	0,17	6	4,9	2,1
	1.10	УДВ-2	630	600	600	1040	1040	$\frac{67}{80,1}$	0,38			
		УДВ-3	900	300	800	1310	1340	$\frac{109}{129,7}$	0,68			
2. Патрубок поворотный душирующий типа ППД (серия 4.904-22)	1.11	ППД-5	500	320	320	1260	1010	61	0,1	6,3	4,5	4
		ППД-6	630	400	400	1540	1260	88	0,16			
		ППД-8	800	510	510	1900	1590	125	0,26			
3. Патрубок душирующий с увлажнением воздуха типа ПД (серия 4.904-36)	1.12	ПДв-3	315	330	440	760	-	10,7	0,14	5,3;	4,5;	1,6;
		ПДв-4	400	440	560	960	-	30	0,13	5,1;	3,4;	1;
		ПДв-5	500	550	700	1200		42,7	0,36	4,5;	3,1;	0,8

Примечания: 1. Масса воздухораспределителей типа УДВ приведена для исполнения УДВ_с – в числителе и УДВ_{ун} – в знаменателе. Масса исполнений УДВ_н и УДВ_{уе} находится в пределах приведенного диапазона.

2. Для душирующих патрубков типа ПД_с коэффициенты m , n и ζ приведены: первое число при подаче под углом 30°, второе под углом 45° и третье – под углом 60° вниз.

3. Для душирующих патрубков ПД_н коэффициенты m , n и ζ приведены: первое число при горизонтальной подаче, второе – под углом 20° вверх и третье – под углом 20° вниз.

4. Патрубки поз. 2 и 3 исключены из числа действующих типовых чертежей и приведены для справки.

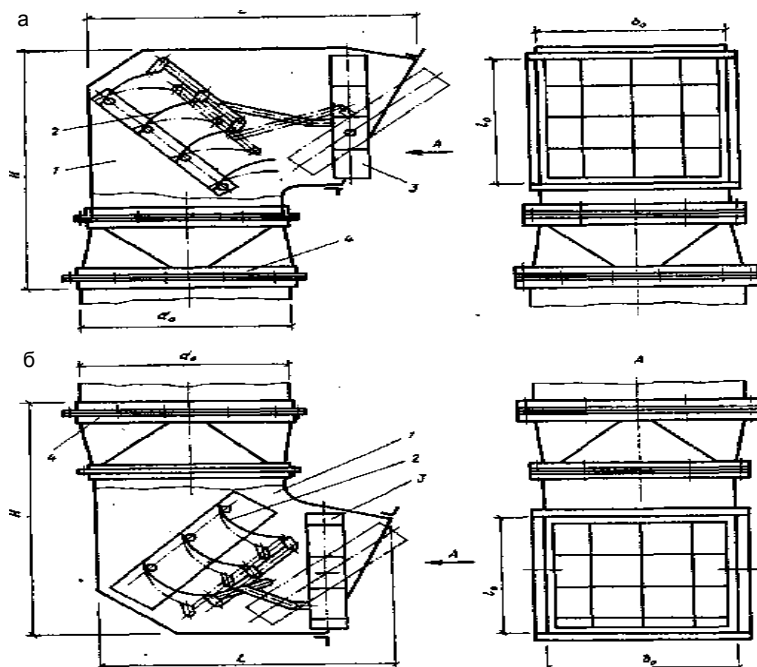


Рис. 1.9. Унифицированный душирующий воздухораспределитель типа УВД без увлажнения воздуха:

- а – нижний подвод воздуха; б – верхний подвод воздуха;
 1 – корпус; 2 – направляющие лопатки; 3 – направляющая решетка;
 4 – шарнирное фланцевое соединение

Воздухораспределитель состоит из корпуса, внутри которого расположены поворотные направляющие лопатки и устройство, обеспечивающее кинематическую связь блока лопаток с направляющей решеткой. Изменение направления душирующей струи в горизонтальной плоскости осуществляется поворотом воздухораспределителя, для чего он устанавливается на шарнирном фланцевом соединении. В вертикальной плоскости направление струи можно изменять от горизонтального положения до угла 45° вниз поворотом направляющей решетки. Поворот решетки фиксируется в любом положении. Для увлажнения воздуха на направляющей решетке устанавливают форсунки с пневматическим распылением воды, которые могут перемещаться как по вертикали, так и по горизонтали направляющей решетки, тем самым создавая оптимальные условия для увлажнения.

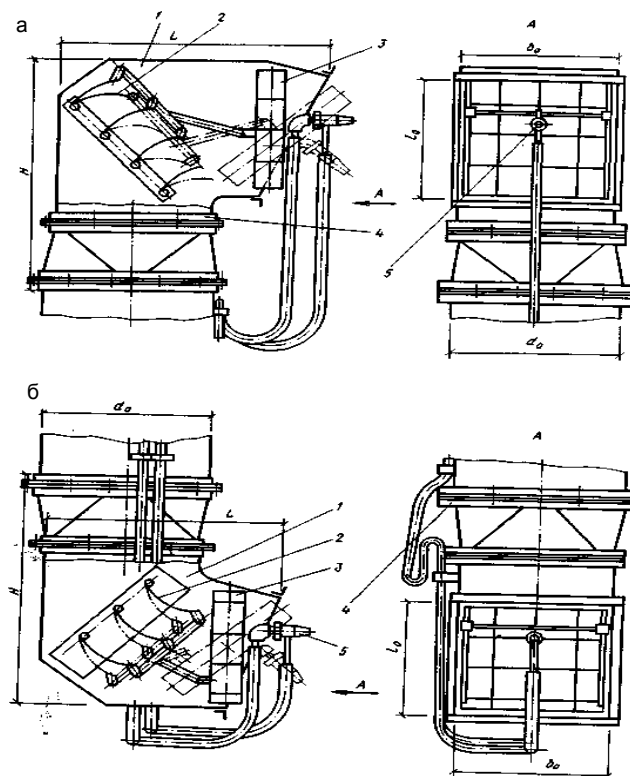


Рис. 1.10. Унифицированный душирующий воздухораспределитель типа УВД с увлажнением воздуха:

а – нижний подвод воздуха; б – верхний подвод воздуха;

1 – корпус; 2 – направляющие лопатки; 3 – направляющая решетка;
4 – шарнирное фланцевое соединение; 5 – пневматическая форсунка

Поворотный душирующий патрубок ППД (рис. 1.11) состоит из верхнего, среднего и нижнего звеньев.

Нижнее звено имеет поджатое квадратное выходное сечение и соединяется со средним звеном осью, вокруг которой оно может быть повернуто вниз на угол 23° . Нижнее звено патрубка фиксируется в заданном положении двумя зажимами, расположенными на боковых поверхностях среднего звена патрубка. Поворот среднего звена душирующего патрубка вокруг вертикальной оси осуществляется с помощью трех роликов, опирающихся на неподвижный фланец верхнего звена. Положение патрубка фиксируется стопорным болтом. Душирующий патрубок крепится к воздуховоду флан-

цевым соединением, для чего воздуховод должен быть надежно прикреплен к строительным конструкциям.

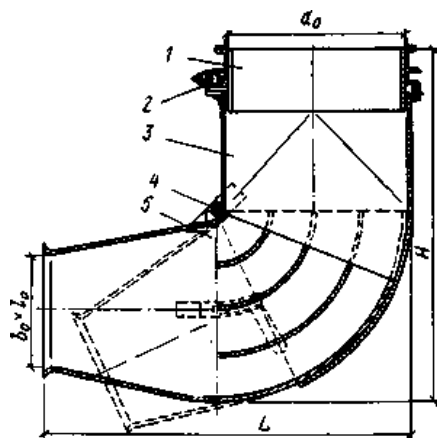


Рис. 1.11. Поворотный душирующий патрубок типа ППД:
1 – верхнее звено; 2 – опорные ролики; 3 – среднее звено;
4 – шарнир; 5 – нижнее звено

Воздухораспределители ПД (рис. 1.12) разработаны с верхним (ПДв) и нижним (ПДн) подводами воздуха.

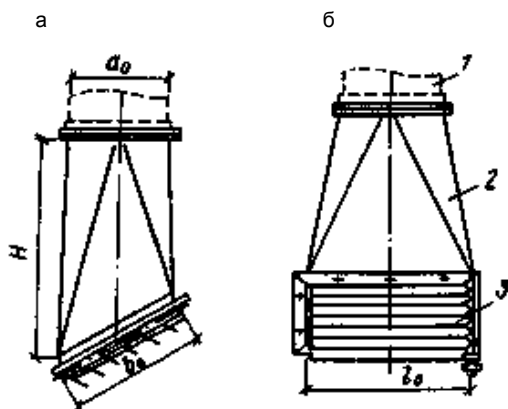


Рис. 1.12. Душирующие патрубки типа ПД:
а – с верхним подводом воздуха; б – с нижним подводом воздуха;
1 – воздуховод; 2 – корпус; 3 – направляющая решетка

Душирующие патрубки состоят из направляющей решетки и корпуса, который с помощью поворотного шарнира присоединяется к воздуховоду, подводящему приточный воздух. Для увлажнения и охлаждения подаваемого воздуха применены форсунки ФП-1 и ФП-2 с пневматическим распылением воды. Давление сжатого воздуха должно составлять 0,3-0,4 МПа, расход сжатого воздуха 12-28 кг/ч на форсунку, расход воды 20-45 кг/ч. Для патрубков ПДУ-3 и ПДУ-4 принято по одной форсунке, а для ПДУ-5 – две форсунки. Выбор типа и количества форсунок устанавливается расчетом. Изменение направления воздушного потока и факела распыляемой воды в вертикальной плоскости осуществляется поворотом лопаток направляющей решетки (с укрепленными на ней форсунками), в горизонтальной плоскости поворотом душирующего патрубка вокруг своей оси с помощью поворотного шарнира по серии 4.904-14.

С целью организации серийного выпуска душирующих воздухораспределителей предприятиями НПО «Промвентиляция», институтами ВНИ-ИГС и ГПИ «Проектпромвентиляция» разработаны чертежи на воздухораспределитель поворотный регулируемый типа ВП (рис. 1.13, 1.14).

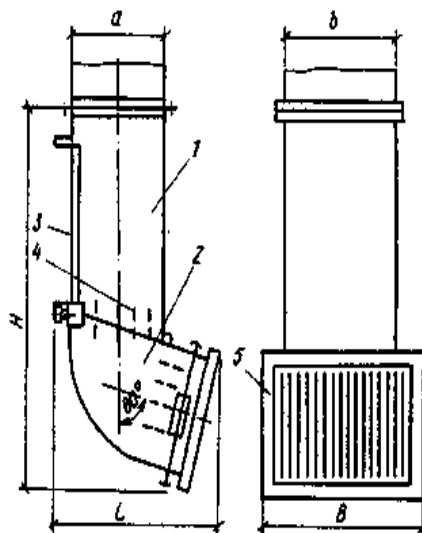


Рис. 1.13. Воздухораспределитель поворотный регулируемый типа ВП с присоединительным патрубком прямоугольного сечения ВП1 и ВП2.:

- 1 – неподвижная часть; 2 – поворотная часть; 3 – гибкий лист;
- 4 – рассекатели; 5 – веерная решетка

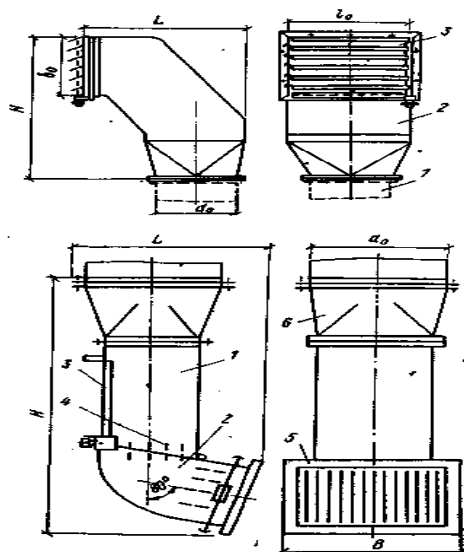


Рис. 1.14. Воздухораспределитель поворотный регулируемый типа ВП с присоединительным патрубком прямоугольного сечения ВПЗ и ВП4:

- 1 – неподвижная часть; 2 – поворотная часть; 3 – гибкий лист;
4 – рассекатели; 5 – веерная решетка; 6 – переход

Воздухораспределитель состоит из неподвижной и шарнирно соединенной с ней поворотной части, имеющей два боковых ребра и гибкий элемент в виде прямоугольного листа. Один конец листа прикреплен к поворотной части, а другой перемещается при повороте вдоль задней стенки неподвижной части. Угол поворота подвижной части относительно присоединительного патрубка изменяется от 0 до 80°. На выпуске поворотной части установлена решетка типа РВ по серии 5.904-50. Размеры решетки РВ для воздухораспределителей ВП1 и ВП3 составляют 250×400 мм, для ВП2 и ВП4 – 400×600 мм. Угол установки крайних лопаток решетки изменяется от 0 до 45°. При этом струя изменяется от компактной до веерной. Для выравнивания потока воздуха имеются два ряда рассекаателей в виде плоских лопаток, прикрепленных к боковым стенкам на выходе из неподвижной части, а также к стенкам поворотной части перед решеткой. Неподвижная часть присоединяется с помощью фланца к подводящему воздуховоду прямоугольного (воздухораспределители ВП1 и ВП2) и круглого (ВП3 и ВП4) сечений. В последнем случае в неподвижной части воздухораспределителей ВП3 и ВП4 имеется переход с прямоугольного на круглое

сечение и дополнительные детали, обеспечивающие возможность поворота воздухораспределителя на 360° вокруг оси подводящего воздуховода. Воздухораспределители могут устанавливаться вертикально при верхнем подводе воздуха или горизонтально при боковом подводе. Основные характеристики воздухораспределителей типа ВП приведены в табл. 1.10.

При тепловом облучении постоянных рабочих мест нагретыми поверхностями интенсивностью от 140 до 350 Вт/м² предусматривается установка вентиляторов-вееров (азраторов). При применении вентиляторов-вееров следует обеспечивать поддержание допустимой ГОСТ 12.1.005-88 температуры воздуха, увеличивая скорость на 0,2 м/с более указанной в этом ГОСТ. Для этой цели душирование рабочих мест внутренним воздухом осуществляется поворотными азраторами ПАМ-24 (рис. 1.15), выпускаемыми Старооскольским механическим заводом.

Таблица 1.10

Характеристики воздухораспределителей типа ВП

Марка	Размеры, мм				Масса, кг	Расчетная площадь F_0 , м ²	Коэффициенты		
	$\frac{a \times b}{d_0}$	B	L	H			m	n	ζ
ВП1 ВП3	$\frac{250 \times 400}{450}$	$\frac{536}{594}$	$\frac{465}{589}$	$\frac{869}{1309}$	$\frac{14}{22}$	0,1	4,7	5	$\frac{2,65}{2,72}$ 1,9
ВП2 ВП4	$\frac{400 \times 600}{560}$	$\frac{736}{704}$	$\frac{615}{719}$	$\frac{1449}{1789}$	$\frac{33}{42,9}$	0,24	1,5	2	$\frac{1,83}{1,46}$ 1,53

Примечания: 1. Размеры и масса воздухораспределителей ВП1 и ВП2 приведены в числителе, ВП3 и ВП4 в знаменателе.

2. Коэффициенты m и n для компактной струи приведены в числителе, для веерной – в знаменателе.

3. Коэффициенты приведены при верхнем подводе воздуха под углом 80° к вертикали в верхней строке, под углом 45° – в средней строке, и вертикально вниз – в третьей строке. В числителе приведены значения для компактной струи, в знаменателе – для веерной.

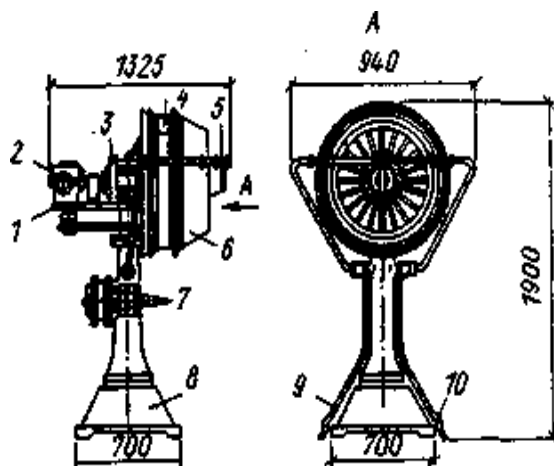


Рис. 1.15. Поворотный аэратор ПАМ-24:

- 1 – стол поворотный; 2 – редуктор; 3 – электродвигатель;
 4 – рабочее колесо; 5 – пневматическая форсунка;
 6 – направляющий аппарат; 7 – кнопочный пуск; 8 – стойка; 9 – вода;
 10 – воздух

Аэратор состоит из осевого вентилятора, подача которого составляет $24000 \text{ м}^3/\text{ч}$ воздуха, электродвигателя типа 4А100Л4V3 мощностью 4 кВт, и имеет автоматическое устройство, поворачивающее вентилятор 11 раз в 1 мин. Рабочее колесо вентилятора укреплено на валу электродвигателя и заключено в обечайку, соединенную с направляющим аппаратом. Электродвигатель с рабочим колесом и направляющий аппарат при помощи редуктора могут совершать поворот в обе стороны. Угол поворота регулируется от 0 до 60° . На направляющем аппарате установлена форсунка, которая подает распыленную воду в поток воздуха. Расстояние от аэратора до рабочего места определяется конкретными условиями, максимальное расстояние равно 20 м. Количество воды для форсунки регулируется вентилем, максимальный расход воды 30 л/ч, давление воды для форсунки 0,2-0,3 МПа. Воздушный вентиль форсунки следует открывать полностью, давление в магистрали при этом должно быть не ниже 0,5 МПа, максимальный расход воздуха на форсунку $140 \text{ м}^3/\text{ч}$. При нормальной эксплуатации форсунки вода из нее должна выходить в виде мелкой водяной пыли (капли воды отсутствуют). Образование капель воды за форсункой свидетельствует о понижении давления воздуха в магистрали.

В помещениях общественных, административно-бытовых и производственных зданий, сооружаемых в IV климатическом районе, а также при обосновании и в других климатических районах, при избытках явной теплоты более 23 Вт/м^3 следует предусматривать дополнительно к общеобменной приточной вентиляции установку потолочных вентиляторов для увеличения скорости движения воздуха на рабочих местах или на отдельных участках в теплый период года на $0,2-0,3 \text{ м/с}$ более допустимых, указанных в ГОСТ 12.1.005-88 или в приложении к СНиП 2.04.05-86. Для этой цели используются потолочные вентиляторы ВПК-15 «Союз» (рис. 1.16), «Зангезур-3» и «Зангезур-5». Потолочные вентиляторы состоят из однофазного электродвигателя напряжением 220 В, лопастей, системы подвеса и ступенчатого регулятора скорости. В промышленных зданиях вентиляторы устанавливают непосредственно над рабочим местом на высоте от пола $3-6 \text{ м}$.

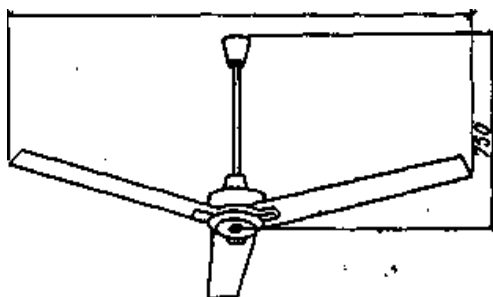


Рис. 1.16. Вентилятор потолочный типа ВПК-15 «Союз»

При размещении потолочных вентиляторов в гражданских зданиях нужно руководствоваться следующими соображениями:

- количество вентиляторов, обслуживающих помещение, определяется исходя из нормы подачи воздуха $650-900 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 м^2 площади пола;
- в помещениях, где посетители свободно передвигаются по всей площади (фойе, выставочных залах и т.п.), вентиляторы размещаются равномерно по площади помещения;
- в помещениях с фиксированными местами размещения посетителей (рестораны, зрительные залы, административные помещения и т.п.) вентиляторы устанавливаются над проходами.

Применение потолочных вентиляторов не следует ограничивать районами с жарким климатом. Их рационально применять и в районах с умеренным климатом. Основные технические данные потолочных вентиляторов приведены в табл. 1.11.

Таблица 1.11

Технические данные потолочных вентиляторов

Тип	Производительность, м ³ /ч	Мощность, Вт	Масса, кг
ВПК-15 «Союз»	6000-19200	74	8,4
«Зангезур-3»	10000	50	4,6
«Зангезур-5»	14000	55	5,5

1.2.3. Расчет воздушного душирования

Достижение нормируемых параметров воздуха определяется расчетом по предельным (осевым) значениям параметров воздушной струи на постоянном рабочем месте.

За расчетные величины на постоянном рабочем месте рекомендуется принимать:

- минимальную температуру воздушной струи, равной нормируемой по табл. 1.7, если температура воздуха в помещении выше нормируемой; если температура воздуха в помещении ниже нормируемой, то максимальную температуру воздушной струи следует принимать равной нормируемой при тепловом облучении интенсивностью 350 Вт/м² и более по ГОСТ 12.1.005-88, табл. 1 при открытых производственных процессах;

- минимальную концентрацию вредных веществ в воздушной струе, равной ПДК по ГОСТ 12.1.005-88, прил. 2;

- скорость движения воздушной струи, соответствующей минимальной температуре смеси воздуха в душирующей струе по табл. 1.7 при тепловом облучении интенсивностью 350 Вт/м² и более или по ГОСТ 12.1.005-88, табл. 1 при открытых производственных процессах.

При расчете определяются типоразмер душирующего воздухораспределителя F_0 , скорость выпуска воздуха v_0 и расход воздуха на воздухораспределитель L_0 . Температура приточного воздуха на выходе из воздухораспределителя t_0 должна быть меньше или равной нормируемой.

Расчет производится из условия обеспечения нормируемых параметров воздуха на постоянном рабочем месте по следующим формулам:

а) при тепловыделениях и $t_{\text{норм}} > t_0$, полученной при адиабатическом охлаждении воздуха или без охлаждения,

$$F_o = \left[\frac{(t_{p.3} - t_{норм})x}{(t_{p.3} - t_o)n} \right]^2; \quad (1.22)$$

$$v_o = \frac{v_{норм}x}{m\sqrt{F_o}} \geq v_{норм}, \quad (1.23)$$

где x – расстояние от воздухораспределителя до рабочего места, м; m , n – соответственно скоростной и температурный коэффициенты воздухораспределителя (см. табл. 1.9);

б) при тепловыделениях и $t_{норм} < t_o$, полученной при адиабатическом охлаждении,

$$F_o = (x/n)^2; \quad (1.24)$$

$$v_o = v_{норм}; \quad (1.25)$$

$$t_o = t_{норм}, \quad (1.26)$$

т.е. требуется искусственное охлаждение воздуха;

в) при газо- и пылевыведениях v_o рассчитывается по формуле

$$F_o = \left[\frac{(c_{p.3} - ПДК)x}{(c_{p.3} - c_o)n} \right]^2, \quad (1.27)$$

где ПДК – предельно допустимая концентрация вредных веществ на рабочем месте в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88, прил. 2; $c_{p.3}$ и c_o – концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны и в приточном воздухе на выходе из воздухораспределителя.

Если заданы величины m , n , F_o и x следует определять: v_o при $x < m\sqrt{F_o}$ по формуле (1.25); t_o при $x < n\sqrt{F_o}$ по формуле (1.26); v_o при $x > m\sqrt{F_o}$ по формуле (1.23); t_o при $x > n\sqrt{F_o}$ по формуле

$$t_o = t_{p.3} - \frac{(t_{p.3} - t_{норм})x}{n\sqrt{F_o}}. \quad (1.28)$$

Пример расчета. Интенсивность теплового облучения на рабочем месте равна 700 Вт/м^2 ; категория работ – средней тяжести; температура в рабочей зоне помещения $t_{p.з} = 30^\circ\text{C}$; возможное минимальное расстояние от выходного сечения душирующего воздухораспределителя до рабочего места $x = 2 \text{ м}$. Путем адиабатической обработки подаваемого воздуха можно получить температуру $t_0 = 21^\circ\text{C}$. Определить типоразмер воздухораспределителя УДВ и требуемый для душирования расход воздуха.

Решение

По табл. 1.7 при интенсивности облучения 700 Вт/м^2 и работе средней тяжести получим $v_{\text{норм}} = 1 \text{ м/с}$ и $t_{\text{норм}} = 22^\circ\text{C}$. Учитывая повышение температуры воздуха в рабочей зоне на $30 - 28 = 2^\circ\text{C}$, температуру воздуха в струе, согласно примечанию 1 к табл. 2.1, следует понизить на $0,4 \cdot 2 = 0,8^\circ\text{C}$, т.е. принять равной $t_{\text{норм}} = 22 - 0,8 = 21,2^\circ\text{C}$.

При $t_{\text{норм}} > t_0$ по формуле (1.27) расчетная площадь воздухораспределителя УДВ составит

$$F_o = \left[\frac{(30 - 21,2)2}{(30 - 21)3,9} \right]^2 = 0,16 \text{ м}^2.$$

Устанавливаем воздухораспределитель УДВ-1 с $F_o = 0,17 \text{ м}^2$.
Определяем скорость выпуска воздуха по формуле (1.25)

$$v_o = \frac{1 \cdot 2}{6\sqrt{0,17}} = 0,8 \text{ м/с}.$$

Принимаем $v_o = v_{\text{норм}} = 1 \text{ м/с}$.

Рассчитываем расход воздуха, подаваемый через воздухораспределитель:

$$L = 3600 v_o F_o = 3600 \cdot 1 \cdot 0,17 = 612 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

2. МЕСТНЫЕ ОТСОСЫ

2.1. Общие положения по расчету механических отсосов

Местная вытяжная вентиляция удаляет загрязнённый воздух непосредственно от мест выделения вредных веществ, где их концентрация наиболее высока. Удаление воздуха производится с помощью местных отсосов. Местные отсосы предусматриваются для улавливания теплоты, влаги, газов и пыли.

Расход воздуха для отсоса от источника, выделяющего теплоту и газы, пропорционален характерному расходу воздуха в интенсивном потоке, поднимающемся над источником [1]

$$L_{отс} = L_0 \cdot k_n \cdot k_b \cdot k_t, \quad (2.1)$$

где L_0 – характерный расход, $\text{м}^3/\text{ч}$;

k_n – коэффициент, учитывающий влияние геометрических и режимных параметров, характеризующих систему «источник-отсос»;

k_b – коэффициент, учитывающий влияние скорости движения воздуха в помещении;

k_t – коэффициент, учитывающий токсичность вредных выделений.

Коэффициент k_t определяется по рис. 2.1 в зависимости от комплекса $\bar{C}$.

$$\bar{C} = \frac{3600 \cdot M}{L_{отс} (\text{ПДК} - c_{пр})}, \quad (2.2)$$

где $c_{пр}$ – концентрация вредного вещества в приточном воздухе, $\text{мг}/\text{м}^3$;

$L_{отс}$ – расход воздуха, определённый по формуле (2.1) при $k_t=1$;

M – расход вредных веществ, $\text{мг}/\text{с}$.

Если источник выделяет теплоту и газы, то

$$k_t \geq 1. \quad (2.3)$$

Если источник выделяет только теплоту, то

$$k_t = 1. \quad (2.4)$$

При расчёте отсосов от теплоисточников необходимо знать их конвективную теплоотдачу, которая вычисляется по формулам:

- для горизонтальной поверхности

$$Q_r = 1,3F_r(t_r - t_b)^{4/3}; \quad (2.5)$$

- для вертикальной поверхности

$$Q_b = nF_b(t_n - t_b)^{4/3}, \quad (2.6)$$

где t_n и t_b – температуры нагретой поверхности и воздуха в помещении, $^{\circ}\text{C}$;

F_r и F_b – площади горизонтальных и вертикальных поверхностей источника, м^2 .

Значения коэффициента n приведены в табл. 2.1.

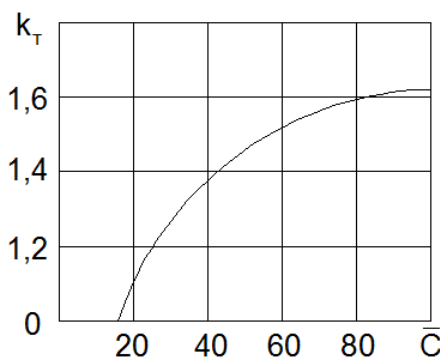


Рис. 2.1 Зависимость $k_T = f(\bar{C})$

Таблица 2.1

Значения коэффициента n

t_n	50	100	200	300	400	500	1000
t_b	1,63	1,58	1,53	1,45	1,4	1,35	1,18

Для определения расхода воздуха, удаляемого отсосами, используют также формулу

$$L_{отс} = 3600F_{v_0}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (2.7)$$

где F – площадь рабочих проёмов, м^2 ;

v_o – средняя по площади рабочих проёмов скорость всасывания, м/с .

Скорость воздуха v_o зависит от характера технологического процесса и токсичности вредных выделений, определяется экспериментальным путём и приводится в соответствующей литературе.

2.2. Расчет укрытий шкафного типа

Вытяжной шкаф представляет собой укрытие с верхним, нижним и комбинированным удалением воздуха через воздухоприёмное отверстие (рис. 2.2). При наличии в укрытиях тепловыделений, рабочий проём выполняют вертикальным и воздух удаляют сверху. Для пыли и газов различных плотностей применяют шкафы с комбинированным удалением воздуха.

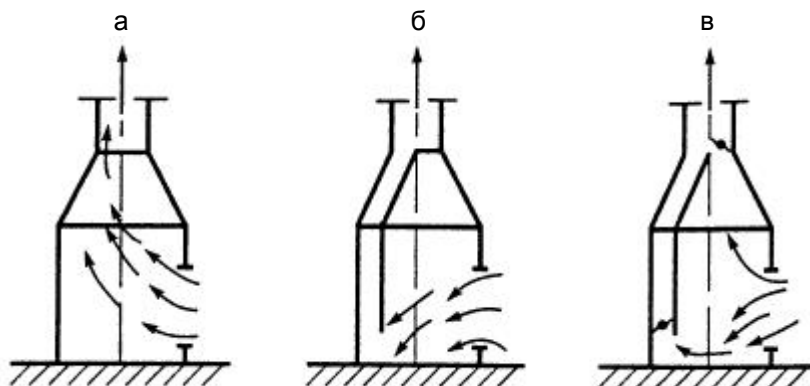


Рис. 2.2. Конструктивные схемы вытяжных шкафов для улавливания вредных паров, газов различной плотности и пыли:

а – плотность выделяющихся вредностей меньше плотности воздуха;

б – плотность вредных паров и газов больше плотности воздуха;

в – плотности воздуха и вредностей примерно одинаковы,

возможен вынос вредных веществ тяжелее воздуха в верхнюю часть шкафа конвективными или иными потоками воздуха

2.2.1. Расчёт шкафов с механической вытяжкой

Цель расчёта – определение количества воздуха, удаляемого от укрытия (рис. 2.3).

Расход воздуха определяют по формуле (2.7), при этом скорость всасывания v_0 зависит от видов вредностей, выделяющихся в шкафу, и выбирается по прил. 1. Площадь открытого (рабочего) проёма шкафа составляет 40-50% площади проема при полном раскрытии двери шкафа. При применении комбинированных шкафов из нижней зоны следует удалять 2/3 общего расхода воздуха, из верхней – 1/3.

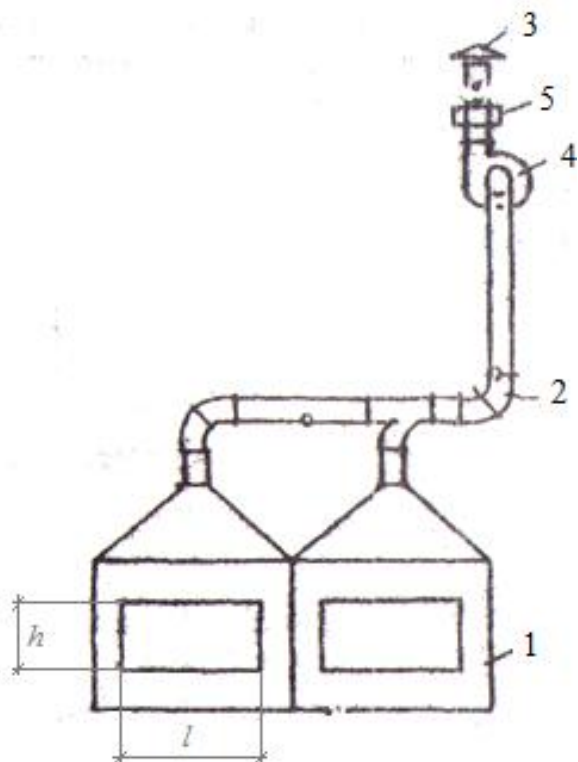


Рис. 2.3. Схема вытяжного шкафа:
1 – шкаф; 2 – воздуховоды; 3 – вытяжной зонт; 4 – вентилятор;
5 – очистные устройства

2.2.2. Расчёт шкафов с естественной вытяжкой

Цель расчёта – определить количество воздуха, удаляемого через шкаф, и высоту вытяжной трубы H при её известном диаметре.

При наличии в шкафу источника тепловыделений расход воздуха дополнительно проверяется по формуле

$$L_{\text{отс}} = 120 \cdot (hQF^2), \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (2.8)$$

где h и F – высота, м, и площадь рабочего объёма, м^2 ;

Q - тепловыделения в укрытии, идущие на нагревание воздуха в нём, Вт (принимаются равными 50-70% от полной теплопроизводительности источника).

Для аэродинамического расчёта принимается большее значение $L_{\text{отс}}$, определённое по формулам (2.7) и (2.8).

Аксометрическая схема вытяжного шкафа с естественной тягой должна быть конструктивно проста, без сложных местных сопротивлений.

Располагаемое давление в шкафу, Па,

$$P = H(\rho_1 - \rho_2) \cdot g, \quad (2.9)$$

где H – высота от середины рабочего проёма до вытяжного отверстия, м;

ρ_1, ρ_2 – соответственно плотность наружного и внутреннего воздуха.

Это давление тратится на преодоление сопротивления

$$P = \xi_n \frac{\rho_2 \cdot v^2}{2}, \quad (2.10)$$

где ξ_n – приведённый коэффициент сопротивления сети.

$$\xi_n = \sum \xi_{\text{вх}+\text{вых}} + \lambda \frac{H}{d_0}, \quad (2.11)$$

где $\sum \xi_{\text{вх}+\text{вых}}$ – сумма местных сопротивлений сети;

λ – коэффициент потери давления на трение: для металлических воздухопроводов $\lambda = 0,02$.

Решая эти два уравнения, получим

$$H = \frac{\sum \xi_{\text{ВХ} + \text{ВЫХ}}}{0,82 \frac{d_0^4}{F^2 h} - \frac{0,02}{d_0}}. \quad (2.12)$$

В этом уравнении два неизвестных H и d_0 . Задавшись одним, находим другое.

Элементы аксонометрической схемы шкафа с естественной тягой:

- 1) шкаф;
- 2) воздухопроводы;
- 3) вытяжной зонт.

2.3. Расчет зонтов

2.3.1. Расчет простых зонтов

Вытяжные зонты (рис.2.4) используют для улавливания теплоты и вредных веществ от теплоисточников, когда более полное укрытие последних невозможно по условиям производства.

Вытяжными зонтами называются приёмники местных отсосов, имеющие форму усеченных конусов или пирамид, располагающихся над источниками вредных выделений.

Виды зонтов: простые, активные, индивидуальные или групповые, с естественной или механической вытяжкой.

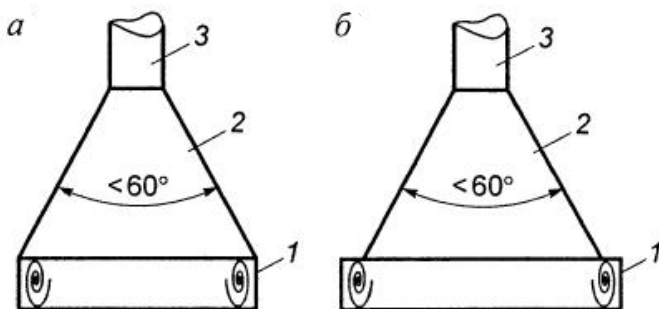


Рис. 2.4. Принципиальная схема вытяжного зонта:
а – с «юбкой» общепринятой формы, б – с «юбкой» оптимальной формы,
более трудоемкой в изготовлении; 1 – «юбка», 2 – конусная часть;
3 – вытяжной воздухопровод

Вид зонта выбирается в зависимости от размеров источника, вредностей, характера вредностей, по требованиям СНИП и технологов (рис. 2.5).

Угол раскрытия зонта α принимается 60° для создания равномерной скорости всасывания по всему сечению зонта. Расстояние z принимается 1,7-1,8 м. Высота бортика h_1 принимается 100-200 мм для увеличения объема зонта.

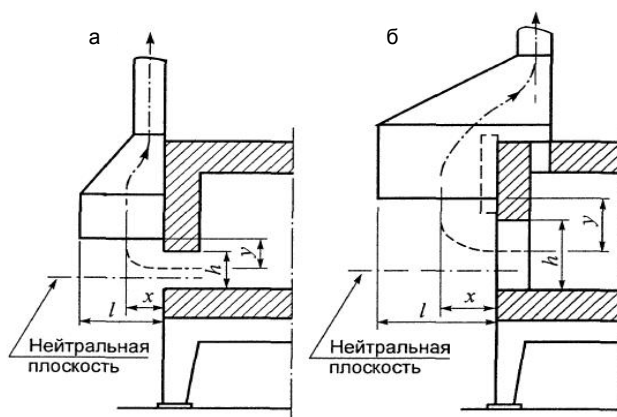


Рис. 2.5. Схема зонтов козырьков:
 ℓ – вынос (вылет) зонта, м

Размеры приёмного отверстия зонта над круглым или прямоугольным источником рекомендуется принимать следующие:

$$D=d+2\Delta; \quad A=a+2\Delta; \quad B=b+2\Delta,$$

$$\Delta = 2,14 \left(\frac{v_B}{v_\ell} \right)^2 \cdot \frac{\ell^2}{d}, \quad (2.13)$$

где v_B – скорость движения воздуха в помещении, м/с;

ℓ – расстояние от поверхности источника вредностей до приемного отверстия зонта, м;

v_ℓ – осевая скорость в конвективном потоке на уровне всасывания;

d – диаметр источника вредностей. Для прямоугольного зонта вычисляют эквивалентный по площади диаметр $d_s = 1,13\sqrt{ab}$.

v_ℓ – определяют по формуле

$$v_\ell = 0,068(Q \frac{\ell}{d^2})^{1/3}. \quad (2.14)$$

Использование вытяжных зонтов рационально при значениях комплекса $\left(\frac{v_b}{v_\ell}\right)^2 \cdot \frac{\ell^2}{d} \leq 0,35$. В противном случае необходимый расход удаляемого воздуха резко возрастает и применение зонтов становится нецелесообразным.

Количество воздуха, удаляемого зонтом, можно рассчитать по формуле (2.1) при $k_n=1$, k_r определяют по рис. 2.1, а характерные расходы и коэффициенты k_b вычисляют следующим образом:

$$L_0 = 945d^2v_\ell, \quad (2.15)$$

$$k_b = \left(1 + 2 \frac{\Delta}{d}\right)^2. \quad (2.16)$$

За расчётный принимают максимальный из расходов, определённых по формулам (2.1) и (2.7).

2.3.2. Расчет зонтов-козырьков

Зонты-козырьки (см. рис. 2.5) устраивают у загрузочных отверстий печей, работающих на топливе.

Цель расчёта – определение количества удаляемой смеси продуктов сгорания и воздуха, а также размеров приёмного отверстия зонта [2].

При расчёте учитывают тот факт, что вылет зонта должен быть не меньше ширины струи вредностей, выбивающейся из отверстия печи. При расчёте струи учитывают Архимедову силу, изгибающую её ось.

Последовательность расчёта зонта-козырька следующая.

Определяют избыточное давление на уровне верхней кромки печного отверстия, P_a ,

$$P_0 = h(\rho_b - \rho_n)g, \quad (2.17)$$

где h – высота печного отверстия, м;

ρ_b – плотность воздуха в помещении, кг/м³;

ρ_n – плотность газов в печи, кг/м³.

Определяют среднюю скорость v выхода газов из печи при среднем избыточном давлении

$$\overline{P} = \frac{2}{3} h(\rho_b - \rho_n)g, \quad (2.18)$$

$$v_n = \mu \sqrt{\frac{2\overline{P}}{\rho_n}}, \quad (2.19)$$

где μ – коэффициент расхода, равный 0,65.

Число Архимеда рассчитывают как

$$Ar = \frac{d_{\text{экв}} \cdot g}{v_n^2} \cdot \frac{T_n - T_b}{T_b}, \quad (2.20)$$

где $d_{\text{экв}} = 4F/S$ (F и S – площадь и периметр печного отверстия);
 T_n , T_b – температуры газов печи и воздуха в помещении, К.

Расстояние x , на котором искривлённая ось струи пересекается с плоскостью приёмного отверстия зонта-козырька, определяется из уравнения

$$\frac{y}{d_{\text{экв}}} = \frac{0,5}{m} Ar \left(\frac{x}{d_{\text{экв}}} \right)^3, \quad (2.21)$$

оттуда

$$x = \sqrt[3]{\frac{m \cdot y \cdot d_{\text{экв}}^2}{0,5Ar}}, \quad m = 4. \quad (2.22)$$

Ширина струи на расстоянии x равна

$$b = h + 0,4x, \quad (2.23)$$

поэтому вынос зонта A должен быть не менее $A \geq b$, а ширина зонта B принимается на 200 мм больше ширины печного отверстия.

Массовый расход газов из печи можно рассчитать как

$$G_n = 3600 \cdot F \cdot v_n \cdot \rho_n, \text{ кг/ч.} \quad (2.24)$$

Массовый расход воздуха G_B , удаляемого через зонт, можно определить, задавшись температурой смеси воздуха с выбивающимися из печи продуктами сгорания по формуле, кг/ч:

$$G_B = \frac{G_n(t_n - t_{cm})}{(t_{cm} - t_B)}, \quad (2.25)$$

где t_{cm} – температура смеси. При естественной тяге не должна превышать 350°C , а при механической – 150°C .

С другой стороны, согласно [1] расход загрязненного воздуха через зонт-козырёк можно определить по формуле, кг/ч

$$G_B = \rho_n \cdot L_{отс} = 7640 \mu \cdot F \sqrt{\frac{P}{\rho_n}} \cdot k_T, \quad (2.26)$$

где коэффициент k_T определяется по рис.2.1.

За расчетный принимается больший из расходов, определённых по формулам (2.25) и (2.26).

2.4. Расчет и проектирование бортовых отсосов

Бортовые отсосы применяются для удаления паров и газов с поверхности различных ванн. При ширине ванны до 0,6 м принято устраивать однобортовые отсосы; при ширине от 0,7 до 1,5 – двухбортовые. Иногда применяют угловые бортовые отсосы. Отсос с вертикальной щелью называется обычным, а с горизонтальной щелью всасывания – опрокинутым (рис. 2.6, 2.7).

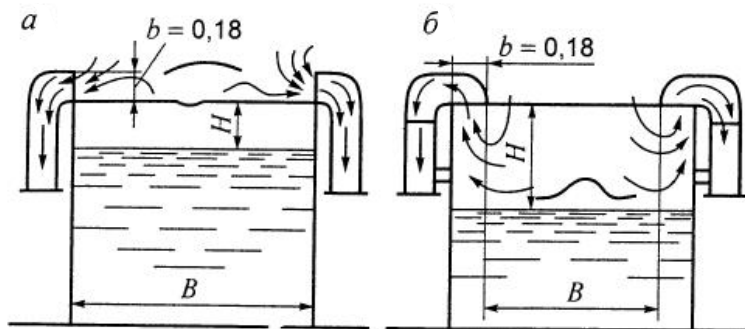


Рис. 2.6. Бортовые отсосы:
а – простой двухсторонний; б – опрокинутый двухсторонний

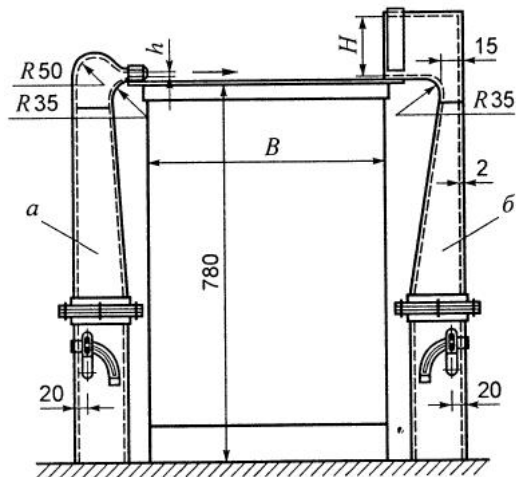


Рис.2.7. Бортовой отсос с передувом:
а – приточный воздуховод; б – бортовой отсос

Расчет бортовых отсосов заключается в определении количества отсасываемого воздуха, при котором создаваемый отсосом вытяжной факел препятствовал бы проникновению вредных выделений в рабочее помещение.

Расход воздуха на бортовые отсосы зависит от вида отсоса, от избыточной температуры раствора Δt (разность температур поверхности раствора и окружающего воздуха), от глубины уровня раствора H до верхней кромки ванн в пределах от 80 до 200 мм для ванн шириной до 1250 мм, от высоты спектра вредностей h при действии бортового отсоса и подвижности воздуха в помещении v_n .

Для всех видов бортовых отсосов повышение температуры раствора вызывает увеличение расхода отсасываемого воздуха.

Изменение глубины уровня раствора H по-разному влияет на расход отсасываемого воздуха у обычных и опрокинутых двухбортовых отсосов (без учета подвижности воздуха в помещении). При $H < 100$ мм обычные бортовые отсосы требуют несколько меньшего расхода воздуха, при $H \geq 100$ мм преимущество переходит к опрокинутым. С учетом подвижности воздуха в помещении даже при $v_n = 0,2$ м/с как при $H < 100$ мм, так при $H \geq 100$ мм, двухбортовые и однобортовые опрокинутые отсосы требуют меньшего количества отсасываемого воздуха для создания того

же эффекта работы отсоса. При всех прочих равных условиях од-нобортные обычные и опрокинутые отсосы требуют примерно в два раза больше воздуха, чем двухбортные.

Независимо от ширины ванны выгоднее устраивать двух-бортные опрокинутые отсосы, как наиболее экономичные и устойчивые в работе. Скорость в щели всасывания принимают от 10 до 12 м/с, общую ширину щелей, в зависимости от токсично-сти, принимают 5-10% от ширины ванны.

При вертикальных щелях рациональная скорость всасыва-ния составляет 5-10 м/с. Как правило, бортные отсосы следует устраивать на длинной стороне ванн, что наиболее экономично. Если необходимо устроить их на короткой стороне, расход отсасы-ваемого воздуха для ванн при соотношении длин сторон до трех увеличится примерно на 15-20%.

Для регулирования равномерности всасывания по длине ванн отсосы следует устраивать в виде отдельных секций шири-ной 500-800 мм в зависимости от высоты ванн с конфуззором, угол раскрытия которого $\beta = 60^\circ$, что обеспечит равномерное всасыва-ние по секции. Отсосы от секции входят в сборный коллектор, рас-положенный вдоль стенок ванны на высоте от пола примерно 200 мм, в торце ванны коллекторы объединяются и уходят вниз в кирпичный или бетонный канал в грунте. Если ванны установлены на статической камере, то от каждой секции патрубок опускается вниз в эту камеру, а камеры в технологической линии соединены между собой каналами. В этом случае регулирования по секциям не требуется. Скорость всасывания в щели отсоса на работу отсо-са влияния не оказывает, будут меняться только потери давления на всасывание.

Коэффициенты местных сопротивлений отсосов (без поджа-тия) на участке от всасывания до входа в сборный коллектор сле-дует относить к скорости в щели отсоса.

Для опрокинутых отсосов:

при глубине уровня	H=500 мм	$\xi=1,43$;
	H=200 мм	$\xi=1,59$;
	H=80 мм	$\xi=2,32$.

Для обычных отсосов:

при глубине уровня	H=500 мм	$\xi=1,37$;
	H=200 мм	$\xi=1,41$;
	H=80 мм	$\xi=1,67$.

При опрокинутых бортовых отсосах щель всасывания следует располагать по уровню верхнего борта ванны, вглубь ванны отсос вводить не следует, так как на качество работы отсоса это не влияет. Но если скорость воздуха между кромкой отсоса и зеркалом испарения будет больше 10-11 м/с, то образуется волна, и раствор уносится в отсос.

Подвижность воздуха в помещении v_n существенно влияет на эффективность работы отсосов. Чем выше подвижность воздуха в помещении, тем больший расход воздуха требуется удалить бортовыми отсосами. При расчетах рекомендуется принимать подвижность воздуха в гальванических и травильных цехах $v_n = 0,4$ м/с, а в термических и кузнечных $v_n = 0,6$ м/с.

Для достижения лучшего эффекта работы бортовых отсосов помещения, в которых установлены ванны, должны быть герметизированы, не должно быть прохода и проезда через цех внутризаводского транспорта, окна должны быть закрыты во все периоды года, аэрация не устанавливается. Приточный воздух должен поступать так, чтобы не было горизонтальных токов в зоне бортовых отсосов, а движение его было только сверху к щелям отсосов.

Поэтому воздух следует подавать только в верхнюю зону под потолком по длине всего цеха воздуховодами равномерной раздачи, выход воздуха – в горизонтальной плоскости, скорость выхода из щелей воздуховода $v_n = 2,5-3$ м/с.

Высота слоя загрязненного воздуха (спектра вредности h) над свободными бортами ванн у двухбортовых и противоположных отсосу у однобортовых должна быть такой, чтобы его частицы не попадали в органы дыхания рабочих, обслуживающих ванны.

Чем токсичнее выделения с поверхности ванн, тем меньше должен быть спектр вредностей (прил. 2).

При конструировании промышленных ванн следует иметь в виду, что всякого рода устройства, улучшающие обтекание борта ванны, могут оказывать существенное влияние на количество отсасываемого воздуха. Например, если верхний борт ванны оформить не угловой сталью, а сферической обвязкой в виде трубы, разрезанной вдоль по оси диаметра и приведенной к верхней кромке ванны, получится хороший обтекатель, срыв воздуха с кромки уменьшится, понизится спектр вредностей и расход воздуха для создания того же эффекта будет меньше примерно на 15-20%.

Бортовые отсосы можно рассчитать по нескольким методам:

а) Одним из самых распространенных методов является метод М.М. Баранова. Расчет бортовых отсосов по Баранову основан

на использовании графиков, построенных по результатам экспериментальных данных действия бортовых отсосов. Объемный расход воздуха L м³/ч, удаляемого бортовыми отсосами всех видов, может быть определен по формуле

$$L = q \sqrt[3]{t_p - t_v} \cdot l \cdot K_H \cdot K_v, \quad (2.27)$$

где q – удельный расход воздуха на 1 м длины ванны, определяются по графикам (рис. 2.8-2.11), м³/ч;

l – длина ванны, м;

K_H – поправочный коэффициент на глубину уровня раствора в ванне;

K_v – поправочный коэффициент на скорость движения воздуха в помещении:

– для однобортового обычного и опрокинутого отсосов

$$K_v = h^{0,02} (1 - h^{0,2} \Delta t \cdot 10^{-3});$$

– для опрокинутого двухбортового отсоса

$$K_v = h^{0,1} (1 - h^{0,25} \Delta t \cdot 10^{-3});$$

– для обычного двухбортового отсоса

$$K_v = \frac{h^{0,2} (1 - h^{0,35} \Delta t \cdot 10^{-3})}{\Delta t - 10 \ln(80/H)}.$$

Для опрокинутых отсосов расчетную ширину ванны принимают меньше фактической на ширину щелей:

– при однобортовых отсосах $b^p = B - \delta$;

– при двухбортовых отсосах $b^p = B - 2\delta$;

где B – ширина ванны без отсоса;

δ – ширина щели отсоса.

Для всех ванн с низкими температурами при расчете количества удаляемого воздуха разность температур $\Delta t = t_p - t_v$ следует принимать не ниже 10°C.

б) ГПИ «Проектпромышленности» предложил расход воздуха для бортовых отсосов вычислить по формулам [2]:

– для отсосов без продувки

$$L_{\text{отс}} = 1400 \left(\frac{0,53 b_p l}{(b_p + l)} + H \right)^{1/3} + (1 + 0,16 \Delta t) \cdot b_p l \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5, \quad (2.28)$$

где b_p – расчетная ширина ванны, м;

l – длина ванны, м;

H – заглубление зеркала расплава, м;

$\Delta t = t_p - t_b$ – разность температур поверхности жидкости и воздуха помещения, °С;

k_1 – коэффициент, значение которого равно: для двухстороннего $k_1 = 1$; для одностороннего $k_1 = 1,8$;

k_2 – коэффициент, учитывающий наличие воздушного перемешивания жидкости, $k_2 = 1,2$;

k_3 – коэффициент, учитывающий укрытие зеркала жидкости плавающими телами, $k_3 = 0,75$;

k_4 – коэффициент, учитывающий укрытие зеркала жидкости пенным слоем путем введения добавок ПАВ ($k_4 = 0,5$);

– для отсосов с передувкой

значение коэффициента k_T определяют по (рис. 2.1)

$$L_{\text{отс}} = 1200 b_p^{3/2} \cdot l (1 + 0,03 \Delta t) k_1 \cdot k_T, \quad (2.29)$$

где $k_1 = 1$ – для однобортного отсоса;

$k_1 = 0,7$ – для двухбортного отсоса;

$k_T = 1$.

Расход воздуха на передувку

$$L_n = 60 b_p l (1 + 0,03 \Delta t). \quad (2.30)$$

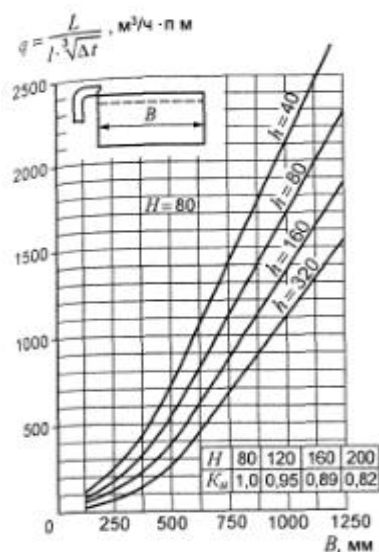


Рис. 2.8. График для расчета обычного однобортового отсоса

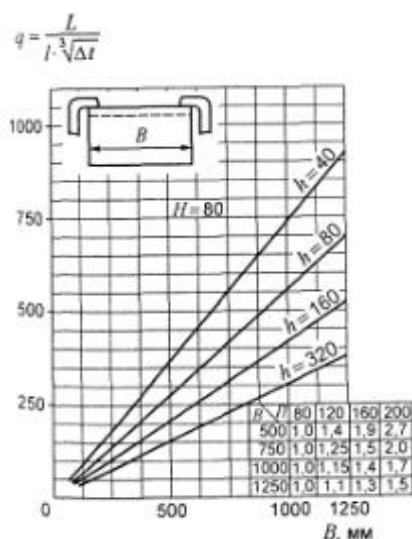


Рис. 2.9. График для расчета обычного двухбортового отсоса

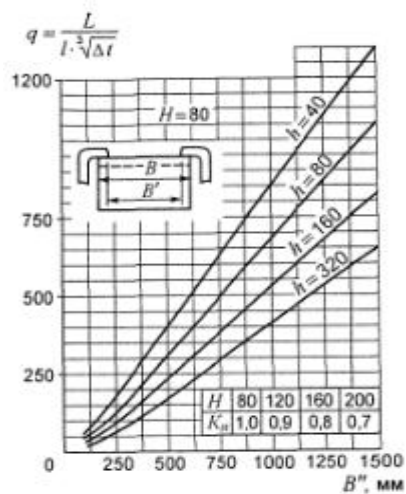


Рис. 2.10. График для расчета однобортового опрокинутого отсоса

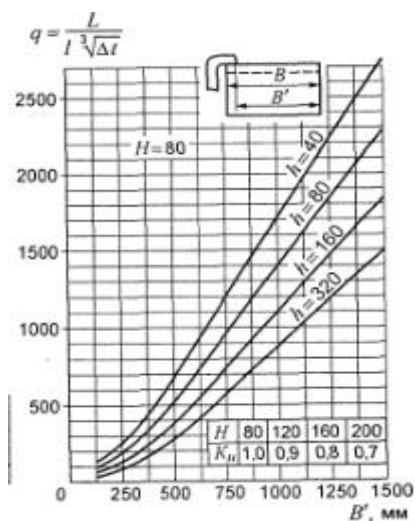


Рис. 2.11. График для расчета двухбортового опрокинутого отсоса

2.5. Расчет кольцевых отсосов от промышленных ванн и печей

В промышленности, в основном, применяются два вида кольцевых отсосов: один имеет верхнюю кромку щели всасывания на уровне верхней кромки отсасывающего коллектора (рис. 2.12, а), а у второго верхняя кромка щели опущена вглубь ванны или печи (рис. 2.12, б).

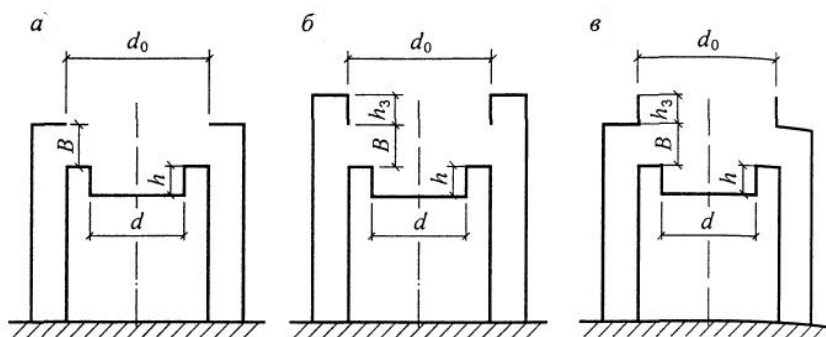


Рис.2.12. Схема кольцевых отсосов:
а – с щелью у верхней кромки ванны; б – с заглубленной щелью;
в – с щелью у верхней кромки ванны и экраном

Подтекание воздуха в отсос происходит со всех сторон по кольцу. Характерным для работы этих отсосов является центральный, подтекающий сверху вниз поток воздуха.

В случае применения отсоса по схеме (см. рис. 2.12, а) величиной, влияющей на подтекающий поток, является h . С увеличением h и скорости вертикального потока ширина его возрастает. В качестве определяющего геометрического параметра, характеризующего распределение скоростей в вертикальном потоке, принята относительная высота

$$\bar{H} = \frac{H}{d_0},$$

где $H = h + \frac{B}{2}$.

При положении щели по схеме (см. рис. 2.12, б) величиной, характеризующей вертикальный поток, является величина заглубления верхней кромки щели h_3 .

Степень влияния h резко сокращается и становится равноценной ширине щели B .

В этом случае определяющий геометрический параметр

$$\bar{H} = \frac{2h_3 + \frac{h+B}{2}}{d_0}.$$

С увеличением относительной величины $\bar{H}$ скорости в вертикальном потоке увеличиваются, а следовательно, повышаются эффективность и устойчивость работы кольцевого отсоса.

Обеспечить равномерный отсос смеси можно, применяя кольцевые щели переменной высоты или ширины при опрокинутых отсосах, т.е. щели равномерного всасывания.

При расчете кольцевых отсосов можно пользоваться данными ЛИОТ. При расчете кольцевых щелей равномерного всасывания для прямолинейных воздухопроводов может быть использован график (рис. 2.14). Кольцевую щель разбивают на два полукольца, каждое из которых рассматривается как прямолинейная щель. В ваннах или печах большого диаметра при двухстороннем присоединении с целью уменьшения сечения отсасывающего коллектора получаем длину щели, равную одной четверти длины кольца.

На графике (рис. 2.13) представлена зависимость

$$\frac{v_x}{v_0} = \int \left(\frac{X}{l'}; \frac{v_0}{v_0} \right),$$

где v_x – скорость в щели на расстоянии X , м/с;

v_0 – скорость в щели на расстоянии $X=0$, м/с;

v_b – скорость в основании воздухопровода, м/с;

l' – длина щели полукольца, м.

Высота щели b_x определяется при условии постоянства удельного расхода воздуха по всей длине щели, т.е. $v_x \cdot b_x = \text{const}$. Характер взаимодействия кольцевого отсоса и конвективного по-

тока, восходящего над нагретой поверхностью, определяется соотношением количества отсасываемого воздуха Z_0 и поднимающегося над нагретой поверхностью Z_k и, кроме того, влиянием геометрических параметров кольцевого отсоса.

Исследованиями установлено, что относительный объем удаляемого воздуха

$$\frac{L_0}{L_k} = f(\bar{H}, \bar{h}),$$

где $\bar{h} = \frac{h}{d_0}$.

Эта зависимость выражена серией кривых, приведенных на расчетном графике (рис. 2.13).

Расчет кольцевого отсоса так же, как и другие, сводится к определению количества отсасываемого воздуха, чтобы предотвратить прорыв вредных выделений в рабочее помещение.

Для этого используются расчетный график (рис. 2.14), где дана зависимость относительного объема отсасываемого воздуха $\frac{L_0}{L_k}$ от относительной величины высоты подъема теплового потока

(спектра вредностей) $\bar{h} = \frac{h}{d_0}$ и определяющего его геометрическо-

го параметра кольцевого отсоса $\bar{H} = \frac{H}{d_0}$, выраженных в долях

диаметра зеркала ванны или печи.

Для пользования расчетным графиком необходимо в зависимости от конкретных условий задаться величинами $\bar{H}$ и $\bar{h}$. При расположении кольцевого отсоса по схеме на рис. 2.12, а $\bar{H}$ определяется из выражения

$$\bar{H} = \frac{h + \frac{B}{2}}{d_0},$$

а при расположении его по схеме на рис.2.12, б

$$\bar{H} = \frac{2h_3 + \frac{h+B}{2}}{d_0}.$$

Величины h и h_3 выбираются из конструктивных и технологических соображений. Рекомендуется принимать $\frac{h}{d_0} \geq 0,054$.

Чтобы избежать возможного охлаждения поверхности источника вредностей подтекающим воздухом, рекомендуется принимать $h > 2B$.

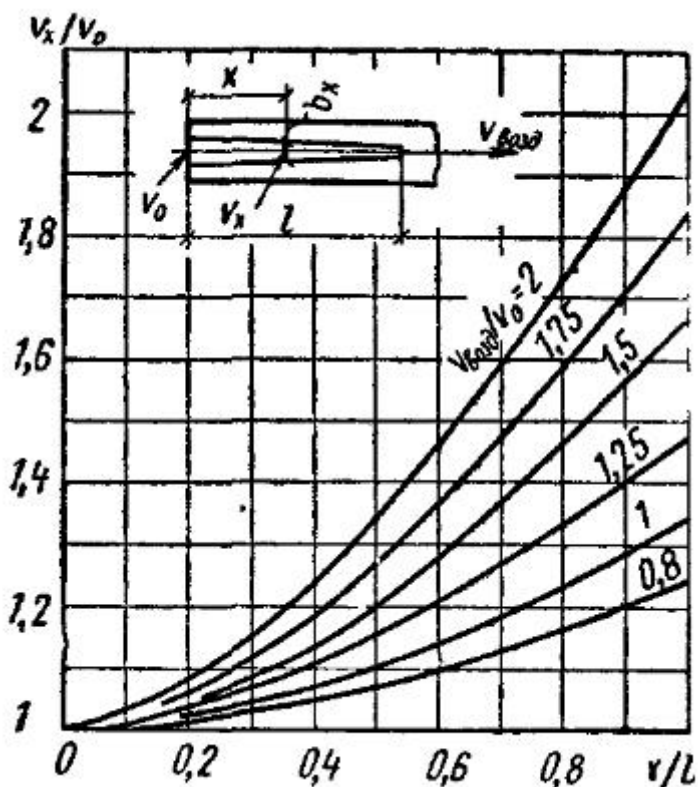


Рис. 2.13. График для расчета щели равномерного всасывания

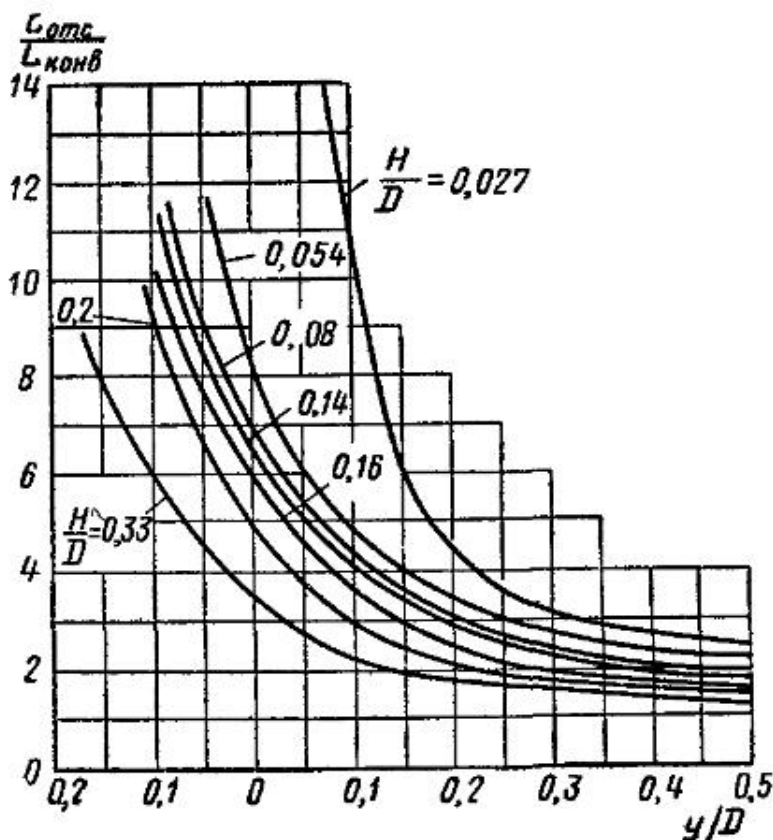


Рис. 2.14. График зависимости относительного объема отсоса от относительной высоты подъема теплового потока h и определяющего геометрического параметра кольцевого отсоса H

Относительную ширину B/d_0 щели рекомендуется принимать 0,04-0,16 в зависимости от объема газовой смеси и токсичности источника вредностей.

Заглубление верхней кромки щели h_3 должно быть как можно большим по условиям технологического процесса.

Допустимую высоту спектра вредностей над верхней кромкой кольцевого коллектора h определяют исходя, прежде всего, из токсичности содержащихся в потоке воздушной смеси вредных веществ по прил. 2.

Можно принимать $h \leq 0$ при наличии в тепловом потоке вредных веществ, имеющих предельно допустимые концентрации

0,1 мг/л. В остальных случаях величину спектра вредностей h следует принимать от 0,04 до 0,16 м по прил. 2.

Расчет объема воздуха, удаляемого при $h > 0$ и $\Delta t < 100^\circ\text{C}$, должен производиться с учетом подвижности воздуха в помещении.

По относительным величинам $\bar{H}$ и $\bar{h}$, используя график (см. рис. 2.14), определяют относительный расход отсасываемого воздуха $\frac{L_0}{L_k}$.

Количество воздуха в тепловом потоке, поднимающемся над горизонтальной нагретой поверхностью, на относительном расстоянии $\frac{b}{d} \leq 1,5$

$$L_k = 145 \sqrt[3]{Q_k \cdot F^2 \cdot l}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (2.31)$$

где Q_k – конвективный тепловой поток;

$$Q_k = \alpha_k \cdot F \cdot \Delta t_p, \text{ Вт}, \quad (2.32)$$

F – площадь источника вредностей, равная $0,785 \cdot d^2$, м^2 ;

α_k – коэффициент теплоотдачи конвекцией;

$$\alpha_k = 3,26 \sqrt[4]{\Delta t_p} \cdot \frac{Bm}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}, \quad (2.33)$$

Δt_p – избыточная температура поверхности источника вредностей, $^\circ\text{C}$, равная $t_p - t_{\text{в}}$;

l – высота расположения рассматриваемого сечения над нагретой поверхностью:

по рис. 2.12, а $l = h_H + b + h$, м;

по рис. 2.12, б $l = h_H + b + h_3 + h$, м.

Зная $\frac{L_0}{L_k}$ и L_k , определяем количество отсасываемого воздуха L_0 .

Аэродинамическое сопротивление кольцевых отсосов складывается из потерь давления при входе воздуха через щель отсоса в сборный кожух и при входе воздуха из кожуха в магистральный воздухопровод.

Коэффициент местного сопротивления при входе воздуха через кольцевую щель в кожух или кольцевой канал $\varphi_{\text{вх}}$ принимают по табл. 2.2.

Таблица 2.2

Коэффициент местного сопротивления $\varphi_{\text{вх}}$ при входе воздуха через кольцевую щель в кожу или кольцевой канал

$\frac{f_{\text{щ}}}{f_k}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
$\varphi_{\text{вх}}$	1,5	2,7	3,7	4,2	4,6	4,8	4,9	5,0

Примечания: $f_{\text{щ}}$ – площадь кольцевой щели;

f_k – площадь кольцевого сечения в коже или кольцевом канале.

Коэффициент местного сопротивления $\varphi_{\text{возд}}$ при входе в магистральный воздуховод, подключенный к кожуху, принимают по табл. 2.3.

Таблица 2.3

Коэффициент местного сопротивления $\varphi_{\text{возд}}$ при входе в магистральный воздуховод

$\frac{f_{\text{щ}}}{f_{\text{возд}}}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5
$\varphi_{\text{возд}}$	14,0	8,0	6,0	5,0	3,5	2,5	2,0	1,8	1,7

Коэффициент воздуховода $\varphi_{\text{возд}}$ отнесен к средней скорости на входе в воздуховод, имеющий площадь $f_{\text{возд}}$.

Наиболее современная методика расчета кольцевых отсосов основана на методиках исследований Г.Д. Лифшица и В.А. Сухарева [1].

При одинаковом размере отсасывающей щели отсосы, заглубленные и снабженные экраном, требуют меньшего расхода воздуха по сравнению с обычными (см. рис. 2.12, а). Характерный расход удаляемого воздуха для всех конструктивных схем кольцевых отсосов определяют по формуле (1.1), в которой

$$L_0 = 69,3Q^{\frac{1}{3}}d^{\frac{5}{3}}. \quad (2.34)$$

Расчетный расход

$$L_{\text{отс}} = L_0 \cdot k_n \cdot k_b \cdot k_r.$$

Значение коэффициента k_n определяют по рис. 2.15 в зависимости от значений

$$\bar{d} = \frac{d}{d_0}, \bar{h} = \frac{h}{d_0}, \bar{B} = \frac{B}{d_0}.$$

Значение коэффициента k_n определяется по рис. 2.15. Если $d=d_0$, то при определении k_n следует считать, что $\bar{d} = d/d_0=0,75$, и найденное по графику значение k_n уменьшить в 1,15 раза.

В том случае, если $d=d_0$, при определении k_n считают, что $\bar{d} = 0,75$ и найденное значение k_n уменьшают в 1,15 раза.

Коэффициент k_b рассчитывают по формуле

$$k_b = 1 + 42,4 \sqrt{v_b^3 d / Q}, \quad (2.35)$$

где Q – конвективная составляющая, рассчитываемая по формулам (2.5), (2.6).

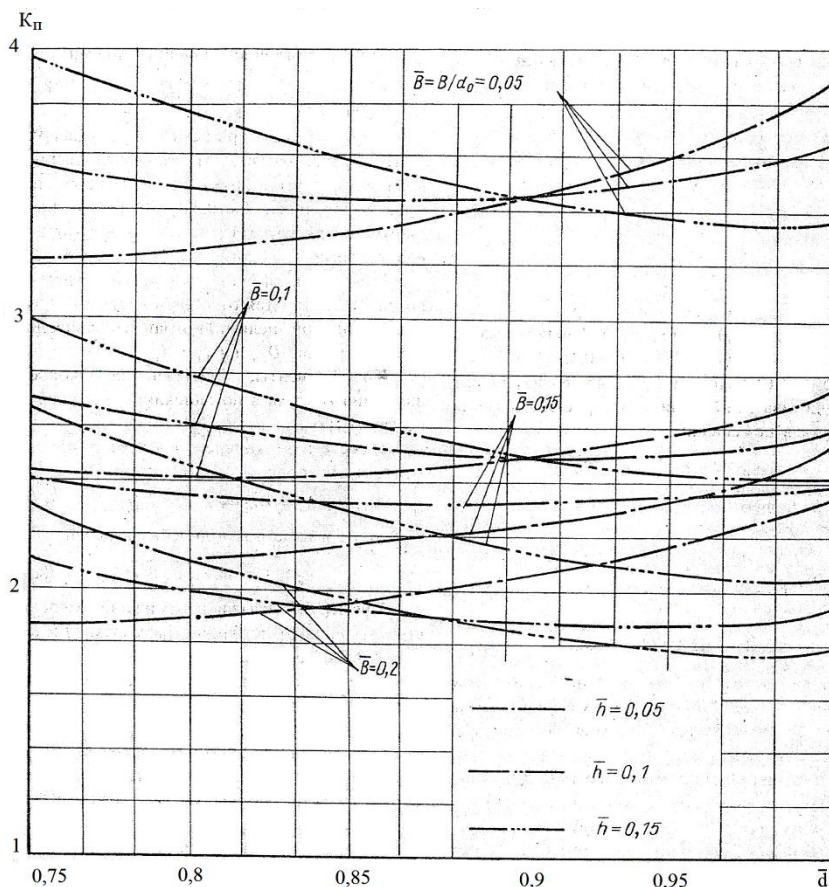


Рис. 2.15. График для определения коэффициента k_n

Пример расчета. Определить расход воздуха, удаляемого от соляной ванны обычным кольцевым отсосом при следующих исходных данных: $d_0 = 1,06$ м, $d = 0,85$ м, $h = 0,16$ м, $B = 0,16$ м. Температура расплава $t_n = 500^\circ\text{C}$, $t_b = 20^\circ\text{C}$. Газовыделения отсутствуют. Скорость движения воздуха в помещении $v_b = 0,2$ м/с.

Решение

Конвективная теплоотдача источника вычисляется по формуле (2.5), где $n=1,35$ при $t_n = 500^\circ\text{C}$.

$$Q = 13 \cdot 135 \frac{\pi \cdot 0,85^2}{4} \cdot (500 - 20)^{4/3} = 3740 \text{ Вт.}$$

Находим относительные размеры:

$$\bar{d} = \frac{d}{d_0} = \frac{0,85}{1,06} = 0,8; \quad \bar{h} = \frac{h}{d_0} = \frac{0,16}{1,06} = 0,15; \quad \bar{B} = \frac{B}{d_0} = \frac{0,16}{1,06} = 0,15.$$

По рис. 2.15 находим $k_n=2,45$. Коэффициент k_b , учитывающий влияние скорости движения воздуха в помещении,

$$k_b = 1 + 42,4 \sqrt{0,2^3 \cdot 0,85 / 3740} = 1,06.$$

По формуле (2.34) находим расход удаляемого воздуха:

$$L_{\text{отс}} = 69,3 \cdot 3740^{\frac{1}{3}} \cdot 0,8^{\frac{5}{3}} \cdot 2,45 \cdot 1,06 \cdot 1 = 1930 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 30494-96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
2. СНиП 2.08.02-89*. Общественные здания и сооружения.
3. Каменев П.Н., Тертичник Е.И. Вентиляция: учеб. пособие. – М.: Издательство АСВ, 2008. – 624 с.
4. Трубицына Г.Н., Короткова Л.И. Вентиляция гражданских зданий: метод. указания. – Магнитогорск: МГТУ, 2002.
5. СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – М.: АПП ЦИТП Госстроя СССР, 1992.
6. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование.
7. Богословский В.Н., Щеглов В.П., Разумов Н.Н. Отопление и вентиляция. – М.: Стройиздат, 1980.
8. Сазонов Э.В. Теоретические основы расчета вентиляции. – Воронеж: Издательство Воронежского университета, 1992.
9. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства / под ред. И.Г. Старовойтова. Ч. I. Отопление. – М.: Стройиздат, 1990.
10. Курсовое и дипломное проектирование вентиляции гражданских и промышленных зданий / В.П. Титов, Э.В. Сазонов, Ю.С. Краснов и др. – М.: Стройиздат, 1985. – 208 с.
11. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Ч. 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. – М.: Стройиздат, 1992. Кн.1, 2.
12. Вентиляция, кондиционирование и очистка воздуха на предприятиях пищевой промышленности / Е.А. Штокман, В.А. Шилов, Е.Е. Новгородский и др. – М.: Издательство АСВ, 2001.
13. Сенатов И.Г. Санитарная техника в общественном питании. – М.: Экономика, 1973.
14. СНиП II-3-79**. Строительная теплотехника. – М.: АПП ЦИТП Госстроя СССР, 1991.
15. Пособие 2.91 к СНиП 2.04.05-91.
16. Отопление и вентиляция жилых и гражданских зданий: справочник. – Киев: Будівельник, 1983.
17. Гримитлин М.И. Распределение воздуха в помещениях. – СПб.: Издательство НПП “Экоюрус - Венто”, 1994.
18. Шершнев В.Н. Воздухораспределение в системах вентиляции и кондиционирования воздуха. – Воронеж: Воронежск. госуд. архитект.-строит. ун-т, 2002.

19. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика: учеб. пособие / В.А. Ананьев, Л.Н. Бамрева, А.Д. Гальперин и др. – М.: Арктика, 2000.
20. Шепелев И.А. Аэродинамика воздушных потоков в помещении. – М.: Стройиздат, 1978.
21. Тихомиров К.В., Сергеенко Э.Г. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция. – М.: Стройиздат, 1991.
22. Короткова Л.И., Трубицына Г.Н. Системы обеспечения микроклимата зданий: метод. указания. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова», 2004.
23. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий. СН 245-81. - М.: Стройиздат, 1981.
24. Справочник проектировщика. Ч. II. Вентиляция и кондиционирование воздуха / под ред. И.Г. Старовойтова. – М.: Стройиздат, 1981.
25. Штокман Е.А. Очистка воздуха. – М.: Издательство АСВ, 1999.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Расчетные минимальные скорости воздуха в открытом проеме местного отсоса

71

Оборудование и технологические операции	Местный отсос	Скорость движения воздуха, м/с
Стол для ручной сварки мелких изделий	Вытяжной шкаф с рабочим проемом 800×400 мм	0,5-0,7
	Решетка в плоскости стола с живым сечением 50%	0,5
Стол или стенд с фиксированными местами сварки	Панель равномерного всасывания над столом	3,5
Сварка в закрытых и полужакрытых пространствах	Воронка с присосом	6,5
Печи кузнечно-прессового производства: – нагревательные камерные – щелевые	Зонт-козырек	0,8
	Комбинированный зонт	0,7
Пресс кривошипный горячештамповочный	Укрытие	0,5
Электропечи сопротивления в термическом производстве	Козырек над загрузочным отверстием	0,6.
Камерные печи с газовым нагревом термического производства	Комбинированный зонт	0,8
Шахтные электропечи азотирования	Кольцевой отсос	6-6,5
Электропечи с контролируемой средой	Зонт-козырек над разгрузочным отверстием	0,6

Оборудование и технологические операции	Местный отсос	Скорость движения воздуха, м/с
Агрегат цианирования термического производства	Общее укрытие	1,5
Электрические печи: – шахтная масляная – соляная	Кольцевой отсос Укрытие	4,5 0,6
Ванна: – обезжиривания щелочью – промасливания	Бортовой отсос Бортовой отсос	7 3,5 5,3
Ванна для закалки в масле	Бортовой отсос Укрытие	10 0,7
Машина моечная	Укрытие	0,8
Стенд аммиачных баллонов	Зонт	0,5
Установка: – гидрополирования – закалочная ТВЧ	Укрытие Кольцевой отсос	1 3
Камера дробеструйная или дробеметная	Укрытие	5
Оборудование, выделяющее пыль	Укрытие	3-5
Бак для варки сульфитного щелока	Шкаф	0,7
Вагранка: - выпуск металла - выпуск шлака	Зонт Зонт	1 1
Печь дуговая плавильная	Укрытие	1

Оборудование и технологические операции	Местный отсос	Скорость движения воздуха, м/с
Индукционная печь для плавки стали	Зонт	1,5
Заливка на конвейере	Панель равномерного всасывания	5
Охлаждение отливок	Укрытие	4
Выбивка решетки	Укрытие	5
Ванны и агрегаты гальванического производства:		
– холодные растворы ($t_p < 50^\circ\text{C}$)	Полные укрытия	0,7
– нагретые растворы	Полные укрытия	1
Обезжиривание, мелких деталей	Шкаф	0,7
Лужение	Шкаф	1
Растворение кислот, щелочей, солей:		
– холодные растворы ($t_p < 50^\circ\text{C}$)	Шкаф	0,7
– нагретые растворы	Шкаф	1
Кадмирование цианистое или серебрение	Шкаф	1-1,5
Свинцевание	Шкаф	0,3-0,5
Травление:		
– азотной кислотой	Шкаф	0,5-0,7
– соляной кислотой	Шкаф	1-1,5
– хромирование	Шкаф	1-1,5
Цинкование цианистое	Шкаф	0,5-0,7
Пайка свинцом или третником	Шкаф	0,3-0,5

Оборудование и технологические операции	Местный отсос	Скорость движения воздуха, м/с
Лабораторные работы		
Окраска пневматическим распылением лакокрасочных материалов:		
- содержащих свинцовые соединения и ароматические углеводороды	Окрасочная камера	1,3
– не содержащих свинцовых соединений и ароматических углеводородов	Окрасочная камера	1
– содержащих диизоцианаты, эпоксидные, полиуретановые и акрилатные соединения	Окрасочная камера	1,7
Окраска безвоздушным распылением лакокрасочных материалов:		
– содержащих свинцовые соединения или ароматические углеводороды	Окрасочная камера	1,7
– не содержащих свинцовых соединений или ароматических углеводородов	Окрасочная камера	0,7
Окраска электроручным распылением		0,6
Электростатическая окраска лакокрасочными материалами:		
– содержащими ксилол		0,8
– не содержащими ксилол		0,6

**Высота спектра вредностей h для расчета бортовых и кольцевых отсосов
от промышленных ванн и печей**

№ п/п	Ванны или печи и их назначение	Температура раствора, °C	Плотность тока, А/дм ²	Наименование вредностей	Высота спектра вредностей
	Ванны				
1	Анодирование алюминия в кислоте: – серной – хромовой – щавелевой	15-25 37-41 65-70	0,3-0,5 0,1-0,2 12-15	Пары серной кислоты Хромовый ангидрид Отсос не требуется	80 40 -
2	Амальгамирование	18-25	Процесс химический	Цианистый водород	80
3	Анодное снятие шлама	70-80	5-10	Щелочь	40
4	Декапирование анодное в кислоте: – хромовой – серной – соляной – в смеси серной и соляной кислот	40-50 18-25 18-25 18-25	35 Процесс химический Процесс химический Процесс химический	Хромовый ангидрид Отсос не требуется Отсос не требуется Отсос не требуется	40 - - -
5	Железнение: – сернокислое – хлористое	18-25 90-100	Процесс химический 10-15	Отсос не требуется Хлористый водород	- 160
6	Золочение цианистое		0,2 ±0,05	Цианистый водород	80
7	Кадмирование: - цианистое - аммиачное - кислое	20-30 30-50	1,5 ±0,5 1±0,2 0,5-1,0	Цианистый водород Отсос не требуется Отсос не требуется	- 80 - -

№ п/п	Ванны или печи и их назначение	Температура раствора, °С	Плотность тока, А/дм ²	Наименование вредностей	Высота спектра вредностей
8	Лужение: – щелочное – кислое	65-75	1,5 ±0,5	Щелочь	80
		15-30	1,5 ±0,5	Пары серной кислоты	160
9	Латунирование	18-25	0,3-0,5	Цианистый водород	160
10	Меднение: – цианистое – кислое – этилендиаминовое	18-25	0,5-0,8	Цианистый водород	160
		55-63	3,5 ±0,5	Цианистый водород	80
		35-45	6±1	Пары серной кислоты	160
		18-25	1,5-2	Этилендиамин	160
11	Никелирование сернокислое: – с воздушным перемешиванием – без воздушного перемешивания	45-55	5	Сульфат никеля	40
		25-35	1-1,5	Сульфат никеля	160
12	Никелирование	90-95	Процесс химический	Аэрозоль никеля	40
13	Нейтрализация	80-90	Процесс химический	Щелочь	160
14	Обезжиривание: – электролитическое анодное и катодное – анодное и катодное – химическое – химическое –химическое –электролитическое	80-90	5-10	Щелочь	40
		50-60	2-5	Цианистый водород	80
		80-90	Процесс химический	Щелочь	80
		50-60	Процесс химический	Щелочь	80
		50-70	Процесс химический	Щелочь	160
		50-60	3-5	Щелочь	160

№ п/п	Ванны или печи и их назначение	Температура раствора, °C	Плотность тока, А/дм ²	Наименование вредностей	Высота спектра вредностей
15	Обработка: – в растворе хромпика – в хромовом ангидриде – в хромовом ангидриде	95-98 60-70 18-25	Процесс химический Процесс химический Процесс химический	Хромовый ангидрид Хромовый ангидрид Отсос не требуется	80 80 -
16	Обработка анодированных листов	95-98			160
17	Осветление стальных деталей	18-20			-
18	Осветление алюминия и его сплавов	18-25			80
19	Оксидирование: – листов магниевых – сплавов (черное) – алюминия и его сплавов – магниевых сплавов – стали щелочные (воронение)	90-95 35-38 70-80 138- 140	Процесс химический 0,3-2,7 Процесс химический Процесс химический	Хромовый ангидрид Хромовый ангидрид Окислы азота Щелочь	160 40 40 40
20	Пассивирование	18-25	Процесс химический	Отсос не требуется	-
21	Промывка: – в горячей воде – в мыльном растворе – в теплой воде – в холодной воде	70-100 90-95 45-50 18-20	Процесс химический Процесс химический Процесс химический Процесс химический	Пары воды Пары воды Отсос не требуется Отсос не требуется	160 160 - -
22	Серебрение цианистое	18-25	1±0,2	Цианистый водород	80
23	Совместное обезжиривание и травление	50-60	Процесс химический	Пары серной кислоты	80
24	Снятие никелевого покрытия	18-25	Процесс химический	Окислы азота	160

№ п/п	Ванны или печи и их назначение	Температура раствора, °С	Плотность тока, А/дм ²	Наименование вредностей	Высота спектра вредностей
25	Свинцевание борфтористоводородное	18-25	3	Фтористый водород	80
26	Травление черных металлов в кислоте: – серной – соляной	60-70 18-25	Процесс химический Процесс химический	Пары серной кислоты Пары соляной кислоты	80 160
27	Травление: – меди в серной кислоте – меди и ее сплавов – алюминия и его сплавов – в концентрированной соляной кислоте – в растворе фтористоводородной кислоты – катодное – химическое	18-25 18-25 50-60 18-25 18-25 50-70 18-25	Процесс химический Процесс химический Процесс химический Процесс химический Процесс химический 7-10 Процесс химический	Отсос не требуется Окислы азота Щелочь Хлористый водород Фтористый водород Серная кислота Фтористый водород	- 40 40 80 80 80 80
28	Фосфатирование	20-30	Процесс химический	Отсос не требуется	-
29	Фосфатирование	94-98	Процесс химический	Пары воды	160
30	Хромирование	45-50	50±5	Хромовый ангидрид	40
31	Тетрахромирование	18-25	17-80	Хромовый ангидрид	40
32	Цинкование: – цианистое – малоцианистое – амиакатное	18-25 18-25 20-30	3,5±1,5 2-3 1-15	Цианистый водород Цианистый водород Отсос не требуется	160 160 -

№ п/п	Ванны или печи и их назначение	Температура раствора, °С	Плотность тока, А/дм ²	Наименование вредностей	Высота спектра вредностей
33	Электрополировка: – стали	70-90	40-80	Пары серной кислоты и хромовый ангидрид	40
	– меди и ее сплавов	20-40	30-50	Хромовый ангидрид	40
	– алюминия и его сплавов	70-90	10-20	Серная кислота	80
34	Снятие сплавов в щелочном растворе: – анодное	50-60	2-5	Щелочь	40
35	Лужение горячее	50-70	-	Аэрозоль свинца	40
36	Ванны: – старения прямоугольные шахты – промасливания – промасливания в масле «Вапар» – закалочные масляные – закалочные водяные – электросоляные круглые и прямоугольные с применением: – бария – поваренной соли – селитры	250-350 230-250 120-150 80 80 110 800 550	- - - - - - - -	Пары масла Пары масла Пары масла Пары масла Пары воды Горячий газ Горячий газ Горячий газ	
37	Печи шахтные: – закалочные	850-950	-	Горячий газ	40
	– для азотирования	800	-	Горячий газ	40
	– для газовой цементации	800	-	Горячий газ	40
	и с твердым карбюризатором – воздушные для отпуска	500-550	-	Горячий газ	40

**Характеристики вредностей, выделяемых при технологическом процессе
в гальванических и травильных цехах**

№ п/п	Наимено- вание вредностей от ванн	Химиче- ская формула	Удельный вес	Моляр- ный вес	Точка кипе- ния, °С	Точка плавле- ния, °С	Допусти- мая кон- центра- ция, мг/л	Свойства		Токсич- ность	Приме- чение
								Физиче- ские	Химиче- ские		
1	Цианистый водород ванны травления, декапиро- вания, полировки, покрытий металлами	HCN	0,69	27,01	25,65	-14,9	0,0003	Бесцвет- ная, легко- подвиж- ная жид- кость с запахом горького миндаля	Слабая кислота, не стойкая	Смертель- но опасный яд. Вызы- вает ткане- вое удушье, паралич дыхатель- ного и со- судодвига- тельных центров и др.	
2	Фтористый водород ванны травления, декапиро- вания, электро- литической полировки	HF	0,99	20,01	-	-	0,001	Бесцвет- ный газ	-	Сильно раздражает верхние дыхатель- ные пути, обладает высокой токсично- стью	

№ п/п	Наименование вредностей от ванн	Химическая формула	Удельный вес	Молярный вес	Точка кипения, °С	Точка плавления, °С	Допустимая концентрация, мг/л	Свойства		Токсичность	Примечание
								Физические	Химические		
3	Серная кислота ванны травления, декапирования, электролитической полировки	H_2SO_4	1,85	98,09	338	10,5	0,002	Маслянистая жидкость, в чистом виде прозрачная	Сильная кислота, при 50°С дает пары	Вызывает тяжелое воспалительное заболевание бронхов и легких	
4	Азотная кислота ванны травления	HNO_3	1,52	63,02	86	-	0,005	Бесцветная жидкость, с едким запахом, сильно дымит	Сильная кислота, на свету разлагается с образованием NO_2 , сильный окислитель	Раздражает дыхательные пути и легкие, вызывает их отек	
5	Окислы азота (смесь окислов) ванны травления	N_2O_5 N_2O_3 NO_2 NO N_2O_4 N_2O	1,63	108,02	45-10	30	0,005	Бесцветный газ Синяя жидкость Бурый газ Бесцветный газ Бесцветная жидкость Бесцветный газ	Мгновенно окисляет кислород воздуха в двуокиси Поддерживает горение	Кровяной яд. Превращает оксигемоглобин в метогемоглобин. Вызывает отек легких	

Продолжение прил. 3

№ п/п	Наименование вредностей от ванн	Химическая формула	Удельный вес	Молярный вес	Точка кипения, °С	Точка плавления, °С	Допустимая концентрация, мг/л	Свойства		Токсичность	Примечание
								Физические	Химические		
6	Хлористый водород ванны травления, декапирования	HCl	1,19	36,74	-85	-114	0,01	Бесцветный газ с резким запахом	Хорошо растворим в воде, образует соляную кислоту	Сильно раздражает верхние дыхательные пути. Вызывает воспаление соединительной оболочки глаз и помутнение роговицы	
7	Едкий натрий ванны обезжиривания, травления	NaOH	1,83	40,01	-	318	-	Твердое белое вещество	Хорошо растворим в воде	Вызывает сильные ожоги, оставляющие рубцы, и хроническое отравление кожи. Особенно опасен для глаз, поражает не только поверхностные части, а проникает вглубь, вызывая слепоту	
8	Едкий калий ванны обезжиривания, травления	KOH	2,12	56,11	-	360,4	-				

Продолжение прил. 3

№ п/п	Наименование вредностей от ванн	Химическая формула	Удельный вес	Молярный вес	Точка кипения, °С	Точка плавления, °С	Допустимая концентрация, мг/л	Свойства		Токсичность	Примечание
								Физические	Химические		
9	Трихлорэтилен ванны обезжиривания	C_2HCl	1,47	131,39	87	-86	0,05	Бесцветная жидкость с запахом хлороформа	Не горюч, не образует взрывчатых веществ с воздухом	Наркотик, действует на нервную систему	Уносятся в виде дисперсной фазы с парами воды. Токсичны, труд подростков запрещен. В присутствии металлов отщепляет HCl , на огне дает фосген
10	Бензин		0,68-0,74				0,3	Пары	Взрывоопасен, горюч	При всех концентрациях вызывает раздражение	
	Керосин		0,8-0,85				0,3		Горюч		
	ванны обезжиривания										

№ п/п	Наименование вредностей от ванн	Химическая формула	Удельный вес	Молярный вес	Точка кипения, °С	Точка плавления, °С	Допустимая концентрация, мг/л	Свойства		Токсичность	Примечание
								Физические	Химические		
11	Хромовый ангидрид ванны металлопокрытий	CrO ₃	2,7	100,1		196	0,0001	Красные ромбические кристаллы или иглы, расплывающиеся на воздухе и легко растворимые в воде	При 250°С разлагается на окись хрома и кислород. Сильный окислитель. При действии кислот отдает кислород	Прижигает слизистые оболочки и кожу, вызывая язвы и прободение хрящевой перегородки носа	
12	Пайка с соляной кислотой	-	-	-	-	-	-	-	Хлор и соляная кислота	Вызывает обморочное состояние	

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. МЕСТНЫЕ ПРИТОЧНЫЕ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ.....	4
1.1. Воздушные завесы	4
1.1.1. Общие сведения.....	4
1.1.2. Классификация воздушных завес.....	5
1.1.3. Общие положения по выбору и проектированию воздушных завес.....	8
1.1.4. Расчет воздушных завес.....	14
1.2. Воздушные души	25
1.2.1. Общие сведения.....	26
1.2.2. Конструирование систем воздушного душирования	30
1.2.3. Расчет воздушного душирования	40
2. МЕСТНЫЕ ОТСОСЫ.....	43
2.1. Общие положения по расчету механических отсосов.....	43
2.2. Расчет укрытий шкафного типа.....	45
2.2.1. Расчёт шкафов с механической вытяжкой	46
2.2.2. Расчёт шкафов с естественной вытяжкой	47
2.3. Расчет зонтов	48
2.3.1. Расчет простых зонтов.....	48
2.3.2. Расчет зонтов-козырьков	50
2.4. Расчет и проектирование бортовых отсосов	52
2.5. Расчет кольцевых отсосов от промышленных ванн и печей	60
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	69
Приложения	71

Учебное издание

ТРУБИЦЫНА Галина Николаевна

МЕСТНЫЕ ПРИТОЧНО-ВЫТЯЖНЫЕ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ

Учебное пособие

Редактор Т.А. Колесникова
Компьютерная верстка Т.В. Леонтьевой

Подписано в печать 26.01.2015. Рег. № 36-15. Формат 60×84/16.
Бумага тип. № 1.
Плоская печать. Усл.печ.л. 5,5. Тираж 50 экз. Заказ 40.



Издательский центр ФГБОУ ВПО «МГТУ»
455000, Магнитогорск, пр. Ленина, 38
Полиграфический участок ФГБОУ ВПО «МГТУ»