В.П. Титов, Э.В. Сазонов,
Ю.С. Краснов, В.И. Новожилов

КУРСОВОЕ И ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПО ВЕНТИЛЯЦИИ ГРАЖДАНСКИХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ



ББК 38.762.2
К 93
УДК 697.911 (075.8)

Рецензенты — д-р техн наук, проф А А Сандер (зав кафедрой Отопление и вентиляция НИСИ), д-р техн наук, проф. В М Гусев (зав кафедрой Отопление и вентиляция ЛИСИ)

К 93 **Курсовое** и дипломное проектирование по вентиляции гражданских и промышленных зданий: Учеб. пособие для вузов/В. П. Титов, Э. В. Сазонов, Ю. С. Краснов, В. И. Новожилов. — М.: Стройиздат, 1985. — 208 с.

Изложены современные методы расчета систем и устроиств вентиляции гражданских и промышленных зданий, основы конструирования вентиляционных систем, способы защиты от загрязнения вентиляционными выбросами, а также глушения шума вентиляционных установок Рассмотрено технико экономическое обоснование принимаемых решений Дано описание состава, оформления и содержания расчетно пояснительных записок и чертежей проектов

Для студентов строительных вузов, обучающихся по специальности «Теплогазоснабжение и вентиляция»

К $\frac{3206000000-527}{047(01)-85}$ 127—85

ББК 38 762 2
6С9 4

Владимир Павлович Титов, Эдуард Владимирович Сазонов, Юрий Степанович Краснов Владимир Иванович Новожилов

КУРСОВОЕ И ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПО ВЕНТИЛЯЦИИ ГРАЖДАНСКИХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

Редакция литературы по инженерному оборудованию
Зав редакциеий **И. В. Соболева**
Редактор **С. И. Погудина**
Младший редактор **Н. И. Романова**
Технический редактор **Н. Г Алеева**
Корректор **О. В. Стигнеева**
ИБ № 3428

Сдано в набор 16 10 84 Подписано в печать 21 02 85 Т-02960
Формат 60×90$^1/_{16}$ Бумага книжно журнальная Гарнитура «Литературная»
Печать высокая Усл печ л 13,00 Усл кр отт 13 25 Уч. изд л 14,52.
Тираж 40 000 экз Изд № AI—453 Заказ 445 Цена 50 коп

Стройиздат, 101442, Москва, Каляевская, 23 а
Подольский филиал ПО «Периодика» Союзполиграфпрома
при Государственном комитете СССР по делам издательств,
полиграфии и книжной торговли, 142110, г. Подольск, ул Кирова, 25

© Стройиздат, 19

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

Предисловие

В соответствии с решениями XXVI съезда КПСС и последующих Пленумов ЦК КПСС в Советском Союзе предусматриваются ускорение научно технического прогресса, быстрейшее внедрение достижений науки и техники, рациональное использование производственного потенциала страны.

Достойный вклад в решение задач одиннадцатой пятилетки вносят специалисты го теплогазоснабжению и вентиляции Охрана окружающей среды от вредных выбросов, снижение потребления энергии системами обеспечения микроклимата в помещениях, повышение их эффективности, проблемы регулирования, оптимизации и надежности этих систем, использование нетрадиционных источников энергии — вот далеко не полный перечень задач, которые решаются ими в настоящее время

Эффективность систем вентиляции, их технико-экономические характеристики зависят не только от правильно принятой схемы воздухообмена и достоверности проведенных расчетов, но и от правильно организованных монтажа, наладки и эксплуатации Возможности монтажа, наладки и эксплуатации систем и оборудования, обеспечивающие вентиляцию помещений, закладываются на стадии проектирования

Для работы над курсовым или дипломным проектом одних рекомендаций настоящего учебного пособия недостаточно Следует пользоваться учебником по курсу Вентиляция, Справочником проектировщика, Строительными нормами и правилами и Санитарными нормами, конспектами лекции по курсу Вентиляция Для успешного выполнения проекта вентиляции следует четко знать особенности технологического процесса, протекающего в помещении, режимы работы, конструктивные особенности здания, климатические характеристики Специалист по вентиляции должен знать строительную теплофизику, аэродинамику, теорию тепломассообмена и такие разделы физики, как диффузия и акустика. При выборе расчетных внутренних условий в помещении, т е. радиационной температуры, температуры воздуха, влажности и подвижности воздуха, проектировщик должен иметь хорошие знания по санитарной гигиене.

Материал учебного пособия расположен в последовательности, приблизительно соответствующей последовательности выполнения проекта Учебное пособие частично содержит материалы справочного характера Главы пособия написаны В П Титовым — гл 1, гл 2 § 5 и 7, гл 4 § 11, 15 и 16, гл 5 § 17 и 19, гл 6 § 20 (совм с Ю С Красновым) и § 21, гл 8 § 26 и гл 10, Э В Сазоновым — гл 2 § 6, гл 3, гл 4 § 12—14, гл 8 § 27, Ю С Красновым — гл 6 § 22 и гл 9, В И Новожиловым — гл 5 § 18 гл 6 § 23, гл 7

Авторы выражают глубокую признательность докторам техн наук, профессорам А. А. Сандеру и В. М. Гусеву за ценные замечания, сделанные ими при рецензировании рукописи.

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

Глава 1. Исходные данные для проектирования

§1. АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗДАНИЯ

К началу проектирования вентиляции помещений необходимо иметь строительные чертежи (поэтажные планы и разрезы здания) и характеристики наружных ограждающих конструкций — стен, перекрытий, окон, дверей и ворот (материал, размеры, коэффициенты теплопередачи). Обязательно следует указать ориентацию объекта по странам света.

На планах этажей, подвала и чердака или технического этажа надлежит обозначить места расположения вентиляционных приточных и вытяжных установок. Вентиляционные камеры должны быть изолированы от производственных или вспомогательных помещений и иметь отдельный вход. При выборе мест расположения вентиляционных камер в здании необходимо учитывать условия монтажа громоздкого вентиляционного оборудования (вентиляторов, калориферов, оросительных камер).

Задание по проекту должно содержать следующие обязательные пункты:

назначение объекта;

район строительства;

ориентация фасадов;

основные характеристики элементов здания: материал и конструкция наружных и внутренних стен, окон, дверей, перекрытий и покрытий;

режим эксплуатации здания и помещений: число рабочих смен; помещения с кондиционируемым микроклиматом;

источники теплоснабжения и параметры теплоносителя;

сведения о зданиях, расположенных на одной площадке с проектируемым;

дополнительные сведения.

Сведения из архитектурно-строительной части проекта специалисты по отоплению и вентиляции используют главным образом при определении теплопотерь (расчет тепловой мощности системы отопления), при анализе теплового режима помещений (нестационарная теплопередача). Например, при определении теплопоступлений в помещение от солнечной радиации через массивные ограждения необходимо знать материал наружного фактурного слоя ограждений (перекрытия), тепловые характеристики материалов ограждения. Для расчета теплопоступления в помещение от солнечной радиации через окна следует иметь сведения о солнцезащитных устройствах, типе переплетов, расстояния между ними и другие конструктивные размеры оконных проемов.

При решении отдельных вопросов воздушного режима здания

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

требуются сведения о воздухопроницаемости наружных и внутренних конструкций. Вопросы трассировки трубопроводов, воздуховодов и каналов нельзя решить, не зная расположения строительных балок, ребер плит перекрытия и других конструктивных особенностей зданий. Вопрос о возможности выполнения каналов, воздухозаборных шахт и других вентиляционных устройств решается совместно специалистами по строительству и по отоплению и вентиляции. Также решается вопрос о выборе материала для изготовления встроенных каналов и вентиляционных блоков. Выбор типа бетонных вентиляционных блоков зависит от серии здания, места его постройки и номенклатуры изделий, выпускаемых домостроительным комбинатом, возводящим здание.

В архитектурно-строительной части должны содержаться сведения о рельефе местности постройки и о характере озеленения прилегающей территории. Эти сведения необходимы при разработке мероприятий по охране воздушного бассейна. Характеристики вредных выбросов и расположение мест этих выбросов от окружающих зданий дают возможность решить вопрос о фоновом загрязнении воздуха в местах воздухозабора систем вентиляции и кондиционирования рассматриваемого здания.

§2 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

При проектировании производственных объектов необходимо иметь планы и разрезы здания с размещением технологического оборудования и рабочих мест.

Описание технологического процесса должно включать: его схему с указанием массовых расходов материалов, полуфабрикатов и готовой продукции; параметры отдельных видов технологического оборудования (температура поверхностей и внутренних объемов, характеристика теплозащитных свойств, установочная мощность электродвигателей, режимы их работы и т. п.); характеристику оборудования, потребляющего энергию (потребляемая электрическая мощность или количество сжигаемого топлива, его вид и теплотворная способность, или расход пара и горячей воды, с указанием давления и температуры); месторасположение источников вредных выделений, интенсивность выделения вредных веществ, водяных паров и пр.; расходы воздуха на технологические нужды, через местные отсосы от стандартного технологического оборудования, на технологическое дутье и т. п.; число работающих в каждом помещении и категорию тяжести работы; требуемую освещенность помещения или мощность общего и местного освещения и его вид; режим работы оборудования и помещения за время смены, число смен; тип и характеристику транспортных средств, обслуживающих помещение, с указанием числа и частоты работы транспортных единиц вне цеха, в том числе на наружном воздухе; режим открывания наружных дверей и ворот; сведения о наличии

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

вторичных энергоресурсов в технологических линиях, использование которых для нужд отопления и вентиляции обязательно.

Каждый студент, приступающий к проектированию вентиляции, в первую очередь должен изучить технологию производства и режимы работы объекта проектирования. Следует четко представлять все виды вредных выделений проектируемого объекта, характер их воздействия на человека, нормируемые уровни допустимой концентрации. Изучая устройство и работу технологического оборудования, следует искать пути к максимально возможному сокращению поступления вредных выделений в вентилируемое помещение. Тепловыделяющее технологическое оборудование и различные технологические высокотемпературные выбросы (дымовые газы, нагретый воздух, теплая вода и п.) должны быть выявлены с целью рассмотрения возможности использования их в качестве вторичных энергоресурсов для системы отопления и вентиляции.

§3. РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА

Климатические данные заданного района строительства в соответствии с рекомендуемыми нормами обеспеченности определяют по СНиП 2.01.01-82 «Строительная климатология и геофизика» и приложению к СНиП 2.04.05-84 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха». Значения расчетных параметров, в том числе определенных по I—d-диаграмме, заносят в таблицу, представленную на бланке 1.

Бланк 1

РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА

Расчетные периоды года	Параметры воздуха А				Параметры воздуха Б				Барометрическое давление, МПа	Концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе, мг/м³
	температура, °С	теплосодержание, кДж/кг	относительная влажность, %	влагосодержание, г/кг	температура, °С	теплосодержание, кДж/кг	относительная влажность, %	влагосодержание, г/кг		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Теплый										
Переходный										
Холодный										

Примечание. Графы 2, 3, 6, 7 и 10 заполняют значениями параметров, взятыми из СНиП 2.04.05-84 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»; графы 4, 5, 8 и 9 — их значениями, найденными по I — d-диаграмме, в соответствии с указанным в графе 10 барометрическим давлением; графа 11 заполняется в соответствии с заданием.

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

При расчете вентиляции приводят параметры трех расчетных периодов года: теплого, переходного и холодного. Переходный период — это условный период, параметры воздуха для которого принимают одинаковыми для всей территории нашей страны. Теплым периодом года считается период, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха 10°С и выше.

Для систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, воздушного душирования, а также воздушных и воздушно-тепловых завес применяются расчетные параметры наружного воздуха А и Б. Соответствующие им значения температуры и энтальпии наружного воздуха для теплого и холодного периодов года приведены в приложении к СНиП 2.04.05-84.

При проектировании систем общеобменной вентиляции с естественным или искусственным побуждением движения воздуха, предназначенных для удаления избытков тепла, влаги, в том числе систем вентиляции с испарительным (адиабатным) охлаждением воздуха, следует принимать для теплого и для холодного периодов года расчетные параметры А, за исключением:

1) приточных систем помещений с выделением вредных веществ любого класса опасности или с местной вытяжной вентиляцией (в том числе с удалением воздуха от технологического оборудования);

2) систем, обслуживающих здания больничных учреждений (больницы, клиники, госпитали), диспансеры, амбулатории, родильные дома, дома ребенка, интернаты для престарелых и инвалидов, детские дома, детские сады и ясли, гостиницы и санатории высшего разряда;

3) приточных систем местной приточной вентиляции — душирования рабочих мест и подачи воздуха в зону дыхания работающего.

В этих трех перечисленных случаях при расчете вентиляции рекомендуется принимать в качестве расчетных для теплого периода параметры А, для холодного — параметры Б. Для расчета отопления, в том числе систем вентиляции, выполняющих функции отопления, в холодный период года следует принимать параметры Б. Рекомендации по выбору расчетных параметров для систем кондиционирования учитывают назначение помещения и приведены в СНиП 2.04.05-84.

Расчетные параметры наружного воздуха в переходный период года для вентиляции: температура воздуха +10°С, энтальпия — 23 кДж/кг. Для систем кондиционирования воздуха переходным периодом года считают период с параметрами наружного воздуха, при которых в работающем кондиционере не расходуется теплота и холод. При выборе расчетных климатических характеристик допускается обоснованное отступление, например при проектировании вентиляции и кондиционирования воздуха в помещениях, используемых в течение части суток (вечером или в другое время) или в отдельные месяцы года.

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

Для анализа суточного изменения параметров внутреннего воздуха необходимо принимать следующие значения параметров наружного воздуха в течение расчетных суток теплого периода года: температуры и энтальпии наружного воздуха — по косинусоиде с максимумом, равным их расчетным значениям, отнесенным к 15 часам солнечного времени, — для местностей вдали от рек, морей и океанов и к 14 часам — вблизи от них.

Минимум температуры наружного воздуха определяют по заданной амплитуде ее колебания, минимум энтальпии — по минимуму температуры при условно постоянном в течение суток влагосодержании.

§4. РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВНУТРЕННЕГО ВОЗДУХА

Выбор расчетных параметров внутреннего воздуха регламентируется СНиП. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны сформулированы в ГОСТ 12.1.005—76. Самочувствие человека в помещении определяется, как известно, следующими параметрами: температурой воздуха, °С; радиационной температурой помещения, °С, или интенсивностью облучения, Вт/м^2; скоростью движения воздуха, м/с; относительной влажностью, %; загрязненностью воздуха вредными примесями, мг/м^3. Влияние этих параметров на самочувствие человека различно. Каждый из перечисленных параметров влияет на теплоотдачу человека в окружающую среду.

При нормировании параметров воздушной среды в помещениях различают определенный диапазон сочетаний параметров, называемый допустимыми параметрами. Диапазон допустимых температур определяется нижним допустимым температурным уровнем, служащим для расчета систем отопления, и верхним, обеспечиваемым средствами вентиляции.

Скорость движения, относительная влажность и загрязненность воздуха вредными примесями обычно определяются только верхним допустимым уровнем. Однако в некоторых случаях указывается и нижний допустимый уровень подвижности воздуха — обязательная минимальная скорость движения воздуха в рабочей зоне или на рабочем месте.

Наиболее благоприятное сочетание параметров внутреннего воздуха в помещении (оптимальные условия) обычно создается системами кондиционирования воздуха. Однако в некоторых случаях, применяя рациональное регулирование систем вентиляции помещений, можно получить оптимальные условия.

Параметры воздуха, соответствующие оптимальным и допустимым условиям, зависят от периода года (теплый, холодный), от тепловой напряженности (по явному теплу) помещения и от тяжести выполняемой в помещении работы.

По тепловой напряженности различают две категории поме-

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

щений: помещения с незначительными избытками явного тепла (не превышающими или равными 23 Вт на 1 м³ внутреннего объема помещения) и помещения или участки цехов со значительными избытками явного тепла (превышающими 23 Вт/м³). Последние относятся к категории «горячих цехов». В производственных помещениях высотой более 6 м, оборудованных системами вентиляции с искусственным побуждением или системами кондиционирования воздуха, удельные избытки явного тепла определяются по отношению к условному объему помещения высотой 6 м.

По тяжести выполняемой работы в соответствии с общими энергозатратами организма работы разграничены на следующие категории:

I — легкие с энергозатратами до 172 Вт;

II — средней тяжести; работы II категории разделены на две подгруппы: IIа — с энергозатратами 172—232 Вт и IIб — 232 — 293 Вт;

III — тяжелые с энергозатратами более 293 Вт.

Допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в обслуживаемой зоне помещений, воздухообмен в которых определяется по расчету (жилые и общественные здания, а также вспомогательные здания производственных предприятий), следует принимать по табл. 1.1.

ТАБЛИЦА 1.1. ДОПУСТИМЫЕ НОРМЫ ТЕМПЕРАТУРЫ t, ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ φ И СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУХА v В ОБСЛУЖИВАЕМОЙ ЗОНЕ ПОМЕЩЕНИЙ

Период года	t, °С	φ, %	v, м/с
Теплый (температура наружного воздуха 10°С и выше)	Не более чем на 3°С выше расчетной температуры наружного воздуха	$\leqslant 65$	$\leqslant 0{,}5$
Холодный и переходный (температура наружного воздуха ниже 10°С)	18—22	$\leqslant 65$	$\leqslant 0{,}3$

Примечание. В помещениях общественных зданий с кратковременным пребыванием людей в уличной одежде в холодной период года следует принимать температуру воздуха 16°С.

Допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных зданий (при установленной норме обеспеченности) следует принимать: в теплый период года — по табл. 1.2 и 1.3; для холодного и переходного периодов — по табл. 1.4 (в соответствии с ГОСТ 12.1.005—76).

При воздействии на работающих лучистого тепла от приборов лучистого отопления или нагретых поверхностей оборудования при интенсивности облучения более 350 Вт/м² в холодный и переходный периоды года следует принимать более низкую температу-

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ТАБЛИЦА 1.2. ДОПУСТИМЫЕ НОРМЫ ТЕМПЕРАТУРЫ t, ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ φ И СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУХА v ДЛЯ РАЙОНОВ С РАСЧЕТНОЙ НАРУЖНОЙ ТЕМПЕРАТУРОЙ 25°С И НИЖЕ

Категория работ	t, °С	φ, %	v, м/с, в помещениях с избытками явного тепла, Вт/м³	
			<23	>23
Легкая	⩽ 28	⩽55 при 28°С	0,2—0,5	0,2—0,5
Средней тяжести IIа			0,2—0,5	0,3—0,7
Средней тяжести IIб			0,3—0,7	0,5—1,0
Тяжелая	⩽ 26	⩽ 65 при 26°С	0,3—0,7	0,5—1,0

Примечание. Температура воздуха на постоянных рабочих местах и вне их не должна превышать более чем на 3°С (в помещениях с избытками явного тепла до 23 Вт/м³) и более чем на 5°С (с избытками явного тепла более 23 Вт/м³) расчетную температуру наружного воздуха при установленной норме обеспеченности в теплый период года.

ТАБЛИЦА 1.3. ДОПУСТИМЫЕ НОРМЫ ТЕМПЕРАТУРЫ t, ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ φ И СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУХА v ДЛЯ РАЙОНОВ С РАСЧЕТНОЙ НАРУЖНОЙ ТЕМПЕРАТУРОЙ БОЛЕЕ 25°С

Категория работ	t, °С, в помещениях с избытками явного тепла, Вт/м³		φ, %	v, м/с
	⩽23	>23		
Легкая	⩽ 31	⩽ 33	⩽ 50 при 29—33°С	0,2—0,5
Средней тяжести IIа				0,5 при 28°С
Средней тяжести IIб	⩽ 30	⩽ 32	⩽ 50 при 29—33°С	0,9 при 28°С
Тяжелая	⩽ 29	⩽ 31		1,3 при 28°С

Примечание. При указанной выше норме обеспеченности и $t_н$ >25°С температура воздуха в рабочей зоне помещения на постоянных рабочих местах при выполнении работ легкой и средней тяжести не должна превышать $t_н$ более чем на 3°С, при тяжелой работе — на 1°С; вне рабочих мест — на 5°С.

ру воздуха — $t_р$, °С вместо нормируемой $t_в$, определяемую по формуле

$$t_р = t_в - k\,a,$$

где k — коэффициент, зависящий от скорости движения воздуха в помещении $v_в$ следующим образом:

$v_в$, м/с	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	1,0
k	1,25	1,05	0,9	0,8	0,7	0,6

a — величина, равная 4°С.

Оптимальные нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в обслуживаемой зоне помещений

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ТАБЛИЦА 1.4. ДОПУСТИМЫЕ НОРМЫ ТЕМПЕРАТУРЫ t, ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ φ И СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУХА v В ХОЛОДНЫЙ И ПЕРЕХОДНЫЙ ПЕРИОДЫ ГОДА

Категория работ	t, °С	φ (не более), %	v (не более), м/с	Температура воздуха вне постоянных рабочих мест, °С
Легкая	19—25	75	0,2	15—26
Средней тяжести:				
IIа	17—23	75	0,3	13—24
IIб	15—21	75	0,4	13—24
Тяжелая	13—19	75	0,5	12—19

жилых и общественных зданий, а также вспомогательных зданий предприятий следует принимать по табл. 1.5. Оптимальные нормы параметров внутреннего воздуха принимают при наличии обоснований (повышенные требования к условиям пребывания в помещениях, повышение производительности труда и др.) или, если для их обеспечения не требуется дополнительных затрат (например, в теплый период года в районах с умеренным климатом или в холодный период в помещениях с избытками явного тепла).

ТАБЛИЦА 1.5. ОПТИМАЛЬНЫЕ НОРМЫ ТЕМПЕРАТУРЫ t, ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ φ И СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУХА v В ОБСЛУЖИВАЕМОЙ ЗОНЕ ЖИЛЫХ, ОБЩЕСТВЕННЫХ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ЗДАНИЙ

Период года	t, °С	φ, %	v, м/с
Теплый	20—25	60—30	Не более 0,25
Холодный и переходный	20—22	45—30	0,1—0,15

Оптимальные нормы сочетания параметров воздуха в рабочей зоне производственных помещений принимаются по табл. 1.6.

ТАБЛИЦА 1.6. ОПТИМАЛЬНЫЕ НОРМЫ ТЕМПЕРАТУРЫ t, ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ φ И СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУХА v В РАБОЧЕЙ ЗОНЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Период года	Категория работ	t, °С	φ, %	v, м/с
Теплый	I	22—25	60—40	0,2
	IIа	21—23	60—40	0,3
	IIб	20—22	60—40	0,4
	III	18—21	60—40	0,5
Холодный и переходный	I	20—23	60—40	0,2
	IIа	18—20	60—40	0,2
	IIб	17—19	60—40	0,3
	III	16—18	60—40	0,3

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

Допустимые нормы сочетания температуры и скорости движения воздуха при воздушном душировании в производственных помещениях на постоянных рабочих местах, подверженных воздействию лучистого тепла интенсивностью 350 Вт/м² и более, при суммарной длительности облучения 15—30 мин следует принимать в соответствии с табл. 1.7. При этом интенсивность теплового облучения принимается как средняя за время облучения в течение 1 ч из максимальных уровней каждой технологической операции в периоды облучения от 350 до 2800 Вт/м². Нормируемые значения в табл. 1.7 соответствуют максимальной скорости движения воздуха и минимальной температуре на участке наиболее интенсивного облучения работающего.

ТАБЛИЦА 1.7. ДОПУСТИМЫЕ НОРМЫ СОЧЕТАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ *t* И СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУХА *v* ПРИ ВОЗДУШНОМ ДУШИРОВАНИИ

Категория работ	Температура воздуха в рабочей зоне t, °С	v, м/с	t душирующей струи, °С, при интенсивности облучения, Вт/м²				
			350	700	1400	2100	2800
I	До 28	1	28	24	21	16	—
		2	—	28	26	24	20
		3	—	—	28	26	24
		3,5	—	—	—	27	25
II		1	27	22	—	—	—
		2	28	24	21	16	—
		3	—	27	24	21	18
		3,5	—	28	25	22	19
III		2	25	19	16	—	—
		3	26	22	20	18	17
		3,5	—	23	22	20	19

Примечания: 1. При длительности облучения менее 15 мин или более 30 мин температуру в душирующей струе следует принимать соответственно на 2°С выше или ниже.
2. При большей температуре в рабочей зоне температуру в душирующей струе следует понижать на 0,4°С на каждый градус повышения температуры в рабочей зоне, но не ниже 16°С.

В общественных зданиях, расположенных в IV климатической зоне, при установке в помещениях потолочных вентиляторов-фенов в теплый период года надлежит принимать следующие скорости движения воздуха в обслуживаемой зоне: не более 0,5 м/с — при температуре воздуха в помещении 26°С; 0,7 м/с — при 28°С; 1 м/с — при 30°С и выше.

В производственных помещениях в теплый период года в районах с $t_н > 25$°С при норме обеспеченности 95 и 96% для работ средней тяжести и тяжелых при температуре воздуха ниже или выше 28°С (но не более указанных) скорость движения воздуха, указанную в табл. 1.3, следует соответственно понижать или повышать из расчета 0,2 м/с на 1°С, но не менее 0,3 м/с.

При температурах в помещении, менее указанных в табл. 1.2 и

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

1.3, допускается повышать относительную влажность воздуха из расчета 5% на 1°С, но не более чем до 75%.

Допустимые значения скорости движения воздуха v_x, м/с, и температуры t_x, °С, в струе приточного воздуха при входе в рабочую или обслуживаемую зону помещения определяют по формулам:

$$v_x = k v_в; \quad (1.1)$$

$$t_x = t_в + \Delta t_1; \quad (1.2)$$

$$t_x = t_в - \Delta t_2, \quad (1.3)$$

где k — коэффициент для перехода от нормируемого значения скорости движения воздуха $v_в$ к ее максимальному значению в струе (табл. 1.8); Δt_1, Δt_2 — допустимые отклонения температуры в струе от нормируемой температуры $t_в$, °С, соответственно при воздушном отоплении и ассимиляции избытков тепла.

ТАБЛИЦА 1.8. КОЭФФИЦИЕНТ k ДЛЯ ПЕРЕХОДА ОТ НОРМИРУЕМОЙ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУХА К ЕЕ МАКСИМАЛЬНЫМ ЗНАЧЕНИЯМ

Варианты размещения рабочих мест относительно струи приточного воздуха	Значения k при работах категории	
	I	IIа, IIб, III
Расчет на поддержание в помещении допустимых метеорологических условий		
В зоне прямого воздействия струи воздуха в пределах ее участка:		
начального	1	1
основного	1,4	1,8
Вне зоны прямого воздействия струи воздуха в пределах ее участка:		
начального	1,3	1,3
основного	1,6	2
В зоне обратного потока воздуха	1,3	1,8
Расчет на поддержание в помещении оптимальных или требуемых по технологии условий		
В зоне прямого воздействия струи воздуха в пределах ее участка:		
начального	1	1
основного	1,2	1,2
В зоне обратного потока воздуха	1,2	1,2

При выборе значений Δt в формулах (1.2) и (1.3) следует руководствоваться следующими рекомендациями.

В жилых и общественных зданиях, а также во вспомогательных зданиях производственных предприятий:

$\Delta t_1 = 3$°С, $\Delta t_2 = 1{,}5$°С — в зоне прямого действия струи;
$\Delta t_1 = 3{,}5$°С, $\Delta t_2 = 2$°С — вне зоны прямого действия струи.

В производственных помещениях:

$\Delta t_1 = 5$°С, $\Delta t_2 = 2$°С — в зоне прямого действия струи;
$\Delta t_1 = 6$°С, $\Delta t_2 = 2{,}5$°С — вне зоны прямого действия струи.

При кондиционировании воздуха в помещениях зданий всех типов:

$\Delta t_1 = 1$°С, $\Delta t_2 = 1$°С — в зоне прямого действия струи;
$\Delta t_1 = 1{,}5$°С, $\Delta t_2 = 1{,}5$°С — вне зоны прямого действия струи.

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны по определению ГОСТ 12.1.005—76 — это концентрации, которые при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч или другой продолжительности, но не более 41 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа не могут вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего или последующих поколений. Предельно допустимую концентрацию вредного вещества в воздухе рабочей зоны на постоянных рабочих местах производственных помещений, а также в цехах опытно-экспериментальных производств принимают по ГОСТ 12.1.005—76. ПДК некоторых вредных веществ с указанием класса их опасности и агрегатного состояния в условиях помещения приведены в табл.1.9.

ТАБЛИЦА 1.9. ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ (ПО ГОСТ 12.1.005—76)

Вещества	ПДК, мг/м³	Класс опасности	Агрегатное состояние
Азота окислы (в пересчете на NO_2)	5	2	п
Аммиак	20	4	п
Ангидрид сернистый	10	3	п
Ацетон	10	3	п
Бензин-растворитель (в пересчете на С)	300	4	п
3, 4-бензпирен	0,00015	1	а
Диэтилбензол	10	3	п
Изобутилен	100	4	п
Изопрен	40	4	п
Кислота серная	1	2	а
Метилацетат	100	4	п
Никель (соли никеля в виде гидроаэрозоля, в пересчете на Ni)	0,005	1	а
Озон	0,1	1	п
Толуол	50	3	п
Углерода окись	20	4	п
Хлор	1	2	п
Хлора двуокись	0,1	1	п

Примечание: п — парообразное состояние, а — аэрозольное.

ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны при работе на рабочих местах 1 ч и менее или периодически (менее 30% времени рабочей смены) следует принимать с коэффициентом $\kappa=2$ по отношению к установленным ГОСТом.

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ однонаправленного действия сумма отношений фактических концентраций каждого из них (C_1, C_2, ..., C_n) в воздухе помещений и их ПДК ($ПДК_1$, $ПДК_2$, ..., $ПДК_n$) не должна превышать единицы:

$$C_1/ПДК_1 + C_2/ПДК_2 + \ldots + C_n/ПДК_n \leqslant 1. \qquad (1.4)$$

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

Расчетные параметры внутреннего микроклимата заносятся в бланк 2.

Бланк 2

Расчетные параметры внутреннего микроклимата

Расчетные периоды года	Оптимальные параметры воздуха для кондиционирования (указать названия помещений)					Допустимые параметры воздуха для вентиляции (указать названия помещений)					Основные вредные вещества и допустимая концентрация, мг/м³
	температура, °С	относительная влажность, %	теплосодержание, кДж/кг	влагосодержание, г/кг	скорость движения, м/с	температура, °С	относительная влажность, %	теплосодержание, кДж/кг	влагосодержание, г/кг	скорость движения, м/с	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Теплый											
Переходный											
Холодный											

Примечание. Графы 2, 3, 6—8 и 11 заполняют допустимыми и оптимальными значениями параметров (см. табл. 1.1—1.8), а графы 4, 5, 9 и 10 — значениями, найденными по $I-d$-диаграмме.

Глава 2. Тепловой режим помещения

§5. РАСЧЕТ ПОТЕРЬ ТЕПЛА ПОМЕЩЕНИЯМИ

Термин «тепловой режим помещения» объединяет ряд физических процессов, происходящих в помещении или здании и определяющих тепловую обстановку в нем. На тепловую обстановку влияют следующие факторы: температура, подвижность и влажность воздуха, наличие конвективных и излучающих источников и стоков тепла, их размеры и температуры поверхностей и пр.

При расчете вентиляционных воздухообменов, при выборе принципиальных схем вентиляции и при определении способов подачи — удаления воздуха из помещения учитывается большинство из элементов теплового режима помещения. В данной главе основное внимание уделено составлению уравнения теплового баланса помещения и расчету отдельных составляющих этого уравнения.

Источником или стоком тепла в вентилируемом помещении может служить подаваемый в него приточный воздух (соответственно при воздушном отоплении или в режиме ассимиляции тепла).

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

Разность поступлений и стоков тепла в помещении называется теплоизбытками или теплонедостатками. Эти величины находят по формулам:

$$Q_{изб} = \Sigma Q_{пост} - \Sigma Q_{пот} > 0; \quad (2.1)$$

$$Q_{нед} = \Sigma Q_{пот} - \Sigma Q_{пост} < 0. \quad (2.2)$$

В первом случае роль вентиляции заключается в ассимиляции избыточного тепла, во втором — в совмещении функций отопления (воздушное отопление).

Несмотря на то, что в основном режим выделения тепла в помещении нестационарен, в большинстве случаев применяется методика расчета, основанная на стационарном тепловом режиме. Эта методика рассмотрена ниже. Анализ нестационарного теплового режима помещения рассмотрен в работе [4].

Потери тепла помещением складываются из следующих теплопотерь:

через наружные ограждения вследствие разности температуры воздуха внутри и снаружи помещения;

от инфильтрации наружного воздуха;

на нагрев воздуха, врывающегося в помещение через открывающиеся двери, ворота и другие отверстия в наружных ограждениях;

на нагрев ввозимого снаружи материала, сырья, изделий и пр.;

на нагрев средств транспорта (автомобили, авто- и электрокары, железнодорожные вагоны, локомотивы и пр.), въезжающих в помещение снаружи;

на испарение влаги с открытых поверхностей в помещении (при $t_{пов} < t_в$);

связанных с технологическим процессом (например, при химических реакциях, потребляющих тепло из окружающего воздуха);

связанных с охлаждением внутреннего воздуха у холодных поверхностей технологического оборудования, трубопроводов и воздуховодов.

Теплопотери через наружные ограждения обычно определяют при расчете системы отопления здания, т. е. для определенных наружной и внутренней температур воздуха ($t_{н.от}$, $t_{в.от}$). Для расчета отопления теплопотери помещения обозначим Q_0, Вт. Тогда теплопотери через внешние ограждения в режиме вентиляции составят

$$Q_{тп} = Q_0 \frac{t_в - t_н}{t_{в.от} - t_{н.от}}, \quad (2.3)$$

где $t_в$, $t_н$ — расчетные температуры соответственно внутреннего и наружного воздуха для вентиляции ($t_в \geqslant t_{в.от}$; $t_н \geqslant t_{н\,от}$).

Для «горячих цехов» специфика расчета тепловых потерь через наружные ограждения заключается в учете распределения температуры воздуха по высоте. Под потолком таких помещений находится нагретый воздух (тепловая подушка), поэтому теплопотери в рабочее время в таких помещениях по формуле (2.3)

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

рассчитывать нельзя. Расчет следует проводить по обычной методике, но при различной расчетной разности температур для перекрытия, наружных стен, окон и пола.

Теплопотери от инфильтрации наружного воздуха. Инфильтрация — это неорганизованный естественный воздухообмен в здании. Врывание воздуха через неплотности наружных ограждений увеличивает теплопотери помещения.

Теплопотери помещения от инфильтрации наружного воздуха в общем случае определяют по формуле

$$\Delta Q_{\text{н.пом}} = c\,(t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \sum_{i=1}^{n} G_{\text{и}i}\, A_i \qquad (2.4)$$

или

$$\Delta Q_{\text{и.пом}} = c\, G_{\text{и.пом}}\, A_i\, (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}), \qquad (2.4')$$

где c — удельная массовая теплоемкость воздуха, Дж/(кг·К); $G_{\text{и}i}$ — расход инфильтрующегося воздуха через наружное ограждение, кг/ч, $G_{\text{и.пом}}$ — сумма расходов инфильтрующегося воздуха в помещении, кг/ч; A_i — коэффициент, учитывающий некоторый подогрев инфильтрующегося через ограждение воздуха ($A=1$ — для одинарного или двойного остекления в спаренных переплетах; $A=0{,}8$ — для двойных и тройных окон; $A=0{,}7\div0{,}6$ — для массивных ограждений и стыковых соединений).

Как правило, инфильтрация через стены и стыковые соединения ограждений незначительна, хотя и может привести к нежелательному местному понижению температуры внутренней поверхности ограждения. При расчете дополнительных теплопотерь от инфильтрации наружного воздуха достаточно определить только расход инфильтрующегося через окна помещения воздуха, кг/ч:

$$G_{\text{н.пом}} = \Sigma\, \frac{\Delta p_i^{2/3}}{R_{\text{о.и}}}\, F_i, \qquad (2.5)$$

где $\Delta p_i = p_{\text{в}i} - p_{\text{о}}$ — разность давления снаружи и внутри помещения на уровне i-го окна, Па; $R_{\text{о.и}}$ — сопротивление воздухопроницанию окна, $\text{Па}^{2/3}\cdot\text{м}^2\cdot\text{ч/кг}$ по СНиП II-3-79*; F_i — площадь i-го окна, м².

Методика определения избыточного давления в помещении и расхода инфильтрующегося через окна наружного воздуха рассмотрена в § 11. Здесь приведем лишь формулу для расчета расхода инфильтрующегося наружного воздуха в помещении:

$$G_{\text{и.пом}} = j_{\Delta\rho}\, B_{\text{и.пом}}\, F_1, \qquad (2.6)$$

где $j_{\Delta\rho}$, $B_{\text{и.пом}}$ — соответственно единица расхода воздуха и коэффициент, показывающий, сколько единиц расхода воздуха составляет инфильтрация в данном помещении (см. § 11); F_1 — площадь окна (например, площадь наветренного фасада или нижнего ряда окон оговаривается при составлении номограмм для выбора $B_{\text{и.пом}}$), м².

Номограммы для определения значений $B_{\text{и.пом}}$ приведены в работе [18], а для некоторых типов зданий даны в прил. I.

Суть методики определения теплопотерь помещения от инфильтрации наружного воздуха можно понять из следующих примеров расчета.

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

Пример 2.1. Рассчитать добавочные потери тепла от инфильтрации наружного воздуха через окна цеха обувной фабрики. Цех с двусторонним леточным остеклением. Высота окна 3,2 м, длина окон в плане на каждом из фасадов 120 м, $t_в$=23°С; $t_н$=—32°С, скорость ветра 5 м/с, аэродинамические коэффициенты $c_н$=+0,8; $c_з$=—0,4. Окна двойные в спаренных металлических переплетах.

Решение: 1. По СНиП II-3-79* сопротивление воздухопроницанию окон

$$R_и = 1,19 \cdot 1,1 = 1,309 \text{ Па}^{2/3} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{ч /кг}.$$

2. Единица расхода воздуха по формуле (4.11) при $\gamma_н$=9,8·353/241=14,37 Н/м³, $\gamma_в$=9,8·353/296=11,7 Н/м³ и $\Delta\gamma$=2,67 Н/м³ составит

$$j_{\Delta\rho} = 0,378\ (3,2 \cdot 2,67)^{2/3}/1,309 = 1,21 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{ч)}.$$

3. Относительное давление ветра по формуле (4.12) при $\rho_н$=14,37:9,8= =1,47 кг/м³ соответствует

$$p_v = [0,8 - (-0,4)]\ 5^2 \cdot 1,47/[2 \cdot (3,2 \cdot 2,67)] = 2,55.$$

4. По графику, представленному на рис. 4.1, при $K=^2/_3$ находим $B_{и\,пом}$=3.

5. Расход инфильтрующегося в помещении воздуха определяем по формуле (2.6):

$$G_{и.пом} = 1,21 \cdot 3 \cdot 120 \cdot 3,2 = 1390 \text{ кг/ч}.$$

6. Теплопотери на нагревание наружного воздуха, инфильтрующегося через окна, по формуле (2.4′) при A=1 и c=1 кДж/(кг·К) соответствуют

$$Q_{н.пом} = 1 \cdot 1390 \cdot 1\ [23 - (-32)] = 76\,450 \text{ кДж/ч}\ (21,2 \text{ кВт}).$$

Пример 2.2. Для условий примера 1, но при разной протяженности окон в плане по фасадам (на наветренном — 100 м, на заветренном — 60 м) рассчитать добавочные потери тепла в цехе.

Решение: 1. Определяем значение вспомогательного коэффициента, учитывающего различие в характеристиках окон фасадов:

$$b_F = \frac{F_з\, R_{ин}}{F_н\, R_{нз}} = \frac{60 \cdot 1,309}{100 \cdot 1,309} = 0,6.$$

2. По рис 1.1, зная, что p_v=2,55 (см. пример 2.1), определяем $B_{и.пом}$=1,9.

3. Дополнительные потери тепла на нагрев инфильтрующегося в помещение воздуха при $j_{\Delta\,\rho}$=1,21 (см. пример 2.1) составят:

$$Q_{н.пом} = 1 \cdot 1,21 \cdot 1,9 \cdot 100 \cdot 3,2\ [23 - (-32)] = 40\,500 \text{ кДж/ч}\quad (11,24 \text{ кВт}).$$

Пример 2.3. Рассчитать расход инфильтрующегося воздуха через 1 м² окна для помещения 12-этажного административного здания типа «пластина». Высота этажа 3 м; $H_{зд}$=36 м; $v_н$=4,5 м/с; $t_н$=—25°С; $t_в$=20°С; $F_{окн}$=3,2 м²; $R_и$= =1,33 Па$^{2/3}$·м²·ч/кг; K=1,2; $c_н$=0,8; $c_з$=—0,5.

Решение: 1. По формуле (4.11) при $H=H_{зд}$=36 м; $\Delta\gamma=\gamma_н-\gamma_в$=2,15 Н/м³

$$j_{\Delta\,\rho}\ H = 0,378\ (36 \cdot 2,15)^{2/3}/1,33 = 5,17 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{ч)}.$$

2. По формуле (4.5) при $\rho_н$=1,41

$$p_v = (0,8 + 0,5)\ 4,5^2 \cdot 1,41 \cdot 2/2 = 22,27 \text{ Па}.$$

3. По формуле (4.12)

$$\bar{p}_v = 22,27/(36 \cdot 2,15) = 0,288.$$

4. По рис. 4.2 и имея значение $\bar{p}_v + 1/N = 0,288 + {}^1/_{12} = 0,371$, находим значения $B_{и.пом\,n}$ для n=1, ..., 12 и заносим их в табл. 2.1.

5. По формуле (4.11) определяем $j_{и.пом\,n}$ и заносим результаты в табл. 2.1.

6. Далее производим расчет теплопотерь от инфильтрации по формуле (2.4′).

Пример 2.4. Рассчитать потери тепла от инфильтрации наружного воздуха через окна в нерабочее и рабочее время при дисбалансе воздуха в помещении с двусторонним остеклением. Объем помещения 80·12·3,8=3648 м³. Окна двойные со спаренными деревянными переплетами, уплотненные пенополиуретаном

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ТАБЛИЦА 2.1. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА

Номер этажа n	Относительный номер этажа $\bar{n}=n/N$	$B_{и.пом}\ n$	$j_{и.пом}\ n$, кг/м³	Номер этажа n	Относительный номер этажа $\bar{n}/N$	$B_{и.пом}\ n$	$j_{и.пом}\ n$, кг/м³
1	0,083	1,9	9,82	7	0,583	0,58	3,0
2	0,167	1,71	8,84	8	0,667	0,185	0,96
3	0,25	1,52	7,86	9	0,75	—	—
4	0,333	1,32	6,82	10	0,833	—	—
5	0,427	1,1	5,69	11	0,917	—	—
6	0,5	0,86	4,6	12	1,0	—	—

($R_и = 1{,}19$ Па$^{2/3}\cdot$м$^2\cdot$ч/кг), высотой 2,5 м, площадь окна каждого из фасадов 100 м^2; $t_н = -20$°С; $t_в = 16$°С; $v_н = 6{,}3$ м/с; $c_н = 0{,}8$; $c_з = -0{,}4$; $K = 1$. В рабочее время в помещении избыточная однократная вытяжка.

Решение. В нерабочее время:

$$\gamma_н = 13{,}69\ \text{Н/м}^3;\quad \gamma_в = 11{,}97\ \text{Н/м}^3;\quad \rho_н = 1{,}395\ \text{кг/м}^3;\quad \rho_в = 1{,}22\ \text{кг/м}^3.$$

Единицу расхода воздуха определяем по формуле (4.11):

$$j_{\Delta\rho} = 0{,}378\ [2{,}5\ (13{,}69 - 11{,}97)]^{2/3}/1{,}19 = 0{,}84\ \text{кг/(м}^2\cdot\text{ч)};$$

относительное давление ветра —

$$\bar{p}_v = \frac{[0{,}8 - (-0{,}4)]\cdot 6{,}3^2\cdot 1\cdot 1{,}395}{2} : [2{,}5\ (13{,}69 - 11{,}97)] = 7{,}73.$$

При $K = {}^2/_3$, $B_{и\ пом} = 6{,}3$ и $\Delta G = 0$ (см. рис. I.2):

$$G_{н.пом} = 0{,}84\cdot 6{,}3\cdot 100 = 530\ \text{кг/ч};$$

$$Q_{н.пом} = 1\cdot 530\cdot 1\ [16 - (-20)] = 19\,080\ \text{кДж/ч}\ (5{,}3\ \text{кВт}).$$

В рабочее время допускаем, что компенсация избыточной вытяжки происходит вследствие перетекания 90% воздуха из смежных помещений и поступления 10% через окно.

Расчетная величина дисбаланса:

$$\Delta G_{мех} = -1\cdot 3648\cdot 0{,}1\cdot 1{,}22 = -445\ \text{кг/ч}.$$

Относительная величина дисбаланса:

$$\Delta \bar{G}_{мех} = \Delta G_{мех}/(F_{окн}\, j\, \Delta p) = -445/(100\cdot 0{,}84) = -5{,}3.$$

По рис I.2 при $\bar{p}_v = 7{,}73$ и $\Delta\bar{G}_{мех} = -5{,}3$ определяем $B_{и\ пом} = 9$, следовательно:

$$G_{и.пом} = 0{,}84\cdot 9\cdot 100 = 816\ \text{кг/ч};$$

$$Q_{и.пом} = 1{,}816\cdot 1\ [16 - (-20)] = 29\,400\ \text{кДж/ч}.$$

Из сравнения с результатом, полученным при расчете для нерабочего времени, видно, что при дисбалансе — 445 кг/ч увеличение инфильтрации составляет всего около 290 кг/ч, так как дисбаланс вызывает соответствующее изменение суммарного расхода через окна.

Методика расчета инфильтрации в зданиях других конфигураций аналогична рассмотренной (см прил. 1).

§6. РАСЧЕТ ПОСТУПЛЕНИЙ ТЕПЛА В ПОМЕЩЕНИЯ

Теплопоступления от людей. Тепловыделения человека складываются из отдачи явного и скрытого тепла и зависят в

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

основном от тяжести выполняемой им работы, температуры и скорости движения окружающего воздуха, а также теплозащитных свойств одежды. Отдачу человеком явного тепла $Q_{ч.я}$, Вт, можно рассчитать по формуле

$$Q_{ч.я} = \beta_и \beta_{од} \left(2{,}5 + 10{,}3 \sqrt{v_в}\right) (35 - t_в), \qquad (2.7)$$

где $\beta_и$ — коэффициент интенсивности работы, равный: 1 — для легкой работы, 1,07 — для работы средней тяжести и 1,15 — для работы тяжелой; $\beta_{од}$ — коэффициент, учитывающий теплозащитные свойства одежды и принимаемый 1 — для легкой одежды, 0,65 — для обычной одежды и 0,4 — для утепленной одежды; $v_в$ — скорость воздуха в помещении, м/с, $t_в$ — температура воздуха помещения, °С.

Однако для расчетов обычно пользуются табличными данными. В табл. 2.2 приведены тепловыделения от взрослого мужчины. Принято считать, что женщина выделяет 85%, а ребенок — 75% тепловыделений мужчины.

ТАБЛИЦА 2.2. КОЛИЧЕСТВО ТЕПЛА, Вт, ВЛАГИ, г/ч, И ДВУОКИСИ УГЛЕРОДА, л/ч, ВЫДЕЛЯЕМЫХ ЧЕЛОВЕКОМ

Параметры	Значения параметров при температуре воздуха в помещении, °С				
	15	20	25	30	35
Состояние покоя					
Тепло:					
явное	116	87	58	40	16
полное	145	116	93	93	93
Влага	40	40	50	75	115
Двуокись углерода	23	23	23	23	23
Легкая работа					
Тепло:					
явное	122	99	64	40	8
полное	157	151	145	145	145
Влага	55	75	115	150	200
Двуокись углерода	25	25	25	25	25
Работа средней тяжести					
Тепло.					
явное	133	104	70	40	8
полное	208	203	197	197	197
Влага	110	140	185	230	280
Двуокись углерода	35	35	35	35	35
Тяжелая работа					
Тепло:					
явное	162	128	93	52	16
полное	290	290	290	290	290
Влага	185	240	295	355	415
Двуокись углерода	45	45	45	45	45

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

Пример 2.5. Требуется определить полные тепловыделения от людей в зрительном зале с числом посадочных мест 600 при температуре внутреннего воздуха 23°С.

Решение. По табл. 2.2 путем интерполирования определяем, что в состоянии покоя 1 чел. при температуре 23°С выделяет 102 Вт тепла. Следовательно, тепловыделения от 600 чел. составляют 61,2 кВт.

Тепловыделения от источников искусственного освещения. Количество тепла, поступающего в помещение от источников искусственного освещения, следует определять по фактической или проектной мощности светильников. При этом считают, что вся энергия, затрачиваемая на освещение, переходит в тепло, нагревающее воздух помещения. Установлено, что если осветительная арматура и лампы находятся вне пределов помещения (чердачные помещения бесфонарного здания, остекленные стены и т. д.) или светильники снабжены местными отсосами, то доля тепла, поступающего в помещение $\eta_{осв}$, составляет 0,45 при люминесцентных лампах и 0,15 при лампах накаливания от расходуемой на освещение энергии.

ТАБЛИЦА 2.3. УРОВЕНЬ ОБЩЕГО ОСВЕЩЕНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ

Помещение	Освещенность рабочих поверхностей, лк	Помещение	Освещенность рабочих поверхностей, лк
Отделения литейных цехов:		Общественные здания и вспомогательные помещения предприятий:	
формовки	75	читальные залы, проектные кабинеты, рабочие и классные комнаты, аудитории	300
плавильно-заливочное	150	проектные залы, конструкторские бюро	500
выбивки	150	залы заседания, спортивные, актовые и зрительные залы клубов, фойе театров	200
отрубки и очистки	75	крытые бассейны, фойе клубов и кинотеатров	150
Кузнечные, термические, прессовые, холодноштамповочные, малярные, сборочные цехи и цехи металлопокрытий	150	зрительные залы кинотеатров	75
Механические, сборочно-сварочные, деревообрабатывающие и модельные цехи	200	палаты и спальные комнаты санатория	75
Помещения гаражей:		обеденные залы, буфеты	200
мытья и уборки автомобилей	150	номера гостиниц	100
технического обслуживания и ремонта автомобилей	200	Торговые залы магазинов:	
хранения автомобилей	20	продовольственных	400
Помещения инженерных сетей:		промышленных товаров	300
вентиляционные камеры	20	хозяйственных товаров	200
помещения кондиционеров, насосов, тепловые пункты	75		

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

Если мощность светильников неизвестна, то тепловыделения от источников освещения $Q_{осв}$, Вт, можно определить по формуле

$$Q_{осв} = E F q_{осв} \eta_{осв}, \quad (2.8)$$

где E — освещенность, лк, принимаемая по табл. 2.3; F — площадь пола помещения, м^2; $q_{осв}$ — удельные тепловыделения, Вт/(м^2·лк), определяемые по табл. 2.4; $\eta_{осв}$ — доля тепла, поступающего в помещение (см. с. 21).

ТАБЛИЦА 2.4. УДЕЛЬНЫЕ ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЯ ОТ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ЛАМП

Тип светильника	Распределение потока света, %		Средние удельные выделения тепла, Вт/(м^2·лк), для помещений площадью, м^2					
			>200		50—200		<50	
			при высоте помещения, м					
	вверх	вниз	4,2	4,2	3,6	3,6	3,6	3,6
Прямого света	5	95	0,067	0,560	0,074	0,058	0,102	0,07
Преимущественно прямого света	25	75	0,082	0,071	0,087	0,073	0,122	0,190
Диффузного рассеянного света	50	50	0,094	0,077	0,102	0,079	0,166	0,116
Преимущественно отраженного света	75	25	0,140	0,108	0,152	0,114	0,232	0,166
Отраженного света	95	5	0,145	0,108	0,154	0,264	0,264	0,161

Примечание. При использовании ламп накаливания необходимо вводить поправочный коэффициент 2,75.

Тепловыделения от источников освещения рабочих мест учитывают независимо от периода года и времени суток, а от источников общего освещения — с учетом времени суток и архитектурно-планировочных решений.

Пример 2.6. Требуется определить тепловыделения от источников общего освещения люминесцентными лампами диффузного рассеяния в торговом зале магазина промышленных товаров площадью 200 м^2. Высота зала 4,2 м. Светильники находятся вне помещения.

Решение. По табл. 2.3 принимаем освещенность, равную $E=300$ лк. Удельные тепловыделения составляют (см. табл. 2.4) $q_{осв}=0{,}102$ Вт/(м^2·лк), а доля тепловой энергии, попадающей в помещение, $\eta_{осв}=0{,}45$. Тогда тепловыделения в помещении, определяемые по формуле (2.8), будут равны

$$Q_{осв} = 300 \cdot 200 \cdot 0{,}102 \cdot 0{,}45 = 2754 \text{ Вт}.$$

Тепловыделения в помещения за счет солнечной радиации. Определение количества тепла, поступающего в помещения в теплый период года за счет солнечной радиации через световые проемы и покрытия, производится по методике, изложенной в работе [4].

Тепловыделения от производственного оборудования и технологических процессов. Технологическое оборудование, снабженное электроприводом, обогреваемое сжиганием различного вида топлива или электроэнергией, а также преобразующее электроэнергию, выделяет в помещение тепло.

Поступление тепла от электродвигателей механического оборудования и приводимых ими в действие машин, установлен-

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ных в общей помещении, $Q_{общ}$, Вт, определяют по формуле

$$Q_{общ} = N_у\, k_{сп}\, (1 - k_п\, \eta + k_т\, k_п\, \eta)\ 10^3. \qquad (2.9)$$

Если электродвигатели и приводимое ими механическое оборудование находятся в разных помещениях, то тепловыделения определяют отдельно:

для электродвигателей

$$Q_{эл.дв} = N_у\, k_{сп}\, (1 - k_п\, \eta)\ 10^3; \qquad (2.10)$$

для оборудования

$$Q_{об} = N_у\, k_{сп}\, k_т\, k_п\, \eta \cdot 10^3. \qquad (2.11)$$

К оборудованию, преобразующему электроэнергию, относятся трансформаторы, мотор-генераторы (умформеры) и различные выпрямители. Тепловые поступления от сварочных трансформаторов, мотор-генераторов и выпрямителей учитывают вместе с поступлением тепла от процессов сварки и резки. Тепловые поступления от мотор-генераторов в гальваническом и травильном производстве $Q_{м-г}$, Вт, находят по формуле

$$Q_{м-г} = N_у\, k_{сп}\, (1 - k_п\, \eta\, \eta_1)\ 10^3. \qquad (2.12)$$

Тепловыделения от полупроводниковых выпрямителей $Q_{п.в}$, Вт, рассчитывают по формуле

$$Q_{пв} = (30 - 50)\ I_н. \qquad (2.13)$$

или

$$Q_{пв} = 80\ N_у. \qquad (2.14)$$

В формулах (2.9)—(2.14) приняты следующие обозначения: $N_у$ — установочная (номинальная) мощность электродвигателей или выпрямителей, кВт; $k_{сп}$ — коэффициент спроса на электроэнергию, принимаемый по заданию к проекту, а при отсутствии данных — по табл. 2.5; $k_п$ — коэффициент, учитывающий полноту загрузки электродвигателя и принимаемый по заданию к проекту или следующим данным: при загрузке электродвигателя от 1 до 0,5 $k_п = 1$, при загрузке электродвигателя $< 0{,}5$ $k_п = 0{,}9$; η — КПД электродвигателя при полной его загрузке, принимаемый по каталожным данным или следующей зависимости:

$N_у$	$< 0{,}50$	0,5—5	5—10	10—28	28—50	> 50
η	0,75	0,84	0,85	0,88	0,90	0,92

$k_т$ — коэффициент перехода тепла в помещении, принимаемый равным: для станков ткацкого производства — 1, для металлорежущих станков без охлаждения эмульсией режущего инструмента — 1, с охлаждением режущего инструмента эмульсией — 0,9, для вентиляторов — 0,1, для насосов — 0; η_1 — КПД генератора при данной загрузке, равный 0,9—0,95; $I_н$ — номинальный ток выпрямителя.

Пример 2.7. Требуется определить тепловыделения от металлорежущего станка крупносерийного производства с охлаждением эмульсией режущего инструмента. Установленная мощность электродвигателя $N_у = 7{,}2$ кВт, коэффициент загрузки электродвигателя равен 0,9.

Р е ш е н и е. Коэффициент спроса на электроэнергию $k_{сп}$ по табл. 2.5 принимаем равным 0,2; коэффициент перехода тепла в помещении $k_т = 0{,}9$, коэффициент, учитывающий загрузку электродвигателя, $k_п = 1$ и КПД самого электродвигателя $\eta = 0{,}85$.

Определяем тепловыделения от станка по формуле (2.9):

$$Q_{общ} = 7{,}2 \cdot 0{,}2\ (1 - 0{,}85 + 0{,}9 \cdot 0{,}85)\ 10^3 = 1312 \text{ Вт}.$$

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ТАБЛИЦА 2.5. КОЭФФИЦИЕНТ СПРОСА НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ $k_{сп}$ РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Вид производства и промышлениости	Значения $k_{сп}$
Цветная и черная металлургия:	
доменные цехи	0,6
мартеновские цехи	0,3
цехи производства огнеупорного кирпича	0,6—0,7
электрические печи сопротивления и шкафы при непрерывной загрузке	0,8
то же, при периодической загрузке	0,6
дуговые электрические печи емкостью 3—10 т	0,7
то же, 0,5—1,5 т	0,55
Машиностроительиая и металлообрабатывающая промышленность:	
металлорежущие станки мелкосерийного производства	0,14
то же, крупиосерийного производства	0,2
индукционные печи, двигатели генератора	0,8
выпрямители полупроводниковые	0,5
кузнечные машины	0,4
Сварочное производство:	
трансформаторы ручной сварки	0,35
трансформаторы автоматической сварки	0,5
машины точечиой сварки	0,6
машиины шовной сварки	0,35
Деревообрабатывающая промышлéииость:	
деревообрабатывающие цехи	0,5
сушильные камеры	0,5
малярные цехи	0,65
лакокрасочные отделеиия	0,8
Пищевая промышленность:	
сахариые заводы	0,55
мясокомбиниаты	0,5—0,55
птицекомбинаты	0,4—0,45
молочиые заводы	0,44—0,48
маслозаводы	0,55—0,58
мельиицы	0,7—0,8
крупозаводы	0,65—0,7
комбикормовые заводы	0,45—0,55

Тепловыделения от нагретых поверхностей. Передача тепла через стенки укрытий местных отсосов и воздуховодов, $Q_п$, Вт, равна

$$Q_п = K F (t_с - t_в). \qquad (2.15)$$

Если известна температура нагретой поверхности, то

$$Q_п = \alpha_0 F (t_п - t_в), \qquad (2.16)$$

где K — коэффициеит теплопередачи через стеику конструкции, Вт/(м².°С); F — площадь иагретой поверхности, м²; $t_с$, $t_в$, $t_п$ — температура соответствеиио среды под укрытием, воздуха в помещеиии и нагретой поверхиости, °С.

Коэффициент теплоотдачи α_0, Вт/(м²·К), в формуле (2.16) для укрытий местных отсосов и воздуховодов может быть определен по формуле

$$\alpha_0 = 11{,}6 \sqrt{v},$$

а для поверхности нагретой воды — по формуле

$$\alpha_0 = 5{,}7 + 4{,}1 v,$$

где v — скорость движеиия воздуха около укрытий, м/с.

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

Тепловыделения 1 м гладкой неизолированной трубы систем отопления и теплоснабжения можно принимать по табл. 2.6.

ТАБЛИЦА 2.6. ТЕПЛООТДАЧА 1 м ВЕРТИКАЛЬНОЙ ТРУБЫ

Разность температур трубы и окружающего воздуха, °С	Значения Q, Вт, при наружном диаметре трубы, мм									
	26,8	33,5	42,3	48	60	76	89	108	133	159
50	41,9	63,8	81,2	91,6	113,7	142,7	168,2	198,4	243,6	301,6
60	63,8	81,2	102,1	116	142,7	179,8	208,8	250,6	313,2	394,4
70	78,9	97,4	123	139,2	172,8	219,2	255,2	313,2	390,9	522
80	92,8	116	139,21	164,7	193,7	255,2	307,4	368,9	475,6	638
90	104,4	133,4	168,2	191,4	234,3	301,6	365,4	421,1	580	—
100	121,8	150,8	191,4	220,4	269,1	353,8	431,5	522	—	—
110	136,9	171,7	215,8	245,9	310,9	407,2	510,4	—	—	—
120	154,3	192,6	254	278,4	348	464	—	—	—	—
130	171,7	212,3	269,1	313,2	368,3	—	—	—	—	—
140	187,9	232	299,3	348	429,2	—	—	—	—	—
150	203	252,9	324,8	373,5	464	—	—	—	—	—

Расчет тепла, поступающего в помещение с открытой поверхности нагретой воды, $Q_в$, Вт, определяется по формулам:

для явного тепла

$$Q_в^я (5,7 + 4,1 v_в) (t_{пов} - t_в) F; \quad (2.17)$$

для полного тепла

$$Q_в^п = 0,278 M_{H_2O} I_п, \quad (2.18)$$

где $v_в$ — скорость воздуха в помещении, м/с; $t_{пов}$, $t_в$ — температура соответственно поверхности воды и воздуха в помещении, °С; F — площадь поверхности испарения, м²; M_{H_2O} — количество испарившейся воды, кг/ч; $I_п$ — энтальпия пара при температуре испарения, кДж/кг.

Тепловыделения от оборудования, обогреваемого электричеством или сжиганием топлива. Теплопоступления от электрических нагревательных печей и сушил $Q_{печ}$, Вт, определяют по формуле

$$Q_{печ} = N_у k_1 \cdot 10^3, \quad (2.19)$$

а для оборудования и процессов, в которых сжигается жидкое, твердое или газообразное топливо, — по формуле

$$Q = 0,278 B Q_н^р k_2 \eta, \quad (2.20)$$

где k_1, k_2 — коэффициенты, учитывающие долю тепла, поступающего в помещение (табл. 2.7); B — расход топлива, кг/ч; $Q_н^р$ — теплотворная способность топлива кДж/кг (табл. 2.8); η — коэффициент неполноты сгорания топлива, принимаемый равным 0,95—0,98.

Тепловыделения $Q_{эл}$, Вт, от оборудования, потребляющего электроэнергию, удобно рассчитывать для отдельных помещений по удельным тепловым поступлениям в зависимости от вида производства по формуле

$$Q_{эл} = N_у q_{эл}, \quad (2.21)$$

где $q_{эл}$ — удельные тепловые поступления в помещение Вт/кВт, принимаемые по табл. 2.7.

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ТАБЛИЦА 2.7. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЯ

Вид производств, помещений, оборудования и технологических процессов	Удельные теплопоступления, Вт/кВт	Доля тепла, поступающего в помещение при обогреве оборудования	
		электричеством	топливом
Литейное производство:			
1) Склады шихты и формовочных материалов:			
электродвигатели привода	151	0,15	—
сушила песка и глины	—	—	0,06
2) Электродвигатели привода смесеприготовительного отделения	151	0,15	—
3) Поверхностная сушка формовочного отделения	—	—	0,205
4) Стержиевое и сушильное отделение:			
тепло от сушил отдельно стоящих	—	—	0,079
то же, примыкающих одной стеной	—	—	0,067
то же, примыкающих двумя стенами	—	—	0,043
5) Плавильное отделение:			
индукционная печь плавки емкостью 100 кг	580	0,58	—
то же, 500 кг	517	0,52	—
то же, 2000 кг	438	0,44	—
электродуговая печь плавки емкостью 500 кг	299	0,33	—
то же, 3000 кг	260	0,26	—
то же, 10 000 кг	180	0,18	—
сушка ковшей	—	—	0,048
6) Плавильно-заливочное отделение:			
электродуговые печи	499	0,5	—
индукционные »	151	0,15	—
тигельные газовые печи	—	—	0,048
7) Отделение цветного машинного литья, раздаточные печи	—	—	0,048
8) Отделение термической обработки литья, печи отжига	1000	1	0,084
Металлообрабатывающее производство:			
станки без охлаждения режущего инструмента	250	0,25	—
станки с охлаждением режущего инструмента	151	0,15	—
Термическое производство:			
нагревательное оборудование печных залов заводов тяжелого машиностроения	371	0,37	0,131
то же, автотракторных и инструментальных заводов	574	0,57	0,098
отделение цианирования, горячие ванны	—	—	0,036
Помещение установок ТВЧ	81	0,08	—
Кузнечно-прессовое производство:			
молотовые пролеты (печи, молоты, прессы, изделия)	615	0,62	0,127
пролеты с прессами и ковочными машинами (печи, прессы, изделия и т. д.)	615	0,62	0,108
Сварочное производство:			
точечная сварка	250	0,25	—
плазменная и электродуговая сварка, напыление, электрорезка	748	0,75	0,239
печи отжига	1000	1	0,084
электродвигатели привода	151	0,15	—
Окрасочное производство, сушила	348	0,35	0,084

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ТАБЛИЦА 2.8. ТЕПЛОТВОРНАЯ СПОСОБНОСТЬ ТОПЛИВА

Топливо	Теплотворная способность топлива	Топливо	Теплотворная способность топлива
Бутан	120 250*	Мазут	38 970**
Пропан	91 340*	Условное твердое	29 330**
Ацетилен	47 770*	топливо	
Газ:		Каменный уголь	25 140**
природный	35 620*	Кокс	21 780**
доменный	18 860*	Древесные отходы	10 220**

Примечание. Теплотворная способность топлива, отмеченного одной звездочкой, дана в кДж/м³, двумя — в кДж/кг.

Расчет тепловыделений от технологического оборудования можно вести детальным способом, например определяя теплопоступления от боковых стен, пода, свода, через загрузочное отверстие печи и т. д. Пример такого расчета приведен в учебнике [3], с. 55—59.

Тепловыделения от остывающего материала и продукции. Тепловые поступления от нагретого материала $Q_{мат}$, Вт, в межоперационный период равны

$$Q_{мат} = [G_{мат}\, c\, (t_1 - t_2)]/z, \qquad (2.22)$$

где $G_{мат}$ — количество остывающего материала, кг/ч; c — средняя по температуре теплоемкость материала, принимаемая по табл. 2.9, кДж/(кг·К); t_1, t_2 — начальная и конечная температура материала, °С; z — интервал времени, в течение которого принимается снижение температуры материала, ч.

ТАБЛИЦА 2.9. СРЕДНЯЯ ТЕПЛОЕМКОСТЬ МАТЕРИАЛОВ И ПРОДУКЦИИ

Материал и продукция	Теплоемкость, кДж/(кг К)	Материал и продукция	Теплоемкость, кДж/(кг·К)
Сталь	0,723	Печенье	2,17
Чугун	0,75	Сахар	1,23
Дерево	2,6	Крахмал	1,88
Карамельная масса	2,13	Солод ячменный	2,13
Конфетная масса	2,5		

В термическом производстве в межоперационный период допускается снижение температуры металла на 5° за 0,006 ч, т. е. 22 с. Если процессы термического производства организованы без межоперационных периодов, то тепловые поступления от технологического оборудования должны быть уменьшены на величину тепловых поступлений от металла в эти периоды.

В кузнечно-прессовом производстве тепловые поступления от нагревательных печей приняты с учетом охлаждения металла в помещении, где он нагревался. Если нагретый металл после обработки на молотах и прессах поступает за пределы помещения, то необходимо определять количество тепла, отводимого за пределы помещения, и вычитать его из тепловых поступлений от технологи-

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ческого оборудования. Температуру поковок, поступающих за пределы помещения, принимают по данным задания. Время полного охлаждения поковки может быть принято: при массе ее до 200 кг — 1 ч, до 500 кг — 2 ч и до 1000 кг — 3 ч.

Тепловые поступления при остывании 1 т расплавленного металла в литейном производстве принимают равными $1{,}26 \cdot 10^6$ кДж — для чугуна; $1{,}47 \cdot 10^6$ кДж — для стали; $0{,}8 \cdot 10^6$ кДж — для бронзы и $0{,}75 \cdot 10^6$ кДж — для латуни. Распределение этих тепловыделений по отделениям для различных металлов приведено в табл. 2.10.

ТАБЛИЦА 2.10. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛА ПО ОТДЕЛЕНИЯМ ПРИ ЗАЛИВКЕ МЕТАЛЛА

Отделения	Значения тепловыделений для металла, %			
	чугун	сталь	латунь	бронза
Заливка на плацу				
Заливки	79	83	81	82
Формовочное	19	15	17	16
Обрубное	2	2	2	2
Заливка в кокиль или центробежное литье				
Заливочное	98	98	98	98
Обрубное	2	2	2	2

Приближенный расчет тепловыделений в горячих цехах. При отсутствии необходимых данных, а также для приближенного расчета теплопоступления от производственного оборудования и технологических процессов могут быть приняты по результатам натурных испытаний. Так, теплоизбытки в горячих цехах $Q_{изб}$, Вт, могут быть рассчитаны по формуле

$$Q_{изб} = q_п V_п, \qquad (2.23)$$

где $q_п$ — теплонапряженность помещения, Вт/м³, принимаемая в зависимости от его объема по табл. 2.11; $V_п$ — объем помещения, м³.

ТАБЛИЦА 2.11. ТЕПЛОНАПРЯЖЕННОСТЬ ГОРЯЧИХ ЦЕХОВ

Цех	Теплонапряженность, Вт/м³, при объеме цеха, тыс. м³				
	25	50	100	250	250
Мартеновский, конверторный, электросталеплавильный	—	—	280	200	175
Прокатный	—	200	175	140	116
Стале-чугунолитейный	58	42	—	—	—
Термический	290	175	—	—	—
Кузнечно-прессовый	230	160	90	—	—

Поступление тепла от системы отопления при невозможности ее отключения (например, дежурного отопления местными нагревательными приборами) равно

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

$$Q_{от} = Q_о \left[(t_{ср} - t_в)/(t_{ср.от} - t_{в.от})\right]^{1+n}, \qquad (2.24)$$

где $Q_о$ — расчетные теплопотери для системы отопления, Вт; $t_{ср}$, $t_{ср\ от}$ — средняя температура теплоносителя в нагревательных приборах, °С, соответственно в нерабочее и рабочее время суток; $t_в$, $t_{в\ от}$ — температура воздуха в помещении, °С, в нерабочее и рабочее время; n — показатель степени температурного напора нагревательного прибора. $n = 0{,}15 \div 0{,}32$.

§7. УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА ПОМЕЩЕНИЯ

Уравнение теплового баланса помещения в общем случае имеет вид:

по полному теплу

$$Q^{п}_{изб} + \sum_{1}^{n} G_{пi}\, I_{пi} - \sum_{1}^{m} G_{уj} = 0; \qquad (2.25)$$

по явному теплу

$$Q^{я}_{изб} + c_в \sum_{1}^{n} G_{пi}\, t_{пi} - c_в \sum_{1}^{m} G_{уj}\, t_{уj} = 0, \qquad (2.26)$$

где $G_{пi}$ — расход воздуха, подаваемого в помещение i-й приточной системой (при общем их числе n), кг/ч; $G_{уj}$ — расход воздуха, удаляемого из помещения j-й вытяжной системой (при общем их числе m), кг/ч; $I_{пi}$, $I_{уi}$, $t_{пi}$, $t_{уj}$ — соответственно энтальпия, кДж, и температура, °С, приточного или удаляемого воздуха; $c_в$ — удельная теплоемкость воздуха, кДж/(кг·К).

Здесь и далее величина избытков тепла (с индексом «п» по полному теплу, «я» — по явному теплу) может быть отрицательной.

Уравнения воздушного баланса в помещениях для частных случаев будут иметь следующий вид.

1. В помещении с общеобменной вентиляцией («один приток — одна вытяжка»):

по полному теплу

$$Q^{п}_{изб} + G_п\, I_п - G_у\, I_у = 0; \qquad (2.27)$$

по явному теплу

$$Q^{я}_{изб} + c_в\, G_п\, t_п - c_в\, G_у\, t_у = 0. \qquad (2.28)$$

2. В помещении с общеобменной вентиляцией, где работают местные отсосы («один приток — две вытяжки»):

$$Q^{п}_{изб} + G_п\, I_п - G_у\, I_у - G_{м\ о}\, I_{м.о} = 0; \qquad (2.27')$$

$$Q^{я}_{изб} + c_в\, G_п\, t_п - c_в\, G_у\, t_у - c_в\, G_{м.о}\, t_{м.о} = 0, \qquad (2.28')$$

где $I_{м\ о}$, $t_{м\ о}$ — параметры воздуха на входе в местный отсос (обычно параметры воздуха обслуживаемой или рабочей зоны помещения).

3. В помещении с общеобменной вентиляцией, где имеется поступление воздуха (либо из соседних помещений, либо из сис-

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

тем местной приточной вентиляции) с параметрами, несовпадающими с общеобменным притоком:

$$Q^{\text{п}}_{\text{изб}} + G_{\text{п}}\, I_{\text{п}} + G_{\text{м.п}}\, I_{\text{м.п}} - G_{\text{у}}\, I_{\text{у}} = 0; \qquad (2.29)$$

$$Q^{\text{я}}_{\text{изб}} + c_{\text{в}}\, G_{\text{п}}\, t_{\text{п}} + c_{\text{в}}\, G_{\text{м.п}}\, t_{\text{м.п}} - c_{\text{в}}\, G_{\text{у}}\, t_{\text{у}} - c_{\text{в}}\, G_{\text{м.о}}\, t_{\text{м.о}} = 0. \qquad (2.30)$$

4. В помещении с общеобменной вентиляцией, где имеется местная вытяжная и приточная вентиляция (или предусмотрено перетекание воздуха):

$$Q^{\text{п}}_{\text{изб}} + G_{\text{п}}\, I_{\text{п}} + G_{\text{м.п}}\, I_{\text{м.п}} - G_{\text{у}}\, I_{\text{у}} - G_{\text{м.о}}\, I_{\text{м.о}} = 0; \qquad (2.31)$$

$$Q^{\text{я}}_{\text{изб}} + c_{\text{в}}\, G_{\text{п}}\, t_{\text{п}} + c_{\text{в}}\, G_{\text{м.п}}\, t_{\text{м.п}} - c_{\text{в}}\, G_{\text{у}}\, t_{\text{у}} - c_{\text{в}}\, G_{\text{м.о}}\, t_{\text{м.о}} = 0. \qquad (2.32)$$

Уравнения теплового баланса используют для расчета воздухообменной вентиляции, т. е. для определения значений $G_{\text{п}}$ и $G_{\text{у}}$, кг/ч. Для этого необходимо решить систему двух уравнений: уравнения теплового баланса и уравнения воздушного баланса помещения.

Для определения расхода воздуха системой местной вентиляции и перетекающего между смежными помещениями, а также параметров его (энтальпии, температуры) имеется серия методических приемов, рассмотренных в других параграфах пособия.

Глава 3. Расчет поступлений в помещение вредных веществ

§8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАГОПОСТУПЛЕНИЯ

Поступление влаги в помещение происходит в результате испарения с поверхности кожи и дыхания людей, испарения со свободной поверхности, испарения с влажных поверхностей материалов и изделий, а также сушки материалов, химических реакций, работы технологического оборудования. В помещении могут быть и различные стоки влаги. В первую очередь сюда следует отнести поглощение влаги находящимися в помещении материалами и конденсацию водяных паров на холодных поверхностях, температура которых ниже температуры точки росы внутреннего воздуха.

Влаговыделения людей в зависимости от их состояния и температуры окружающего воздуха можно определять по табл. 2.2.

Количество влаги, испарившейся с поверхности некипящей воды, $M_{\text{H}_2\text{O}}$, кг/ч, в инженерных расчетах определяется эмпирической зависимостью:

$$M_{\text{H}_2\text{O}} = (a + 0{,}131\, v_{\text{в}})\ (p_{\text{пов}} - p_{\text{окр}})\ \frac{101{,}325}{B}\, F, \qquad (3.1)$$

где a — коэффициент, зависящий от температуры поверхности испарения $t_{\text{п.и}}$ следующим образом:

$t_{\text{п.и}}$, °С	До 30	40	50	60	70	80	90	100
a	0,02	0,028	0,033	0,037	0,041	0,046	0,051	0,06

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

$p_{пов}$, $p_{окр}$ — парциальное давление водяного пара, соответственно при температуре поверхности испарения жидкости и полном насыщении и в окружающем воздухе, кПа; B — барометрическое давление, кПа; $v_в$ — скорость воздуха над поверхностью испарения, м/с; F — площадь поверхности испарения, м².

Для некипящей жидкости, без механического ее перемешивания температура поверхности испарения $t_{п.и}$ зависит от средней температуры воды $t_{ср}$ следующим образом:

$t_{ср}$, °С	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$t_{п.и}$, °С	18	28	37	45	51	58	69	82	97

Количество влаги, испарившейся при кипении воды $M_{кип}$, кг/ч, зависит от количества подводимого к воде тепла и характера укрытия кипящей воды и может быть определено по формуле

$$M_{кип} = 3{,}6\,K_{ук}\,(Q/r), \qquad (3.2)$$

где $K_{ук}$ — опытный коэффициент, принимаемый равным: при устройстве плотных укрытий без отсоса воздуха — 0,1, при отсосе воздуха — 0,20—0,25; Q — мощность теплового источника испарения, Вт; r — скрытая теплота испарения, кДж/кг.

Ориентировочно интенсивность испарения может быть принята равной 40—50 кг в 1 ч с 1 м² поверхности.

Количество воды $M_{ад}$, кг/ч, поступающей в воздух при адиабатическом процессе, определяют по формуле

$$M_{ад} = 6 \cdot 10^{-3}\,(t_в - t_м)\,F, \qquad (3.3)$$

где $t_в$, $t_м$ — температура воздуха помещения соответственно по сухому и мокрому термометрам, °С.

Количество водяных паров, образующихся при химических реакциях, в том числе и при горении веществ, определяется по соответствующим химическим формулам или по опытным данным. Так, при сжигании 1 кг горючего количество образовавшейся влаги может быть определено по табл. 3.1.

ТАБЛИЦА 3.1. КОЛИЧЕСТВО ВЛАГИ $M_{гор}$, ОБРАЗУЮЩЕЙСЯ ПРИ СГОРАНИИ 1 КГ ТОПЛИВА

Горючее вещество	$M_{гор}$, кг/кг
Водяной генераторный газ	0,61
Ацетилен	0,70
Бензин	1,40

Значительное количество водяного пара поступает в воздух производственных помещений от металлорежущих станков при применении охлаждающих эмульсий. Значение этих влаговыделений в среднем может быть принято равным 0,15 кг на 1 кВт установочной мощности станков.

В котельные помещения ТЭЦ при работе котлоагрегатов поступает пар. Его количество $Q_п$ принимается в зависимости от производительности котла $G_к$:

$G_к$, т/ч	60	90	100	150
$Q_п$, кг/ч	300	400	450	480

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

Количество пара, прорывающегося через неплотности соединений трубопроводов и запорно-регулирующей арматуры может быть принято в процентах от его расхода. Так, на сахарных заводах это значение принимается равным 5%, на консервных заводах — 3%, на кондитерских фабриках — 2%.

Влаговыделения от различного технологического оборудования очень разнообразны и обычно принимаются по справочным данным [8,42].

Кроме выделения, влага в помещении может поглощаться материалами, обладающими гигроскопическими свойствами, а также в результате конденсации водяных паров на поверхностях, температура которых ниже температуры точки росы воздуха. Так, количество влаги $M_{погл}$, кг/ч, поглощаемой бумагой и картоном, может быть подсчитано по формуле

$$M_{погл} = (0{,}02 \div 0{,}03)\ M_{бум}, \qquad (3.4)$$

где $M_{бум}$ — масса бумаги, кг, обрабатываемая в течение 1 ч.

§9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГАЗО- И ПАРОВЫДЕЛЕНИЙ

В помещениях имеются самые разнообразные источники газа и пара. В первую очередь сюда следует отнести: выделения со свободной поверхности жидкостей; утечку через неплотности аппаратуры и трубопроводов; выделения продуктов сгорания при сжигании топлива и при работе автомобильных двигателей; выделения при различных технологических операциях (окраске, гальванизации, травлении металлов, сварке).

Количество двуокиси углерода CO_2, содержащейся в выдыхаемом человеком воздухе, зависит от интенсивности его труда и обычно определяется по табличным данным (см. табл. 2.2).

Количество паров $M_{исп}$, кг/ч, испаряемых со свободной поверхности жидкости в окружающий воздух, определяется зависимостью

$$M_{исп} = 0{,}93\, k_t\, D\, (c_п - c_о)\, L^{k_{м.о}}\, b^{0{,}1}\, F\, \varphi^{-0{,}9}, \qquad (3.5)$$

где k_t — коэффициент, зависящий от разности температур Δt, °С, поверхности жидкости и окружающего воздуха:

Δt, °С	10	20	30	40	50
k_t	0,614	0,58	0,54	0,48	0,44

$c_п$, $c_о$ — концентрация паров вещества соответственно на поверхности раствора и в окружающем воздухе, кг/м³, определяемая по их парциальным давлениям зависимостью:

$$c = \frac{M}{29{,}2}\ \frac{p}{B - p}\ \rho_в$$

(здесь M — молярная масса вещества, кг/кмоль (табл. 3.2); p — парциальное давление паров вещества, Па (см. табл. 3.2); $\rho_в$ — плотность воздуха, кг/м³); L — расход воздуха в местном (бортовом) отсосе, м³/ч; $k_{м.о}$ — коэффициент местного отсоса, принимаемый при работающем отсосе равным 0,9, при неработающем — 0; b — характерный размер (ширина ванны) поверхности испарения, м; φ — пространственный угол подтекания воздуха к местному отсосу (при отсутствии местного отсоса $\varphi = 1$, для отсоса у стены $\varphi = 0{,}5\pi$, для отсоса у ванны, расположенной рядом с ванной, не имеющей отсоса, $\varphi = \pi$, для отдельно стоящей ванны $\varphi = 1{,}5\pi$).

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ТАБЛИЦА 3.2. МОЛЯРНАЯ МАССА M И ПАРЦИАЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ p НАСЫЩЕННОГО ПАРА НЕКОТОРЫХ ЖИДКОСТЕЙ ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ 20°С

Жидкость	M, кг/кмоль	p, Па	Жидкость	M, кг/кмоль	p, Па
Этиловый эфир	88	5720	Аинлии	93	40
Ацетон	58	3720	Нитробензол	124	40
Этиловый спирт	46	2000	Ртуть	207	0,16
Беизол	78	2000	Серная кислота	98	0,01
Дихлорэтаи	98	2000	Щелочи (NaOH, KOH)	40; 56	0
Амиловый спирт	—	532			
Хлорбензол	112	532			

Если жидкость не перемешивается, то температура ее поверхности определяется по зависимости на стр. 31.

Коэффициент диффузии пара в воздухе $Д$, м²/ч, зависящий от температуры жидкости $t_ж$, °О, и барометрического давления B, кПа, находят по формуле

$$Д = Д_0 \left(\frac{273 + t_ж}{273}\right)^2 \frac{101{,}325}{B}, \qquad (3.6)$$

где $Д_0$ — коэффициент диффузин прн нормальных условнях (для водяного пара $Д_0$=0,0754 м²/ч, хлористого водорода $Д_0$=0,047 м²/ч, цианистого водорода $Д_0$= =0,062 м²/ч, паров азотной кислоты $Д_0$=0,033 м²/ч).

Коэффициент диффузии для любых газов и паров может быть определен по закону Грэхема, согласно которому в одинаковых условиях скорости диффузии газов $Д_1$ и $Д_2$ обратно пропорциональны их молярным массам M_1 и M_2, т. е.

$$Д_1/Д_2 = \sqrt{M_1/M_2}.$$

Концентрацию паров в окружающем воздухе следует принимать по величине их предельно допустимой концентрации.

Утечка паров и газов через неплотности аппаратуры и трубопроводов зависит от их внутреннего давления. При перепаде давления в оборудовании и окружающей среде Δp менее $0{,}2 \cdot 10^5$ Па количество газа, попадающего в помещение $M_г$, кг/ч, определяется по формуле

$$M_г = 5090\, \mu f \sqrt{\Delta p\, \rho_г}, \qquad (3.7)$$

где μ — коэффициент расхода, для щелевых отверстий μ=0,6÷0,7; f — суммарная площадь неплотностей, принимаемая по паспортным данным нли по заданию к проекту, м²; $\rho_г$ — плотность газа, кг/м³.

При давлении в оборудовании или трубопроводе p более $0{,}2 \cdot 10^5$ Па количество истекающего через неплотности газа $M_г$, кг/ч, можно определить по формуле Н. Н. Репина:

$$M_г = 1{,}5 K_д V \sqrt{M/T}, \qquad (3.8)$$

где $K_д$ — коэффицнент, завнсящнй от давления газа в оборудованин и определяемый по рис. 3.1; V — внутренний объем аппарата или трубопровода, м³; M —

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

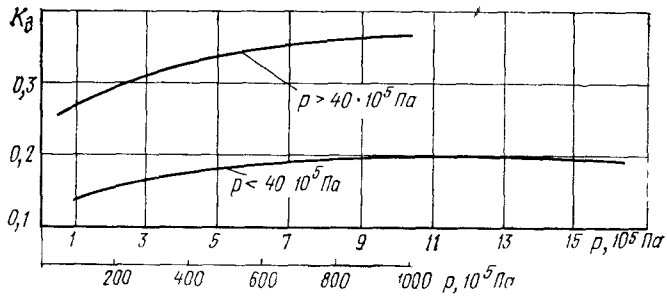


Рис. 3.1. К определеиию коэффициеита $K_д$

моляриая масса газов или паров, иаходящихся под давлеиием, кг/кмоль; T — абсолютиая температура газов или паров, К.

Расход вредных веществ через сальники насосов $M_н$, кг/ч, можно определить по формуле

$$M_н = 25\ d\ \sqrt{p}, \qquad (3.9)$$

где d — диаметр вала или штока, мм; p — давление, развиваемое иасосом, Па.

Поступление газообразных вредных выделений при работе автомобильных двигателей. Основными вредными выделениями при работе автомобильных двигателей являются окись углерода и окислы азота. Общие газовыделения $M_г$, г/ч, в помещениях для хранения и технического обслуживания автомобилей определяются по формуле

$$M_г = n\,q\,N\,k, \qquad (3.10)$$

где n — максимальное число автомобилей, выезжающих в течение 1 ч, выезд/ч; q — удельиые газовыделеиия, г/кВт, прииимаемое по табл. 3.3; N — мощность двигателя автомобиля, кВт (табл. 3.4); k — коэффициент учета интенсивности движеиия автомобилей (табл. 3.5).

ТАБЛИЦА 3.3. ГАЗОВЫДЕЛЕНИЯ ПРИ РАБОТЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Помещения	Удельные газовыделения, г/кВт					
	легковые автомобили		грузовые автомобили и автобусы			
			с карбюраторными двигателями		с дизельными двигателями	
	окись углерода	окислы азота в пересчете на NO_2	окись углерода	окислы азота в пересчете на NO_2	окись углерода	окислы азота в пересчете на NO_2
Для хранеиия автомобилей	1,63	0,027	2,32	0,041	0,68	0,27
Для техиического обслуживаиия автомобилей	1,09	0,022	1,36	0,033	0,54	0,22

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ТАБЛИЦА 3.4. МОЩНОСТЬ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Марка автомобиля	Мощность двигателя, кВт	Марка автомобиля	Мощность двигателя, кВт
Легковые:		ПАЗ-672	84
«Запорожец» ЗАЗ-968	30	ЛАЗ-695Е	110
«Жигули» ВАЗ-2101	47	ЛАЗ-699	132
» ВАЗ-21011	51	ЛиАЗ-677	132
» ВАЗ-2103	57	Грузовые:	
» ВАЗ-2106	59	ГАЗ-53А	84
«Москвич» М-2140	55	ЗИЛ-130	110
» М-2136	51	КАМАЗ-5320	154
«Волга» ГАЗ-24	72	УРАЛ-377	128
УАЗ-469	53	МАЗ-500	132
Автобусы:		КРАЗ-257	176
РАФ-982	72	Автомобильный тягач	110
КАВЗ-658	84	«Колхида» КАЗ-608	

ТАБЛИЦА 3.5. КОЭФФИЦИЕНТ k УЧЕТА ИНТЕНСИВНОСТИ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ

Помещения	Число выездов, выезд/ч	Значение k
Для технического обслуживаиия автомобилей	1	0,5
	2	0,6
	3	0,7
	4	0,8
	Более 4	1
Пост технического обслуживаиия	Независимо от числа выездов	0,5
Для поточных линий с перемещеинем автомобилей на конвейере		0,3
Для хранения автомобилей		1

В многоэтажных гаражах распределение газовыделений по объему здания в зависимости от его этажности может быть принято по табл. 3.6.

Пример 3.1. Требуется определить газовыделения на каждом этаже 3-этажного гаража для хранения легковых автомобилей марок «Жигули» ВАЗ-2101 и «Москвич» М-2140. В течение часа из гаража выезжает 12 автомобилей.

Решеине. По табл. 3.3 находим удельные газовыделения: 1,63 г/кВт — окиси углерода и 0,27 г/кВт — двуокиси азота. Коэффициент интенсивности движения k по табл. 3.5 равен 1. Считая, что выезжает поровну автомобилей разных марок, газовыделения для каждого этажа, с учетом табл. 3.6, определяем по формуле (3.10):

1-й этаж

$$M_{CO} = 12 \cdot 1,63 \frac{47 + 55}{2} 0,355 = 354,1 \text{ г/ч};$$

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ТАБЛИЦА 3.6. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГАЗОВЫДЕЛЕНИЙ ПО ЭТАЖАМ В МНОГОЭТАЖНЫХ ГАРАЖАХ

Здания	Распределение газовыделений по этажам, процент от общих газовыделений									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2-этажные	53	47								
3-этажные	35,5	34	30,5							
4-этажные	26,5	26	25	22,5						
5-этажные	21	21	20,5	19,5	18					
6-этажные	18	17	17	17	16	15				
7-этажные	15	15	15	14,5	14,5	14	12			
8-этажные	13	13	13	13	12,5	12,5	12	11		
9-этажные	12	11,5	11,5	11,5	11	11	11	10,5	10	
10-этажные	10,5	10,5	10,5	10,5	10	10	10	10	9,5	8,5

$$M_{NO_2} = 12 \cdot 0{,}027 \frac{47+55}{2} 0{,}355 = 5{,}8 \text{ г/ч};$$

2-й этаж

$$M_{CO} = 12 \cdot 1{,}63 \frac{47+55}{2} 0{,}34 = 339{,}2 \text{ г/ч};$$

$$M_{NO_2} = 12 \cdot 0{,}027 \frac{47+55}{2} 0{,}34 = 5{,}6 \text{ г/ч};$$

3-й этаж

$$M_{CO} = 12 \cdot 1{,}63 \frac{47+55}{2} 0{,}305 = 304{,}3 \text{ г/ч};$$

$$M_{NO_2} = 12 \cdot 0{,}027 \frac{47+55}{2} 0{,}305 = 5{,}1 \text{ г/ч}.$$

Газовыделения при сварочных работах. В настоящее время в промышленности и строительстве применяются свыше 60 различных видов сварки, наплавки и тепловой резки металлов и почти все они сопровождаются поступлением в воздушную среду сварочной пыли, окиси углерода, окислов азота и других вредных веществ, а плазменная резка, кроме того, большим шумом и ультрафиолетовым излучением. Степень вредности различных методов сварки возрастает в таком порядке: газовая сварка, сварка вольфрамовым электродом в инертном газе, плазменно-дуговая резка, сварка и наплавка. Наибольшие газовые выделения наблюдаются при сварке в среде защитных газов и тепловой резке металлов (особенно в начальный период процесса).

Выделения газов при различных способах сварочных работ и применяемых материалах приведены в работе [16].

Выделение вредных веществ при окраске изделий. Основными вредными веществами, выделяющимися при окраске изделий, являются летучие составляющие красок и лаков — пары растворителей. Интенсивность выделения летучих веществ зависит от физико-химических свойств лакокрасочного материала и микроклимата по-

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

мещения. В прил. II приведен состав распространенных многокомпонентных растворителей.

При окраске поверхности выделяют три периода, различающиеся по интенсивности выделения летучих веществ:

1) начальный, когда лакокрасочный материал наносится на поверхность и интенсивность выделения летучих веществ возрастает;

2) основной, когда материал наносится на поверхность и интенсивность выделения летучих веществ примерно постоянна;

3) конечный, когда окраска прекращена и интенсивность выделения летучих веществ уменьшается.

Для начального и основного периодов при высыхании лакокрасочного материала или при его нанесении кистевым способом выделение летучих веществ $M_л$, кг/ч, в нанесенном за время τ, мин, на поверхность материале составит [40]:

$$M_л = [1 - (1 - e^{-K\tau})\ /K\tau], \qquad (3.11)$$

где K — общий коэффициент, характеризующий процесс окраски; $G_{лк\ м}$ — расход лакокрасочного материала, кг/ч; m — доля компонента в растворителе (см. прил. II).

Общий коэффициент K, характеризующий процесс окраски, определяют по формуле

$$K = k_{20}\ k_t\ k_v\ k_q\ k_r\ k_\varphi\ , \qquad (3.12)$$

где k_{20} — коэффициент, учитывающий физико-химические свойства материала и принимаемый равным:

Грунт	k_{20}	Краска	k_{20}
поливинилбутирольный		глифталевая:	
ВЛ-02, ВЛ-023	0,15	С-3	0,07
глифталевый ГФ-020 . .	0,10	ПФ-218, ПФ-223	0,04
		хлорвиниловая:	
фенольный ФЛ-03 . . .	0,04	ХС-54	0,10
хлорвиниловый ХС-04 . .	0,05	ХС-52, ХС-720	0,20
		этиленовая:	
Эмаль		ЭКЖС-40	0,075
пентафталевая ПФ 223 .	0,04	ЭКА-15	0,14
алкидная АЛ-70 . . .	0,05	**Смола**	
		полиэфирная П-3	0,03

k_t — коэффициент, зависящий от температуры воздуха помещения $t_в$:

$t_в$, °С	15	20	25	30
k_t	0,8	1,03	1,4	1,9

k_v — коэффициент, учитывающий скорость воздуха в помещении $v_в$:

$v_в$, м/с	0,2	0,4	0,6	0,8	1
k_v	1,7	2,3	2,5	2,82	2,9

k_q — поправочный коэффициент на толщину слоя материала, нанесенного на поверхность изделия, характеризуемый удельным расходом материала q:

q, кг/м²	0,25	0,5	0,75	1
k_q	1	0,5	0,25	0,22

k_r — коэффициент, учитывающий расположение окрашиваемой поверхности и принимаемый равным: для вертикальных поверхностей — 1, для горизонтальных, направленных вверх (пол) — 0,7, для горизонтальных, направленных вниз (потолок) — 1,3; k_φ — поправочный коэффициент на относительную влажность воздуха помещения φ; при $\varphi \leqslant 75\%$ $k = 1$.

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

Количество вредных выделений, поступающих в воздух помещения при окраске методами ручного распыления без учета удаления вредных веществ через местные отсосы, может быть принято по табл. 3.7.

ТАБЛИЦА 3.7. КОЛИЧЕСТВО ЛЕТУЧИХ ВЕЩЕСТВ, ПОСТУПАЮЩИХ В ВОЗДУШНУЮ СРЕДУ ПРИ ОКРАСКЕ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ

Метод распыления	Производительность, кг/ч	Количество паров доминирующего растворителя	
		% от производительности	кг/ч
Пневматический	36	25	9
Безвоздушный	48	23	11,4
Гидроэлектростатический	48	25	12
Пневмоэлектростатический	18	20	3,6
Электростатический	6	50	3

Примечание. При другой производительности приведенные данные пропорционально ей пересчитываются.

Пример 3.2. Требуется определить выделяющееся в течение 1 ч количество паров растворителя Р-24 при кистевой окраске грунтом ХС-04 преимущественно вертикальных поверхностей площадью 70 м^2 в помещении с температурой 28°С, относительной влажностью 70% и скоростью движения воздуха 0,5 м/с. Удельный расход лакокрасочного материала 0,5 кг/м^2.

Решение. По формуле (3.12) определяем общий коэффициент, характеризующий процесс окраски:

$$K = 0{,}05 \cdot 1{,}7 \cdot 2{,}4 \cdot 0{,}5 \cdot 1 \cdot 1 = 0{,}1.$$

По прил. II определяем долю каждого компонента растворителя Р-24: ацетон $m_а = 0{,}15$, ксилол $m_к = 0{,}35$, сольвент $m_с = 0{,}5$. Находим общий расход грунта:

$$G_{лк.м} = 0{,}5 \cdot 70 = 35 \text{ кг/ч}.$$

Определяем по формуле (3.11) выделение каждого компонента растворителя: ацетон

$$M_л^а = \left[1 - \frac{1}{0{,}1 \cdot 60}\left(1 - e^{-0{,}1 \cdot 60}\right)\right] 35 \cdot 0{,}15 = 0{,}833 \cdot 35 \cdot 0{,}15 = 4{,}375 \text{ кг/ч};$$

ксилол

$$M_л^к = 0{,}833 \cdot 35 \cdot 0{,}35 = 10{,}2 \text{ кг/ч};$$

сольвент

$$M_л^с = 0{,}833 \cdot 35 \cdot 0{,}5 = 14{,}58 \text{ кг/ч}.$$

Газо- и паровыделения при гальванизации изделий определяются следующим образом. Объем выделенного при электролизе водорода $M_н$, л/ч, может быть определен по формуле

$$M_н = 0{,}418\, I\, (1 - c)\, \tau_р, \qquad (3.13)$$

где I — сила тока, А; c — коэффициент, учитывающий выход по току основного вещества (табл 3.8); $\tau_р$ — относительное, доля единицы, время работы оборудования (ванны).

Электроиная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ТАБЛИЦА 3.8. КОЭФФИЦИЕНТ c УЧЕТА ВЫХОДА ПО ТОКУ МЕТАЛЛА ПРИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

Металл	Значения коэффициента c	Металл	Значения коэффициента c
Цинк из ванн:		Медь из ванн:	
кислых	0,96	кислых	1
цианистых	0,8	цианистых	0,6
Кадмий из ванн:		Никель	0,98
кислых	0,95	Хром	0,13
цианистых	0,9	Железо	0,95
Олово из ванн:		Свинец, серебро	1
кислых	0,9	Золото	0,7
щелочных	0,65	Индий	0,7
		Паладий	0,9

Объем водорода в реальных условиях равен

$$M_{\text{р}} = M_{\text{н}} (273 + t_{\text{ж}}) \ 101{,}325/273 \ B. \qquad (3.14)$$

Массу вредных веществ, поступающих в воздух помещения при различных технологических процессах гальванического производства, обычно определяют по таблицам нормативной и справочной литературы. Однако массу этих веществ можно рассчитать и по эмпирическим формулам. Так, масса вредных веществ $M_{\text{вр}}$, г/ч, вносимых в воздух, равна

$$M_{\text{вр}} = k_{\text{р}} F \delta v_s, \qquad (3.15)$$

где $k_{\text{р}}$ — концентрация вещества в растворе, г/л; F — площадь обрабатываемой поверхности, м²/ч; δ — толщина покрытия, принимаемая равной 10—20 мкм; v_s — удельный унос вещества, отнесенный к 1 м² площади обрабатываемой поверхности на 1 мкм толщины покрытия, л/(м²·мкм), принимаемый по табл. 3.9.

ТАБЛИЦА 3.9. УДЕЛЬНЫЙ ВЫНОС ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ВАНН v_s

Технологическая операция	Вредное вещество	v_s, л/(м²·мкм)
Декоративное и твердое хромирование	Хромовый ангидрит	0,05*
Молочное хромирование	То же	0,1*
Цианирование	Цианистые элетролиты	0,015*
Никелирование, кадмирование, меднение, свинцевание, лужение, цинкование в кислых электролитах	Пары кислот	0,001—0,005**
То же, в щелочных электролитах (без учета толщины покрытия)	Пары щелочей	0,01—0,05**

* При отработке на автоматических линиях вводится коэффициент 0,8, для барабанных ванн и погружных колоколов — 1,5.

** Нижний предел принимается при отсутствии перемешивания или нагревания раствора, верхний — при нагревании или перемешивании.

Количество газов $M_{\text{г}}$, кг/ч, которые выделяются при химической обработке металлов (травление, химическое фрезерование и т. д.), определяют по формуле

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

$$M_г = m_м\, k\, (M_г/M_м), \qquad (3.16)$$

где $m_м$ — масса снимаемого металла, определяемая по заданию или по формулам химических реакций, кг/ч; k — числеиный множитель определяемого газа в формуле химической реакции (см. пример 3.5); $M_г$, $M_м$ — моляриые массы определяемого газа и металла, кг/кмоль.

Массовый расход аэрозоля серной кислоты из сернокислых ванн без применения ингибитора $G_{кис}$, мг/(ч·м²), находят по формуле

$$G_{кис} = 480\,c + 270\,t - 14\,400, \qquad (3.17)$$

где c — концентрация серной кислоты в ванне, %; t — температура травильного раствора, °С.

Пример 3.3. Требуется определить объем водорода, выделяющегося при лужении в щелочных растворах при силе тока 200 А. Относительное время работы ванны $\tau_р = 0{,}8$.

Р е ш е н и е. По формуле (3.13), с учетом данных табл. 3 8 ($c = 0{,}65$), определяем объем выделившегося водорода:

$$M_Н = 0{,}418 \cdot 200\ (1 - 0{,}65)\ 0{,}8 = 23{,}4\ л/ч.$$

Пример 3.4. Требуется определнть количество паров соляной кислоты, выделяющихся при цинковании в ваннах с подогревом раствора. Концентрация кислоты в электролите 350 г/л. В течение 1 ч обрабатывается 0,8 м² поверхности изделий. Толщина покрытия 10 мкм.

Р е ш е н и е. По формуле (3.15), с учетом даиных табл. 3.9, определяем массу паров соляной кислоты, поступающих в воздух цеха:

$$M_{вр} = 350 \cdot 0{,}8 \cdot 10 \cdot 0{,}005 = 14\ г/ч.$$

Пример 3.5. Определить количество двуокиси азота при травлении меди азотной кислотой. В 1 ч стравливается 0,2 кг металла.

Р е ш е н н е. Записываем формулу химической реакции:

$$Cu + 4\,HNO_3 \rightarrow Cu\,(NO_3)_2 + 2\,NO_2\uparrow + 2\,H_2O.$$

Молярные массы стравленного металла выделяющегося газа равны $M_{Cu} = 63{,}5$; $M_{NO_2} = 46$, численный множнтель двуокиси азота в формуле химической реакции $k = 2$.

По формуле (3.16) определяем массу двуокиси азота·

$$M_{NO_2} = 0{,}2 \cdot 2\ (46/63{,}5) = 0{,}29\ кг/ч.$$

В термическом производстве при цианировании изделий цианистый водород в помещение поступает через неплотности в укрытиях агрегатов. Количество цианистого водорода в этом случае определяется из расчета 6 г/ч на каждый агрегат. В помещениях для хранения аммиака через неплотности арматуры может поступать 0,015 г/ч аммиака на один баллон, а в помещениях испарителей — 27 г/ч на каждый испаритель.

При сжигании в технологическом оборудовании газообразного, жидкого или твердого топлива с отводом продуктов сгорания в дымовую трубу часть этих продуктов прорывается в помещение. Количество окиси углерода CO или сернистого газа SO_2, которые в этом случае поступают в помещение, определяют по формуле

$$M_г = m_г\, B_т, \qquad (3.18)$$

где $M_г$ — количество газа, поступившего в помещение, кг/ч; $m_г$ — количество вредных выделений, образующихся при сжигании 1 кг топлива (табл. 3.10); $B_т$ — расход сжигаемого топлива, кг/ч.

Электроииая библиотека http://tgv.khstu.ru/

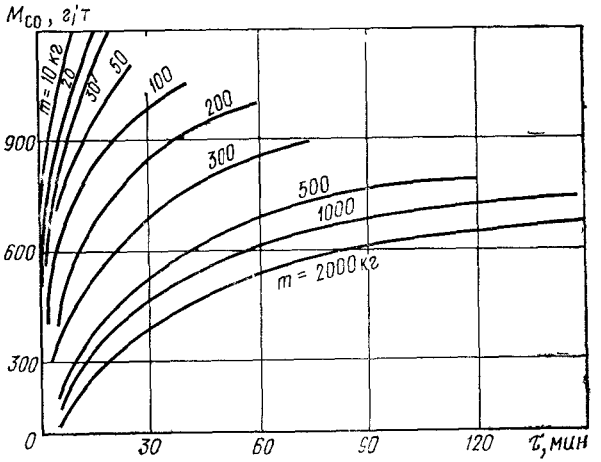


Рис. 3.2. Зависимость количества окиси углерода M_{CO}, выделяющейся при заливке в формы чугуна, от массы отливки m и времени τ ее нахождения в цехе

Количество окиси углерода M_{CO}, г/т, выделяющейся при заливке в формы расплавленного чугуна или стали, зависит от массы отливки и времени ее нахождения в помещении (рис. 3.2).

ТАБЛИЦА 3.10. КОЛИЧЕСТВО ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ, ПОСТУПАЮЩИХ В ПОМЕЩЕНИЕ ПРИ СЖИГАНИИ ТОПЛИВА

Пронзводства и оборудование	Содержанне, г/кг	
	окисн углерода	серинстого газа
Термическое производство заводов тяжелого машиностроения. Нагревательные печи, работающие:		
на природном газе	3,8	—
» мазуте	4,8	3,1
Термическое производство заводов автотракторных и инструментальных. Нагревательные печи, работающие:		
на природном газе	24	—
» мазуте	12	6
Сварочное производство Печи отжига, работающие:		
на природном газе	8,5	—
» мазуте	7,8	5
Кузнечное производство. Нагревательные печи, работающие:		
на природном газе	7	—
» мазуте	7	5,2
Прессовое производство. Нагревательные печи, работающие:		
на природном газе	3	—
» мазуте	3	2,2

В литейном производстве применяют крепители из жидкого стекла для высушивания форм химическим способом под действием двуокиси углерода. Поступление CO_2 в помещение в этом случае принимается в размере 600 г на 1 м³ расходуемой углекислоты

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

Количество испаряющегося из типографских сплавов свинца M_{Pb}, мг/ч, зависит от давления паров над поверхностью металла и скорости окружающего воздуха и может быть определено по формуле

$$M_{Pb} = 0{,}233 \cdot 10^9 \left(F p / \sqrt{T}\right), \qquad (3.19)$$

где F — площадь поверхности испарения, м^2; T — температура свинца, °С; p — парциальное давление паров свинца, принимаемое в зависимости от температуры свинца t_{Pb}:

t_{Pb}, °С	600	700	800	1000	1200
p, Па	$4{,}31 \cdot 10^{-7}$	$9{,}6 \cdot 10^{-5}$	$5{,}42 \cdot 10^{-3}$	1,48	59,58

§10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЫЛЕВЫДЕЛЕНИЙ

Многие технологические процессы сопровождаются пылевыделениями в окружающую среду. В первую очередь сюда можно отнести обработку металла абразивными кругами, его очистку и полировку, сварочные работы, распиловку и обработку на станках древесины, дробление, размол и просев материалов, транспортирование сыпучих материалов и многие другие операции. Места пылеобразования, как правило, оборудуют местной вытяжной вентиляцией. Тем не менее необходимо знать количество пыли, образующейся при том или ином технологическом процессе, во-первых, для установления предельно допустимой концентрации пыли в воздухе рабочей зоны и, во-вторых, для решения вопросов защиты атмосферы от загрязнения. Для решения этих вопросов можно воспользоваться данными, приведенными в работах [22, 24].

Пылевыделения при сварочных работах в большинстве случаев определяют воздухообмен помещения. Выделяющаяся при сварке пыль содержит фтористые соединения, окислы марганца, железа и алюминия, медь, марганец и другие вещества. В табл. 3.11 приведены данные о количестве и химическом составе пыли, выделяющейся при сварке некоторыми отечественными фтористокальциевыми рутиловыми электродами.

ТАБЛИЦА 3.11. УДЕЛЬНЫЕ ВЫДЕЛЕНИЯ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПЫЛИ

Марка электрода	Выделение пыли, г/кг	Содержание, %, в пыли		
		фтора	фтора и растворимых фторидов	марганца
К5А	24,1	20,6	18,5	4,6
УОНИ-13	18,6	19	14	5,2
АНО-11	22,4	16	11,7	3,9
АНО-15	19,5	13,9	11,8	5,1
АНО-9	16	10	7,7	5,6
АНО-5	7	—	—	1
АНО-4	4	—	—	0,7
АНО-3	17	—	—	2,2

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

Наиболее вредными с санитарно-гигиенической точки зрения в настоящее время являются марганцовые рудокислые электроды ЦМ-7, ЦМ-8, ОЗС-3 и ОММ-5, содержащие в составе своего покрытия до 30% ферромарганца. Выделение пыли и содержание в ней окислов марганца на 1 кг израсходованных электродов приведено в табл. 3.12 [16].

ТАБЛИЦА 3.12. УДЕЛЬНЫЕ ВЫДЕЛЕНИЯ ПЫЛИ И ОКИСЛОВ МАРГАНЦА

Марка электрода	Диаметр электрода, мм	Сила тока, А	Выделение, г/кг	
			пыли	окислов марганца
ЦМ-6	6	300	48,7	4,3
ЦМ-УПУ	8	400	18,5	1,5
ОММ-5	4	210	9	1,65
СМ-5	4	210	11,4	2,18

Для ориентировочных расчетов можно принимать, что при сгорании одного электрода диаметром 4 мм выделяется 0,5 г аэрозолей, электрода диаметром 5 мм — 1 г аэрозолей и электрода диаметром 6 мм — 1,5 г аэрозолей.

Для расчета вентиляции суммарные вредные выделения в помещении удобно заносить в расчетную таблицу, представленную на бланке 3.

Бланк 3

СВОДНАЯ ТАБЛИЦА ВРЕДНЫХ ВЫДЕЛЕНИЙ В ПОМЕЩЕНИИ

№ помещения	Наименование помещения	Объем помещения, м³	Расчетный период года	Тепловые избытки				Влаговыделения, кг/ч	Газовые выделения, г/ч
				явное тепло		скрытое тепло	полное тепло		
				Вт	Вт/м³	Вт	Вт		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			Теплый Переходный Холодный Теплый Переходный Холодный						

Примечание. Графа 6 — отношение избытков явного тепла к объему помещения — является характеристикой теплонапряженности помещения и применяется при выборе расчетных параметров воздуха в помещении.

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

Глава 4. Воздушный режим помещений

§11. ОСНОВЫ ВОЗДУШНОГО РЕЖИМА ЗДАНИЯ

Термином «воздушный режим здания» (ВРЗ) объединяют комплекс процессов, связанных с перемещением воздуха внутри помещения (внутренняя задача), движением воздуха через ограждения, проемы, каналы и воздуховоды (краевая задача) и взаимодействием здания с ограждающей средой (внешняя задача).

Любой даже самый простой процесс воздушного режима может рассматриваться лишь как составная часть единого процесса. Например, инфильтрация наружного воздуха через ограждения одного из помещений здания зависит от способа вентиляции этого помещения; величины дисбаланса воздуха, подаваемого и удаляемого механической вентиляцией; от воздушного режима смежных помещений, имеющих аэродинамические связи с рассматриваемым помещением; от действия потока воздуха, набегающего на здание, и гравитационных сил, возникающих из-за разности удельного веса воздуха снаружи и внутри здания.

В общем случае воздушный режим здания описывается системой нелинейных уравнений, число которых равно числу помещений плюс число узлов систем вентиляции, обслуживающих это здание. Решение такой системы возможно лишь на больших ЭВМ. Однако отдельные задачи воздушного режима можно решать инженерными методами без значительной потери точности расчета. В гл. 3 приведена методика расчета инфильтрации. В данном параграфе приведены основные методические положения и методика расчета аэрации и вентиляции с естественным побуждением движения воздуха (см. § 20), а также инженерный метод расчета воздушных завес (см. § 22).

Основные положения описываемой методики расчета воздушного режима здания заключаются в следующем:

в возможности комплексного учета факторов, влияющих на аэрацию и инфильтрацию наружного воздуха через ограждения (высота ограждений, дисбаланс приточно-вытяжной вентиляции, наличие открытых отверстий, шахт, различие показателей степени в зависимости расхода от разности давления и др.);

в применении условного нуля для гравитационного и ветрового давления, позволяющего стилизовать конфигурацию эпюр давления воздуха на наружной поверхности ограждений здания;

во введении понятий: «единица расхода», зависящая лишь от высоты и воздухопроницаемости ограждения, а также «относительные расходы» — инфильтрационный $B_и$, эксфильтрационный $B_э$ и суммарный $B_с = B_и + B_э$ (учитывающие влияние ветра, дисбаланса и другие факторы);

в возможности проводить расчеты сложных зданий на ЭВМ или

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

инженерным способом, а для некоторых конфигураций здания составить номограммы, значительно упрощающие процесс расчета.

Общая формула для определения расхода воздуха через 1 м² ограждения, кг/(м²·ч), или щель, кг/(м·ч), имеет вид:

$$j = \Delta p^k / R_и, \tag{4.1}$$

где Δp — разность давления воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждения, Па; $R_и$ — сопротивление воздухопроницанию, м²·ч·Па^k/кг; k — показатель степени, зависящий от режима течения воздуха через ограждение: $k=1$ — для стен, $k=2/3$ — для окон и фонарей, $k=2$ — для щелей притворов дверей и ворот, а также для открытых проемов и шахт.

Расчетная разность давления воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждения на заданном уровне, Па:

$$\Delta p_i = p_i - p_0, \tag{4.2}$$

где p — избыточное относительно условного нуля давление воздуха на наружной поверхности ограждения, равное сумме гравитационного избыточного давления $p_{грав}$ и ветрового избыточного давления p_{v_i}:

$$p_i = p_{грав} + p_{v_i}; \tag{4.3}$$

p_0 — избыточное относительно условного нуля давление воздуха на внутренней поверхности ограждения (является искомой величиной).

Избыточные гравитационное и ветровое давления, Па:

$$p_{грав} = (H - h_i)\ (\gamma_н - \gamma_в); \tag{4.4}$$

$$p_{v_i} = (c_i - c_{min})\, K\, (v_н^2/2)\ \rho_н, \tag{4.5}$$

где H — высота от уровня земли до точки условного нуля давления, м; h_i — расстояние от уровня земли до центра рассматриваемого ограждения, м; $\gamma_н$, $\gamma_в$ — удельный вес соответственно наружного и внутреннего воздуха, Н/м³; $v_н$ — расчетная скорость ветра по СНиП, м/с; c_i, c_{min} — аэродинамические коэффициенты (для рассматриваемого ограждения и минимальный для рассматриваемого здания), принимаемые по рекомендациям [18]; K — коэффициент, учитывающий зависимость скорости ветра от высоты и типа местности и принимаемый по Рекомендациям [18]; $\rho_н$ — плотность наружного воздуха, кг/м³.

Расход воздуха через «низкие» ограждения или проемы, определяемый по формуле

$$G_{нi} = F_i\ (|p_i - p_0|)^k / R_{нi}\ sign\ (p_i - p_0), \tag{4.6}$$

может быть положительным при $p_i > p_0$ (приток, инфильтрация) или отрицательным при $p_i < p_0$ (вытяжка, эксфильтрация).

Для «высоких» ограждений различают три вида расхода воздуха: поступающий в помещение (аэрационный приток, инфильтрация) при $G_{ui} > 0$; уходящий из помещения (аэрационная вытяжка, эксфильтрация) при $G_{эi} < 0$ и суммарный расход воздуха при $G_{ci} = G_{ui} + G_{эi}$.

Расходы воздуха через высокие ограждения вычисляют по формулам:

$$G_н = j_{\Delta\rho}\, B_и\, F; \tag{4.7}$$

$$G_э = j_{\Delta\rho}\, B_э\, F; \tag{4.8}$$

$$G_c = j_{\Delta\rho}\, B_c\, F, \tag{4.9}$$

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

где $j_{\Delta\rho}$ — единицы расхода воздуха, кг/(м²·ч); $B_и$, $B_э$, $B_с$ — коэффициенты, показывающие, сколько единиц расхода составляет инфильтрация, эксфильтрация или суммарный расход через 1 м² ограждения; F — площадь поверхности ограждения, м².

В общем случае единица расхода, кг/(м²·ч), для ограждения высотой H составляет

$$j_{\Delta\rho i} = 0{,}5^k\,(H_i\,\Delta\,\gamma)^k/[R_{нi}\,(k+1)]; \qquad (4.10)$$

при $k=2/3$

$$j_{\Delta\rho_i} = 0{,}378\,(H\,\Delta\,\gamma)^{2/3}/R_{и_i}. \qquad (4.11)$$

Коэффициенты B зависят от соотношения давления воздуха на поверхностях ограждения и определяются по формулам табл.4.1.

ТАБЛИЦА 4.1. КОЭФФИЦИЕНТЫ B ПРИ $k=2/3$ И $\bar{p}=$var

Соотношение давления воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждения	Формулы для определения коэффициентов		
	$B_и$	$B_э$	$B_с$
$\bar{p}_0<\bar{p}$	$1{,}588\,[(1-\bar{p}_0-\bar{p})^{1,67}-(-\bar{p}_0)^{1,67}]$	0	$B_с=B_и$
$\bar{p}<\bar{p}_0<\bar{p}+1$	$1{,}588\,[(1-\bar{p}_0)^{1,67}-(p_i)^{1,67}]$	$-1{,}588(\bar{p}_0-\bar{p})^{1,67}$	$B_с=B_и+B_э$
$\bar{p}+1<\bar{p}_0$	0	$1{,}588\,[(\bar{p}_0-\bar{p}-1)^{1,67}-(\bar{p}_0-\bar{p})^{1,67}]$	$B_с=B_э$

Примечание. $B_и>0$; $B_э<0$; $\bar{p}_0$ — давление воздуха на внутренней поверхности в долях $H\Delta\gamma$; $\bar{p}$ — давление воздуха на наружной поверхности на уровне верха ограждения также в долях $H\Delta\gamma$.

Относительное давление, используемое в методике, рассчитывают по формулам:

$$\bar{p}_i = p_i/(H_i\,\Delta\,\gamma);\quad \bar{p}_0 = p_0/(H_i\,\Delta\,\gamma);\quad \bar{p}_v = p_v/(H_i\,\Delta\,\gamma). \qquad (4.12)$$

Как правило, при расчете дополнительных теплопотерь от инфильтрации достаточно определить расходы инфильтрующегося воздуха только через окна, пренебрегая инфильтрацией через стены и стыковые соединения наружных ограждений. Для оценки инфильтрации наружного воздуха в помещении, имеющем несколько окон в разных фасадах, дисбаланс приточно-вытяжной механической вентиляции, открытые проемы или вытяжные шахты и т. п., можно использовать коэффициент $B_{и.пом}$, аналогичный коэффициенту $B_и$ в формуле (4.7)

$$G_{н.пом} = j_{\Delta\rho}\,B_{н.пом}\,F_1. \qquad (4.13)$$

В формуле (4.13) единица расхода вычисляется по выражению

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

(4.10) или (4.11) для одного из окон, площадь которого F_1. Коэффициент $B_{и.пом}$ может быть рассчитан на ЭВМ и представлен в виде аналитической зависимости или графически.

Например, для помещения с двусторонним остеклением коэффициент $B_{и.пом}$ как функция относительного давления ветра представлен на рис. 4.1. График построен по формулам, полученным аналитически с учетом формул, приведенных в табл. 4.1:

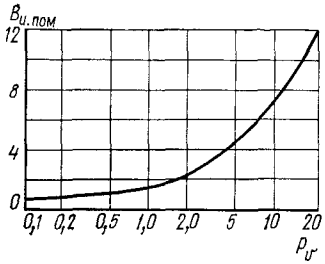


Рис. 4.1. К определению коэффициента $B_{и.пом}$ для помещения с двусторонним остеклением

при $\bar{p}_v \leqslant 1$ (инфильтрация с наветренной и заветренной сторон)

$$B_{н.пом} = 0{,}5\,[(1+\bar{p}_v)^{k+1} + (1-\bar{p}_v)^{k+1}]; \qquad (4.14)$$

при $\bar{p}_v \geqslant 1$ (инфильтрация только с наветренной стороны)

$$B_{н.пом} = 0{,}5\,[(1+\bar{p}_v)^{k+1} - (\bar{p}_v-1)^{k+1}]. \qquad (4.15)$$

Случай при $\bar{p}_v = 0$ был принят за эталонный для определения единицы расхода по формулам (4.10) или (4.11). Единица расхода — это инфильтрационный расход воздуха в помещении с двусторонним остеклением, отнесенный к 1 м² окна одного из фасадов при $p_v = 0$.

Предлагаемая методика расчета инфильтрации пригодна и для многоэтажных административных зданий.

При определении расхода воздуха, инфильтрующегося через окно помещения на n-м этаже, формула (4.7) запишется так:

$$G_{н.пом\,n} = j_{\Delta\,\rho\,H}\, B_{н.пом\,n}\, F_{пом}, \qquad (4.16)$$

где $j_{\Delta\,\rho\,H}$ — единица расхода воздуха, кг/(м²·ч), определяемая по формуле (4.10) или (4.11); $B_{и.пом\,n}$ — коэффициент, показывающий, сколько единиц расхода воздуха составляет инфильтрация помещения n-го этажа.

Значения $B_{и.пом}$ можно аналитически определять, введя следующие допущения:

здание симметрично относительно вертикального шлюза (лестничной клетки), т. е. площади окон фасадов примерно одинаковы;

лестничные клетки и лифтовые холлы не отделены от коридоров этажей дверьми и составляют со зданием единый объем;

средние аэродинамические коэффициенты c для наветренного, заветренного и боковых фасадов соответственно равны +0,8; −0,4; −0,2;

ветровое давление по высоте здания типа «пластина» постоянно, а для здания типа «башня» изменяется по высоте;

вентиляция в здании отсутствует (нерабочий режим) или соблюдается баланс между притоком и вытяжкой.

Для здания типа «пластина» (многосекционного здания) значения $B_{и.пом}$ определяют по формулам:

для наветренного фасада

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

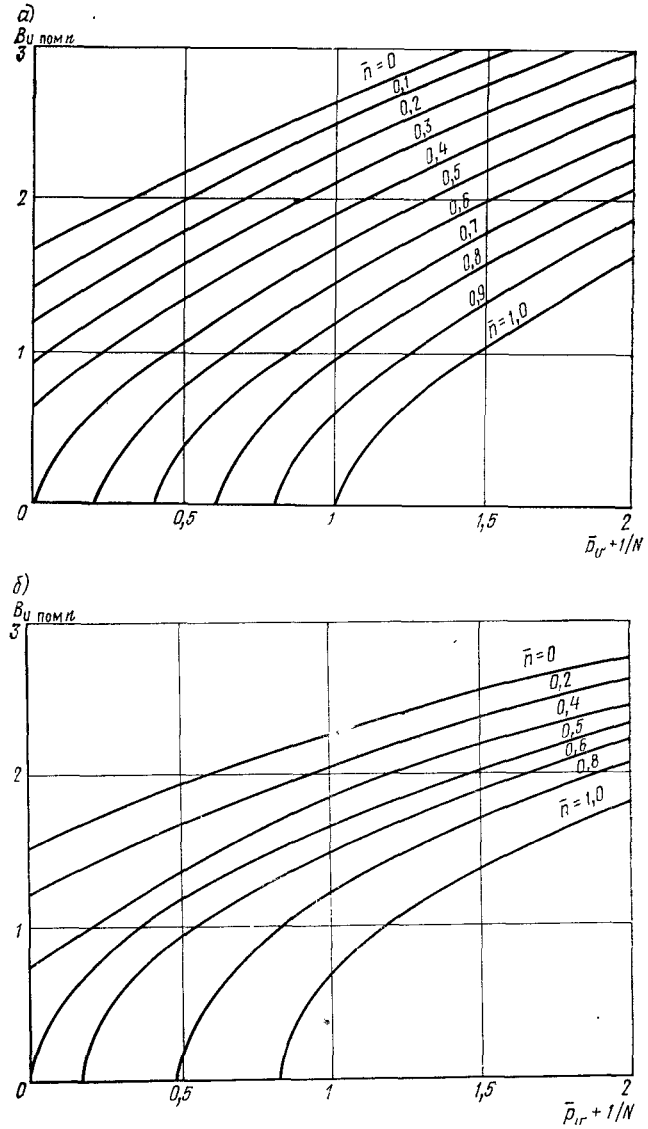


Рис. 4.2. К определению коэффициента $B_{и.пом}$ для наветренного фасада зданий типа «пластина» (*а*) и «башня» (*б*)

$$B^{н}_{н.пом\ n} = (k+1)\ (\bar{p}_v + 1 - 2\bar{n} + 1/N)^k; \qquad (4.17)$$

для заветренного фасада

$$B^{з}_{н.пом\ n} = (k+1)\ (1 - \bar{p}_v - 2\bar{n} + 1/N)^k. \qquad (4.18)$$

Для здания типа «башня» значения $B_{и.пом}$ находят по формулам: для наветренного фасада

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

$$\bar{B}^{н}_{н.пом\,n} = (k+1)\ (1{,}22\,\bar{p}_{v_n} + 1 - 2\,\bar{n} + 1/N)^k; \qquad (4.19)$$

для бокового фасада

$$B^{н}_{н.пом\,n} = (k+1)\ (1 - 2\,\bar{n} + 1/N - 0{,}44\,\bar{p}_{v_n})^k; \qquad (4.20)$$

для заветренного фасада

$$B^{з}_{н.пом\,n} = (k+1)\ (1 - 2\,\bar{n} + 1/N - 0{,}776\,\bar{p}_{v_n})^k, \qquad (4.21)$$

где $\bar{n}$ — относительный номер этажа n/N; N — этажность здания; $\bar{p}_{v_n}$ — относительное давление ветра на уровне n-го этажа, определяемое по формуле (4.12).

Формулы (4.17)—(4.21) действительны лишь для значения $B_{н\text{-}пом\,n} \geqslant 0$.

На рис. 4.2, *а* и *б* приведены графики для определения $B_{н\text{-}пом\,n}$ для наветренных фасадов зданий типа «пластина» и «башня». Пример расчета инфильтрации в помещениях многоэтажного здания приведен в § 5.

§12. ВЫБОР ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ ПО ОТОПЛЕНИЮ И ВЕНТИЛЯЦИИ

В механических цехах холодной обработки металлов производятся обработка металла на строгальных, долбежных, сверлильных, токарных, фрезеровальных, шлифовальных и других станках, а также заточка и правка режущего инструмента.

Основные вредные выделения в цехах холодной обработки металлов — это тепловыделения от электродвигателей, людей и солнечной радиации, аэрозоли масла и эмульсола, пары воды от охлаждающих жидкостей, металлическая и наждачная пыль, образующаяся при шлифовке и заточке режущего инструмента.

Метеорологические условия в цехах холодной обработки металла принимают как для помещений с незначительными избытками явного тепла и категорией работ средней тяжести.

В производственных помещениях предусматривают воздушное отопление. В помещениях с площадью пола менее 300 м² допускается центральное отопление местными нагревательными приборами.

Местную вытяжную вентиляцию устраивают для шлифовальных, заточных и обдирочных станков, работающих без охлаждения кругов, шлифовальных станков с охлаждением кругов маслом, ванн для мытья деталей, баков для приготовления эмульсии.

Приточно-вытяжная вентиляция проектируется с механическим и естественным побуждением. Количество свежего воздуха, подаваемого в помещение, определяется расчетом на ассимиляцию тепло- и влаговыделений, а также разбавление аэрозолей масла и эмульсола.

Приточный воздух, как правило, подается в верхнюю зону струями в ограниченном количестве. В теплый период года в средние пролеты цеха, находящиеся на расстоянии более 30 м от наружных

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

стен с аэрационными проемами, организуется механическая подача свежего воздуха. Количество приточного воздуха в этом случае должно быть пропорционально площади пола обслуживаемой зоны. При воздухообмене менее однократного приточная вентиляция может быть неорганизованной.

Загрязненный воздух, удаляемый от укрытий заточных, обдирочных и шлифовальных станков, перед выбросом в атмосферу должен очищаться в сухих или смоченных фильтрах. Заточные станки, расположенные вне заточных отделений (участков) и работающие периодически, снабжаются индивидуальными рециркуляционными пылеотсасывающими и пылеулавливающими агрегатами.

Кузнечно-прессовые цехи. Производственные процессы в кузнечно-прессовых цехах включают резку и правку холодных заготовок металла, их нагрев, ковку и штамповку, очистку кованых деталей. Резка и правка холодных заготовок металла производятся на гильотинных ножницах и правильных плитах. Нагрев заготовок и слитков перед ковкой и штамповкой до ковочных температур происходит в кузнечных горнах, нагревательных пламенных и электрических печах (щелевых, камерных, очковых, методических, карусельных и т. п.) и электронагревательных установках. Кузнечные пламенные печи работают на твердом, жидком и газообразном топливе. Для свободной ковки и горячей штамповки используют пневматические и паровоздушные молоты, кривошипные и гидравлические прессы, горизонтально-ковочные машины, фрикционные винтовые прессы и т. д. Для очистных операций, заключающихся в очистке поковок от окалины, которая образуется при нагреве металла в печах, применяют дробеметные и дробеструйные установки, галтовочные барабаны, травильные ванны.

Основные производственные вредные выделения в кузнечных цехах — это конвективное и лучистое тепло, окись углерода, сернистый газ, пыль окалины металла, пары и аэрозоли кислот в травильном отделении.

Метеорологические условия в кузнечных цехах должны приниматься как для помещений со значительными избытками явного тепла и категорией тяжелых работ.

Во всех производственных помещениях отопление совмещается с приточной вентиляцией. Дежурное отопление устраивают путем переключения на рециркуляцию приточных или душирующих систем или, если это экономически целесообразно, используют отопительные агрегаты.

Общий воздухообмен кузнечно-прессовых цехов рассчитывают на ассимиляцию теплоизбытков с проверкой на растворение до уровня предельно допустимых концентраций (ПДК) выделяющихся вредных газов в холодный период года. На рабочих местах и участках, подверженных тепловому облучению, предусматривается воздушное душирование.

Местную вытяжную вентиляцию устраивают над загрузочными отверстиями печей — зонты-козырьки и у горнов — зонты. Для

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

компенсации воздуха, удаляемого местными отсосами, предусматривают механическую приточную общеобменную вентиляцию с раздачей воздуха в рабочую зону. Во все периоды года организуют аэрацию. Весь приточный воздух как летом, так и зимой может подаваться в цех через фрамуги окон.

В средних пролетах, расположенных на расстоянии более 30 м от наружных стен, обязательна раздача воздуха в рабочую зону механическим путем (зимой подогретого).

Термические цеха. Термическая обработка металла является сложным химическим процессом. Она включает отжиг, нормализацию, закалку, отпуск, цементацию, цианирование, азотирование металла и другие операции.

Отжиг (устранение остаточного напряжения и твердости после ковки) заключается в постепенном нагреве металла до 750—900°С, выдержке и постепенном охлаждении в печи.

Нормализация аналогична отжигу, но проводится на воздухе.

Для закалки (придания высокой прочности) металл нагревают до 350—650°С и быстро охлаждают в масляных или водяных ваннах.

При отпуске (ослаблении возникшей после закалки жесткости и хрупкости) производят повторный нагрев остывших изделий до 200—300 (400—600)°С с последующим быстрым или медленным охлаждением.

Цементацию, нитроцементацию, азотирование и цианирование (придание поверхности изделий большей твердости) производят в соответствующих газообразных, жидких и твердых средах при температуре 500—1000°С.

Оборудование термических цехов состоит из основного, предназначенного для нагрева и охлаждения деталей, дополнительного — для очистки, правка изделий и их контроля и вспомогательного — для приготовления контролируемых сред и транспортировки готовой продукции.

Основное оборудование термических цехов различается по принципу действия (периодическое или непрерывное), характеру среды в рабочем пространстве (вакуумная, окислительная, защитная и т. п.), источнику тепловой энергии (газ, электричество и т. д.), технологическому назначению (цементация, азотирование и т. д.) и другим признакам.

Термические цехи включают печные залы, отделения очистки и гидрополировки, цианирования, приготовления контролируемых сред, кладовую цианистых солей, помещения для установок токов высокой частоты и хранения баллонов, склад.

Основные вредные выделения в термических цехах — это тепловыделения, лучистое тепло, пары масла и воды от закалочных ванн, окись углерода, сернистый газ, аммиак, окислы азота, цианистый водород, различные углеводороды и др.

Метеорологические условия в печных залах и отделениях высокотемпературного цианирования должны приниматься как для

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

помещений со значительными избытками явного тепла и категорией работ средней тяжести, а в отделениях низкотемпературного цианирования, очистки, установок токов высокой частоты и кладовых — как для помещений с незначительными избытками явного тепла и категорией работ средней тяжести.

В производственных помещениях отопление совмещают с приточной вентиляцией. Дежурное отопление работает за счет переключения приточных и душирующих систем на рециркуляцию.

Помещения цианирования и хранения цианистых солей должны быть оборудованы самостоятельными вытяжными вентиляционными установками с пускателями снаружи помещения. Вентиляционные выбросы от оборудования для очистки деталей (дробеметные, дробеструйные камеры и т. п.) обеспылевают в мокрых пылеуловителях.

В печном зале местную вытяжную вентиляцию предусматривают от дробеметных, гидрополировальных и гидропескоструйных камер и моечных машин — укрытия; от газовых камерных печей с площадью пода более 2,5 м² — козырьки у загрузочных отверстий; от камерных газовых печей с площадью пода до 2,5 м² — зонты над печами; от закалочного оборудования, ванн щелочной промывки, оксидирования, нейтрализации, травления и химической очистки, шахтных электропечей азотирования, электромасляных и электросоляных ванн — бортовые, кольцевые отсосы или укрытия; от камерных электропечей, моечных конвейерных машин, толкательных и конвейерных электропечей с контролируемой средой — зонты-козырьки.

Механическую приточную вентиляцию устраивают общеобменной, с раздачей воздуха через приточные насадки в рабочую зону, а местную — в виде воздушных душей у рабочих мест, подверженных тепловому облучению.

Для ассимиляции теплоизбытков и в теплый, и в холодный период предусматривают аэрацию. В теплый период года весь приточный воздух может подаваться через фрамуги окон.

В отделении очистки и гидрополирования пыль выделяется при обработке изделий на абразивных и крацевальных кругах, от дробеметных камер и гидрополировальных установок.

Местную вытяжную вентиляцию предусматривают для дробеметных и гидрополировальных камер. Приточная вентиляция в холодный период года осуществляется механическим путем рассеянно в верхнюю зону, в теплый период — путем аэрации через окна. В отделении предусматривается превышение вытяжки над притоком (дисбаланс) в размере 15% объема удаляемого воздуха.

В отделении цианирования выделяются тепло от нагретых поверхностей изделий и цианистый водород (через неплотности в укрытиях агрегатов).

Воздух удаляется через местные отсосы от агрегатов цианирования (общие укрытия) и механическим путем из верхней зоны. Приточная вентиляция в холодный период года осуществляется

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

механическим путем в рабочую зону, в теплый период допускается аэрация. В отделении предусматривается дисбаланс в размере 15% объема удаляемого воздуха для создания разрежения.

В кладовой цианистых солей выделяется цианистый водород. Вытяжная вентиляция осуществляется механическим путем от шкафа для развески и из нижней зоны помещения в размере 5-кратного обмена в 1 ч. Приточный воздух подается в рабочую зону. В отделении должно быть предусмотрено разрежение в размере 15% объема удаляемого воздуха.

В помещении для установок токов высокой частоты выделяется тепло от горячих поверхностей установок.

Вытяжная вентиляция осуществляется местными отсосами от закалочных станков и агрегатов токов высокой частоты. Приток воздуха предусматривается в рабочую зону.

В помещении для хранения баллонов через неплотности арматуры баллонов и испарителей выделяются аммиак, двуокись углерода, азот и др. Воздух удаляется от стенда баллонов (зонт) и из верхней зоны помещения. Подача воздуха производится в рабочую зону. В отделениях предусматривается разрежение (дисбаланс в размере 20% объема удаляемого воздуха).

На складе при вскрытии тары, разливе и расфасовке химических веществ выделяются пыль и газы. Местную вытяжную вентиляцию (вытяжные шкафы, зонты и т. п.) предусматривают от оборудования, выделяющего пыль и газы; из верхней зоны помещения — общеобменную вентиляцию в размере трехкратного обмена в 1 ч. В холодный период года осуществляется механический приток воздуха в верхнюю зону, в теплый период — аэрация.

В отделении приготовления контролируемых сред выделяются тепло от генераторов и аммиак. Загрязненный воздух удаляется через местные отсосы от генераторов (укрытие), стендов с баллонами (зонт) и из верхней зоны помещения в размере трехкратного воздухообмена. Приток воздуха — механический в верхнюю зону.

В сборочно-сварочных цехах выполняют операции по сборке и сварке плоских и объемных металлических конструкций из предварительно заготовленных деталей. Сборку плоских деталей производят на стендах небольших размеров, секционную сборку — на стендах большого размера и специальных кантователях. Приспособления для сборки размещают по всей площади цеха. В сборочных цехах могут выполняться работы по грунтовке и окраске сварных конструкций.

Для сборки металлических конструкций применяются различные виды электродуговой сварки: ручная, полуавтоматическая и автоматическая в среде инертных газов и под слоем флюса, а также контактная стыковая (точечная) и линейная (шовная) электросварка, сварка трением, газовая сварка. При автоматической и полуавтоматической сварке плавящимися и неплавящимися электро-

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

дами в качестве инертных газов применяют двуокись углерода, аргон, гелий, азот, водяной пар. Все процессы сварки сопровождаются выделением в помещение газов, пыли и сопутствующего им тепла. В процессе сварки образуются газы: окислов азота, окиси углерода, озона, фтористых соединений. При сварке в среде защитных газов возможно накапливание последних в помещении и образование опасных для человека зон.

Метеорологические условия в сборочно-сварочных цехах предусматривают как для помещений с незначительными избытками явного тепла и категорией работ средней тяжести.

Отопление устраивают воздушное, совмещенное с приточной вентиляцией. При технико-экономическом обосновании допускается установка воздушно-отопительных агрегатов для дежурного отопления.

В сборочно-сварочных цехах применяется местная вытяжная и общеобменная приточно-вытяжная вентиляция с механическим и естественным побуждением. Необходимый воздухообмен определяется по преобладающим вредным выделениям (обычно пыль) из условия растворения их до уровня предельно допустимой концентрации.

При сварке в замкнутых и полузамкнутых объемах применяют вакуум-насосные установки с малогабаритными воздухоприемниками. При невозможности устройства местной вентиляции в замкнутых или полузамкнутых объемах воздух подают с температурой не ниже 15°С под маску сварщика в количестве 6—8 м³/ч.

При общеобменной вентиляции воздух из верхней зоны удаляется с естественным или механическим побуждением. При газопламенной обработке металлов сжиженными газами и отсутствии местных отсосов $^2/_3$ воздуха удаляется из нижней зоны и $^1/_3$ — из верхней.

Воздух рекомендуется подавать следующими способами:

при отсутствии местных отсосов — сосредоточенно в верхнюю зону с обеспечением его скорости в рабочей зоне 0,5—0,7 м/с — при электродуговой и газопламенной сварке и резке и не более 0,5 м/с — при сварке в среде двуокиси углерода;

при наличии местных отсосов — рассредоточенно в рабочую зону со скоростью на рабочем месте не более 0,5 м/с.

Приточную вентиляцию устраивают механической.

Окрасочные цехи. Для защиты изделий от коррозии и гниения, а также для придания им декоративного вида в машиностроительной промышленности применяют следующие окрасочные материалы: масляные краски, представляющие собой смесь сухих пигментов (свинцовый сурик, окись свинца и др.) и наполнителей (тальк, мел, каолин, шпат) с пленкообразующими веществами (олифы) и растворителями (уайт-спирит, сольвент, скипидар, ксилол и др.); асфальтобитумные лаки и краски, представляющие собой растворы битумов в органических растворителях; глифталевые лаки и эмали, изготовляемые на основе глифталевых смол, растворяющихся в растворителях (уайт-спирит, сольвент, ксилол и др.); пен-

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

тафталевые эмали, изготовляемые из полиэфирных смол и растворителей (сольвент, ксилол и др.); перхлорвиниловые эмали, представляющие собой растворы перхлорвиниловой смолы в органических растворителях (бутилацетат, этилацетат, ацетон, толуол и др.); нитроцеллюлозные эмали и лаки, основой которых являются нитролаки, окрашенные различными пигментами; водоэмульсионные краски типа поливинилацетатных и бутадиенстирольных; синтетические эмали.

Процесс окраски изделий включает: подготовку поверхности под окраску, грунтовку, шпатлевку и олифовку, окраску, сушку. Готовя изделие к окраске, с него удаляют ржавчину, окалину, пыль, грязь и жировые пятна, затем грунтуют и для окончательного выравнивания поверхности шпатлюют и шлифуют. Поверхность изделия окрашивают кистью, валиками, обливом, окунанием, пульверизационным или электростатическим способом. Сушат окрашенные изделия в естественных условиях — в помещении цеха или в искусственных — в специальных установках при повышенной температуре и скорости движения воздуха. Искусственная сушка может быть конвекционной, терморадиационной, индукционной и химической.

Оборудование окрасочных цехов состоит из окрасочных камер, решеток и столов, сушил, моечных агрегатов.

Кроме основного помещения, в котором производят окраску изделий, окрасочный цех имеет краскоприготовительное отделение (участок) и склады.

В окрасочных цехах выделяются пары растворителей и разбавителей, окрасочная пыль как в жидком, так и в твердом состоянии. Нормы расхода растворителей зависят от способа окрашивания и лакокрасочного материала.

Метеорологические условия в окрасочных цехах должны приниматься как для помещений с незначительными тепловыделениями и категорией работ средней тяжести.

Отопление цеха может быть водяное, паровое низкого давления и воздушное, совмещенное с приточной вентиляцией. Температура на поверхности нагревательных приборов не должна превышать 110°С. При устройстве воздушных завес разрешается забор воздуха из верхней зоны цеха.

Все помещения окрасочных цехов должны быть оборудованы механической приточно-вытяжной вентиляцией.

Местную вытяжную вентиляцию предусматривают у окрасочных камер, столов, стендов и решеток, ванн окунания, установок струйного облива, сушильных камер, агрегатов обезжиривания, очистки и подготовки поверхностей. Воздух необходимо удалять из верхней зоны помещения в объеме не менее однократного обмена в 1 ч.

При окраске крупных изделий на непостоянных местах устраивают только общеобменную механическую вентиляцию. В этом случае объем вытяжного воздуха определяют из условия разбавления выделяющихся вредных веществ до уровня допустимых концентраций. Воздух удаляется из нижней зоны помещений на высо-

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

те 0,5—0,6 м от пола или из приямков. При наличии в помещении сушильных камер воздухообмен проверяется на ассимиляцию избытков тепла в теплый период года.

Воздух, отсасываемый от мест окраски распылением, очищается от аэрозолей и паров растворителей в гидрофильтрах. Выброс воздуха рекомендуется факельный.

Приточный воздух подается рассеянно в рабочую и верхнюю зоны. Если окраска производится в камерах, а приточный воздух перегрет, то допускается сосредоточенная подача. В камерах с нижним отсосом приточный воздух подается сверху равномерно по всей площади потолка камеры. Для этих целей используют подшивной потолок, оборудованный фильтрующими кассетами.

В помещении краскозаготовительного отделения кроме удаления воздуха от местных отсосов предусматривают общеобменную приточно-вытяжную вентиляцию. Воздух в случае забора из загрязненной зоны должен подвергаться очистке.

В гальванических цехах (цехи металлопокрытий) производится нанесение металла на поверхность различных изделий для предохранения их от коррозии, улучшения внешнего вида или придания их поверхности большей прочности.

Цикл операции в гальваническом цехе можно разделить на пять групп:

1) механическая обработка поверхности деталей (очистка, шлифовка, полирование, крацевание, снятие заусенцев, обработка сварных швов);

2) обезжиривание (химическое и электрохимическое) или электрохимическое травление, нанесение защитной изоляции перед глубоким травлением (химическим фрезерованием), декапированием;

3) нанесение металлических покрытий электролитическим или химическим способом (цинкование, кадмирование, хромирование, никелирование, меднение, металлизация, катодно-вакуумное напыление);

4) анодное оксидирование алюминия, магния, их сплавов и других металлов, фосфатирование и химическое оксидирование (воронение), твердое анодирование алюминиевых сплавов;

5) обработка поверхности деталей после нанесения металлических покрытий (механическое или электрохимическое полирование, пассивирование, промасливание, а также обработка эмульсией и другими пассивирующими и гидрофобными растворами).

Основное оборудование гальванических цехов — гальванические, промывочные и вспомогательные ванны, которые устанавливают обособленно или агрегируют (с автоматическим или полуавтоматическим обслуживанием). К подсобному оборудованию гальванических цехов относятся барабаны для галтовки, сушила, дробе- и пескоструйные аппараты, станки для крацовки, обдирки и полировки, выпрямители тока или машины постоянного тока (умформеры).

Процессы, протекающие в гальванических ваннах, в зависимос-

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ти от химического состава раствора делятся на кислые, щелочные и цианистые. К кислым процессам относятся травление, декапирование, цинкование, никелирование, меднение, лужение, вороненне. Цианистые процессы представляют собой цианистое цинкование, цианистое кадмирование, цианистое серебрение и др., при которых выделяется цианистый водород. Кроме цианистого водорода в воздух гальванических цехов поступает пыль, пары кислот, щелочей и электролитов, тепло и влага.

Гальванический цех имеет следующие помещения: отделение очистки, травильное и гальваническое отделения, машинное отделение, шлифовально-полировальное отделение, отделение приготовления растворов, склад химикатов, вентиляционные установки, подсобные и вспомогательные помещения.

Метеорологические условия в гальванических цехах кроме машинных отделений принимают как для помещений с незначительным выделением явного тепла и категорией работ средней тяжести. В машинных отделениях, где установлено оборудование для получения постоянного тока, выделения явного тепла, как правило, значительные.

Отопление основных помещений гальванических цехов предусматривают воздушное, совмещенное с приточной вентиляцией; отопление мелких помещений (склады, кладовые и т. п.) — местное с помощью нагревательных приборов. Дежурное отопление работает за счет переключения приточных систем на рециркуляцию.

В отделении очистки выделяется песчаная, металлическая и водяная пыль. Вытяжная вентиляция в отделениях при камерах закрытого типа производится через местные отсосы; в отделениях с камерами открытого типа осуществляется общеобменная вентиляция.

Воздух перед выбросом в атмосферу после сухой очистки направляется в мокрые пылеуловители: скрубберы, циклоны с водяной пленкой, гравийные фильтры и т. д.

Приточный воздух подается на уровне не ниже 2,5—3 м от пола рассредоточенно; часть приточного воздуха подается в верхнюю зону.

Количество воздуха, подаваемого под шлем-скафандр работающего, составляет 20—30 м³/ч.

Для удаления воздуха от ванн в травильном и гальваническом отделениях применяют различного типа бортовые отсосы. Обезжиривание мелких деталей органическими растворителями, приготовление растворов и травление деталей концентрированными кислотами производят в вытяжных шкафах. У колоколов для гальванопокрытий устанавливают подковообразные бортовые отсосы.

Для уменьшения образования над гальваническими ваннами тумана (особенно над ваннами хромирования) применяют закрывающие зеркало ванны пустотелые стеклянные или пластмассовые шарики диаметром 15—25 мм или пену.

Местные отсосы ванн для обезжиривания органическими раст-

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ворителями обслуживаются самостоятельными вентиляционными установками во взрывобезопасном исполнении.

Вентиляционные установки для ванн с цианистыми растворами и для ванн с кислыми растворами должны быть самостоятельными во избежание образования в них цианистого водорода.

Воздух, удаляемый от шкафов для развески цианистых солей, перед выбросом в атмосферу очищается в скрубберах с орошением щелочной суспензией железного купороса (5—7 г на 1 л воды). Местная вытяжка воздуха из отделений компенсируется в зимнее время подогретым приточным воздухом, который подается на уровне 2,5—3 м от пола через воздухораспределители, обеспечивающие скорость движения воздуха в рабочей зоне не более 0,3 м/с. В теплый период года допускается естественный приток воздуха через окна. В отделениях покрытия и приготовления растворов предусматривается вентиляция верхней зоны в размере не менее однократного воздухообмена. Рециркуляция воздуха во всех помещениях гальванического цеха (кроме машинного отделения) не допускается.

Удаляемый от бортовых отсосов воздух транспортируется по подпольным кирпичным оштукатуренным или бетонным каналам, а также по металлическим воздуховодам, проложенным или под потолком подвала, или на высоте 3—4 м от пола цеха. Каналы прокладывают с уклоном не менее 0,005 к приямку для сбора в нем попутного конденсата. При верхней прокладке воздуховода в нижней части кожухов вентиляторов вытяжных систем устраивают сифоны для спуска конденсата. Перед выбросом в атмосферу воздух проходит абсорбционную или ионообменную очистку.

Бортовые отсосы и воздуховоды выполняют из антикоррозионных материалов (например, винипласт) или покрывают изнутри и снаружи антикоррозионными веществами (бакелитовый лак и т. д.).

Для удаления избыточного тепла из машинного отделения необходима самостоятельная приточно-вытяжная общеобменная вентиляция. В холодный период года наружный воздух подается механическим путем с применением рециркуляции, при этом возможна и аэрация.

Шлифовальные, полировальные и крацовочные станки шлифовально-полировального отделения оборудуют местными отсосами воздуха. Над пасто- и клеевarками устраивают вытяжные зонты.

Удаляемый воздух транспортируется по круглым металлическим воздуховодам, расположенным вдоль стен или в подпольных каналах. Перед выбросом в атмосферу воздух проходит очистку от пыли в сухих и мокрых пылеуловителях, в фильтрах или пылеосадочных камерах.

В холодный период года предусматривается механический приток воздуха в верхнюю зону со скоростью в рабочей зоне не более 0,5 м/с; в теплый период — аэрация.

На складе химикатов и в отделении приготовления растворов предусматривается общеобменная приточно-вы-

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

тяжиая вентиляция с двух-, трехкратиым обмеиом воздуха в 1 ч. Место развески солей и откупорки тары оборудуют вытяжным шкафом. Ваину для приготовлеиия цианистых растворов сиабжают бортовыми отсосами. При наличии местиых отсосов в помещениях должио быть создано разрежеиие воздуха (дисбаланс 15—20% объема удаляемого воздуха).

В деревообрабатывающих цехах машиностроительиых заводов изготовляют модели для литейных цехов, тару и другие изделия.

Деревообрабатывающие цехи включают раскроечно-строгальное, станочное, столярно-сборочное, малярное и сушильное отделения, а также пилоножеточку, клееприготовительиый и краскоприготовительиый участки, компрессорную, кладовые и склады.

В раскроечно-строгальном отделеиии производят строжку древесиины, обработку ее на торцовочных пилах, распиловку и обрезку.

В станочном отделеиии древесиину подвергают фуговке, строжке и зашиповке иа фуговальиых, строгально-калевочных, круглопильных универсально-шипорезных, рейсмусовых и других стенках.

В столярно-сборочиом отделении изделия собирают на гидравлических ваймах, иа горячих или холодиых прессах, а затем производят их окоичательную обработку, шпатлевку и шлифовку.

В малярном отделении готовые детали грунтуют, окрашивают и сушат.

В сушильном отделении сырую древесиину сушат в специальных камерах паром высокого давления или горячим воздухом. Процесс обработки древесины сопровождается выделением в рабочую зону опилок, стружек и древесиой пыли в раскроечио-строгальиом и станочиом отделеииях; паров клея — в столярио-сборочном; паров растворителей красок и лаков — в малярном; избыточного тепла и водяных паров — в сушильном отделении и на остывочном участке; иаждачной и металлической пыли — в отделении заточки инструмента.

Метеорологические условия в деревообрабатывающих цехах принимают как для помещеиий с незиачительными избытками явного тепла и категорией работ средией тяжести.

Отопление деревообрабатывающих цехов устраивают воздушное, совмещеииое с приточиой вентиляцией. Мелкие производственные отделения и участки, расположенные у наружных стеи и отгороженные перегородками (клеевая, пилоножеточка и т. п.), отапливают местными нагревательными приборами.

Расчетный воздухообмен в раскроечно-строгальном и станочном отделеииях определяют по количеству воздуха, удаляемого местиыми отсосами систем пневмотранспорта от станков и иапольиых отсосов. Древесиые отходы с пола удаляют с помощью напольных и подпольных отсосов постоянного действия (вблизи большой группы станков или стаиков, не оборудованных местными отсосами) и периодического действия для уборки отходов после окончания смены).

Отсос воздуха от станков не производят в следующих случаях: если станков менее пяти и оии работают периодически; от сверлиль-

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ных станков при нестационарной обработке деталей; от токарных станков с ручной подводкой режущего инструмента.

Приточный воздух подается в верхнюю зону помещения рассредоточенно. При объеме помещения более 15 000 м³ допускается раздача воздуха сосредоточенными струями. В летний период приточный воздух может подаваться через окна.

Воздух, удаляемый от станков, напольных и подпольных отсосов, перед выбросом в атмосферу очищают в циклонах или рукавных фильтрах.

В столярно-сборочном отделении предусматривают местную вытяжную вентиляцию и общеобменную приточно-вытяжную вентиляцию.

Загрязненный воздух удаляется через местные отсосы (от деревообрабатывающих станков), через напольные и подпольные отсосы, а при необходимости (из нижней зоны помещения) на высоте около 1 м от пола.

Требуемый воздухообмен определяется по преобладающим вредным веществам или по избыткам тепла.

Для локализации выделяющихся тепла и паров фенола целесообразно применение укрытий в виде глухих штор по периметру пресса, недоходящих до пола на 0,5—0,7 м. Приточный воздух подается в верхнюю зону через перфорированные воздуховоды рассредоточенно, а на участках расположения прессов — через приточные насадки. В цехах объемом более 15 000 м³ допускается раздача воздуха сосредоточенными струями в верхнюю зону.

В малярном отделении предусматривают как местную вытяжную, так и общеобменную приточно-вытяжную вентиляцию.

Местная вытяжная вентиляция применяется для удаления воздуха от окрасочных камер, сушил и сушильных шкафов, краскотерок и краскомешалок. Общеобменная приточно-вытяжная вентиляция служит для растворения неуловленных местными отсосами паров растворителей.

Приточный воздух подается в верхнюю зону рассредоточенно, его расход равен 80—85% расхода удаляемого воздуха.

На краскоприготовительном участке при отсутствии местных отсосов применяется общеобменная вентиляция с трехкратным воздухообменом в 1 ч и с раздачей воздуха в рабочей зоне.

Для борьбы с избыточной влажностью и теплоизбытками в сушильном отделении предусматривается приточно-вытяжная вентиляция. Воздух удаляется с помощью зонтов у разгрузочных ворот сушильных камер.

Необходимый воздухообмен помещения определяется из расчета 30 м³ воздуха на 1 кг пара, расходуемого в сушилах, но не менее пятикратного воздухообмена.

Удаление воздуха из верхней зоны (расчетный расход воздуха минус расход воздуха, удаляемого зонтами) может быть механическим или естественным.

Приточный воздух подается в верхнюю зону через воздухово-

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ды равномерной раздачи или (при отсутствии теплоизбытков) сосредоточенными струями.

Режим работы в **чугунолитейных цехах** может быть непрерывно-параллельным (конвейерные литейные цехи), когда все виды операций производятся одновременно; ступенчатым (литейные цехи с «рассеянным» режимом литья), когда работа производится последовательно, и смешанным.

Конвейерные чугунолитейные цехи имеют отделения: склад шихты; склады формовочных материалов, металла и готовых изделий; землеприготовительное отделение; отделение размола угля и глины; формовочное, стержневое и сушильное отделения; плавильное и заливочное отделения; отделения выбивки форм и стержней, обрубки, очистки и термической обработки литья; колошниковую площадку вагранок; отделение грунтовки отливок.

В состав чугунолитейных цехов со ступенчатым режимом литья входят следующие самостоятельные помещения: склады формовочных материалов и металла; землеприготовительное отделение; колошниковая площадка вагранок; формовочное, плавильное и заливочное отделения; отделение выбивки форм и стержней; участок остывания отливок; отделение обрубки, очистки и термической обработки литья; галерея транспортеров оборотной земли.

Технологический процесс в чугунолитейных цехах начинается с изготовления земляных форм и стержней, в состав которых входят песок, горелая оборотная земля, уголь, крепители. Формы и стержни из формовочных и стержневых масс изготовляют на специальных формовочных машинах или вручную. Изготовленные формы сушат в установках поверхностной сушки или в сушилах, стержни — в камерных печах периодического или непрерывного действия и в конвейерных горизонтальных и вертикальных сушилах непрерывного действия.

После сушки стержни и формы собирают для заливки. В конвейерных литейных цехах их размещают на заливочном конвейере, в литейных цехах со ступенчатым режимом — на площади пола цеха (на заливочном плацу). После заливки металла и его остывания производят выбивку отливок из форм на вибрационных решетках, а выбивку стержней из отливок — на вибрационных станках. Затем производят очистку и обрубку литья. Для очистки литья применяют очистные барабаны, дробеметные, дробеструйные, пескогидравлические камеры, а также обдирочные станки стационарного или переносного типа. Обрубку литья производят на обрубных столах. Мелкие дефекты литья исправляют путем его заварки и термической обработки в специальных печах камерного или тоннельного типа.

Кроме литья в земляные формы существует литье в металлические формы (кокили) — кокильное литье.

Технологический процесс в чугунолитейных цехах сопровождается поступлением в рабочую зону следующих вредных выделений:

пыли — при приготовлении смесей, выбивке, очистке и обрубке литья;

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

конвективного и лучистого тепла — при плавке и заливке чугуна, остывании залитых форм, сушке форм и стержней, выбивке форм и термической обработке литья;

водяных паров — при переработке свежей земли, сушке форм и стержней;

паров растворителей — при формовке и сушке стержней;

газов — при загрузке вагранок, заливке чугуна, выбивке форм, сушке форм, стержней и ковшей.

Характеристика помещений по теплонапряженности и категории работ для выбора параметров внутреннего воздуха приведена в табл. 4.2.

ТАБЛИЦА 4.2. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ ЧУГУНОЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Помещение	Теплонапряженность	Категория работ
Склад шихты Склад формовочных материалов Землеприготовительное отделение	Незначительные избытки явного тепла	Тяжелая
Отделения: формовочное стержневое сушильное плавильное заливочное		Средней тяжести
Отделения: выбивки форм и стержней обрубки и очистки литья термической обработки литья	Значительные избытки явного тепла	Тяжелая
Колошниковая площадка вагранок		Легкая
Галерея транспортеров оборотной земли		Средней тяжести

В производственных помещениях (кроме складов) отопление, как правило, предусматривают воздушное, совмещенное с приточной вентиляцией. Для отопления складов шихты и формовочных материалов применяют отопительно-рециркуляционные агрегаты, поддерживающие в помещении температуру +5°С.

Для дежурного отопления допускается использование приточных систем при работе их на рециркуляцию, в отдельных случаях — отопительно-рециркуляционных агрегатов или местных нагревательных приборов.

Вытяжную вентиляцию склада шихты предусматривают местную и общеобменную. Запыленный воздух удаляется от грохотов

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

для кокса, мест перевалки на конвейерах, от бункеров и питателей бункерной эстакады. Кроме того, устраивают вытяжку воздуха из верхней зоны помещения. Запыленный воздух перед выбросом в атмосферу проходит мокрую очистку.

Приточный воздух подается в верхнюю зону. Допускается сосредоточенная подача воздуха.

Воздух из склада формовочных материалов удаляют с помощью местных отсосов от мест перепада на конвейерах, дробилок, бункеров, питателей и из верхней зоны в объеме однократного воздухообмена. Удаляемый от местных отсосов воздух перед выбросом в атмосферу подвергают мокрой очистке.

Приточную вентиляцию устраивают, как на складе шихты.

В землеприготовительном отделении воздух удаляют от мест перепада на конвейерах, дробилок, бункеров для песка и горелой земли, элеваторов, бегунов, полигональных сит, плужковых сбрасывателей, шаровых мельниц и из верхней зоны. Удаляемый от местных отсосов воздух перед выбросом в атмосферу проходит мокрую очистку.

Приточную вентиляцию в холодный период года предусматривают рассеянную с подачей воздуха в верхнюю зону. При ручной загрузке смесителей необходимы воздушные души. В теплый период года при наличии окон устраивают приточную естественную вентиляцию. Из общего объема приточного воздуха 20—25% подается в смежное формовочное отделение.

В формовочном отделении воздух удаляется механическим или естественным путем из верхней зоны. В случаях применения крепителей из жидкого стекла и наличия двуокиси углерода воздух удаляется из верхней (50%) и нижней (50%) зон.

При ручной формовке подачу воздуха в холодный период года предусматривают механическую рассеянную в рабочую зону, в теплый период — через нижние фрамуги окон.

При машинной формовке воздух в холодный период года подается сосредоточенно в верхнюю зону, в теплый период — через нижние фрамуги окон.

При наличии смежных запыленных помещений в формовочное отделение подают дополнительное количество воздуха для предотвращения его загрязнения вследствие перетекания воздуха.

В стержневом отделении воздух удаляют от станков зачистки и шлифовки стержней, пульверизационных камер окраски, сушильных камер, автоматических станков для изготовления полуформ, станков и рабочих столов для склейки полуформ и из верхней зоны помещения в объеме не менее однократного воздухообмена. Запыленный воздух перед выбросом в атмосферу проходит мокрую очистку.

Подачу воздуха в рабочую зону в холодный период года предусматривают механическую, а в теплый период — естественную через фрамуги окон. На постоянных рабочих местах у горелок или форсунок, а также у дверей и проемов сушил предусматривают воздушное душирование.

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

Воздух из сушильного отделения удаляется от сушил и из верхней зоны помещения.

Приточную вентиляцию устраивают такой же, как в стержневом отделении.

Воздух из плавильного отделения удаляется от вагранок, электропечей, стендов для сушки ковшей, тигельных горнов и из верхней зоны помещения.

Приток воздуха в помещение местный в виде воздушных душей, и общеобменный естественным путем. Из общего объема приточного воздуха 20—25% подается в смежное формовочное отделение.

Воздух из заливочного отделения удаляется через местные отсосы от стендов для сушки ковшей, установок для разливки металла, мест заливки в формы, охладительных конвейеров и из верхней зоны помещения.

Подача воздуха такая же, как в плавильном отделении.

Воздухообмен в холодный период года должен проверяться на разбавление окиси углерода до уровня предельно допустимых концентраций.

В отделении выбивки форм и стержней воздух удаляется через местные отсосы от решеток для выбивки форм, станков для выбивки стержней, от мест пересыпки горелой земли с конвейера на конвейер, бункеров горелой земли, песка и сухой глины, ковшовых элеваторов, магнитных сепараторов, барабанных сит и из верхней зоны помещения. Удаляемый запыленный воздух перед выбросом в атмосферу проходит двухступенчатую очистку сухим (циклоны) и мокрым способами.

Воздух подается воздушными душами. В теплый период года применяется аэрация. Из общего объема приточного воздуха до 20—25% подается в формовочное отделение.

На участке остывания отливок (охладительная галерея), а также в тоннелях для подачи отливок из литейных цехов в цехи очистки, обрубки и термообработки устраивают естественную приточно-вытяжную вентиляцию, рассчитанную на ассимиляцию теплоизбытков. При наличии на участке постоянных рабочих мест предусматривают воздушные души.

Из отделений обрубки и очистки литья воздух удаляется через местные отсосы от обрубочных столов, очистных барабанов, гидропескоструйных, дробеструйных и дробеметных камер, точильно-обдирочных и наждачных станков и из верхней зоны помещения. Запыленный воздух от очистных барабанов, дробеструйных и дробеметных камер перед выбросом в атмосферу подвергается одноступенчатой очистке в рукавных фильтрах. Запыленный воздух от остального оборудования проходит двухступенчатую очистку сухим (циклоны) и мокрым способами.

Подачу воздуха в холодный период года предусматривают механическую, рассеянную в верхнюю зону, в теплый период — через окна.

Воздух из отделения термической обработки

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

литья удаляется через зонты над загрузочными и выгрузочными проемами печей отжига, работающих на твердом топливе, мазуте или генераторном газе, и из верхней зоны помещения. Для печей, работающих на природном газе, продукты сгорания которого поступают непосредственно в цех, местную вытяжную вентиляцию не устраивают. Воздух подается в рабочую зону установками воздушного душирования.

На колошниковой площадке вагранок воздух удаляется через фонарь или шахты. Вытяжные шахты располагают на расстоянии 1—1,5 м от фронта вагранок. При ручной завалке вагранок необходимо устраивать зонты над загрузочным окном. Воздух подается через воздушные души и рассеянно в рабочую зону механическим путем из расчета 1000 м³ на 1 т выплавляемого металла.

В галерее транспортеров оборотной земли воздух удаляется от транспортеров, магнитных сепараторов и из верхней зоны. Удаляемый запыленный воздух проходит перед выбросом в атмосферу двойную сухую и мокрую очистку.

Приточный воздух подается механическим путем сосредоточенно.

Общественные здания. Помещения зданий драматических, музыкально-драматических и оперно-балетных театров подразделяют на зрительный и сценический комплексы помещений, производственные помещения и склады.

Основной тип сцены театров — колосниковый. В комплекс помещений колосниковой сцены входят: просцениум, арьерсцена, боковые карманы сцены, трюм и верхняя часть сцены.

Температура воздуха и нормы воздухообмена для основных помещений театров следует принимать по СНиП II-Л.20-69 [32].

Здание театра оборудуется системой центрального водяного отопления с раздельными ветвями трубопроводов и регулированием из узла управления для зрительного зала, артистической и сцены. Для отдельных групп помещений при соответствующем обосновании могут применяться системы воздушного отопления. В районах с расчетной наружной температурой для вентиляции — 10°С и выше в зрительных залах, где температура воздуха не снижается более чем на 8°С за время перерывов между спектаклями, водяное отопление не предусматривается.

Театры оборудуют искусственными приточно-вытяжными системами вентиляции, самостоятельными для помещений зрительного и сценического комплексов, курительных, санитарных узлов, аккумуляторных, подсобных при буфетах, светопроекционных (при дуговых проекторах) и трюма сцены. Вентиляцию курительных и санитарных узлов допускается объединять в одну систему. В зрительных залах театров состояние воздушной среды в зонах размещения зрителей должно быть обеспечено отдельной системой вентиляции или кондиционирования воздуха в соответствии с требованиями табл. 1.1 с заданной степенью обеспеченности.

Для системы вентиляции и кондиционирования воздуха зритель-

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ного зала и других помещений применяется рециркуляция воздуха, при этом количество наружного воздуха должно составлять не менее 20 м³/ч на одного человека. Наружный и рециркуляционный воздух должен очищаться от пыли.

В зрительном зале театра с колосниковой сценой количество удаляемого воздуха должно составлять 90% приточного, в том числе через сцену удаляется 17% воздуха. В фойе и фойе-вестибюле осуществляется только приток воздуха на возмещение вытяжки из уборных, курительных, гардеробных и на дополнительный двухкратный воздухообмен из фойе.

В районах с расчетной наружной температурой —15°С и ниже при входах в вестибюли и в проемах складов для декораций предусматривают воздушные или тепловые завесы с забором воздуха из верхних зон вестибюлей и складов. Для помещений аппаратной регулирования (дроссельной) освещения сцены и зала разрешается подача наружного неподогретого воздуха; при температуре ниже +10°С подогрев воздуха осуществляется за счет рециркуляции.

В репетиционные залы, групповые помещения для артистов, производственные мастерские, аппаратные звукофикации, радиовещания, звукозаписи, телевидения и в кабину диктора приток и вытяжку устраивают непосредственно из помещений. В щелочных аккумуляторных вытяжные отверстия располагают под потолком, в кислотных — в двух зонах: из нижней — на высоте 0,2 м от пола и в верхней — под потолком. От клееварок устраивают местные отсосы.

В помещениях постирочной, окраски и пропитки декораций устраивают приточно-вытяжную вентиляцию с местными отсосами.

Все приточные отверстия зрительного зала оборудуют устройствами, позволяющими изменять направление движения воздуха. Системы вентиляции и кондиционирования воздуха должны иметь устройства виброшумоглушения, автоматическое регулирование, а также дистанционный и местный контроль и сигнализацию.

Кинотеатры круглогодичного действия подразделяют на два типа: с фойе и с распределительными кулуарами. Помещения кинотеатров включают зрительный комплекс, киноаппаратный комплекс и служебно-хозяйственные помещения.

Расчетные температуры воздуха и кратность воздухообменов для основных помещений кинотеатров следует принимать по СНИП II-Л.0,5-68 [33].

В кинотеатрах со зрительным залом вместимостью до 200 чел. допускается устройство вытяжной вентиляции без организованного притока, если внутренний объем зала на одно место составляет не менее 3,5 м³. В кинотеатрах со зрительным залом вместимостью до 600 чел., расположенных в среднем климатическом поясе, можно ограничиться приточно-вытяжной вентиляцией без кондиционирования воздуха. Для кинотеатров со зрительным залом вместимостью более 600 чел. при технико-экономическом обосновании для обеспечения комфортных условий может быть запроектирована система кондиционирования воздуха.

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

Расчетное число зрителей в зале соответствует его стопроцентному заполнению. Воздухообмен в зрительном зале рассчитывают по летнему режиму. Тепло от электрического освещения в зрительных залах не учитывают.

В зрительных залах кинотеатров круглогодичного действия для холодного и переходного периодов года проектируют механическую приточную вентиляцию и вытяжную вентиляцию с естественным побуждением через шахты с устройством вытяжных отверстий в потолке или в верхней зоне зала.

При устройстве приточной вентиляции с механическим побуждением, как правило, применяют сосредоточенную подачу воздуха с направлением на экран или от экрана. В залах вместимостью 800—1000 чел. и более предпочтительнее рассредоточенная подача воздуха.

При конфигурации зала, близкой к квадрату, можно рекомендовать схему вентиляции с двусторонней боковой рассредоточенной подачей приточного воздуха и с удалением воздуха наружу — через отверстия в потолке и на рециркуляцию — через отверстия в торцовой стене у экрана. При наличии в зале балкона и при гладком потолке приточный воздух следует подавать через отверстия, расположенные в торцовой стене со стороны, противоположной экрану, над балконом и под балконом; при этом удаление воздуха организуют со стороны экрана на двух уровнях: из верхней зоны наружу и из нижней зоны на рециркуляцию. В случае расположения приточных отверстий в барьере балкона воздух забирают на рециркуляцию через решетки в нижней части торцовой стены у проекционной.

Для зрительных залов (с балконом) вместимостью 1000 чел. и более можно рекомендовать схему вентиляции с подачей приточного воздуха со стороны экрана на двух уровнях (направление воздуха на балкон и в партер) и с удалением воздуха наружу — через отверстия в потолке над балконом и на рециркуляцию — через отверстия в торцовой стене под экраном.

При проектировании и расчете воздухораздачи в зрительных залах необходимо соблюдение следующих основных положений:

скорость движения воздуха в обслуживаемой зоне зрительных залов в холодный период года не должна превышать 0,3 м/с, в теплый период — 0,4 м/с;

приточные отверстия в стенах зрительного зала для подачи воздуха в партер располагают на высоте 3—6 м от пола;

приточные отверстия в задней стене балкона и подбалконного пространства располагают на высоте не менее 2,1 м от пола с направлением приточного факела параллельно потолку и с установкой решеток с регулирующими лопатками;

в случае выпуска приточного воздуха через отверстия в стенах на высоте до 2 м от пола температура его не должна отличаться от температуры воздуха в этой зоне более чем на 2°С.

В фойе устраивают отдельную или общую со зрительным за-

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

лом систему приточной вентиляции. Приточный воздух следует направлять в верхнюю зону фойе в объеме суммарной вытяжки из прилегающих помещений: буфета, курительной, санитарных узлов, административных помещений и др.

В обслуживающих и административных помещениях кинотеатров проектируют только вытяжную вентиляцию: в курительной и санитарных узлах — с механическим побуждением, в прочих помещениях — с естественной тягой.

В аккумуляторной с кислотными аккумуляторами и в кислотной следует предусматривать вытяжную вентиляцию самостоятельным агрегатом во взрывобезопасном и антикоррозионном исполнении с расположением вытяжных отверстий под потолком и на высоте 0,3 м от пола. В аккумуляторной со щелочными аккумуляторами вытяжные отверстия располагают только под потолком. В этом случае можно организовывать естественную вентиляцию через отдельный вентиляционный канал.

В помещении кинопроекционной кроме общеобменной механической вентиляции с подачей и удалением воздуха в верхнюю зону предусматривают местную вытяжную вентиляцию от кинопроекторов. Количество удаляемого воздуха от кинопроектора принимается по табл. 4.3.

ТАБЛИЦА 4.3. КОЛИЧЕСТВО УДАЛЯЕМОГО ВОЗДУХА ОТ КИНОПРОЕКТОРА ПРИ ОСВЕЩЕНИИ ДУГОВЫМИ ЛАМПАМИ

Параметры кинопроектора		Количество удаляемого воздуха, м³/ч
диаметр положительного угла, мм	сила тока, А	
8	60	400
9	90	700
10	90	700
11	120	1000
12	180	1700

При освещении ксеноновыми лампами мощностью 0,5—1, 2—3 и 5 кВт количество удаляемого от кинопроектора воздуха будет равно соответственно 300, 600 и 800 м³/ч.

Воздух в кинопроекционную может подаваться от приточной системы вентиляции, обслуживающей и другие помещения, но с обязательной установкой на ответвлении противопожарного клапана. Вытяжная система кинопроекционной может быть объединена только с прямоточной вытяжной системой. Прокладка транзитных воздуховодов через кинопроекционную не допускается.

Клубы в зависимости от вместимости зрительного зала подразделяются на пять типов: I — сельский клуб на 150—400 мест; II — сельский Дом культуры на 300—700 мест; III — районный Дом культуры на 500—800 мест; IV — городской клуб на 300—700 мест: V — городской Дом культуры на 500—1000 мест.

Помещения клубов включает зрительную и клубную части, по-

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

мещения административно-хозяйственного и обслуживающего назначения. В зданиях клубов в зависимости от местных условий допускается размещать танцевальные залы, кафе, библиотеки, спортивные залы, музыкальные школы, музеи и базы проката клубного инвентаря.

Сцены клубов (игровые площадки) могут быть эстрадного и колосникового типа.

Расчетные температуры воздуха и кратность воздухообмена в основных помещениях клубов принимают по СНИП II-Л.16-71 [34].

Клубы оборудуют приточно-вытяжными системами вентиляции, самостоятельными для помещений зрительной и клубной частей с обслуживающими и административными помещениями.

В зрительной части проектируют приточную вентиляцию с механическим побуждением для зрительного зала (с рециркуляцией воздуха), фойе, обслуживающих зрительный зал помещений (кулуаров, гостиных, буфета, вестибюля и др.) и вытяжную — из курительных, уборных, киноаппаратной, артистических комнат, аккумуляторных и кислотных. Естественную вытяжную вентиляцию предусматривают из зрительного зала, помещений сцены, а также из административно-хозяйственных помещений.

В клубной части устраивается вентиляция следующих видов:

искусственная приточная во всех комнатах для занятий кружков, в гостиных, выставочных залах, помещениях детского сектора, библиотеке и вестибюле;

отдельная искусственная приточная для спортивного зала, которая может быть совмещена с воздушным отоплением. При близком расположении спортивного и малого зала-аудитории целесообразно объединять приточную вентиляцию для обоих помещений в одну общую систему;

естественная вытяжная для всех помещений;

искусственная вытяжная для уборных и душевых.

В зрительных залах в зависимости от их вместимости, конфигурации и способов размещения зрительных мест схемы вентиляции принимают по аналогии со схемами вентиляции залов кинотеатров.

В фойе и кулуарах проектируют только приточную вентиляцию для компенсации вытяжки воздуха из смежных обслуживающих помещений. Объем приточного воздуха, подаваемого в фойе, должен превышать на 10% суммарный объем вытяжки из помещений буфета, уборных, курительных, гардероба и плюс двукратный объем притока в вестибюль. Приточный воздух в фойе и кулуары надлежит подавать в верхнюю зону. Для курительных и уборных проектируют общую вытяжную систему. В клубной части приточный воздух подается в коридоры или кулуары в верхнюю зону. В малом зале-аудитории проектируют искусственный приток воздуха и естественную вытяжку.

Все приточные и вытяжные решетки в обслуживающих и административных помещениях устанавливают под потолком. Они должны иметь регулировочные устройства.

Приточные вентиляционные камеры проектируют, как правило,

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

в подвале или на первом этаже. Не допускается устройство вентиляционных камер с вентиляторами над зрительным залом, фойе и малым залом-аудиторией и под ними.

Вентиляцию кинопроекционных, аккумуляторных и других помещений выполняют аналогично вентиляции соответствующих помещений кинотеатров.

Состав помещений больниц, поликлиник, диспансеров и других амбулаторных учреждений устанавливают в зависимости от профиля, а также вместимости больниц и числа посещений в поликлиниках.

Расчетные температуры воздуха и кратность воздухообмена в основных помещениях лечебных учреждений принимают по соответствующей главе СНиП II-Л.9-70 [35].

Во всех помещениях больниц, поликлиник и амбулаторий при наличии в них физиотерапевтических, рентгеновских, операционных отделений и лабораторий устраивают механическую приточно-вытяжную вентиляцию. При расчете вентиляции руководствуются данными, приведенными в СНиП [35].

Кондиционирование воздуха проектируют в операционных, наркозных, родовых, реанимационных и послеоперационных палатах, в палатах интенсивной терапии, в одно- и двухкоечных палатах больных с ожогами кожи, а также для 50% коек в отделениях для грудных и новорожденных детей и для 40% коек в отделении недоношенных и травмированных детей при оборудовании кювезами 20—25% коек, а при отсутствии кювезов — 60—70% коек. В операционных, наркозных, родовых, реанимационных и послеоперационных палатах относительная влажность воздуха должна находиться в пределах 55—60%, а скорость движения его не должна превышать 0,15 м/с.

Отдельные системы приточной и вытяжной вентиляции проектируют для следующих помещений: операционных блоков, реанимационных, родовых, рентгеновских кабинетов, лабораторий, грязе- и водолечебных кабинетов, помещений сероводородных и радоновых ванн, а также лабораторий приготовления раствора радона и холодильных камер. Объединение нескольких помещений одной вентиляционной системой возможно только при одинаковом режиме в них, допустимости сообщения помещений между собой и исключении пребывания в них инфекционных больных.

В каждое помещение для лечебных процедур приточный воздух следует подавать непосредственно в верхнюю зону, для остальных помещений допускается подача приточного воздуха в коридор в количестве, соответствующем количеству воздуха, удаляемого из помещений.

Вентиляционные приточные и вытяжные камеры размещают таким образом, чтобы была исключена передача шума в помещения с длительным пребыванием больных и в кабинеты врачей.

Для операционных, наркозных, родовых, реанимационных, послеоперационных палат, палат интенсивной терапии, а также для одно- и двухкоечных палат для больных с ожогами кожи необхо-

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

дима очистка наружного воздуха в бактериологических фильтрах, устанавливаемых после вентилятора. В отдельных операционных, предназначенных для мелких операций (например, в поликлиниках), допустимо применение местных автономных кондиционеров УКВ-1, УКВ-2.

Вытяжную вентиляцию с механическим побуждением устраивают для всех помещений больниц, за исключением инфекционных корпусов, где для каждого бокса должна быть предусмотрена естественная вытяжная вентиляция с установкой дефлекторов.

В операционных и наркозных палатах вытяжку воздуха следует организовывать из верхней и нижней зон помещения.

В кабинетах электро-, свето- и теплолечения воздухообмен следует рассчитывать на удаление вредных выделений. Приток воздуха для этих помещений, предусматриваемый от отдельной приточной камеры, должен осуществляться в верхнюю зону.

Для грязелечебных кабинетов, бассейнов регенерации и помещений для нагрева грязи воздух рекомендуется подавать в верхнюю зону, а вытяжку организовывать из верхней и нижней зон.

Для рентгенодиагностических кабинетов с аппаратами закрытого типа проектируют приточно-вытяжную вентиляцию с удалением воздуха из верхней зоны — на расстоянии 0,6 м от потолка, а из нижней — на расстоянии 0,5 м от пола. В фотолаборатории воздух удаляют из верхней зоны. Кабинеты рентгенотерапии рекомендуется вентилировать аналогично рентгенодиагностическим кабинетам, но с повышенным воздухообменом.

В зданиях аптек отдельные вытяжные системы следует предусматривать для помещений приемно-рецептурной, ассистентской, материальной, мытья посуды, стерилизационной и санитарного узла.

Вентиляционные камеры не допускается размещать смежно с машинными отделениями охлаждаемых камер, насосными установками бойлерных, кухнями и заготовочными службами приготовления пищи, ремонтными мастерскими и помещениями для временного хранения трупов, а также над помещениями с длительным пребыванием больных и кабинетами врачей и под ними.

§13. РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И МЕСТНЫХ ОТСОСОВ

Технологическими отсосами принято называть расход воздуха, удаляемого из помещения на технологические нужды: горение топлива, технологический пневмотранспорт, удаление воздуха через различные проемы вместе с материалами, полуфабрикатами и готовой продукцией и т. п. Расход воздуха на технологические нужды, как правило, определяют в технологической части проекта. В табл. 4.4, например, приведены данные по расходу воздуха, необходимого при сжигании 1 кг топлива.

Местная вытяжная вентиляция является наиболее эффективным способом вентиляции помещений. Основным элементом мест-

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ТАБЛИЦА 4.4. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МАССА ВОЗДУХА $G_{воз}$, кг, ПРИ СЖИГАНИИ 1 КГ ТОПЛИВА

Топливо	$G_{воз}$, кг/кг	Топливо	$G_{воз}$, кг/кг
Дрова влажностью 20%	4,6	Бензин автомобильный	14,9
Торф влажностью 25%	4,9	Мазут	14,3
Уголь		Природный газ	7
бурый	4,9—7	Генераторный газ из	
каменный	9—9,6	каменного угля	1,33
подмосковный	6,5	торфа	1,27
Антрацит	10—10,7		
Кокс	8—10,4		

ной вытяжной вентиляции является местный отсос. Улавливание вредных выделений местными отсосами предупреждает их распространение по помещению и обеспечивает максимальный эффект вентиляции при минимальных воздухообменах.

В зависимости от взаимного расположения источника вредных выделений и воздухоприемника различают следующие виды местных отсосов:

а) кожухи или укрытия — когда источник вредных выделений находится внутри местного отсоса и сообщается с воздухом помещения через небольшое рабочее отверстие (вытяжные шкафы, укрытия абразивных и полировальных кругов и др);

б) зонты (козырьки) — когда источник вредных выделений находится на некотором расстоянии от воздухоприемника местного отсоса и окружающий воздух свободно подтекает к нему со всех сторон;

в) промежуточные и переходные формы между кожухами и зонтами, когда источник выделений с одной или нескольких сторон изолируется от окружающего воздуха (бортовые, кольцевые и боковые отсосы, панели равномерного всасывания и т. д.).

Местные отсосы могут быть простыми, когда вредные выделения удаляются только вследствие разрежения в воздухоприемном сечении отсоса, и активированными поддувом воздуха.

Существует много частных методик по определению расхода воздуха через местные отсосы (некоторые рассмотрены ниже), но практически для всех местных отсосов расход воздуха $L_{м\,о}$, м³/ч, может быть определен по формуле

$$L_{м\,о} = 3600\,F\,v, \qquad (4\ 22)$$

где F — расчетная площадь открытых проемов, щелей и неплотностей местного отсоса, м²; v — расчетная скорость воздуха в проеме отсоса, м/с.

Расчетная скорость в проеме отсоса зависит от многих причин, главными из которых являются: степень токсичности выделяющихся вредностей, характер технологического процесса, конструкция местного отсоса. Рекомендуемые скорости воздуха для конкретных местных отсосов и определенного технологического оборудования

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ТАБЛИЦА 4.5. РАСЧЕТНЫЕ МИНИМАЛЬНЫЕ СКОРОСТИ ВОЗДУХА В ОТКРЫТОМ ПРОЕМЕ МЕСТНОГО ОТСОСА

Оборудование и технологические операции	Местный отсос	Скорость движения воздуха, м/с
Стол для ручной сварки мелких изделий	Вытяжиой шкаф с рабочим проемом 800×400 мм	0,5—0,7
	Решетка в плоскости стола с живым сечением 50%	0,5
Стол или стеид с фиксированными местами сварки	Панель равномериого всасывания над столом	3,5
Сварка в закрытых и полузакрытых пространствах	Воронка с присосом	6,5
Печи кузнечно-прессового производства:		
нагревательные камерные	Зонт-козырек	0,8
щелевые	Комбинированный зонт	0,7
Пресс кривошипный горячештамповочиый	Укрытие	0,5
Электропечи сопротивления в термическом производстве	Козырек над загрузочиым отверстием	0,6
Камерные печи с газовым нагревом термического пронзводства	Комбинированный зонт	0,8
Шахтные электропечи азотирования	Кольцевой отсос	6—6,5
Электропечи с контролируемой средой	Зонт-козырек иад разгрузочным отверстием	0,6
Агрегат цианирования термического производства	Общее укрытие	1,5
Электрические печи:		
шахтная масляная	Кольцевой отсос	4,5
соляная	Укрытие	0,6
	Бортовой отсос	7
Ванна:		
обезжиривания щелочью, промасливаиия	Бортовой отсос	3,5 5,3
Ванна для закалки в масле	Бортовой отсос	10
	Укрытие	0,7
Машина моечная	Укрытие	0,8
Стенд аммиачных баллонов	Зонт	0,5
Устаиовка:		
гидрополирования	Укрытие	1
закалочная ТВЧ	Кольцевой отсос	3
Камера дробеструйная или дробеметиая	Укрытие	5
Оборудование, выделяющее пыль	Укрытие	3—5
Бак для варки сульфитиого щелока	Шкаф	0,7
Вагранка:		
выпуск металла	Зонт	1
» шлака	»	1
Печь дуговая плавильная	Укрытие	1
Индукционная печь для плавки стали	Зонт	1,5
Заливка на конвейере	Панель равномерного всасывания	5
Охлаждение отливок	Укрытие	4
Выбивка решетки	»	5

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

Оборудование и технологические операции	Местный отсос	Скорость движения воздуха, м/с
Ванны и агрегаты гальванического производства:		
холодные растворы ($t_р < 50°C$)	Полные укрытия	0,7
нагретые	То же	1
Обезжиривание мелких деталей	Шкаф	0,7
Лужение		1
Растворение кислот, щелочей, солей:		
холодные растворы ($t_р < 50°C$)		0,7
нагретые »		1
Кадмирование цианистое или серебрение		1—1,5
Свинцевание		0,3—0,5
Травление:		
азотной кислотой		0,7—1
соляной »		0,5—0,7
хромирование		1—1,5
цинкование цианистое		1—1,5
Пайка свинцом или третником		0,5—0,7
Лабораторные работы		0,3—0,5
Окраска пневматическим распылением лакокрасочных материалов:		
содержащих свинцовые соединения и ароматические углеводороды		1,3
не содержащих свинцовых соединений и ароматических углеводородов		1
содержащих диизоцианаты, эпоксидные, полиуретановые и акрилатные соединения		1,7
Окраска безвоздушным распылением	Окрасочная камера	1,7
Окраска лакокрасочных материалов:		
содержащих свинцовые соединения или ароматические углеводороды		0,7
не содержащих свинцовых соединений или ароматических углеводородов		0,6
Окраска электроручным распылением		0,4—0,5
Электростатическая окраска лакокрасочными материалами:		
содержащими ксилол		0,8
не содержащими ксилол		0,6

приводятся в нормативной и справочной литературе [8, 22, 24, 40], а также могут быть приняты из табл. 4.5.

Вытяжные зонты служат для улавливания направленных вверх потоков вредных выделений. Зонты могут быть простыми и активированными поддувом, индивидуальными и групповыми. Простые зонты применяют там, где нет значительных горизонтальных перемещений воздуха. Для того чтобы зонт улавливал все подходящие к нему вредные выделения, он должен быть «емким» т. е. иметь центральный угол раскрытия не более 60°.

В общем случае расход воздуха, удаляемого зонтом, определя-

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ется по формуле (4.22). Однако если зонт установлен под компактным источником тепла, то расход воздуха через зонт $L_к$, м³/ч, равен расходу воздуха в тепловой струе.

$$L_к = 125\, F_з / F_и \sqrt[3]{Q_к\, Z\, F_п^2}\,, \qquad (4.23)$$

где $F_з$ и $F_и$ — площадь соответственно зонта и источника тепла м²; $Q_к$ — конвективная составляющая источника тепла, Вт; Z — расстояние от нагретой поверхности до воздухоприемиого сечения зонта, м.

Отношение $F_з/F_и$ в формуле (4.23) принимается равным 1,25—1,5.

Зонты-козырьки устанавливают над входными отверстиями печей, сушил и другого подобного оборудования для отсасывания выбивающихся газов в момент загрузки и выгрузки оборудования.

При расчете зонта-козырька (размеры зонта и количество отсасываемого воздуха) следует учитывать вид технологического оборудования. Для пламенных печей и сушил, работающих на твердом или газообразном топливе, основной предпосылкой является то, что печь (сушило) работает с избыточным давлением, под влиянием которого газ выбивается по всей высоте отверстия печи. Методика расчета зонта-козырька для этих печей дана в учебнике [3].

В электрических печах сопротивления при открывании отверстия в его нижней части воздух входит в печь, а из верхней — выбивается наружу. Проведенные теоретические исследования и наши опыты [24] позволяют рекомендовать следующие размеры зонта-козырька у загрузочных отверстий печей и сушил, обогреваемых электричеством: вылет (длина) зонта, мм, $l = (1{,}2 \div 1{,}25)H$; ширина зонта, мм, $b = B + 200$, где H и B — соответственно высота и ширина загрузочного отверстия, мм.

Объем воздуха L, м³/ч, выбиваемого из загрузочного отверстия электропечей, можно рассчитывать по формулам:

$$L = B\, L'/H;$$

$$L' = 7700\, H^{3/2} \frac{\sqrt[3]{n}}{1+\sqrt[3]{n}} \sqrt{\frac{\sqrt[3]{n}}{1+\sqrt[3]{n}}\,(n-1)}\,; \qquad (4.24)$$

$$n = T_г/T_в \approx \rho_в/\rho_г, \qquad (4.25)$$

где $T_г$ и $T_в$ — абсолютная температура соответственно выбивающихся газов и воздуха помещения, К; $\rho_г$, $\rho_в$ — плотность соответственно выбивающихся газов и воздуха помещения, кг/м³.

Для расчета величины L' можно пользоваться номограммой (рис. 4.3).

Пример 4.1. Надо запроектировать зонт над отверстием электрической нагревательной печи размерами $B = 600$ мм, $H = 450$ мм и с рабочей температурой 875°С; температура воздуха помещеиия 31°С.

Решение: 1. Определяем n:

$$n = (273 + 875)/(273 + 31) = 3{,}78.$$

2. По номограмме иа рнс. 4.3 находим $L' \approx 835$ м³/ч. Расчетный объем отсасываемого воздуха равеи

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

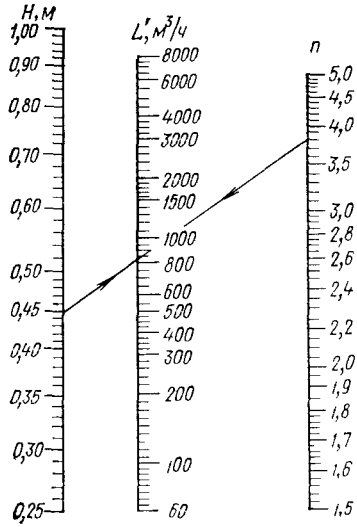


Рис. 4.3. Номограмма для определения объема отсасываемого воздуха L'

$$L = B\,L'/H = 600 \cdot 835/450 = 1113 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

3. Размеры зонта составят:

$$l = 1{,}25 \cdot 450 = 562 \text{ мм}; \quad B = 600 + 200 = 800 \text{ мм}$$

Вытяжные шкафы применяют, когда имеется возможность практически полностью изолировать источник вредных выделений от воздуха помещения. По месту удаления загрязненного воздуха из шкафа различают вытяжные шкафы с верхним, нижним и комбинированным удалением воздуха. Шкафы с верхним удалением воздуха применяют для нагретых выделений и легких газов; шкафы с нижним удалением воздуха — для пылей и тяжелых газов; шкафы с комбинированным удалением воздуха — для пылей, тяжелых газов и тепловыделений. Из нижней зоны шкафа удаляют от $^1/_3$ до $^2/_3$ общего объема воздуха в зависимости от преобладания тех или иных вредных выделений.

Расход воздуха $L_ш$, м³/ч, удаляемого из шкафа при отсутствии в нем тепловыделений, определяют по формуле (4.22), а при наличии в шкафу тепловых источников — по формуле

$$L_ш = 126 \sqrt[3]{Q_к H F^2}, \qquad (4.26)$$

где $Q_к$ — конвективная составляющая теплового источника, Вт; H — высота рабочего проема шкафа, м; F — площадь рабочего проема шкафа, м².

Для шкафов с источниками тепловыделений в расчет принимают большее из значений, полученных по формулам (4.22) и (4.26).

Лабораторные химические шкафы предусматривают, как правило, комбинированное удаление воздуха. Расход воздуха из таких шкафов определяют по формуле (4.22) с учетом полностью открытого рабочего проема. В том случае, если размер рабочего проема установить невозможно, то расход отсасываемого из шкафа воздуха принимается по Справочнику [22]: 1000 м³/ч на 1 м ширины рабочего проема при работе с веществами 3-го и 4-го классов опасности и 2000 м³/ч — при работе с веществами 1-го и 2-го классов опасности.

Отсасывающие панели применяют у тепловых источников и при сварочных работах на стационарных постах, когда более полное укрытие источника вредных выделений невозможно или нецелесообразно. Отсасывающие панели (рис. 4.4) размещают вплотную к тепловому источнику или на максимальном расстоянии от него $b = B$. Нижнюю кромку всасывающих отверстий следует располагать на уровне верха источника тепла, а ширину панели A прини-

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

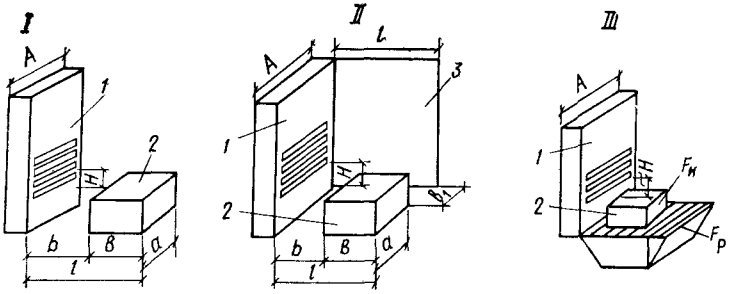


Рис. 4.4. Типы отсасывающих панелей

I — односторонние, *II* — с экраном; *III* — комбинированные с отсосом в сторону и вниз; *1* — панель; *2* — источник тепла; *3* — экран

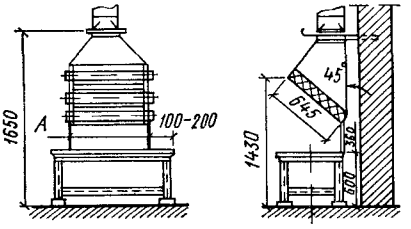


Рис. 4.5. Схема установки отсасывающей панели у поста сварки

мать равной 1,2*a*. Расход воздуха $L_п$, м³/ч, для панелей типа *I* и *II* (см. рис. 4.4) равен в соответствии со Справочником [22]:

$$L_п = c\,Q_к^{1/3}\,(H+B)^{5/3}, \qquad (4.27)$$

где c — коэффициент, зависящий от конструкции панели и ее расположения относительно источника тепла; $Q_к$ — конвективная составляющая источника тепла, Вт; H — расстояние от верха плоскости источника до центра всасывающих отверстий панели, м; B — ширина источника, м.

Коэффициент c принимается равным для панелей:
типа *I*

$$c = 228\,[l/(H+B)]^{2/3};$$

типа *II*

$$c = 228m\,[l/(H+B)]^{1/2};$$

типа *III*

$$c = \frac{1170\,F_н}{F_р}\left(\frac{F_н}{F_р} - 1\right) + 650,$$

где l — максимальное удаление источника от панели (см. рис. 4.4), м; $F_н$, $F_р$ — площадь соответственно детали и решетки, м²; m — коэффициент, зависящий от относительного расстояния между источником и экраном:

b_1/b	0	0,3	1	>1
m	1	1,5	1,8	2

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

При сварочных работах и при обезжиривании крупных деталей применяют панели равномерного всасывания (рис. 4.5). Расход воздуха, отсасываемого такой панелью, определяется ее шириной и скоростью воздуха в живом сечении (табл. 4.6). При отсутствии необходимых данных расход воздуха, удаляемого от панелей, следует принимать равным 3200 м³/ч на 1 м² панели — при ее расположении вблизи стены и 5000—7000 м³/ч на 1 м² панели — при ее расположении вдали от стены.

ТАБЛИЦА 4.6. РАСХОД ВОЗДУХА $L_п$ ОТ ПАНЕЛЕЙ РАВНОМЕРНОГО ВСАСЫВАНИЯ

Ширина панели A, мм	Площадь живого сечения, м²	Значения $L_п$ при скорости движения воздуха в живом сечении, м/с						
		2	2,5	3	3,5	4	5	6
600	0,086	620	775	930	1080	1240	1550	1860
750	0,110	790	990	1185	1380	1580	1980	2370
900	0,130	935	1170	1400	1640	1870	2340	2810

Бортовые отсосы являются основным местным отсосом от ванн в гальванических и травильных цехах. В настоящее время распространение получили бортовые отсосы обычные и опрокинутые, каждый из которых может быть активирован поддувом воздуха (отсос с передувкой). Бортовые отсосы располагают с одной стороны ванны (однобортовые отсосы) или с двух ее сторон (двухбортовые отсосы).

Количество воздуха, удаляемого через бортовой отсос, L, м³/ч, зависит от его типа и размера, токсичности и интенсивности вредных выделений, температуры раствора и других факторов. По методике, предложенной М. М. Барановым, количество воздуха, удаляемого от гальванических ванн, определяется по формуле

$$L = \alpha \sqrt[3]{\Delta t\, l\, k_н\, k_v}, \qquad (4.28)$$

где α — расход воздуха, отнесенный к 1 м длины ванны, зависящий от токсичности вредных выделений и определяемый высотой спектра вредных выделений h, мм, шириной зеркала ванны B, мм, и типом отсоса (табл. 4.7); $\Delta t = t_р - t_{р.з}$ — избыточная температура раствора в ванне, принимаемая не ниже 10°С ($t_р$ — температура раствора, °С; $t_{р.з}$ — температура воздуха рабочей зоны, °С); l — длина ванны, м; $k_н$ — поправочный коэффициент на глубину уровня раствора в ванне H, мм; для обычного однобортового отсоса $k_н = 1{,}12 - 0{,}0015H$; для обычного двухбортового отсоса: при $H = 80$ мм $k_н = 1$, при $H > 80$ мм $k_н = 0{,}015(B/H)^2 - 0{,}305B/H + 2{,}6$; для опрокинутых отсосов $k_н = 1{,}2 - 0{,}0025\ H$; k_v — поправочный коэффициент, учитывающий скорость движения воздуха в помещении.

Для гальванических и травильных цехов, относящихся к помещениям с незначительными теплоизбытками и категорией работ средней тяжести, скорость движения воздуха в рабочей зоне может быть принята равной 0,4—0,5 м/с. Тогда значение коэффициента k_v определяют по следующим зависимостям:

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ТАБЛИЦА 47. ОТНОСИТЕЛЬНЫЙ РАСХОД ВОЗДУХА α

Тип отсоса	Высота спектра вредностей h, мм	Значение α, м³/(ч град$^{1/3}$), при B, мм						
		500	600	700	800	900	1000	1100
Обычный односторонний	40	730	1000	1300	—	—	—	—
	80	530	800	1000	—	—	—	—
	160	400	600	800	—	—	—	—
Обычный двусторонний	40	375	450	525	600	675	750	825
	80	285	350	400	455	520	575	680
	160	220	260	300	350	380	430	480
Опрокинутый односторонний	40	680	900	1100	—	—	—	—
	80	500	700	900	—	—	—	—
	160	400	530	690	—	—	—	—
Опрокинутый двусторонний	40	400	490	575	670	750	900	940
	80	300	375	455	540	600	680	750
	160	240	300	350	410	470	520	580

для однобортового обычного и опрокинутого отсосов

$$k_v = h^{0,07}\,(1 - h^{0,2}\,\Delta t \cdot 10^{-3});$$

для опрокинутого двухбортового отсоса

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

для обычного двухбортового отсоса

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

Токсичность вредных выделений определяется высотой спектра их выделений h и принимается равной:

для очень токсичных вредных выделений (травление в азотной и плавиковой кислотах, матированием меди в кислотах, свинцевание и осветление в холодных растворах; хромирование при $t_р = 45 \div 60$°С, оксидирование черных металлов при $t_р = 130 \div 155$°С, снятие металлических покрытий в азотной кислоте при $t_р = 30$°С) — 40 мм;

для вредных выделений (холодные процессы декапирования меди в цианистом калии и стали в хромпике, цианистое травление цветных металлов, цианистое меднение стали, серебрение и золочение цветных металлов, полирование и снятие металлических покрытий соляной и серной кислотами, цианистое кадмирование; травление стали серной и соляной кислотами при $t_р = 30 \div 60$°С, лужение при $t_р = 60 \div 70$°С, цианистое латунирование при $t_р = 30 \div 40$°С, железнение при $t_р = 100$°С) — 80 мм;

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

для всех остальных технологических процессов гальванических и травильных цехов — 160 мм.

Для нормализованных ванн, оборудованных усовершенствованными опрокинутыми активированными и неактивированными поддувом воздуха бортовыми отсосами (конструкции института Проектпромвентиляция), расход воздуха L, м³/ч, определяют по формуле

$$L = L_0\, k_{\Delta t}\, k_т\, k_1\, k_2\, k_3\, k_4, \qquad (4.29)$$

где L_0 — количество удаляемого воздуха, м³/ч, при значениях поправочных коэффициентов $k_{\Delta t}$, $k_1, \ldots, k_4$, равных единице, глубине раствора в ванне 0,15 м и принимаемое по табл. 4.8; $k_{\Delta t}$ — коэффициент, учитывающий температуру раствора (табл. 4.9); $k_т$, k_1, k_2, k_3, k_4 — коэффициенты, учитывающие соответственно токсичность вредных выделений, конструкцию отсоса, наличие воздушного перемешивания в ванне, укрытие поверхности испарения плавающими телами и пеной; для отсосов с передувкой $k_т = k_1 = k_2 = k_3 = k_4 = 1$, для отсосов без передувки значения $k_т$ приведены в табл. 4.10; $k_1 = 1{,}8$ — для однобортового отсоса; $k_1 = 1$ — для двухбортового отсоса; $k_2 = 1{,}2$; $k_3 = 0{,}75$ и $k_4 = 0{,}5$.

ТАБЛИЦА 4.8. ЗНАЧЕНИЯ L_0 И $L'_п$, ДЛЯ НОРМАЛИЗОВАННЫХ ВАНН

Размер ванн в плане, мм	Значения L_0, м³/ч, для отсоса			Значения $L'_п$ м³/ч
	без передувки двухбортового	с передувкой		
		двухбортового	однобортового	
500×1100	420	—	335	30
600×1500	580	—	455	45
600×1100	540	—	470	40
600×1500	740	—	640	50
600×2200	1100	—	940	75
700×1100	660	—	615	45
700×1500	910	—	840	60
700×2200	1350	—	1230	90
1000×1500	1450	1090	1540	90
1000×2200	2180	1600	2260	130
1200×1100	1320	1080	1530	80
1200×1500	1860	1475	2090	105
1200×2200	2760	2155	3060	155

ТАБЛИЦА 4.9. КОЭФФИЦИЕНТ $k_{\Delta t}$, УЧИТЫВАЮЩИЙ РАЗНОСТЬ ТЕМПЕРАТУР РАСТВОРА И ВОЗДУХА В ПОМЕЩЕНИИ

Разность температур раствора и воздуха Δt, °С	Значения $k_{\Delta t}$ для отсоса		Разность температур раствора и воздуха Δt, °С	Значения $k_{\Delta t}$ для отсоса	
	без передувки	с передувкой		без передувки	с передувкой
0	1,00	1,00	50	1,79	1,15
10	1,16	1,03	60	1,94	1,18
20	1,31	1,06	70	2,10	1,21
30	1,47	1,09	80	2,26	1,24
40	1,63	1,12			

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ТАБЛИЦА 4.10. ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА $k_т$

Технологический процесс гальванопокрытий	Значения $k_т$
Промывка в горячей воде, выделение аммиака, паров клея	0,5
Меднение в этилендиаминовом электролнте, обработка металлов (кроме алюмииия и магния) в растворах щелочи, химическая обработка стали в растворах хромовой кислоты (пассивация, травление и др)	1
Анодироваиие алюминия и магииевых сплавов в растворах, содержащих хромовую кислоту, оксидирование стали, химическая полировка алюмииия, травление алюмииия, магния и их сплавов в растворах щелочи при температуре иижe 100°С, обработка металлов в холодных концентрированных и нагретых разбавленных растворах, содержащих соляную, ортофосфорную и азотную кислоты	1,25
Электрохимическая обработка металлов в растворах хромовой кислоты (концентрация 30—60 мг/л), в растворах щелочи, в растворах серной кислоты (концентрация 150—350 мг/л), в холодных концентрированных растворах ортофосфорной кислоты	1,6
Химическая обработка металлов в растворах фтористоводородиой кислоты, в концентрированных холодиых и разбавленных нагретых растворах серной кислоты, в концентрироваиных нагретых растворах ортофосфорной кислоты	1,6
Цинкование, меднение, латуиирование, декапирование, амальгамирование в цианистых растворах, инкелирование в растворах при плотности тока 1—3 А/дм²	1,6
Электрохимическая обработка металлов в растворах, содержащих хромовую кислоту (концентрация 150—300 мг/л при силе тока $I \geqslant 1000$ А), кадмирование, серебрение, золочение и электродекапирование в цианистых растворах при плотиости тока 1—3 А/дм²	2

Количество воздуха для передувки $L_п$, м³/ч, следует определять по формуле

$$L_п = L'_п \, k_{\Delta t} , \qquad (4.30)$$

где $L'_п$ — расход воздуха на передувку, м³/ч, для нормализованных ванн при $k_{\Delta t} = 1$ (табл. 4.8).

Кольцевые опрокинутые отсосы — отсосы с горизонтальной щелью всасывания (рис. 4.6) более эффективны, чем обычные кольцевые отсосы. Количество отсасываемого от таких отсосов воздуха L, м³/ч, следует рассчитывать по формуле

$$L = 103 \, d^{2,84} \, h_1^{0,086} \, h_2^{-0,333} \, (t_п - t_в)^{0,442} \, k_v , \qquad (4.31)$$

где d — диаметр, м, измеренный по осям всасывающей щелн; h_1, h_2 — расстояния, м, соответственно от плоскости щели до уровня жидкости в ванне и от плоскости щели до верха ванны; $t_п$, $t_в$ — температура, °С, соответственно поверхности жидкости и воздуха помещения; k_v — поправочный множитель на подвижность воздуха в помещении (табл. 4.11).

Для холодных растворов, когда температура их поверхности близка к температуре окружающего воздуха, разность температур следует принимать в зависимости от диаметра ванны d_0, м:

$$t_п - t_в = 8,95 / d_0 .$$

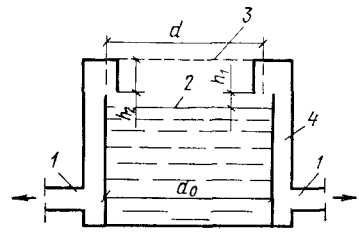


Рис. 4 6. Кольцевой опрокинутый отсос

1 — воздуховоды; *2* — уровень жидкости, *3* — граница верхнего уровня выделения вредных веществ; *4* — кольцевой кожух

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ТАБЛИЦА 4.11. КОЭФФИЦИЕНТ k_v УЧЕТА СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУХА В ПОМЕЩЕНИИ

Разность температур, °С	Значение k_v при скорости движения воздуха, м/с, и размере h_1, м								
	0,2			0,4			0,6		
	0,08	0,12	0,2	0,08	0,12	0,2	0,08	0,12	0,2
10	1,8	1,95	2,15	2,25	2,4	2,6	2,65	2,7	2,85
20	1,6	1,7	1,8	1,95	2,05	2,2	2,2	2,25	2,4
30	1,45	1,55	1,65	1,7	1,8	1,9	1,95	2,0	2,1
40	1,35	1,4	1,45	1,55	1,6	1,7	1,75	1,8	1,9
50	1,28	1,33	1,40	1,47	1,52	1,6	1,65	1,7	1,8
100	1,2	1,25	1,30	1,38	1,42	1,48	1,53	1,57	1,64

ТАБЛИЦА 4.12. УДЕЛЬНЫЕ РАСХОДЫ ВОЗДУХА L'

Технологическая операция	Значения L', м³/(ч·м²)	Технологическая операция	Значения L', м³/(ч·м²)
Камерная окраска пневматическим распылением лакокрасочных материалов:		не содержащих ароматических углеводородов	2200
содержащих свинцовые соединения или ароматические углеводороды	2200	Бескамерная окраска безвоздушным распылеинем лакокрасочных материалов:	
не содержащих свинцовых соединений илн ароматических углеводородов	1800	содержащнх ароматические углеводороды	1700
Камерная окраска безвоздушным распыленнем лакокрасочных материалов:		не содержащих ароматнческих углеводородов	1350
содержащих свинцовые соединеиия или ароматические углеводороды	1500	Бескамерная гидроэлектростатическая окраска лакокрасочными материалами:	
не содержащих свинцовых соединений или ароматических углеводородов	1200	содержащими ароматические углеводороды	1100
Бескамерная окраска безвоздушным распылением лакокрасочиых материалов:		не содержащими ароматических углеводородов	900
содержащих ароматические углеводороды	2500	Бескамерная пневмоэлектростатическая окраска	900
		Пневматическая обрубка литья	2500
		Контактная электросварка	1800—2200

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

Многие технологические процессы, такие, например, как окраска крупногабаритных изделий, обрубка литья и сварка, предусматривают удаление воздуха через напольные вытяжные решетки или решетки, расположенные в плоскости стола. Количество удаляемого воздуха L, м³/ч, в этих случаях определяют по формуле

$$L = L' F, \qquad (4.32)$$

где L' — удельный расход воздуха на 1 м² площади, м³/(ч·м²), принимаемый по табл. 4.12; F — габаритная площадь стола, окрасочной камеры или напольной решетки, м².

Кожухи, укрытия и встроенные отсосы. Производительность местных отсосов $L_{кр}$, м³/ч, от укрытия обдирочного, полировального и заточного оборудования определяют по формуле

$$L_{кр} = a d, \qquad (4.33)$$

где d — диаметр круга, мм; a — удельная величина отсоса воздуха, м³/(ч·мм круга), принимаемая по табл. 4.13.

ТАБЛИЦА 4.13. УДЕЛЬНАЯ ВЕЛИЧИНА ОТСОСА ВОЗДУХА a

Круг	Значения a, м³/(ч·мм круга)	Круг	Значения a, м³/(ч·мм круга)
Корундовый:		Войлочный	4
стационарный	2	Матерчатый	6
качающийся	3		

Расход воздуха $L_б$, м³/ч, от очистного галтовочного барабана находят по формуле

$$L_б = 1800 d^2, \qquad (4.34)$$

где d — диаметр барабана, м.

Расход удаляемого воздуха L, м³/ч, от встроенного местного отсоса при полуавтоматической сварке в среде защитных газов или под слоем флюса составляет

$$L = k \sqrt[3]{I}, \qquad (4.35)$$

где k — опытный коэффициент, принимаемый равным для щелевых отсосов 12, для воронкообразных 16; I — сила тока, А.

§14. РАСЧЕТ ВОЗДУШНОГО ДУШИРОВАНИЯ

Расчет воздушного душирования может иметь прямую и обратную задачи. Цель прямой задачи (как правило, в теплый период года) — определение площади душирующего патрубка и расхода через него воздуха при заданных конструктивных размерах из условия обеспечения требуемых параметров воздуха на постоянных рабочих местах; цель обратной задачи (как правило, в холодный и переходный периоды года) — определение параметров воздуха (обычно только его температуры) на выходе из установленного душирующего патрубка.

Нормируемые параметры воздушной среды $t_{норм}$, $v_{норм}$ на по-

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

стоянных рабочих местах определяют по формуле (1.1) с учетом табл. 1.8. Минимальную концентрацию вредных веществ в воздушной струе следует принимать равной предельно допустимой концентрации, указанной в ГОСТе [6].

Для систем воздушного душирования следует применять, как правило, душирующие патрубки типа ППД. При большой плотности технологического оборудования, когда трудно или невозможно применять патрубки типа ППД, следует использовать душирующие патрубки с верхним $ПД_в$ или нижним $ПД_н$ подводом воздуха. При душировании группы постоянных рабочих мест можно применять воздухораспределитель типа ВГК, конструкция которого позволяет подводить к нему воздух снизу, сверху и горизонтально. В табл. 4.14 приведены характеристики воздухораспределителей для воздушного душирования.

При проектировании воздушного душирования расстояние от рабочего места до воздухораспределителя не должно быть меньше 1 м, а площадь последнего — не менее 0,1 м^2. Направления воздушного потока предпочтительны следующие:

для создания на рабочем месте нормируемых температур и скорости движения воздуха — на грудь работающего горизонтально или сверху под углом 45°;

для обеспечения на рабочем месте допустимых концентраций вредных выделений — в зону дыхания горизонтально или сверху под углом 45°.

Проектирование воздушного душирования в теплый период года (прямая задача) должно выполняться для двух вариантов расчета: 1) с применением адиабатного охлаждения воздуха; 2) с применением искусственного (политропного) охлаждения воздуха. Предпочтение следует отдавать первому варианту.

Рабочие места горячих цехов машиностроительных заводов, для которых требуется устройство воздушного душирования, перечислены в прил. III.

Методика расчета воздушного душирования зависит от периода года.

Теплый период года. 1. Задаются параметры воздуха на рабочем месте: $t_{норм}$, $v_{норм}$, $c_{норм}$ [см. формулу (1.1) и табл. 1.8].

2. Принимается расстояние от душирующего патрубка до рабочего места x, м.

3. Выбираются тип душирующего патрубка и характеризующие его коэффициенты: затухания скорости m, температуры или концентрации n и местного сопротивления ζ (см. табл. 4.14).

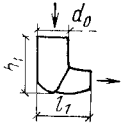
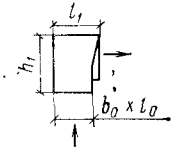
4. По $I-d$-диаграмме определяется температура наружного воздуха после адиабатного охлаждения его t_{ox}.

5. Производится расчет площади душирующего патрубка F_0, м^2, количества подаваемого воздуха L_0, м^3/ч, и его температуры для следующих случаев:

а) тепловыделения, $t_{норм} > t_{ox}$, адиабатное охлаждение воздуха. В этом случае расчет выполняется в таком порядке:

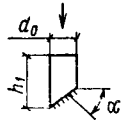
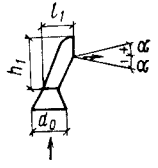
Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ТАБЛИЦА 4.14. ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ ДЛЯ ВОЗДУШНОГО ДУШИРОВАНИЯ

Схема воздухораспределителя	Тип	Размеры, мм			Расчетная площадь, м²	Масса, кг	Коэффициенты		
		d_0 ($b_0 \times l_0$)	h_1	l_1			m	n	ζ
Патрубок поворотный душирующий 	ППД-5	500	1260	1010	0,1	61	6,3	4,5	4
	ППД-6	630	1540	1260	0,16	88			
	ППД-8	800	1900	1590	0,26	125			
Воздухораспределитель для подачи воздуха компактной струей 	ВГК-1	400×800	565	765	0,32	60	6,2	5,1	1,9
	ВГК-2	800×800	1035	1335	0,64	121			
	ВГК-3	800×1600	1035	1335	1,28	191			
	ВГК-4	1600×1600	1970	2460	2,56	413			

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

Продолжение табл. 4 14

Схема воздухораспределителя	Тип	Размеры, мм			Расчетная площадь, м²	Масса, кг	Коэффициенты		
		d_0 ($b_0 \times l_0$)	h_1	l_1			m	n	ζ
Патрубок душирующий с верхним подводом воздуха 	ПД$_в$-3	315	760		0,14	20,7	5,3 (при $\alpha=30°$)	4,5 (при $\alpha=30°$)	1,6 (при $\alpha=30°$)
	ПД$_в$-4	400	960	—	0,23	30	5,1 (при $\alpha=45°$)	3,4 (при $\alpha=45°$)	1 (при $\alpha=45°$)
	ПД$_в$-5	500	1200		0,36	42,7	4,5 (при $\alpha=60°$)	3,1 (при $\alpha=60°$)	0,8 (при $\alpha=60°$)
Патрубок душирующий с нижним подводом воздуха 	ПД$_н$-3	315	895	553	0,14	24,3	4,5 (при $\alpha=0°$)	3,1 (при $\alpha=0°$)	3,2 (при $\alpha=0°$)
	ПД$_н$-4	400	1220	689	0,23	35,1	4,5 (при $\alpha=20°$)	3,1 (при $\alpha=20°$)	3,2 (при $\alpha=20°$)
	ПД$_н$-5	500	1450	831	0,36	52,1	4 (при $\alpha=-20°$)	2,8 (при $\alpha=-20°$)	2,8 (при $\alpha=-20°$)

Электронная библиотека http://lgv.khstu.ru

определяется расчетная площадь душирующего патрубка:

$$F_0' = \left[\frac{(t_{рз} - t_{норм})\ x}{(t_{рз} - t_{ох})\ n}\right]^2; \qquad (4.36)$$

принимается к установке ближайший больший размер патрубка по табл. 4.14 площадью F_0;

проверяется длина начального участка струи по скорости движения воздуха

$$x_{иv} = m\sqrt{F_0}; \qquad (4.37)$$

принимается или определяется скорость движения воздуха из душирующего патрубка:

$$\text{при } x < x_{иv} \quad v_0 = v_{норм}; \qquad (4.38)$$

$$\text{при } x > x_{иv} \quad v_0 = v_{норм} \cdot x/x_{иv}; \qquad (4.39)$$

вычисляется расчетное количество воздуха на один душирующий патрубок:

$$L_0 = 3600\ v_0\ F_0; \qquad (4.40)$$

проверяется длина начального участка струи $x_{иt}$, м, по температуре:

$$x_{иt} = n\sqrt{F_0}; \qquad (4.41)$$

принимается или определяется температура воздуха на выходе из душирующего патрубка:

$$\text{при } x < x_{иt} \quad t_0 = t_{норм}; \qquad (4.42)$$

$$\text{при } x > x_{иt} \quad t_0 = t_{р.з} - [(t_{р\ з} - t_{иорм})\ x]/x_{иt}, \qquad (4.43)$$

но не ниже $t_{ох}$. Если окажется, что $t_0 < t_{ох}$, то необходимо изменить конструктивные или нормируемые условия;

б) тепловыделения, $t_{норм} < t_{ох}$, искусственное (политропное) охлаждение воздуха. В этом случае порядок расчета площади душирующего патрубка, расхода воздуха L_0 и его температуры t_0 такой же, как и при адиабатном охлаждении воздуха. Но при этом:

расчетная площадь душирующего патрубка определяется по формуле

$$F_0' = (x/n)^2; \qquad (4.44)$$

температура воздуха на выходе из душирующего патрубка t_0 ниже температуры воздуха после адиабатического охлаждения $t_{ох}$;

в) пыле- и газовыделения. Порядок расчета площади душирующего патрубка F_0, расхода воздуха L_0 и его температуры такой же, как и при адиабатном охлаждении воздуха. Но при этом площадь душирующего патрубка рассчитывается по формуле

$$F_0' = \left[\frac{(c_{р.м} - c_{ПДК})\ x}{(c_{р.м} - c_0)\ n}\right]^2, \qquad (4.45)$$

где $c_{р\ м}$ — концентрация вредных выделений на рабочем месте, мг/м³; c_0 — то же, в приточном воздухе.

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

При одновременном поступлении в помещение лучистого тепла, пылевых или газовых выделений к установке принимается патрубок большего размера, рассчитанный для каждого вида вредных выделений с обеспечением на рабочем месте нормируемых параметров воздуха.

Холодный и переходный периоды года. Расчет воздушного душирования сводится к определению параметров воздуха на выходе из запроектированного для теплого периода года патрубка. Обычно рассчитывают только температуру воздуха, оставляя неизменными, если это возможно, его скорость и расход, чтобы не менять производительности вентилятора. Для этого при назначении нормируемых параметров воздушной струи на постоянном рабочем месте скорость движения воздуха для теплого и холодного периодов года принимается одинаковой. В большинстве случаев это средняя скорость движения воздуха для теплого периода года и максимальная для холодного.

Пример 4.2. Дано: постоянные рабочие места подвергаются тепловому облучению интенсивностью более 2200 Вт/м², работа тяжелая, при значительных избытках явного тепла, температура воздуха рабочей зоны $t_{р.з}=28°С$; расстояние от душирующего патрубка до постоянного рабочего места $x=2$ м; температура воздуха после аднабатного охлаждения $t_{ох}=16°С$.

Требуется определить размер душирующего патрубка типа ППД ($m=6,3$; $n=4,5$) с обеспечением на постоянном рабочем месте скорости движения воздуха $v_{норм}=3$ м/с и температуры $t_{норм}=19°С$ (см. табл. 1 8).

Решение Так как $t_{норм}>t_{ох}$, то принимаем адиабатное охлаждение воздуха. Расчетную площадь душирующего патрубка определяем по формуле (4 36):

$$F_0' = \left[\frac{(28-19)\ 2}{(28-16)\ 4,5}\right]^2 = 0,11\ м^2.$$

Принимаем к установке ближайший больший размер патрубка ППД-6 с $F_0=0,16$ м² (см табл 4 14).

Находим значение $x_{н\,v}$ по формуле (4 37):

$$x_{иv} = 6,3\sqrt{0,16} = 2,5\ м,$$

так как $x=2$ м $<x_{нv}=2,5$, то $v_0=v_{норм}=3$ м/с

Расчетный расход воздуха на один душирующий патрубок равен

$$L_0 = 3600\cdot 0,16\cdot 3 = 1730\ м^3/ч.$$

Проверяем длину начального участка по температуре по формуле (4 41):

$$x_{нt} = 4,5\sqrt{0,16} = 1,8\ м,$$

так как $x=2$ м $>x_{нt}=1,8$, то определяем температуру подаваемого воздуха по формуле (4 43):

$$t_0 = 28 - (28-19)\cdot 2/1,8 = 18\,°С.$$

Пример 4.3. Условия те же, что и в примере 4.2, за исключением того, что температура воздуха после аднабатного охлаждения $t_{ох}=21°С$ и надо установить душирующий патрубок ПД$_в$ с углом выпуска $\alpha=30°$ ($m=5,3$; $n=4,5$).

Решение Так как $t_{норм}<t_{ох}$, то применяем искусственное охлаждение воздуха.

Расчетную площадь душирующего патрубка определяем по формуле (4.44):

$$F_0' = (2/4,5)^2 = 0,19\ м^2.$$

Принимаем к установке ближайший больший размер патрубка ПД$_в$ с $F_0=0,23$ м².

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

Находим длину начального участка струи по формуле (4.37):

$$x_{нv} = 5{,}3\sqrt{0{,}23} = 2{,}54 \text{ м},$$

так как $x < x_{нv}$, то $v_0 = v_{норм} = 3$ м/с

Расчетный расход воздуха на один душирующий патрубок равен

$$L_0 = 3600 \cdot 0{,}23 \cdot 3 = 2484 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Находим длину начального участка струи по формуле (4.41):

$$x_{нt} = 4{,}5 \cdot \sqrt{0{,}23} = 2{,}16 \text{ м},$$

так как $x < x_{нt}$, то температура на выходе из патрубка $t_0 = t_{норм} = 19°C$

§15. УРАВНЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ БАЛАНСОВ ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Уравнение сохранения массы воздуха применительно к вентилируемому помещению носит название уравнения воздушного баланса.

В общем случае воздух поступает и уходит из помещения в результате действия приточных и вытяжных систем, через неплотности и отверстия в наружных ограждениях (инфильтрация, эксфильтрация, аэрационный приток и вытяжка), а также через неплотности и отверстия во внутренних ограждениях, отделяющих рассматриваемое помещение от смежных. Воздухообмен между смежными помещениями, организованный или неорганизованный, называется перетеканием. Изменяя соотношение между механическим притоком и вытяжкой, можно регулировать воздухообмен через ограждения помещения.

Пусть в помещении n приточных отверстий и систем вентиляции. Ими могут быть аэрационные приточные отверстия, отверстия между смежными помещениями или открываемые отверстия в наружных ограждениях, а также приточные системы общеобменной и местной вентиляции. Пусть в этом помещении воздух удаляется через m вытяжных систем вентиляции (общеобменной и местной) и отверстий. Тогда уравнение воздушного баланса имеет вид

$$\sum_{1}^{n} G_п - \sum_{1}^{m} G_у = 0. \qquad (4.46)$$

Расходы воздуха, входящие в уравнение (4.46), выражены в кг/ч (кг/с), т. е. в единицах массового расхода. В простейших случаях по аналогии с уравнением теплового баланса уравнение (4.46) примет вид, указанный ниже.

1. При общеобменной вентиляции («один приток — одна вытяжка»):

$$G_п + G_у = 0. \qquad (4.47)$$

Каждый из членов этого уравнения представляет собой суммарную производительность систем, подающих или удаляющих воздух из помещения, но при обязательном условии одинаковых параметров всех приточных и вытяжных систем.

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

2. При общеобменной вентиляции и местной вытяжной вентиляции («один приток и две вытяжки»):

$$G_{\text{п}} - G_{\text{у}} - G_{\text{м.о}} = 0. \qquad (4.48)$$

3. При общеобменной вентиляции и местной приточной вентиляции («два притока и одна вытяжка»):

$$G_{\text{п}} + G_{\text{м.п}} - G_{\text{у}} = 0. \qquad (4.49)$$

4. При общеобменной, местной вытяжной и приточной вентиляции («два притока и две вытяжки»).

$$G_{\text{п}} + G_{\text{м.п}} - G_{\text{у}} - G_{\text{м.о}} = 0. \qquad (4.50)$$

Эти уравнения используют при расчете воздухообмена общеобменной вентиляции, а также для определения избыточного внутреннего давления воздуха.

При организации вентиляции в помещениях встречается понятие «дисбаланс» воздуха. Это означает, что в чистых помещениях подаваемый приток превышает вытяжку, а в загрязненных вытяжка превышает приток. Рекомендации по определению значений дисбаланса недостаточно обоснованы, так как задаются в процентах от воздухообмена.

Отметим, что даже при дисбалансе в помещениях соблюдается баланс по воздуху, так как последний перетекает из одних помещений в другие. При этом в загрязненных помещениях из-за разрежения увеличиваются инфильтрация и врывание наружного воздуха через открывающиеся проемы в наружных ограждениях.

§ 16. РАСЧЕТ ВОЗДУХООБМЕНОВ ОБЩЕОБМЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

Последовательность расчета требуемого воздухообмена в помещении такова: 1) задаются параметрами приточного и уходящего из помещения воздуха; 2) определяют требуемый воздухообмен для данного периода по вредным выделениям; 3) проводят расчет раздачи приточного воздуха и уточняют правильность выбора параметров последнего.

Если стандартные воздухораспределители не обеспечивают в обслуживаемой зоне помещения допустимые параметры, то расчет требуемого воздухообмена повторяют, задаваясь другими параметрами приточного воздуха.

Минимальный воздухообмен в помещении (минимальное количество наружного воздуха в притоке) на одного человека определяется по следующим рекомендациям:

для общественных зданий при невозможности естественного проветривания — 40 м³/ч; для зрительных залов театров, кинотеатров и клубов, в которых люди находятся до 3 ч, —20 м³/ч;

для производственных зданий при объеме приходящегося на одного человека помещения (отдельного участка) менее 20 м³ — 30 м³/ч; 20 м³ и более — 20 м³/ч, если есть возможность естествен-

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ного проветривания помещения; при невозможности естественного проветривания помещения — 40 м³/ч, но не менее однократного воздухообмена при прямоточных (без рециркуляции) приточных системах.

Требуемый воздухообмен общеобменной вентиляции определяется для трех периодов года по избыткам полного и явного тепла, влаговыделениям и вредным газам и парам.

Воздухообмен по избыткам тепла и влаги. В помещениях с тепло- и влаговыделениями воздухообмен определяется по $I-d$-диаграмме с одновременным учетом изменения энтальпии I, кДж/кг, сухого воздуха и влагосодержания d, г/кг, сухого воздуха.

Основной характеристикой изменения параметров воздуха в помещении является отношение избыточного тепла к влаговыделениям, называемое угловым коэффициентом луча процесса в помещении, кДж/кг:

$$\varepsilon = Q^{\text{п}}_{\text{изб}}/M_{\text{вл}}. \qquad (4.51)$$

Эта характеристика определяется для трех периодов года в помещениях с общеобменной вентиляцией и двух периодов (теплый и холодный) в помещениях с кондиционируемым воздухом.

Расчет воздухообменов в помещениях, снабженных системами вентиляции и кондиционирования воздуха, сводится к построению процессов изменения параметров воздуха в помещении. Графическое построение процессов на $I-d$-диаграмме при заданной точке H позволяет определить параметры воздуха в следующих характерных точках:

$П$ — приточного воздуха;

$В$ — воздуха в обслуживаемой зоне помещения;

$У$ — воздуха, удаляемого из верхней зоны помещения;

$МО$ — воздуха, удаляемого из помещения местными отсосами;

$С$ — смеси рециркуляционного и наружного воздуха;

$МП$ — воздуха, подаваемого местной приточной системой вентиляции.

Определение положения характерных точек на $I-d$-диаграмме. Точка $П$. Для общеобменной вентиляции параметры приточного воздуха определяют в теплый период года по параметрам наружного воздуха (с учетом заданной обеспеченности). При механической приточной вентиляции следует учитывать подогрев приточного воздуха в вентиляторе. Тепловой эквивалент работы вентилятора $\Delta t_{\text{в}}$ находят расчетом. Обычно нагревание перемещаемого воздуха происходит на 0,01°С на каждые 10 Па давления, развиваемого вентилятором. Поэтому

$$t_{\text{п}} = t_{\text{н}} + \Delta t_{\text{в}}. \qquad (4.52)$$

При естественной вентиляции (аэрационный приток) $\Delta t_{\text{в}} = 0$.

В переходный период, так же как и в теплый, параметры притока определяются по параметрам наружного воздуха с учетом

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

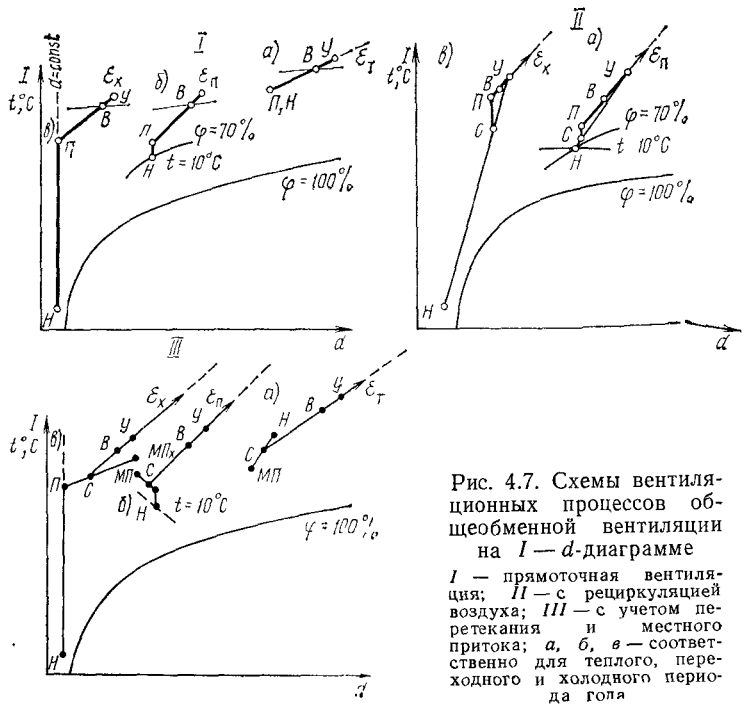


Рис. 4.7. Схемы вентиляционных процессов общеобменной вентиляции на $I-d$-диаграмме

I — прямоточная вентиляция; *II* — с рециркуляцией воздуха; *III* — с учетом перетекания и местного притока; *а, б, в* — соответственно для теплого, переходного и холодного периода года

теплового эквивалента работы вентилятора и подогрева воздуха в воздуховодах, проложенных в теплых помещениях (т. е. на 1—1,5°С выше температуры точки *Н*).

В холодный период года при механическом притоке параметры воздуха, подаваемого приточной системой вентиляции, находятся на пересечении линии $d=\text{const}$, проведенной из точки *Н* для холодного периода, и изотермы 10—16°С (в зависимости от способа подачи воздуха и типа вентилируемого помещения). Схемы вентиляционных процессов общеобменной вентиляции с нанесением характерных точек показаны на рис. 4.7.

При использовании для обработки приточного воздуха адиабатного увлажнения (в холодный период) или охлаждения (в теплый период) параметры приточного воздуха определяют с учетом некоторого подогрева циркулирующей воды.

Применяя рециркуляцию воздуха в холодный период года, параметры притока определяют по параметрам воздуха в точке *С*. Могут встретиться случаи, когда смесь подается непосредственно в помещение (с небольшим подогревом в вентиляторе и воздуховодах) или с дополнительным подогревом до 10—16°С.

Параметры приточного воздуха, подаваемого местной системой вентиляции в точке *МП* (воздушное душирование), наносятся на $I-d$-диаграмму после подбора душирующих патрубков и определения его температуры и энтальпии.

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

Точка *В*. По заданному уровню температуры воздуха внутри помещения (см. § 4) и лучу процесса, проведенному из точки *П* (в месте их пересечения на *I — d*-диаграмме), находят параметры воздуха в точке *В*. Здесь проводится проверка соответствия относительной влажности воздуха внутри помещения требуемым санитарно-гигиеническим условиям. При наличии в помещении двух или более приточных систем или отверстий, через которые поступает воздух с разными параметрами, для определения параметров воздуха в точке *В* необходимо найти параметры условной смеси всех притоков. На рис. 4.7, *III* показана схема вентиляционного процесса для случая двух притоков (точки *П* и *МП*). Параметры условной смеси определяются по обычным правилам смешения. Расположение точки *С* обычно находят подбором, так как расход общеобменной вентиляции, влияющий на ее положение в начале расчета неизвестен.

Точка *У* находится на пересечении луча процесса в помещении и изотермы $t_{ух}$. В настоящее время четких рекомендаций по определению температуры уходящего воздуха не разработано. В большинстве случаев используют экспериментальные значения, взятые из опыта проектирования вентиляции помещений различного назначения. Температура воздуха, уходящего из верхней зоны помещения, зависит от теплонапряженности помещения, его высоты, размещения оборудования, способа подачи воздуха и т. п. Рассмотрим зависимости, применяемые для грубой оценки температуры воздуха в верхней зоне помещения:

для общественных зданий

$$t_{ух} = t_в + (H_{пом} - 1{,}5)\ \text{grad}\ t, \qquad (4.53)$$

где $H_{пом}$ — высота помещения, принимаемая в «чистоте»; grad t — градиент температуры, зависящая от теплонапряженія объема помещения (значения приведены в работе [3]);

для производственных зданий

$$t_{ух} = [t_{р.з} - (1 - m)\ t_п]/m, \qquad (4.54)$$

где m — температурный коэффициент: $m = (t_{р.з} - t_п)/(t_{ух} - t_п)$ (значения m приведены в работе [22]).

Точка *МО*, как правило, совпадает с точкой *В*, характеризующей состояние воздуха в обслуживаемой или рабочей зоне.

Точка *С* при рециркуляции определяется по правилам смешивания расходов воздуха. При нахождении положения точки *С* на *I — d*-диаграмме следует помнить о необходимости подавать в помещение наружный воздух в количестве не менее минимальной нормы.

Формулы для расчета воздухообмена общеобменной вентиляции по тепло- и влаговыделениям получены при совместном решении системы двух уравнений: уравнения теплового баланса по полному теплу [формулы (2.25), (2.27), (2.27′), (2.29) и (2.31)] и уравнения воздушного баланса [формулы (4.46)—(4.50)].

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

Расходы $G_{п2} - G_{пn}$ и $G_{у2} - G_{уm}$ — известные расходы местной вентиляции (приточной или вытяжной), или расходы перетекающего между помещениями воздуха, или воздухообмены через неплотности и отверстия в наружных ограждениях. Параметры воздуха также известны, поэтому в общем случае (n притоков и m вытяжек из помещения) величины $G_{у1}$ и $G_{п1}$ (условный индекс общеобменной вентиляции «1») находят по формулам:

$$G_{у1} = \frac{Q^{п}_{изб} + \sum_{2}^{n} G_{пi}\,(I_{пi} - I_{п1}) - \sum_{2}^{m} G_{уj}\,(I_{уj} - I_{п1})}{I_{у1} - I_{п1}}; \qquad (4.55)$$

$$G_{п1} = \sum_{1}^{m} G_{уj} - \sum_{2}^{n} G_{пi}. \qquad (4.56)$$

Определяемые воздухообмены $G_{п1}$ и $G_{у1}$ в зависимости от рекомендуемой схемы вентиляции обеспечиваются либо вентиляционными установками, либо организацией естественного воздухообмена.

Правильность расчета воздухообмена по формулам (4.55) и (4.56) проверяется расчетом воздухообмена по влаговыделениям. Для этого записывается уравнение баланса влаги в вентилируемом помещении, аналогичное уравнению теплового баланса:

$$M_{H_2O} + \sum_{1}^{n} G_{пi}\,d_{пi}\cdot 10^{-3} - \sum_{1}^{m} G_{уj}\,d_{уj}\cdot 10^{-3} = 0, \qquad (4.57)$$

где M_{H_2O} — сумма влаговыделений в помещении, кг/ч; d — влагосодержание, г/кг.

Совместное решение уравнений (4.46) и (4.57) дает

$$G_{у1} = \frac{M_{H_2O} + \sum_{2}^{n} G_{пi}\,(d_{пi} - d_{п1})\;10^{-3} - \sum_{2}^{m} G_{уj}\,(d_{уj} - d_{п1})\;10^{-3}}{(d_{у1} - d_{п1})\;10^{-3}}. \qquad (4.58)$$

При правильном построении процесса на $I - d$-диаграмме результаты расчета по формулам (4.55) и (4.58) совпадают.

В простейших случаях формулы для расчета воздухообмена значительно упрощаются. Например, в случае только общеобменной вентиляции в помещении

$$G_{у} = G_{п} = \frac{Q^{п}_{изб}}{I_{у} - I_{п}} = \frac{M_{H_2O}}{(d_{у} - d_{п})\;10^{-3}}. \qquad (4.59)$$

При общеобменной вентиляции и местной вытяжке (один приток — две вытяжки):

$$G_{у} = \frac{Q^{п}_{изб} - G_{м.о}\,(I_{м.о} - I_{п})}{I_{у} - I_{п}} = \frac{M_{H_2O} - G_{м.о}\,(d_{м.о} - d_{п})\;10^{-3}}{(d_{у} - d_{п})\;10^{-3}}; \qquad (4.60)$$

$$G_{п} = G_{у} + G_{м.о}. \qquad (4.61)$$

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

Этот же случай описывает общеобменную вентиляцию при перетекании (выдавливании) в смежное помещение расхода $G_{см}$, кг/ч, с параметрами $I_{см}$, $d_{см}$, соответствующими параметрам рабочей зоны. Однако в этом случае, в отличие от остальных, оказалось удобнее решить систему уравнений относительно $G_п$, задав предварнтельно расход перетекающего в смежное помещение воздуха как долю k от искомого притока. Решение в этом случае имеет вид:

$$G_п = \frac{Q^п_{изб}}{k\,(I_{см} - I_п) + (1-k)\,(I_у - I_п)} = \\ = \frac{M_{H_2O}}{k\,(d_{см} - d_п) + (1-k)\,(d_у - d_п)\,10^{-3}}\ ; \qquad (4.62)$$

$$G_у = (1-k)\,G_п;\quad G_{см} = k\,G_п. \qquad (4.63)$$

При общеобменной вентиляции и местном притоке (воздушное душирование) или перетекании из смежного помещения:

$$G_у = \frac{Q^п_{изб} + G_{м.п}\,(I_{м.п} - I_п)}{I_у - I_п} = \frac{M_{H_2O} + G_{м.п}\,(d_{м.п} - d_п)\,10^{-3}}{(d_у - d_п)\,10^{-3}}\ ; \qquad (4.64)$$

$$G_п = G_у - G_{м.п}\,. \qquad (4.65)$$

При общеобменной вентиляции и местных притоке и вытяжке:

$$G_у = \frac{Q^п_{изб} + G_{м.п}\,(I_{м.п} - I_п) - G_{м.о}\,(I_{м.о} - I_п)}{I_у - I_п} = \\ = \frac{M_{H_2O} + G_{м.п}\,(d_{м.п} - d_п)\,10^{-3} - G_{м.о}\,(d_{м.о} - d_п)\,10^{-3}}{(d_у - d_п)\,10^{-3}}\ ; \qquad (4.66)$$

$$G_п = G_у + G_{м.о} - G_{м.п}\,. \qquad (4.67)$$

Воздухообмен по избыткам явного тепла. В большинстве случаев при определении требуемых воздухообменов расчет общеобменной вентиляции можно проводить по избыткам явного тепла. Этот расчет проще, проводится без построения $I-d$-диаграммы и позволяет получить решение без последовательного приближения, как это имеет место при расчете по полному теплу. Однако расчет по явному теплу не дает возможности оценить влажностное состояние воздуха в помещении, поэтому им пользуются при расчете воздухообменов в сухих помещениях ($\varepsilon > 10000$ кДж/кг.)

Расчетные формулы получены при решении системы двух уравнений — уравнения баланса помещения по явному теплу и уравнения воздушного баланса. В общем случае:

$$G_{у1} = \frac{Q^я_{изб} + c_в \sum_2^m G_{пi}\,(t_{пi} - t_{п1}) - c_в \sum_2^m G_{уj}\,(t_{уj} - t_{п1})}{c_в\,(t_{у1} - t_{п1})}\ ; \qquad (4.68)$$

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

$$G_{п1} = \sum_{1}^{m} G_{уj} - \sum_{2}^{m} G_{пi}. \qquad (4.69)$$

По написанию формула (4.68) аналогична формулам (4.55) и (4.58), а формула (4.69) полностью совпадает с формулой (4.56).

Результаты расчета по выражениям (4.68) и (4.69) также полностью совпадают с результатами расчета по избыткам полного тепла и влаговыделениям.

В простейших случаях расчета воздухообмена формулы (4.59), (4.60), (4.62), (4.64) и (4.66) при расчете по избыткам явного тепла примут вид соответственно:

$$G_{п} = G_{у} = \frac{Q^{я}_{изб}}{c_{в}\,(t_{у} - t_{п})}; \qquad (4.70)$$

$$G_{у} = \frac{Q^{я}_{изб} - c_{в}\,G_{м.о}\,(t_{м.о} - t_{п})}{c_{в}\,(t_{у} - t_{п})}; \qquad (4.71)$$

$$G_{п} = \frac{Q^{я}_{изб}}{k\,c_{в}\,(t_{см} - t_{п}) + (1-k)\,c_{в}\,(t_{ч} - t_{п})}. \qquad (4.72)$$

$$G_{у} = \frac{Q^{я}_{изб} + c_{в}\,G_{м.п}\,(t_{м.п} - t_{п})}{c_{в}\,(t_{у} - t_{п})}; \qquad (4.73)$$

$$G_{у} = \frac{Q^{я}_{изб} + c_{в}\,G_{м.п}\,(t_{м.п} - t_{п}) - c_{в}\,G_{м.о}\,(t_{м.о} - t_{п})}{c_{в}\,(t_{у} - t_{п})}. \qquad (4.74)$$

Воздухообмен по газовым и парообразным выделениям. Требуемый воздухообмен в помещении для ассимиляции вредных газов, паров и аэрозолей следует рассчитывать с учетом их массы, прорвавшейся из местных отсосов, и массы, поступившей в воздух помещений из источников без укрытий. Воздухообмен рассчитывается по каждому виду вредных веществ, а затем принимается больший из требуемых воздухообменов.

Расчетные формулы получены при совместном решении системы двух уравнений — уравнения воздушного баланса помещения и уравнения массового баланса помещения по рассматриваемому виду вредных выделений. Последнее уравнение в общем случае имеет вид:

$$M_{вр} + \sum_{1}^{n} G_{пi}\,(c_{пi}/\rho_{пi}) - \sum_{1}^{m} G_{уj}\,(c_{уi}/\rho_{уj}) = 0, \qquad (4.75)$$

где $M_{вр}$ — сумма выделений вредного вещества в помещении, мг/ч; c — объемная концентрация вещества в приточном и удаляемом воздухе, мг/м³; ρ — плотность приточного и удаляемого воздуха, кг/м³.

В общем случае формулы для расчета воздухообмена при общеобменной вентиляции имеют вид:

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

$$G_{\text{у}} = \frac{M_{\text{вр}} + \sum_{2}^{n} G_{\text{п}i}\,(c_{\text{п}i}/\rho_{\text{п}i} - c_{\text{п1}}/\rho_{\text{п1}}) - \sum_{2}^{m} G_{\text{у}i}\,(c_{\text{у}j}/\rho_{\text{у}j} - c_{\text{п1}}/\rho_{\text{п1}})}{c_{\text{у1}}/\rho_{\text{у1}} - c_{\text{п1}}/\rho_{\text{п1}}}\ ; \quad (4.76)$$

$$G_{\text{п}} = \sum_{1}^{m} G_{\text{у}j} - \sum_{2}^{n} G_{\text{п}i}. \quad (4.77)$$

В простейших случаях формулы для определения требуемого воздухообмена имеют вид:

при общеобменной вентиляции

$$G_{\text{у}} = G_{\text{п}} = \frac{M_{\text{вр}}}{c_{\text{у}}/\rho_{\text{у}} - c_{\text{п}}/\rho_{\text{п}}}\ ; \quad (4.78)$$

при общеобменной вентиляции с местными отсосами

$$G_{\text{у}} = \frac{M_{\text{вр}} - G_{\text{м.о}}\,(c_{\text{р.з}}/\rho_{\text{р.з}} - c_{\text{п}}/\rho_{\text{п}})}{c_{\text{у}}/\rho_{\text{у}} - c_{\text{п}}/\rho_{\text{п}}}\ ; \quad (4.79)$$

при общеобменной вентиляции с местным притоком

$$G_{\text{у}} = \frac{M_{\text{вр}} + G_{\text{м.п}}\,(c_{\text{м.п}}/\rho_{\text{м.п}} - c_{\text{п}}/\rho_{\text{п}})}{c_{\text{у}}/\rho_{\text{у}} - c_{\text{п}}/\rho_{\text{п}}}\ ; \quad (4.80)$$

при общеобменной вентиляции с местными отсосами и притоком

$$G_{\text{у}} = \frac{M_{\text{вр}} + G_{\text{м.п}}\,(c_{\text{м.п}}/\rho_{\text{м.п}} - c_{\text{п}}/\rho_{\text{п}}) - G_{\text{м.о}}(c_{\text{р.з}}/\rho_{\text{р.з}})}{c_{\text{у}}/\rho_{\text{у}} - c_{\text{п}}/\rho_{\text{п}}}\ . \quad (4.81)$$

Производительность приточной системы определяется по уравнениям воздушного баланса (4.61), (4.65) и (4.67). Расчет по этим формулам дает минимальный расход свежего воздуха для вентиляции помещения.

Выбор расчетного воздухообмена в помещениях. Рассчитанный требуемый воздухообмен, м³/ч или кг/ч, и параметры приточного и удаляемого воздуха в обслуживаемой зоне помещения заносятся в таблицу, представленную на бланке 4.

Расчетный воздухообмен в помещении при механической вентиляции определяют, руководствуясь следующими соображениями:

1) если в теплый период возможно проветривание через открытые проемы, то за расчетный воздухообмен принимается больший из воздухообменов по переходному и холодному периоду;

2) если в теплый период невозможно естественное проветривание через окна (по технологическим или конструктивным причинам), то за расчетный воздухообмен принимается больший воздухообмен по трем периодам.

Как правило, одна приточная вентиляционная установка обслуживает помещение в переходный и зимний или в летний, переходный и зимний периоды, поэтому, выбрав расчетный воздухообмен, необходимо уточнить параметры приточного воздуха в другие пе-

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

Бланк 4

СВОДНАЯ ТАБЛИЦА ПАРАМЕТРОВ ВЕНТИЛЯЦИОННОГО ВОЗДУХА И ВОЗДУХООБМЕНОВ В ПОМЕЩЕНИЯХ

Помещение	Объем, м³	Расчетный период	Вытяжка из обслуживаемой зоны помещения						
			параметры воздуха					расход воздуха	
			t, °С	I, кДж/кг	d, г/кг	φ, %	ρ, кг/м³	м³/ч	кг/ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Теплый Переходный Холодный							

Продолжение

Вытяжка из верхней зоны помещения							Приток в помещение							Количество наружного воздуха в притоке, м³/ч
параметры воздуха					расход воздуха		параметры воздуха					расход воздуха		
t, °С	I, кДж/кг	d, г/кг	φ, %	ρ, кг/м³	м³/ч	кг/ч	t, °С	I, кДж/кг	d, г/кг	φ, %	ρ, кг/м³	м³/ч	кг/ч	
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

Примечание. Для помещения с кондиционируемым воздухом заполняется аналогичная таблица на два расчетных периода.

риоды (например, в холодный). Это необходимо для правильного расчета теплопроизводительности калориферной установки.

Воздухообмен по нормативной кратности. Для большинства помещений общественных зданий воздухообмен определяют по его нормативной кратности:

$$L_р = Кр\ V_{пом},$$

где $L_р$ — расчетный воздухообмен помещения, м³/ч, Кр — нормативная кратность воздухообмена, 1/ч; $V_{пом}$ — объем помещения (по внутреннему обмеру — произведение площади на высоту H), м³.

Значение Кр приводится в соответствующих главах СНиП в зависимости от назначения и помещения. Результаты расчета воздухообмена заносятся в таблицу, показанную на бланке 5.

Для каждого этажа при коридорной системе или для группы помещений на этаже, выходящих в общий коридор (шлюз), необходимо определять суммарные воздухообмены по притоку и вытяжке. Разницу между суммарными притоками и вытяжкой — «дисбаланс» следует подавать в общий шлюз (при избыточной вы-

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

гяжке) или удалять из общего шлюза (при избыточном притоке). Исключением являются жилые помещения, в которых вытяжка компенсируется естественным притоком через окна.

Бланк 5

РАСЧЕТНЫЕ ВОЗДУХООБМЕНЫ И РАЗМЕРЫ ЖАЛЮЗИЙНЫХ РЕШЕТОК И КАНАЛОВ ОБЩЕОБМЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

№ помещения	Помещение	Размеры помещения (длина×ширина×высота, м)	Объем помещения, м³	Нормативная кратность воздухообмена, 1/ч		Расчетный воздухообмен, м³/ч		Расчетные размеры жалюзийных решеток, мм		Расчетные размеры каналов, мм	
				приток	вытяжка	приток	вытяжка	приток	вытяжка	приток	вытяжка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
					Итого:						
					Дисбаланс:						

Примечания: 1. Графы 9—12 заполняют при расчете воздуховодов

2. При отсутствии в нормах значений кратности воздухообмена для некоторых помещений по согласованию с консультантом можно принять произвольное значение.

Глава 5. Конструирование и расчет систем и устройств, обеспечивающих тепловоздушный режим здания

§17. СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

Основное назначение систем отопления зданий — поддержание в помещениях в течение холодного периода года температуры не ниже нижнего предела допускаемого нормами интервала температуры воздуха.

Различают системы отопления, работающие круглосуточно (в помещениях с теплонедостатками в холодный период года), и системы отопления, включающиеся лишь в нерабочее время, — это так называемое дежурное отопление. Режим работы системы отопления зависит от назначения здания или помещения, наружных климатических условий и уровня теплопоступлений в помещения.

Основной принцип действия отопления — компенсация тепловых потерь помещения за счет теплоотдачи греющих элементов системы отопления с учетом регулярных поступлений тепла от технологического оборудования, коммуникаций, нагретых материалов, искусственного освещения и других источников.

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

Основными видами тепловых потерь, компенсируемых системой отопления, являются потери через наружные ограждения, нагревание инфильтрующегося воздуха, а в рабочее время поступающих снаружи материалов, оборудования и транспорта.

Системы отопления зданий должны обеспечить равномерное нагревание воздуха, безопасность и удобство эксплуатации, возможность регулирования, нормируемые уровни шума. При этом технико-экономические и эксплуатационные показатели систем должны соответствовать современным требованиям.

В системах отопления в качестве теплоносителя рекомендуется использовать горячую воду из систем централизованного теплоснабжения. В качестве теплоносителя допускается применение горячей воды с температурой, °С:

до 150 — для производственных помещений, технологический процесс в которых связан с выделением невзрывоопасной и негорючей неорганической пыли, негорючих и не поддерживающих горение газов и паров, в системах отопления лестничных клеток зданий, а также для прачечных, ресторанов, столовых, магазинов, вокзалов и подобных зданий и помещений;

130 — для производственных помещений, технологический процесс в которых связан с выделением невзрывоопасной, органической, возгоняемой и неядовитой пыли;

115 — для зрелищных предприятий и спортивных сооружений (театры, кинотеатры, клубы, зрительные и спортивные залы, бассейны, крытые стадионы и др.);

105 — для жилых и административных зданий, гостиниц, санаториев, учебных заведений, большинства лечебных зданий, предприятий бытового обслуживания и подобных зданий (только при однотрубных системах отопления);

95 — для зданий, указанных в предыдущем пункте, а также для музеев, выставок, книгохранилищ, библиотек и др.;

85 — для больниц (кроме психиатрических) и родильных домов.

Воздушное, а также паровое отопление низкого давления допускается в спортивных сооружениях, банях, прачечных, душевых павильонах, ресторанах, столовых, кафе, магазинах, вокзалах, зрелищных предприятиях, в производственных помещениях, во вспомогательных зданиях и помещениях производственных предприятий. Воздушное отопление рекомендуется совмещать с приточными системами общеобменной вентиляции в спортивных сооружениях, в коммунальных предприятиях, вокзалах, зрелищных предприятиях, музеях, библиотеках и производственных зданиях.

Системы дежурного отопления следует предусматривать в зданиях, расположенных в местностях с расчетной температурой наружного воздуха ниже минус 5°С; для поддержания минимальной допустимой температуры внутреннего воздуха во время перерывов в использовании зданий и сооружений, если теплоустойчивость помещений недостаточна, а использование для этой цели тепловы-

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

делений от производственного или другого оборудования невозможно или нецелесообразно.

При проектировании систем вентиляции и кондиционирования воздуха необходимо проводить расчеты, связанные с определением мощности систем воздушного отопления и подбором оборудования. Обычно применяют систему воздушного отопления, совмещенную с приточной вентиляцией (для рабочего времени), или систему, работающую с рециркуляцией воздуха (дежурное отопление). При совмещении воздушного отопления с приточной вентиляцией определяют температуру приточного воздуха и проводят проверку соответствия расстановки приточных патрубков задачам отопления помещения.

При проектировании дежурного отопления определяют мощность нагревателей воздуха при использовании приточных камер (переключающихся в этом случае на рециркуляцию) или число и тип воздушных агрегатов, устанавливаемых в помещении. Способ организации воздушного отопления следует выбирать по результатам технико-экономического расчета.

В помещениях с теплонедостатками в рабочее время при заданном воздухообмене (т. е. при известной производительности систем местной приточной и вытяжной вентиляции, а также общеобменной вентиляции, принятой, например, по газовым вредным выделениям) температуру приточного воздуха, подаваемого системами общеобменной вентиляции, находят (при $Q_{изб} \leq 0$) по формуле

$$t_{пр} = t_в - \frac{Q_{изб} + G_{м.п}\, c_в\, (t_{м.п} - t_в) - G_{м.о}\, c_в\, (t_{м.о} - t_в)}{c_в\, G_{пр}} \qquad (5.1)$$

(обозначения величин см. в гл. 4).

В нерабочее время температура воздуха, подаваемого приточными системами, работающими на рециркуляцию, равна

$$t_{пр.деж} = t_в + Q_{т.п}/c_в\, G_{пр}, \qquad (5.2)$$

где $Q_{т.п}$ — теплопотери помещения (через ограждения и от инфильтрации) в нерабочее время, кДж/ч; $G_{пр}$ — производительность приточных систем, кг/ч; $c_в$ — удельная теплоемкость воздуха, кДж/(кг·К).

Калориферная установка приточной системы в этом случае должна обеспечить подогрев рециркуляционного воздуха с $t_{в.деж}$ до $t_{пр.деж}$.

Расчет струй для воздушного отопления аналогичен рассмотренному в § 18.

Подбор воздушно-отопительных агрегатов для дежурного отопления рассмотрен в работе [10]. Общее число агрегатов, необходимых для дежурного отопления цеха, определяют по формуле

$$N_{агр} = k\, Q_{т.п}/Q_{агр}, \qquad (5.3)$$

где k — коэффициент, зависящий от зоны забора воздуха (при заборе воздуха из рабочей зоны равен 1,1; из верхней — 1,3); $Q_{т.п}$ — теплопотери помещения, кДж/ч; $Q_{агр}$ — теплопроизводительность агрегата, определяемая по табл. 5.1.

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ТАБЛИЦА 5.1. НЕКОТОРЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ОТОПИТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ

Тип или марка агрегата	Производительность по воздуху, кг/ч	Теплопроизводительность $Q_{агр}$, тыс. кДж (перед чертой), и конечная температура воздуха $t_к$, °С (после черты), при обогреве								Масса агрегата, кг
		паром с избыточным давлением, МПа						горячей водой с температурой, °С		
		0,1	1	2	3	4	5	130	150	
АПВС50-30	4 030	167/58,2	188/63,3	209/68,6	—	—	—	126/47,6	—	100
АПВС70-40	4 760	209/60,7	243/67,6	285/77	—	—	—	163/50,8	—	163
АПВС110-80	8 430	—	419/66,2	461/71,3	—	—	—	335/56,2	—	220
АПВ200-140	16 980	586/51	712/58,5	838/66	—	—	—	586/50,8	—	600
АПВ280-190	22 960	796/51	1005/60,2	1173/67,7	—	—	—	796/51	—	813
СТД-100	10 700 (10 360)	—	—	—	—	—	419/55	—	406/55	178 (299)
СТД-300М	34 500 (30 000)	—	—	1072/47	1164/49,5	1240/50,6	—	1281/60	1382/61,8	846 (1160)

Примечание. В скобках показана производнтельность и масса прн теплоноснтеле-воде.

Электронная библиотека http://lgv.khstu.ru/

§18. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИТОЧНОГО ВОЗДУХА В ПОМЕЩЕНИИ

Организация воздухообмена в помещении должна быть запроектирована таким образом, чтобы обеспечить требования по предельному содержанию вредных веществ и норм метеорологических условий в воздухе рабочей зоны (РЗ) или обслуживаемой зоны (ОЗ) [6, 21 и 25].

Выбор схемы организации воздухообмена «снизу — вверх», «сверху — вниз», «сверху — вверх, «снизу — вниз» или смешанной схемы должен производиться в соответствии с требованиями СНиП [21 и 25].

Подача приточного воздуха должна производиться:

в рабочую или в обслуживаемую зону в помещениях с избытками явного тепла, а также в помещения, в которых тепловыделения сопровождаются выделениями влаги и вредных веществ. Подача воздуха на уровне не более 6 м от пола струями, направленными вертикально вниз, а также подача воздуха горизонтальными и наклонными струями на уровне не более 4 м может рассматриваться как подача воздуха в рабочую или обслуживаемую зону;

выше рабочей или обслуживаемой зоны в помещения:

а) с выделением пыли;

б) с незначительными избытками явного тепла, если удаление воздуха предусматривается из нижней зоны преимущественно через местные отсосы;

в) с незначительными выделениями влаги при незначительных избытках явного тепла ($\varepsilon \geqslant 8400$ кДж/кг) или только с незначительными выделениями влаги. При соответствующих обоснованиях часть приточного воздуха может подаваться в рабочую или в обслуживаемую зону.

В помещениях со значительными влаговыделениями, сопровождающимися тепловыделениями ($\varepsilon \leqslant 8400$ кДж/кг), подачу приточного воздуха следует производить:

выше рабочей зоны при рассредоточенном выделении влаги в помещении, выделяющейся из жидкости температурой менее 40°С и при отсутствии избытка явного тепла;

в рабочую зону с температурой приточного воздуха, близкой к температуре воздуха в рабочей зоне, и в верхнюю зону с перегревом приточного воздуха — при сосредоточенном выделении влаги в помещении от аппаратов и другого оборудования, в которых жидкости имеют температуру более 40°С.

При проектировании должны быть соблюдены требования СНиП.

При необходимости обеспечить нормируемые параметры воздуха для всей рабочей зоны воздухораспределительные устройства (ВР) следует размещать таким образом, чтобы суммарная зона их эффективного действия была не менее площади рабочей зоны. При этом необходимо, чтобы относительная площадь струи при поступлении ее в рабочую зону сверху составляла $F_{стр} = 0{,}2 \div$

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

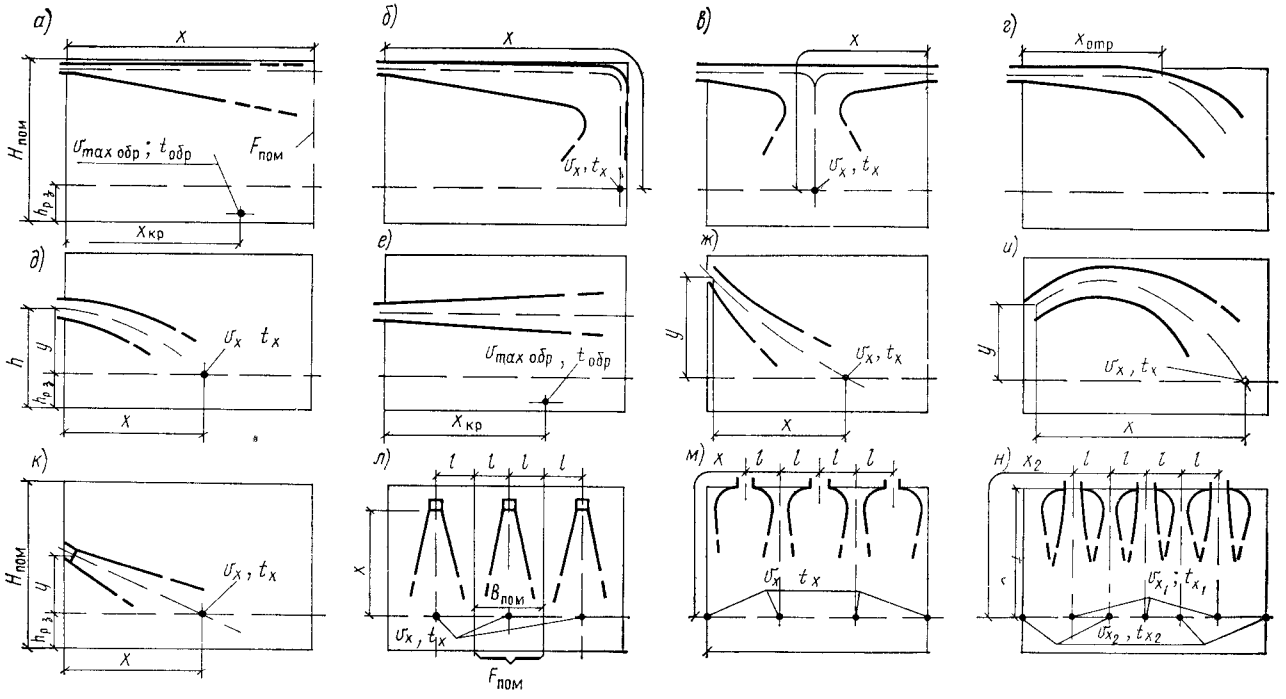


Рис. 5 1. Схемы подачи воздуха прямоточными струями воздухораспределительными устройствами, расположенными выше рабочей зоны

а, б, в, г, м — горизонтально с настиланнем; *д, е* — горизонтально без настилания *ж, и, к* — под углом к горизонтальной плоскости, *л* — вертнкально сверху вниз, *н* — горизонтально с настиланием и вертнкально сверху вниз (двухструйно)

Электронная библиотека http://lgv.khstu.ru/

$\div 0{,}5$ для компактных, неполных веерных и плоских струй и $F_{стр} = 0{,}5 \div 1$ для полных веерных струй.

На рис. 5.1—5.3 приведены возможные схемы подачи воздуха в помещение.

Выбор воздухораспределительных устройств. При проектировании систем воздухораспределения следует применять разработанные и утвержденные типовые конструкции воздухораспределителей (ВР). Тип и число воздухораспределителей должны приниматься в зависимости от выбранной схемы организации воздухообмена и объемно-планировочного решения помещения.

В производственных помещениях подачу приточного воздуха следует осуществлять:

непосредственно в рабочую зону прямоточными струями — через воздухораспределители типа ВПП и закрученными струями — через воздухораспределители типа ВПЭП и ВЭП;

выше рабочей зоны (выше 2 м от пола): при кратностях воздухообмена до 10 $ч^{-1}$ — прямоточными компактными струями, омывающими рабочую зону обратными потоками через ВР типа ВГК, закрученными коническими струями, внедряющимися в рабочую зону через ВР типа ВЭС; неполными веерными через ВР типа НРВ и РР и компактными струями через ВР типа РР; при кратностях воздухообмена 10—20 $ч^{-1}$ — полными веерными струями через ВР типов ВДУМ, ВЦ и ВЭЦ, неполными через ВР типа НРВ и РР, коническими через ВР типа ВДУМ, $ВЭП_в$ и двухструйными через ВР типа ВДУМ; при кратностях воздухообмена более 20 $ч^{-1}$ — через двухструйные ВР типа ВДУМ, перфорированные ВР типа ВПК и панели ВПЭП.

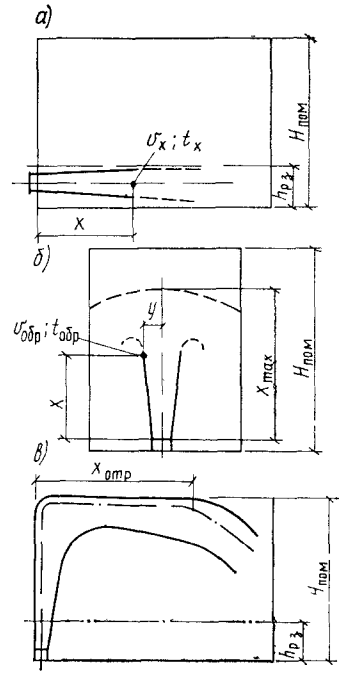


Рис. 5.2. Схемы подачи воздуха прямоточными струями воздухораспределительными устройствами, расположенными в рабочей зоне

а — горизонтально; *б* — вертикально без настилания снизу вверх; *в* — вертикально с настиланием снизу вверх

В помещениях общественных и вспомогательных зданий приточный воздух рекомендуется подавать через воздухораспределители типов РР, ВДУМ, ВДШ и ВПЭП.

При подаче воздуха выше рабочей зоны высоту установки воздухораспределителей рекомендуется принимать:

типов РР, НРВ, ВЭЦ, ВПЭП — 4 м от пола;

типов РР, НРВ, ВГК, ВДУМ, ВДШ, ВПК, ВЦ, $ВЭП_в$ — 4—6 м от пола;

типа ВГК, ВЭС — выше 6 м от пола.

Расчет воздухораспределения сводится к определению числа

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

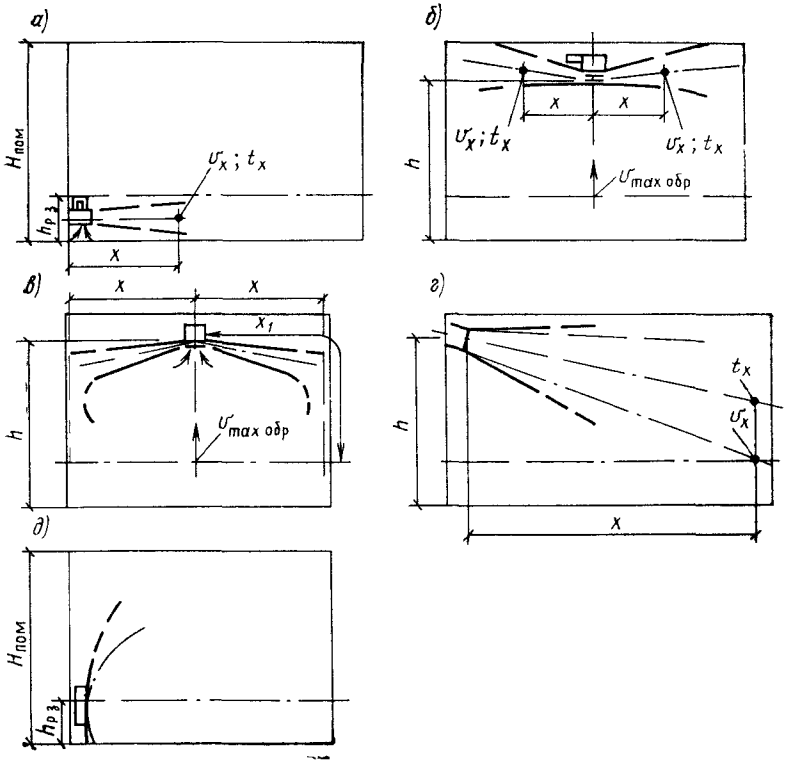


Рис. 5.3. Схемы подачи воздуха закрученными струями

а, д — горизонтально ВР, расположенными в рабочей зоне, *б* — горизонтально с настилом и без настилания; *в* — под углом к горизонтальной плоскости без настилания, *г* — горизонтально и под углом к горизонтальной плоскости ВР, расположенными в верхней зоне

и размеров принятого типа воздухораспределителей, обеспечивающих нормируемую скорость движения воздуха в рабочей (обслуживаемой) зоне по прямому или обратному потоку, а также нормируемую разность температур между температурой воздуха в струе и средней температурой воздуха рабочей (обслуживаемой) зоны также по прямому или обратному потоку.

При входе воздушной струи в рабочую (обслуживаемую) зону или в обратном потоке воздуха, проходящем по этим зонам, скорости движения приточного воздуха должны быть не более

$$v_x = k\,v, \qquad (5.4)$$

где v_x — требуемые скорости движения воздуха на местах пребывания людей, м/с; k — коэффициент перехода от требуемых скоростей на рабочем месте [6] к их максимальному значению в струе или в обратном потоке, принимаемый по табл 1 8

При расчете систем вентиляции и воздушного отопления на поддержание допустимых метеорологических условий в помещении, если люди находятся в зоне прямого воздействия приточной воздушной струи или обратного потока, разность температур Δt_x

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

между экстремальной температурой в струе (или в обратном потоке) и средней температурой воздуха рабочей (обслуживаемой) зоны следует принимать:

для холодного и переходного периодов года при расчете восполнения недостатков тепла — не более разности между большим и меньшим значениями требуемых [6] температур;

для теплого, холодного и переходного периодов года при расчетах ассимиляции избытков тепла и при $t_{доп} > t_{опт}$:

$$\Delta t_x \leqslant \frac{t_{доп} - t_{опт}}{2},$$

где $t_{доп}$, $t_{опт}$ — соответственно допустимая и оптимальная максимальные температуры воздуха [6], считая $t_{доп} - t_{опт}$ в пределах 3—6°С; при $t_{доп} \leqslant t_{опт}$ следует принимать $\Delta t_x \leqslant 2$°С.

При расчете систем вентиляции и воздушного отопления на поддержание допустимых метеорологических условий, если люди находятся вне зоны прямого воздействия приточной струи, значение Δt_x следует принимать с коэффициентом 1,5.

При расчете систем кондиционирования воздуха на поддержание допустимых температур значение Δt_x следует принимать: с коэффициентом 0,8, если люди находятся в зоне прямого воздействия приточной струи; с коэффициентом 1,2, если люди находятся вне зоны прямого воздействия приточной струи.

При расчете систем кондиционирования воздуха на поддержание требуемых по технологии производства или оптимальных метеорологических условий значения Δt_x следует принимать:

при отсутствии специальных требований — не более 1°С;

при применении местных кондиционеров-доводчиков или смесителей с индивидуальным регулированием температуры — не более 2°С.

Максимальные параметры воздуха в прямоточных струях рекомендуется определять по формулам:

для начального участка:

$$v_x = v_0 \sqrt{k_{ж.с}}\, k_н; \qquad (5.5)$$

$$\Delta t_x = \Delta t_0 \sqrt{k_{ж.с}}\, 1/k_и, \qquad (5.5')$$

где v_0 — скорость движения воздуха в живом сечении выпускного устройства, м/с; Δt_0 — разность температур воздуха при истечении из воздухораспределителя; $k_{ж.с}$ — коэффициент живого сечения воздухораспределителя, равный отношению суммарной площади выпуска воздуха к габаритной площади; $k_н$ — коэффициент неизотермичности; учитывается только для случаев вертикальной подачи нагретого воздуха вниз или охлажденного воздуха вверх; принимается по графику, показанному на рис. 5 4;

для основного участка:

а) для компактных, веерных и конических струй:

$$v_x = (m v_0 \sqrt{F_0}/x)\; k_с\, k_в\, k_н; \qquad (5.6)$$

$$\Delta t_x = (n \Delta t_0 \sqrt{F_0}/x)\; (k_в/k_с\, k_н); \qquad (5.6')$$

б) для плоских струй:

$$v_x = (m v_0 \sqrt{b_0}/\sqrt{x})\; (k_с\, k_в\, k_н); \qquad (5.7)$$

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

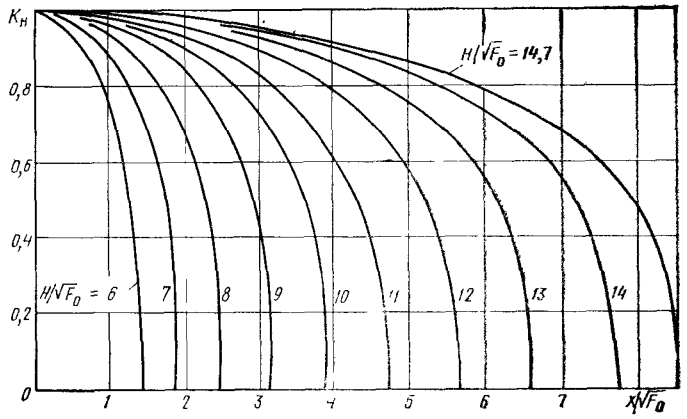


Рис. 5.4. К определению коэффициента $K_н$ при вертикальной подаче нагретого воздуха вниз (охлажденного — вверх)

$$\Delta t_x = (n \Delta t_0 \sqrt{b_0}/\sqrt{x}) (k_в/k_c k_н), \qquad (5.7')$$

где m, n — коэффициенты затухания соответственно скорости и температуры; F_0 — площадь живого сечения выпуска воздуха из воздухораспределителя, м²; k_c, $k_в$, $k_н$ — коэффициенты соответственно стеснения струи, взаимодействия струй и неизотермичности.

Коэффициент стеснения k_c для компактной, неполной веерной и плоской струи принимается по табл. 5.2.

В формулах (5.6′) и (5.7′) коэффициент k_c принимается равным не менее 0,85.

ТАБЛИЦА 5.2. КОЭФФИЦИЕНТ СТЕСНЕНИЯ k_c ДЛЯ КОМПАКТНОЙ, НЕПОЛНОЙ ВЕЕРНОЙ И ПЛОСКОЙ СТРУЙ

Форма струи	$P = \frac{F_0}{F_{пом}}$	Значения k_c при x, равном					
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Компактная и неполная веерная	<0,003	1	1	1	1	1	1
	0,003	1	1	0,9	0,85	0,8	0,75
	0,005	1	0,9	0,8	0,75	0,7	0,65
	0,01	1	0,9	0,7	0,6	0,5	0,4
	0,05	1	0,8	0,5	0,4	0,2	0,15
	0,1	1	0,7	0,45	0,35	0,15	0,1
	0,2	0,95	0,55	0,35	0,3	0,1	0,05
Плоская	—	1	0,85	0,7	0,6	0,5	0,4

Примечание. Для компактных и неполных веерных струй $x = \bar{x}/mH_{пом}$; для плоских $\bar{x} = x/m^2H_{пом}$.

Коэффициент стеснения k_c для полной веерной струи принимается в зависимости от значения отношения $(H_{пом} - h_{р.з})/\sqrt{F_{пом}}$:

$(H_{пом} - h_{р.з})/\sqrt{F_{пом}}$ . .	0,1	0,4	0,8	1,2	1,6	2
k_c	0,9	0,8	0,7	0,65	0,6	0,6

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

Коэффициент взаимодействия для компактных и неполных веерных струй приведен в табл. 5.3. На рис. 5.5 показана схема установки ВР в ряд.

Во избежание увеличения параметров воздуха в струе вследствие взаимодействия отдельных струй необходимо соблюдать условие $x/l<1{,}8\ m$.

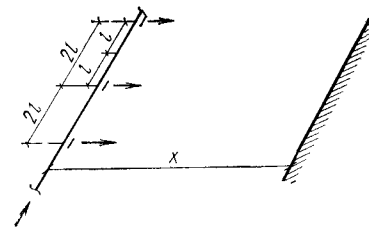


Рис. 5.5. Схема установки воздухораспределительных устройств в ряд

Коэффициенты $k_в$, приведенные для двух струй, следует вводить в формулы для определения максимальных параметров воздуха в одной струе при выпуске вблизи стен или потолка, т. е. когда создаются условия настилания струи на ограждение.

Коэффициент неизотермичности $k_н$ зависит от геометрической характеристики струи H, которая рассчитывается по формулам:

для компактных и веерных струй

$$H = 5{,}45\, m\, v_0 \left(\sqrt[4]{F_0} \Big/ \sqrt{n\, \Delta\, t_0}\right); \tag{5.8}$$

для плоских струй

$$H = 9{,}6 \sqrt[3]{b_0\, (m\, v_0)^4/(n\, \Delta\, t_0)^2}\,. \tag{5.9}$$

Коэффициент $k_н$ определяется по формулам:

при вертикальной подаче воздуха сверху вниз при $100>H/\sqrt{F_0}>14{,}7$:

а) для компактных струй

$$k_н = \sqrt[3]{1 \pm 3\, (x/H)^2}; \tag{5.10}$$

б) для неполных веерных струй

$$k_н = \sqrt[3]{1 + 3/2\, (x/H)^2}; \tag{5.11}$$

в) для плоских струй

$$k_н = \sqrt[3]{1 \pm 2\, \sqrt{(xH/)^3}}; \tag{5.12}$$

при $H/\sqrt{F_0}>100$ $k_н=1$, т. е. струи можно считать изотермическими;

при горизонтальной подаче воздуха ненастилающимися струями:

а) для компактных струй

$$k_н = \sqrt{1 \pm (x/H)^4}; \tag{5.13}$$

б) для плоских струй

$$k_н = \sqrt{1 \pm (x/H)^3}; \tag{5.14}$$

при подаче под углом α к горизонтальной плоскости:

а) для компактных струй:

в формуле (5.6)

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ТАБЛИЦА 5.3. КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ $k_в$ ДЛЯ КОМПАКТНЫХ И НЕПОЛНЫХ ВЕЕРНЫХ СТРУЙ

Число струй	Зиачения $k_в$ при x/l (см. рис. 5.1), равном															
	10	20	30	40	50	60	80	100	10	20	30	40	50	60	80	100
	для скорости								для температур							
2	1	1,15	1,3	1,35	1,35	1,4	1,4	1,4	1	1,3	1,35	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
3	1	1,2	1,4	1,55	1,6	1,65	1,7	1,7	1	1,35	1,55	1,65	1,65	1,7	1,7	1,7
4	1	1,2	1,45	1,65	1,75	1,8	1,9	1,95	1	1,4	1,65	1,8	1,85	1,9	1,95	1,95
5	1	1,2	1,45	1,7	1,85	1,95	2,05	2,1	1	1,4	1,7	1,9	2	2,05	2,15	2,15
6	1	1,2	1,45	1,7	1,85	2	2,15	2,25	1	1,4	1,7	1,95	2,1	2,2	2,3	2,35
7	1	1,2	1,45	1,7	1,9	2,05	2,25	2,4	1	1,4	1,7	1,95	2,15	2,25	2,4	2,5
8	1	1,2	1,45	1,7	1,9	2,1	2,3	2,45	1	1,4	1,7	1,95	2,2	2,35	2,5	2,6
9	1	1,2	1,45	1,7	1,9	2,1	2,35	2,55	1	1,4	1,7	1,95	2,2	2,35	2,6	2,7
10	1	1,2	1,45	1,7	1,9	2,1	2,4	2,6	1	1,4	1,7	1,95	2,2	2,4	2,65	2,8
11	1	1,2	1,45	1,7	1,9	2,1	2,4	2,6	1	1,4	1,7	1,95	2,2	2,4	2,7	2,9
12	1	1,2	1,45	1,7	1,9	2,1	2,4	2,65	1	1,4	1,7	1,95	2,2	2,4	2,7	2,95
Более 12	1	1,2	1,45	1,7	1,9	2,1	2,4	2,7	1	1,4	1,7	1,95	2,2	2,4	2,7	3,2

Электронная библиотека http://lgy.khstu.ru/

$$k_{\text{н}} = \cos\alpha \sqrt{\cos^2\alpha + [\sin^2\alpha \pm (x^2/H\cos\alpha)^2]^2}\,; \qquad (5.15)$$

в формуле (5.6′)

$$k_{\text{н}} = \cos\alpha; \qquad (5.15')$$

б) для плоских струй:

в формуле (5.7)

$$k_{\text{н}} = \sqrt{\cos\alpha}\,\sqrt{\cos^2\alpha + [\sin\alpha \pm \sqrt{(x/H\cos\alpha)^3}]^2}\,; \qquad (5.16)$$

в формуле (5.7′)

$$k_{\text{н}} = 1/\sqrt{\cos\alpha}\,. \qquad (5.17)$$

Вертикальное расстояние y от геометрической оси струи в расчетном сечении до уровня истечения при подаче охлажденного (см рис. 5.1, *и*) или нагретого (см. рис. 5.1, *ж*) воздуха под углом к горизонтальной плоскости определяется по формулам:

для компактных и веерных струй

$$y = x\,\text{tg}\,\alpha + x^3/3\,H^2\cos^3\alpha; \qquad (5.18)$$

для плоских струй

$$y = x\,\text{tg}\,\alpha + 0{,}4\sqrt{x^5/H^3\cos^2\alpha}\,. \qquad (5.19)$$

При горизонтальной подаче охлажденного воздуха (см. рис. 5.1, *д*) расстояние y определяется по формулам:

для компактных и веерных струй

$$y = x^3/3\,H^2; \qquad (5.20)$$

для плоских струй

$$y = 0{,}4\sqrt{x^5/H^3}\,. \qquad (5.21)$$

Струя охлажденного воздуха, настилающегося на потолок, на некотором расстоянии от начала истечения отрывается от потолка (см. рис. 5.1,*г* и 5.2,*в*).

Расстояние от места истечения струи до места ее отрыва от потолка $x_{\text{отр}}$ при подаче воздуха горизонтально составляет:

для компактных струй

$$x_{\text{отр}} = 0{,}5\,H; \qquad (5.22)$$

для плоских и веерных струй

$$x_{\text{отр}} = 0{,}4\,H. \qquad (5.23)$$

Горизонтальные компактные струи настилаются на потолок, если воздухораспределитель находится на расстоянии от пола $h > 0{,}65\,H_{\text{пом}}$. Веерные и плоские струи настилаются на ближайшее ограждение независимо от высоты h.

При подаче воздуха вертикальной струей, настилающейся на поверхность окна или стены, а затем распространяющейся вдоль потолка горизонтально (см. рис. 5.2,*в*), расстояние до места отрыва струи от потолка определяется по графику (рис. 5.6).

При вертикальной подаче воздуха нагретыми струями вниз и охлажденными вверх, когда отсутствует ограничение по высоте (см. рис. 5.2,*б*), дальнобойность струи равна:

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

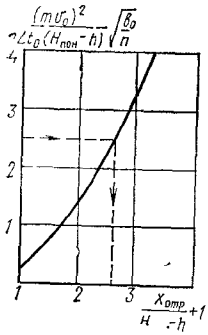


Рис 5.6. К определению $x_{отр}$ при подаче охлажденного воздуха настилающимся плоскимн струямн

для компактных и неполных веерных струй

$$x_{max} = 0{,}55\,H; \qquad (5.24)$$

для плоских струй

$$x_{max} = 0{,}8H. \qquad (5.25)$$

При подаче воздуха горизонтальными прямоточными струями выше рабочей зоны максимальные параметры воздуха в обратном потоке определяются по формулам:

для компактных и неполных веерных струй

$$v_{max\,обр} = k\,v_0\,\sqrt{F_0/F_{пом}}; \qquad (5.26)$$

$$\Delta\,t_{max\,обр} = 1{,}4\,\Delta\,t_0\,\sqrt{F_0/F_{пом}}; \qquad (5.27)$$

для плоских струй

$$v_{max\,обр} = k\,v_0\,\sqrt{b_0/H_{пом}}. \qquad (5.28)$$

Коэффициент k для компактных струй принимается в зависимости от числа струй в ряду n:

n	1	2	4	6	8	10	12	14	16 и более
k	1,3	1,15	1,05	1	0,95	0,9	0,8	0,7	0,65

Коэффициенты k для плоских струй приведены в табл. 5.4; для неполных веерных струй $k=1$.

ТАБЛИЦА 5.4. КОЭФФИЦИЕНТ k ДЛЯ ПЛОСКИХ СТРУЙ

Способ удаления воздуха	Значения k
Сосредоточенный из рабочей зоны:	
вблизи места подачи воздуха	1,25
в конце действия струи	1
Рассредоточенный из рабочей зоны	1,2

Максимальное значение параметров воздуха в обратном потоке находится на расстоянии:

для компактных и неполных веерных струй

$$x_{кр} = 0{,}3\,m\,\sqrt{F_{пом}}; \qquad (5.29)$$

для плоских струй

$$x_{кр} = 0{,}1\,m^2\,H_{пом}. \qquad (5.30)$$

При подаче воздуха неизотермическими струями на высоте $h > 0{,}5\,H_{пом}$ избыточную температуру воздуха в струе следует принимать не более:

для компактных струй

$$\Delta\,t_0 = 1300\,v_0^2\,\sqrt{F_0}/m\,n\,F_{пом}; \qquad (5.31)$$

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

для плоских струй

$$\Delta t_0 = (400\, v_0^2/mn)\sqrt{b_0/H_{\text{пом}}^3}\,. \qquad (5.32)$$

Максимальные размеры условной зоны действия одной горизонтальной струи, в которой одним воздухораспределителем осуществляется эффективное воздухораспределение при омывании рабочей зоны обратным потоком, рекомендуется принимать по табл. 5.5.

ТАБЛИЦА 5.5. ЗОНА ДЕЙСТВИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СТРУИ

Форма струи	Глубина зоны действия $l_{\text{пом}}$, м	Площадь поперечного сечения помещения, $B_{\text{пом}}$, м²
Компактная и неполная веерная	$0{,}7m\sqrt{F_{\text{пом}}}$	$3H_{\text{пом}}$
Плоская:		
при удалении воздуха из рабочей зоны вблизи места подачи	$0{,}21m^2 H_{\text{пом}}$	Не ограничено
при сосредоточенном удалении воздуха в конце действия струи или рассредоточенном удалении из рабочей зоны	$0{,}23m^2 H_{\text{пом}}$	То же

При подаче воздуха вертикальными плоскими струями (см. рис. 5.2, *б*) его параметры в рабочей зоне формируются обратными потоками:

$$v_{\text{обр}} = 6{,}23\, v_0\, b_0/(2\, x_{\max} - x)\ \theta. \qquad (5.33)$$

Коэффициент θ определяется по графику, представленному на рис. 5.7, а величина $\Delta t_{\text{обр}}$ — по графику, представленному на рис. 5.8.

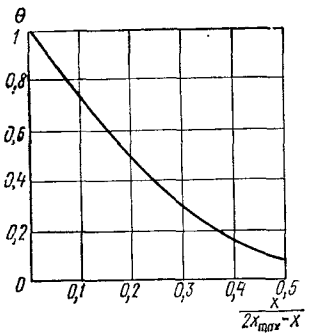


Рис. 5.7. К определению θ при подаче воздуха вертикальными плоскими струями

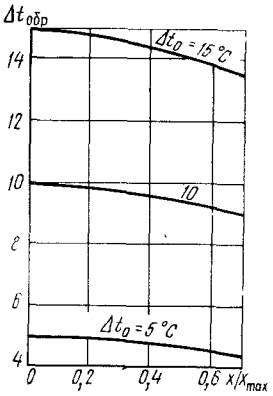


Рис. 5.8. К определению $\Delta t_{\text{обр}}$ при подаче воздуха вертикальными плоскими неизотермическими струями

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

Размеры зоны прямого воздействия струи рекомендуется определять по формулам:

для компактных и неполных веерных струй

$$R = 0{,}66\, x/m; \qquad (5.34)$$

для полных веерных струй

$$R = 0{,}095\, x/m^2; \qquad (5.35)$$

для плоских струй

$$R = 0{,}67\, x/m^2, \qquad (5.36)$$

где R — расстояние от поверхности минимальной скорости (ПМС) до границы зоны прямого воздействия, где скорость равна $0{,}5\, v_к$.

Пример 5.1. В механическом цехе размером 360×54×12 м требуется распределить 1 млн. м³/ч приточного воздуха; работа средней тяжести категории IIа; теплоизбытки незначительны, а воздух подается на высоте 7 м горизонтально; разность температур $t_{р.з} - t_0 = \Delta t_0 = 3$°С.

Решение. Принимаем к установке воздухораспределители типа ВГК, создающие компактную струю; $m = 6{,}2$; $n = 5{,}1$. Шаг установки ВР согласно табл 5.5, $\leqslant 3H_{пом}$; $B \leqslant 3 \cdot 12 = 36$ м; принимаем шаг установки равным 18 м. Число ВР будет составлять $360 / 18 = 20$, расчетный расход воздуха на один ВР будет $1\,000\,000 : 20 = 50$ тыс. м³/ч. По производительности выбираем ВР типа ВГК-3 с $F_0 = 1{,}28$ м²; $v_0 = 50\,000/(3600 \cdot 1{,}28) = 10{,}85$ м/с.

Глубина зоны действия (см. табл. 5.5) $l_{пом} = 0{,}7 m \sqrt{F_{пом}} = 0{,}7 \cdot 6{,}2 \sqrt{18 \cdot 12} = 64$ м, что на 10 м больше глубины цеха.

Так как воздух подается в верхнюю зону, в рабочей зоне будет создаваться обратный поток воздуха. Определяем максимальную скорость воздуха и разность температур для обратного потока по формулам (5.26) и (5.27):

$$v_{max\,обр} = 0{,}65 \cdot 10{,}85 \sqrt{1{,}28/216} = 0{,}54 \text{ м/с};$$

$$\Delta t_{max\,обр} = 1{,}4 \cdot 3 \sqrt{1{,}28/216} = 0{,}33 \text{ °С}.$$

Допустимая скорость, согласно формуле (5.4) и табл. 1.8, $v_{доп} = 1{,}8 \cdot 0{,}5 = 0{,}9$ м/с, что больше, чем $v_{max\,обр} = 0{,}54$ м/с.

Допустимая разность температур согласно формуле (1.3) и данным табл. 1 и 3 ГОСТа [6]:

$$\Delta t_x = 1{,}5\ (28 - 23)/2 = 3{,}75 \text{ °С},$$

что значительно больше, чем $\Delta t_{max\,обр} = 0{,}33$°С.

Определим, на каком расстоянии x от места истечения струя может войти в рабочую зону. Расчет ведем по формуле (5.20).

Разность высот места выпуска струи и рабочей зоны $y = 7 - 2 = 5$ м. Геометрическая характеристика струи по формуле (5.8): $H = 5{,}45 \cdot 6{,}2 \cdot 10{,}88 \sqrt[4]{1{,}28} / \sqrt{5{,}1 \cdot 3} = 100$ м; $x = \sqrt[3]{3H^2 y} = \sqrt[3]{3 \cdot 100^2 \cdot 5} = 53$ м. Струя войдет в рабочую зону в конце зоны действия (54 м).

Пример 5.2. В цехе приборостроительного завода рассчитать распределение воздуха. Размеры цеха 36×18×4 м (18 модулей размером 6×6 м). Работа средней тяжести категории IIа; теплоизбытки значительны — $q > 23$ Дж/(м³·с). Общее количество приточного воздуха $L_0 = 65 \cdot 10^3$ м³/ч.

Подача приточного воздуха производится сверху вниз. Избыточная температура приточного воздуха $\Delta t_0 = 5$°С; нормируемая скорость воздуха $v_{норм} = 0{,}3$ м/с.

Решение. Принимаем к установке ВР типа ВДУМ, создающий полную веерную струю, растилающуюся на потолок; намечаем к установке ВР на каждый модуль размером 6×6 м; ВР размещаем в центре модуля (см. рис. 5.1,*м*). Расход воздуха через один ВР составит $L = 65\,000/18 = 3610$ м³/ч. Принимаем ВР типа ВДУМ-4Д: $F_0 = 0{,}13$ м²; $m = 1$; $n = 1{,}1$. Скорость истечения воздуха из ВР равна $v_0 = 3610/(3600 \cdot 0{,}13) = 7{,}7$ м/с. Скорость воздуха и струе при входе ее в рабочую зону по формуле (5.6) составит:

$$v_x = [(1 \cdot 7{,}7 \sqrt{0{,}13})/5] \cdot 0{,}82 \cdot 1 \cdot 1 = 0{,}45 \text{ м/с}.$$

Коэффициент стеснения при $(H_{пом} - h_{р.з})/\sqrt[4]{F_{пом}} = (4-2)\sqrt{36} = 0{,}33$ $k_с$ будет равен 0,82. Коэффициенты взаимодействия и неизотермичности составят: $k_в = 1$,

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

$k_н = 1$. Допустимое значение скорости по формуле (5.4) и табл. 1.8: $v_{доп} = 1{,}8 \times 0{,}3 = 0{,}54$ м/с (люди находятся в зоне прямого воздействия струи; работа средней тяжести IIа; метеорологические условия — допустимые) $v_{доп} > v_x$ $(0{,}54 > 0{,}45)$.

Избыточная температура приточной струи определяется по формуле (5.6′):

$$\Delta t_x = 1{,}1 \cdot 5 \sqrt{0{,}13}/5 \cdot 0{,}82 \cdot 1 = 0{,}48\ °C.$$

Допустимое значение $\Delta t_{доп} = 1{,}5°C$ находится по формуле (1.3):

$$\Delta t_{доп} > \Delta t_x \ (1{,}5 > 0{,}48).$$

Место отрыва струи воздуха от потолка определяем по формуле (5.23). Геометрическую характеристику струи вычисляем по формуле (5.8):

$$H = 5{,}45 \cdot 1 \cdot 7{,}7 \sqrt[4]{0{,}13} \Big/ \sqrt{1{,}1 \cdot 5} = 10{,}8\ м;$$

расстояние до места отрыва струи от потолка $x_{отр} = 0{,}4 \cdot 10{,}8 = 4{,}3$ м, т. е. отрыва струи от потолка не произойдет.

Пример 5.3. Рассчитать воздухораспределение в малярном цехе ручной грунтовки и окраски изделий. Помещение цеха размером $24 \times 60 \times 7$ м; работы средней тяжести IIа; тепловыделения незначительны; воздух подается рассеянно в верхнюю зону; вытяжка из нижней зоны; общее колнчество воздуха, подлежащее раздаче, 258 тыс. м³/ч; допустимая скорость движения воздуха в рабочей зоне не более 0,3 м/с; температура притока не отличается от температуры воздуха помещения.

Решение. Принимаем к установке ВР типа ВПК-2, образующий плоскую прямоточную струю. Намечаем к установке 20 ВР длиной по 10 м (два ряда по 10 ВР); $m = 0{,}26$; $n = 0{,}23$; $F_0 = 0{,}71$ м². Расход воздуха через один ВР составит $L = 258\,000/20 = 12\,900$ м³/ч. Скорость истечения воздуха $v_0 = 12\,900/3600 \cdot 0{,}71 = 5{,}05$ м/с. Коэффициент стеснения (по табл. 5.2) при $x = 4{,}5/(0{,}26^2 \cdot 7) = 9{,}5$ $k_c = 0{,}4$; коэффициент взаимодействия $k_в = 1$; коэффициент неизотермичности $k_н = 1$. Скорость в струе при достижении ею рабочей зоны определяется по формуле (5.7):

$$v_x = (0{,}26 \cdot 5{,}05 \sqrt{0{,}71}/\sqrt{4{,}5}) \cdot 0{,}4 \cdot 1 \cdot 1 = 0{,}21\ м/с,$$

что меньше допустимой: $v_{доп} = 1{,}8 \cdot 0{,}3 = 0{,}54$ м/с.

§19. ВОЗДУШНЫЕ ЗАВЕСЫ

Воздушная завеса шиберующего действия (рис. 5.9) представляет собой плоскую неизотермическую струю, развивающуюся на границе двух сред, имеющих различные параметры: температуру, плотность, концентрацию примесей, влагосодержание Перепад давления воздуха с двух сторон струи воздушной завесы приводит к искривлению траектории оси — отклонению от начального направления. Воздушные завесы применяют в холодный период для защиты производственных помещений от врывания наружного воздуха через открытые проемы в наружных ограждениях.

Известно несколько способов расчета воздушных завес. Здесь рассмотрен способ, разработанный в МИСИ им. Куйбышева. Основные особенности этого способа состоят в следующем.

1. Более полный по сравнению с другими способами учет взаимного влияния теплового и воздушного режимов как самой воздушной завесы, так и обслуживаемого помещения.

2. Учет и использование в расчете неравномерности температурного поля сечений струи воздушной завесы.

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

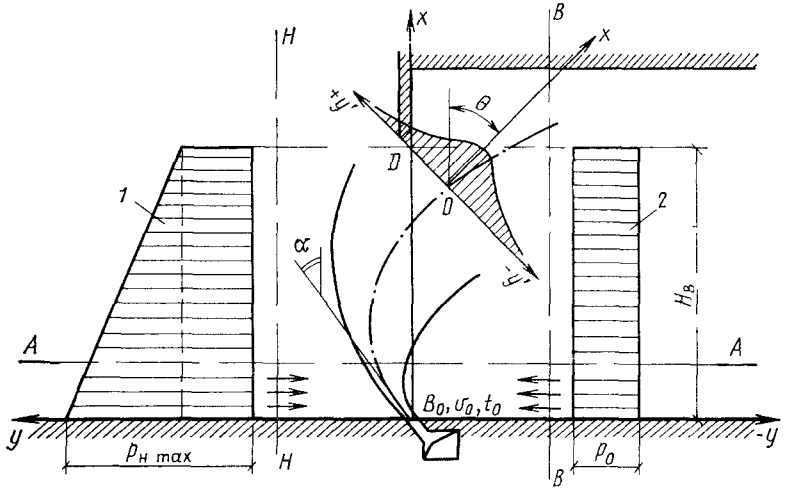


Рис. 5.9. Схема воздушной завесы шиберующего действия
1 — эпюра распределения давления наружного воздуха на открытый проем

3. Возможность использования воздушной завесы постоянного действия в качестве вентиляционной установки для организации притока или вытяжки воздуха из помещения.

Теоретическое обоснование способа расчета воздушных завес приведено в работе [37], их классификация рассмотрена в работе [3].

При выборе типа воздушной завесы предпочтение следует отдавать завесам с нижней подачей воздуха. Такие завесы наилучшим образом защищают помещение от врывания наружного воздуха через открытый проем. Однако в некоторых случаях из-за технологических причин (возможность засорения щели, остановка транспортных средств в дверном проеме и пр.) целесообразнее предусматривать устройство воздушных завес с горизонтальным направлением струи. При этом раздающие воздуховоды располагают вертикально с одной или двух сторон проема. Для периодически работающих воздушных завес предпочтительнее схемы с внутренним воздухозабором. При этом необходимость устройства подогрева воздуха, подаваемого в завесу, и температуру этого воздуха определяют расчетом.

Для постоянно действующих воздушных завес расположение воздухозабора (внутри или снаружи) и наличие или отсутствие подогрева зависит от того, как предполагается использовать завесу дополнительно к ее основному назначению. Например, при организации дополнительного притока воздуха воздухозабор осуществляется снаружи и предусматривает подогрев воздуха; при организации вытяжки воздухозабор осуществляется внутри, подогрев не предусматривается. При устройстве воздушных завес у высоких проемов в теплонапряженных цехах верхнюю

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

часть проема можно использовать как приточный аэрационный проем. В этом случае постоянно действующая воздушная завеса должна быть с подогревом воздуха, так как предназначена для защиты рабочих от холодного дутья.

В соответствии с требованиями СНиП [25] воздушные завесы шиберующего типа надлежит проектировать:

а) у ворот, открывающихся чаще пяти раз или не менее чем на 40 мин в смену, а также у открытых технологических проемов отапливаемых зданий и сооружений, строящихся в районах с расчетной температурой наружного воздуха для холодного периода года минус 15°С и ниже, при отсутствии тамбуров или шлюзов;

б) у ворот или технологических проемов при любых расчетных температурах наружного воздуха и при любой продолжительности открывания при соответствующем обосновании (т. е. при повышенных требованиях к внутреннему микроклимату помещений, при кондиционировании воздуха в помещении, при возможности образования тумана в помещениях с высокой влажностью внутреннего воздуха и пр.).

В СНиП [25] отмечена необходимость шумозащиты агрегатов воздушных завес. Указаны также пределы понижения температуры воздуха в помещениях на постоянных рабочих местах во время открывания ворот и дверей в холодный период года до:

14°С — при легкой физической работе;

12°С — при работе средней тяжести;

8°С — при тяжелой работе.

При отсутствии постоянных рабочих мест вблизи ворот, дверей и технологических проемов разрешается понижение температуры воздуха в этой зоне до 5°С (если это допустимо по технологическим требованиям).

Температура воздуха, подаваемого в струю воздушной завесы шиберующего типа [25], не должна превышать +50°С — для наружных дверей для прохода людей и +70°С — для ворот и технологических проемов.

Рекомендуемый предел скорости движения воздуха на выходе из щели воздушных завес должен составлять 8 м/с — для наружных дверей и 25 м/с — для ворот и технологических проемов.

Разумеется, что на выбор температуры и скорости движения воздуха на выходе из щели воздушной завесы могут влиять технологические особенности производства (свойства продукции или материалов). Здесь рассмотрен расчет воздушной завесы периодического действия.

Периодичность действия воздушной завесы обусловливает необходимость проведения расчета и наладки воздушной завесы таким образом, чтобы ее работа не влияла на тепловой и воздушный режимы помещения, поэтому исходные данные для расчета завесы берутся из расчета воздушного и теплового режимов помещения. В частности, давление воздуха в помещении принимается из предыдущих расчетов инфильтрации или

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

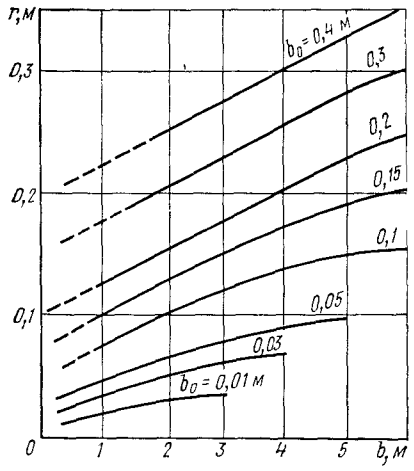


Рис. 5.10. Номограмма для определения значения r

аэрации в холодный период года. Расчет ведется в таком порядке.

1. Задаваясь конструктивной схемой воздушной завесы (расположение воздухозабора, наличие подогрева) и направлением струи, выходящей из щели, определяем ширину щели b_0. Рекомендуется размер щели определять из условия, что площадь щели (или суммарная площадь щелей при двусторонней подаче воздуха) составляет $^1/_{30}$—$^1/_{40}$ площади проема. Для отыскания оптимального размера щели необходимы многовариантные расчеты воздушных завес [5].

2. Определяем по номограмме (рис. 5.10) координату оси воздушной струи завесы r, соответствующую условию соблюдения воздушного баланса помещения. Протяженность оси воздушной струи S, м, принимается равной при подаче воздуха: нижней — 1,05 $H_{пр}$; боковой односторонней — 1,05 $B_{пр}$; боковой двусторонней — 0,525 $B_{пр}$, где $H_{пр}$ и $B_{пр}$ — высота и ширина проема, обслуживаемого воздушной завесой.

3. Вычисляем расчетную разность давления с двух сторон проема. При подаче воздуха снизу вверх находим максимальную разность давления у пола:

$$\Delta p_{max} = p_{н.max} - p_0, \tag{5.37}$$

где $p_{н\,max}$ — максимальное давление воздуха снаружи (на уровие пола помещения), Па, определяемое по формуле

$$p_{н.max} = H(\gamma_н - \gamma_в) + p_v; \tag{5.38}$$

p_0 — давление воздуха в помещении, определяемое при расчете инфильтрации или аэрации (см. § 11), ориентировочно можно принять

$$p_0 \approx 0{,}5(H\Delta\gamma + p_v). \tag{5.39}$$

В формулах (5.38) и (5.39) приняты следующие условные обозначения:

H — отметка условного нуля давления (обычно высота здания); $\gamma_н$, $\gamma_в$ — удельный вес воздуха соответственно наружного и внутреннего, Н/м³; p_v — избыточное давление ветра, Па (см. § 11).

При боковой воздушной завесе расчетная разность давления изменяется по высоте и вычисляется для нескольких уровней (четырех — шести):

$$\Delta p_i = p_{нi} - p_0, \tag{5.40}$$

где $p_{нi}$ — давление воздуха снаружи на уровие h_i;

$$p_{нi} = (H - h_i)(\gamma_н - \gamma_0) + p_v. \tag{5.41}$$

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

4. Вычисляем начальную скорость воздуха в щели раздающего воздуховода:

для завес при подаче воздуха снизу вверх

$$v_0 = 0{,}645\, x_1 \sqrt{\frac{\Delta p_{max} - {}^1/_3\, x_1 (\gamma_н - \gamma_0)}{b_0 (x_1 \operatorname{tg}\alpha - y_1) \cos\alpha}}; \qquad (5.42)$$

для завес с боковой подачей воздуха

$$v_{0i} = 0{,}645\, x_1 \sqrt{\frac{\Delta p_i}{b_0 (x_1 \operatorname{tg}\alpha - y_1) \cos\alpha}}, \qquad (5.43)$$

где x_1 — расстояние, равное высоте проема — при подаче воздуха снизу вверх и ширине или полуширине проема — при одно- и двусторонней боковой подаче; y_1 — координата, для завес с внутренним воздухозабором $y_1 = -r$, для завес с наружным воздухозабором $y_1 = +r$; α — угол наклона плоскости выпуска струи к вертикальной плоскости (рекомендуется принимать $\alpha = 30°$).

Если скорость выхода из щели окажется выше допустимой, то следует задаться большим размером щели и повторить расчет.

5. Определяем расход воздуха на воздушную завесу:

секундный на 1 м щели раздающего воздуховода, м³/(с·м)

$$L_1 = v_0 b_0; \qquad (5.44)$$

массовый, кг/с,

$$G_з = \rho_0 L l_щ \text{ или } G_з = \rho_0 \Sigma L_{1i} l_i, \qquad (5.45)$$

где $l_щ$ — протяженность щели; l_i — длина отдельного участка для боковой завесы, м; ρ_0 — плотность воздуха, подаваемого в воздушную завесу, кг/м³.

6. Рассчитываем температуру воздуха, подаваемого в воздушную завесу:

$$t_0 = [t_в (1 - \beta_{в.п}) - \beta_{н.п}\, t_н]/\beta_{оп}, \qquad (5.46)$$

где $t_в$, $t_н$ — температура воздуха в помещении и снаружи; $\beta_{в.п}$, $\beta_{н.п}$, $\beta_{оп}$ — коэффициенты, учитывающие влияние на температуру смеси (принято $t_{см} = t_в$) соответственно температуры внутреннего и наружного воздуха и воздуха, подаваемого через щели.

Коэффициенты $\beta_{в.п}$, $\beta_{н.п}$ можно определить по номограмме (рис. 5.11, *а*) в зависимости от относительной координаты $\bar{y}_1$:

$$\bar{y}_1 = y_1/(0{,}5\, b), \qquad (5.47)$$

где b — ширина струи в сечении, отстоящем от ее начала на расстоянии S, находится по формуле

$$b = 0{,}416\, S. \qquad (5.48)$$

Коэффициент $\beta_{оп}$ находят по формуле

$$\beta_{оп} = 3{,}12\, a_{оп} / \sqrt{S/b_0}, \qquad (5.49)$$

где $a_{оп}$ — коэффициент, зависящий от относительной координаты $\bar{y}_1$ и принимаемый по номограмме на рис. 5.11, *б*.

При определении относительной координаты $\bar{y}_1$ следует принимать $y_1 = -r$ для завес с внутренним воздухозабором и $y_1 = +r$ — для завес с наружным воздухозабором. Проверка правильности определения коэффициентов проводится по обяза-

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

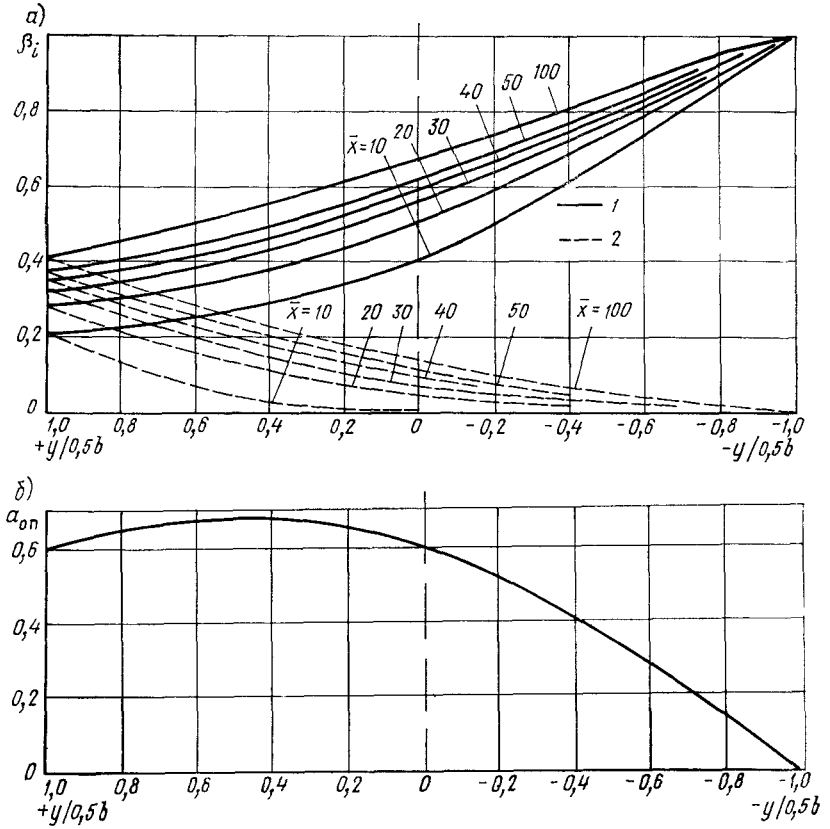


Рис. 5.11. Номограмма для определения коэффициентов $\beta_{в.п}$ и $\beta_{н.п}$ — *а* и $a_{оп}$ — б
1 — для $\beta_{в.п}$; *2* — для $\beta_{и.п}$

тельному условию: $\beta_{в.п}+\beta_{н.п}+\beta_{оп}=1{,}0$. Если температура воздуха, подаваемого в завесу, окажется выше допускаемой по СНиП, то задаются большим размером щели и расчет повторяют.

7. Определяем затраты тепла $Q_з$, кДж/ч, на подогрев воздуха, подаваемого в завесу:

$$Q_з = 3600\, c_в\, G_з\, (t_0 - t_{вх}), \qquad (5.50)$$

где $t_{вх}$ — температура воздуха, входящего в калорифер, или $t_н$, или $t_в$, или $t_у$ (при воздухозаборе из верхней зоны); $c_в$ — удельная теплоемкость воздуха.

8. Обычным путем проводим подбор калорифера, аэродинамический расчет воздуховодов завесы и подбор вентилятора.

При проектировании воздушных завес можно воспользоваться стандартными блоками, выпускаемыми Горьковским отделением «Сантехдеталь» (с осевым вентилятором и калорифером СТД). В этом случае расчет сводится к отысканию угла α.

Пример 5.4. Требуется рассчитать основные параметры воздушной завесы периодического действия. Условия расчета: ворота высотой $H_{пр}=3$ м, шириной

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

$B_{пр}=4$ м, допустимые $v_0 \leqslant 25$ м/с; $t_0 \leqslant 70°C$. Наружные условия: $t_н=-40°C$; $v_н=5{,}3$ м/с; внутренние: $t_в=20°C$; $p_0=28$ Па (из расчета воздушного режима здания). Высота здания $H=12$ м, аэродинамические коэффициенты (средние по наветренному и заветренному фасадам): $c_н=0{,}8$; $c_з=-0{,}4$; коэффициент, учитывающий несовпадение расчетных скорости и температуры наружного воздуха, $k=1{,}0$.

Решение: 1. Принимаем боковую двустороннюю воздушную завесу ($\alpha=30°$) с внутренним воздухозабором. Площадь защищаемых воздушной завесой ворот $4\times3=12$ м². Следовательно,

$$b_0 = 12/[(30 \div 40)\ 2\cdot3] = 0{,}07 \div 0{,}05 \text{ м}.$$

Принимаем $b_0=0{,}05$ м (первый вариант).

2. При боковой двусторонней завесе

$$S = 0{,}525\, B_{пр} = 0{,}525\cdot4 = 2{,}1 \text{ м}.$$

По рис. 5.10 при $b_0=0{,}05$ и $S=2{,}1$ м находим $r=0{,}07$м.

3. Разобъем условно проем по высоте на четыре зоны по 0,75 м каждая и проведем расчет разности давления для каждой из них. При этом

$$p_v = (c_н - c_з)\ (v_н^2/2)\ \rho_н k =$$

$$= (0{,}8 + 0{,}4)\ (5{,}3^2/2)\ [353/(273-40)]\cdot1 = 25{,}5 \text{ Па}.$$

Результаты расчета сводим в табл. 5.6.

ТАБЛИЦА 5.6. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА

№ зоны	h_i, м	$H-h_i$, м	$(H-h_i)\Delta\gamma$, Па	$p_{нi}$, Па	Δp_i, Па	v_{0i} для варианта	
						1-го	2-го
1	0,375	11,625	35,4	60,9	32,9	32,1	25,1
2	1,125	10,875	33,1	58,6	30,6	31,0	24,2
3	1,875	10,125	30,8	55,5	27,5	29,4	23,0
4	2,625	9,375	28,5	54,0	26	28,6	22,3

В табл. 5.6 $\Delta\gamma=\gamma_н-\gamma_в=\Delta\rho g\left(\frac{353}{273-40}-\frac{353}{273+20}\right)9{,}8=3{,}04$ Н/м³.

4. Начальная скорость воздуха в струе воздушной завесы по формуле (5.43) при $x_i=0{,}5\ B_{пр}=0{,}5\cdot4=2$ м; $y_1=-r=-0{,}07$ м; $\operatorname{tg}\alpha=\operatorname{tg}30°=0{,}577$ и $\cos\alpha=\cos30°=0{,}866$ для произвольной зоны составит

$$v_{0i} = 0{,}645\cdot2\sqrt{\frac{\Delta p_i}{0{,}05\ [2\cdot0{,}577-(-0{,}7)]\ 0{,}866}} = 5{,}6\sqrt{\Delta p_i}\ .$$

Результаты расчета v_{0i} для четырех зон занесены в табл. 5.6. Как видно из расчетов, скорость выхода из щели превышает допустимую. Задаемся $b_0=0{,}1$ м (второй вариант). Следовательно, при новых значениях $r=0{,}105$ и $y_1=-0{,}105$ м

$$v_{0i} = 0{,}645\cdot2\sqrt{\frac{\Delta p_i}{0{,}1\ (2\cdot0{,}577+0{,}105)\ 0{,}866}} = 4{,}38\sqrt{\Delta p_i}\ .$$

Средняя скорость выхода воздуха 23,65 м/с — меньше допустимого значения.

5. Находим расход воздуха на 1 м щели: $L_{11}=2{,}51$ м³/с; $L_{12}=2{,}42$ м³/с; $L_{13}=2{,}3$ м³/с; $L_{14}=2{,}23$ м³/с.

Массовый расход воздуха на двустороннюю завесу составит:

$$G_з = 1{,}2\ (2{,}51\cdot0{,}75 + 2{,}42\cdot0{,}75 + 2{,}3\cdot0{,}75 + 2{,}23\cdot0{,}75)\ 2 = 17{,}0 \text{ кг/с}.$$

6. Температура воздуха, подаваемого в воздушную завесу, находим по формуле (5.46):

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

$$t_0 = [20\ (1 - 0{,}61) - 0{,}02\ (-40)]/0{,}33 = 48\ ^\circ\text{C}.$$

По рис. 5.11,*а* при $\bar{y} = -0{,}105/[0{,}5(0{,}416 \cdot 2{,}1)] = -0{,}24$ и $\bar{x} = 2{,}1/0{,}1 = 21$:

$$\beta_{вп} = 0{,}61; \quad \beta_{нп} = 0{,}02.$$

По рис. 5.11,*б* при $\bar{y} = -0{,}24$ и $a_{0п} = 0{,}48$ в соответствии с формулой (5.49):

$$\beta_{0п} = 3{,}12 \cdot 0{,}48 / \sqrt{2{,}1/0{,}1} = 0{,}33.$$

Проверим правильность расчета коэффициентов β:

$$\Sigma \beta_i = 0{,}61 + 0{,}02 + 0{,}33 = 0{,}96 \approx 1 \text{ (допустимое отклонение)}.$$

7. Определяем затраты тепла на подогрев воздуха:

$$Q_з = 3600 \cdot 1{,}005 \cdot 17{,}0\ (48 - 20) = 1{,}72 \cdot 10^6 \text{ кДж/ч}.$$

Далее ведем обычный подбор воздуховодов и оборудования.

При проектировании воздушной завесы целесообразны многовариантные расчеты для выбора оптимального варианта завесы. При этом с увеличением B_0 расход тепла на подогрев воздуха снижается до нуля, однако увеличивается потребляемая мощность вентиляционной установки. Сопоставление приведенных затрат для различных вариантов решения позволит выявить оптимальный из них. Подробнее этот вопрос см. в работе [5].

Глава 6. Конструирование и расчет систем вентиляции и кондиционирования воздуха

§20. ВОЗДУХОВОДЫ

Конструкции воздуховодов. В приточных вентиляционных системах воздуховоды служат для распределения чистого воздуха, подаваемого в помещение в места воздухораздачи, в вытяжных системах, наоборот, — для сбора загрязненного воздуха в местах воздухоудаления и подачи его к вытяжному вентилятору с последующим выбросом через очистные устройства или без них в атмосферу. Практически почти каждая вентиляционная система имеет воздуховоды.

В производственных зданиях применяют воздуховоды, изготовленные из металла, в административных и общественных — из металла либо из строительных конструкций, в жилых — только неметаллические.

Самое большое число воздуховодов изготовляют из кровельной тонколистовой стали. Эти воздуховоды по виду сечения могут быть круглыми либо прямоугольными. Круглые воздуховоды имеют ряд преимуществ перед прямоугольными — они более прочны при одинаковой толщине металла, менее трудоемки и для их изготовления требуется на 18—20% меньше металла. Применяют круглые воздуховоды прежде всего в производственных зданиях.

Преимущество прямоугольных воздуховодов состоит в том.

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

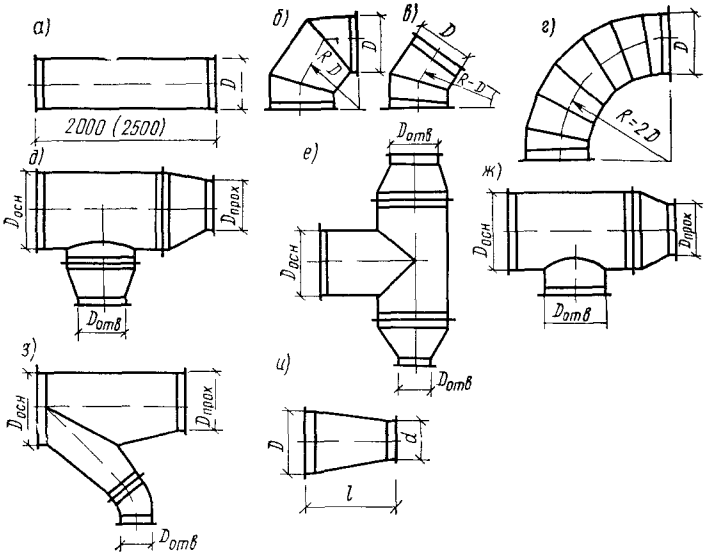


Рис. 6.1. Элементы круглых воздуховодов

а — прямой участок, *б*, *в* — отводы для общеобменных систем вентиляции, *г* — отвод для систем аспирации и пневмотранспорта, *д*, *е*, *ж* — узлы ответвления (тройники) для общеобменных систем, *з* — тройник для систем аспирации и пневмотранспорта, *и* — переход

что они лучше вписываются в интерьер административных и общественных зданий. В ряде случаев их применяют при прокладке через зоны с ограниченной высотой (в низких помещениях, в пространстве над подшивными потолками и т. д.).

Все многообразие конфигураций воздуховодов вентиляционных систем выполняется из ограниченного ряда деталей (рис. 6.1). Сечения, конфигурация и размеры деталей определяются СНиП 2.04.05-84 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха», «Инструкцией по применению и расчету воздуховодов из унифицированных деталей» ВСН-353-75, разработанной Минмонтажспецстроем СССР и утвержденной Госстроем СССР, и «Временной нормалью на металлические воздуховоды круглого сечения для систем аспирации».

При аэродинамическом расчете сети воздуховодов следует применять «Руководство по расчету воздуховодов из унифицированных деталей» АЗ-804, разработанное ГПИ Сантехпроект в 1979 г.

СНиП предусматривает следующие размеры диаметров круглых воздуховодов, мм: 100, 125, 140, 160, 180, 200, 225, 250, 280, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800, 900, 1000, 1120, 1250, 1400, 1600, 1800 и 2000 мм; для систем аспирации и пневмотранспорта используется дополнительно диаметр 110 мм.

Толщину стали для воздуховодов, по которым перемещается воздух с температурой не более 80°С, следует принимать:

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

диаметром	100—200 мм	0,5 мм
»	225—450 »	0,6 »
»	500—800 »	0,7 »
»	900—1600 »	1,0 »
»	1800 и 2000 »	1,4 »

При перемещении воздуха с температурой свыше 80°С или воздуха, содержащего механические примеси либо агрессивные вещества, для воздуховодов допускается применение тонколистовой стали толщиной до 1,4 мм и выше.

Отводы круглых воздуховодов с центральным углом 90° изготовляют из одного звена и двух стаканов (см. рис. 6.1, *б*), а с центральным углом 45° — только из двух стаканов (см. рис. 6.1 *в*). Средний радиус отвода принимается равным его диаметру. Коэффициент местного сопротивления отвода с центральным углом 90° составляет 0,35, с углом 45°—0,23. Для систем аспирации и пневмотранспорта отводы изготовляют из пяти звеньев и двух стаканов (см. рис. 6.1, *г*) со средним радиусом, равным двум диаметрам. Для отводов диаметром 315 мм и менее допускается сборка из трех звеньев и двух стаканов. Коэффициенты местного сопротивления таких отводов равны 0,25 и 0,18 при центральных углах 90 и 45° соответственно.

Унифицированные узлы ответвлений круглых воздуховодов (см. рис. 6.1, *д, е*) образованы из участков труб, врезок и унифицированных переходов. Довольно часто в практике проектирования и монтажа воздуховодов для систем общеобменной вентиляции применяют прямые врезки без перехода на ответвления (см. рис. 6.1, *ж*). Они имеют худшие аэродинамические характеристики, чем унифицированные узлы, и могут применяться только при диаметре основания узла до 500 мм.

В табл. 6.1 и 6.2 приведены коэффициенты местных сопротивлений различных узлов ответвлений, полученные в МИСИ им. Куйбышева. Унифицированные переходы (см. рис. 6.1, *и*) имеют ту особенность, что их длина стандартизирована и при различных сочетаниях диаметров составляет 270, 400, 600 или 800 мм.

Размеры сечений прямоугольных воздуховодов, регламентируемые СНиП, приведены в табл. 6.3.

Отводы прямоугольных воздуховодов (рис. 6.2, *б*) имеют постоянный радиус шейки, равный 150 мм — при ширине отвода до 800 мм и 300 мм — для отвода шириной 1000—2000 мм. Отвод большей ширины собирается из панелей (см. рис. 6.2, *в*). Коэффициенты местных сопротивлений прямоугольных отводов приведены в табл. 6.4.

Прямоугольные узлы ответвлений (рис. 6.2, *г, д, е*) собираются из труб и унифицированных переходов, иногда к ним добавляется заглушка. Коэффициенты местных сопротивлений узлов приведены в табл. 6.5.

Унифицированные переходы (рис. 6.2, *ж*) односторонние, с углом 45° между образующей и плоскостью основания, применяют как для изменения сечения воздуховодов, так и для врезки

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ТАБЛИЦА 6.1. КОЭФФИЦИЕНТЫ МЕСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ ζ УНИФИЦИРОВАННЫХ УЗЛОВ ОТВЕТВЛЕНИЙ КРУГЛОГО СЕЧЕНИЯ

$F_{прох}/F_{осн}$	$L_{отв}/L_{оси}$	Значения ζ при $F_{отв}/F_{осн}$, равном									
		0,1		0,16		0,25		0,4		0,63	
		$\zeta_{прох}$	$\zeta_{отв}$	$\zeta_{прох}$	$\zeta_{отв}$	$\zeta_{прох}$	$\zeta_{отв}$	$\zeta_{прох}$	$\zeta_{отв}$	$\zeta_{прох}$	$\zeta_{отв}$
При слиянии потоков (режим всасывания)											
1,0	0,05	0,1	—2,0	0,2	—5,5						
	0,1	0,2	0	0,2	—0,7						
	0,15	0,4	0,3	0,4	0						
	0,2	0,6	0,4	0,6	0,2						
0,8	0,1					0,2	—2,9	0,2	—5,0		
	0,2					0,3	0	0,3	—0,6		
	0,3					0,5	0,3	0,5	0,2		
	0,4					1,0	0,4	0,8	0,4		
0,63	0,2							0,2	—0,9	0,2	—3,7
	0,3							0,3	0,2	0,3	—0,5
	0,4							0,5	0,5	0,4	0,4
	0,6							1,1	0,6	1,2	0,6
0,5	0,4									0,7	—1,2
	0,6									1,1	0,5
	0,8									2,2	0,7
При делении потока (режим нагнетания)											
1,0	0,05	0,1	3,5	0,1	6,5						
	0,1	0	0,9	0,1	1,6						
	0,15	—0,1	0,5	0	0,9						
	0,2	—0,2	0,3	—0,1	0,5						
0,8	0,1					0,1	5,0	0,1	7,0		
	0,2					0,1	1,2	0,1	1,9		
	0,3					0	0,6	0,1	0,8		
	0,4					—0,1	0,5	0	0,6		
0,63	0,2							0,1	2,7	0,1	6,2
	0,3							0,1	1,1	0,1	2,8
	0,4							0,1	0,6	0,1	1,4
	0,6							0,1	0,4	0,1	0,6
0,5	0,4									0,1	2,2
	0,6									0,1	1,0
	0,8									0,4	0,7

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ТАБЛИЦА 6.2. КОЭФФИЦИЕНТЫ МЕСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ ζ ПРЯМЫХ УЗЛОВ ОТВЕТВЛЕНИЙ КРУГЛОГО СЕЧЕНИЯ

$F_{прох}/F_{осн}$	$L_{отв}/L_{осн}$	Значения ζ при $F_{отв}/F_{осн}$, равном									
		0.1		0.16		0.25		0.4		0.63	
		$\zeta_{прох}$	$\zeta_{отв}$	$\zeta_{прох}$	$\zeta_{отв}$	$\zeta_{прох}$	$\zeta_{отв}$	$\zeta_{прох}$	$\zeta_{отв}$	$\zeta_{прох}$	$\zeta_{отв}$
При слиянии потоков (режим всасывания)											
1,0	0,05	0,1	—1,0	0,2	—4,0						
	0,1	0,2	0,5	0,2	—0,1						
	0,15	0,4	0,9	0,4	0,6						
	0,2	0,6	1,1	0,6	0,8						
0,8	0,1					0,2	—2,4	0,2	—3,5		
	0,2					0,4	0,3	0,4	0		
	0,3					0,6	0,8	0,6	0,6		
	0,4					1,2	0,9	1,0	0,8		
0,63	0,2							0,3	—0,5	0,2	—3,1
	0,3							0,4	0,6	0,3	—0,1
	0,4							0,6	0,9	0,4	0,6
	0,6							1,4	1,1	1,3	1,0
0,5	0,4									0,7	0,1
	0,6									1,1	1,1
	0,8									2,5	1,1
При делении потока (режим нагнетания)											
1,0	0,05	0,1	4,2	0,1	9,6						
	0,1	0	1,5	0,1	3,3						
	0,15	—0,1	0,9	0	1,5						
	0,2	—0,2	0,8	—0,1	1,0						
0,8	0,1					0,1	6,5	0,1	11,0		
	0,2					0,1	1,9	0,1	2,7		
	0,3					0	1,1	0,1	1,2		
	0,4					—0,1	0,8	0	1,0		
0,63	0,2							0,1	4,6	0,1	7,5
	0,3							0,1	1,9	0,1	3,8
	0,4							0,1	1,3	0,1	2,1
	0,6							0,1	0,9	0,2	1,1
0,5	0,4									0,1	3,0
	0,6									0,1	1,5
	0,8									0,5	1,1

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ТАБЛИЦА 6.3. РАЗМЕРЫ СЕЧЕНИЙ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ВОЗДУХОВОДОВ

Размеры сечений, мм	Толщина тонколистовой стали, мм
100×150, 100×200, 100×250*, 150×150 150×200, 150×250, 200×200, 200×250	0,5
200×300, 200×400, 200×500*, 250×250, 250×300, 250×400, 250×500, 250×600*, 250×800*, 300×300, 300×400, 300×500, 300×600, 300×800*, 400×400, 400×500, 400×600, 400×800, 400×1000*, 400×1200*, 500×500, 500×600, 500×800, 500×1000, 500×1200*, 500×1600*, 500×2000*, 600×600, 600×800, 600×1000, 600×1200, 600×1600*, 600×2000*, 800×800, 800×1000, 800×1200, 800×1600, 800×2000*, 1000×1000	0,7
1000×1200, 1000×1600, 1000×2000, 1200×1200, 1200×1600, 1200×2000, 1600×1600, 1600×2000	0,9
600×2400*, 800×2400*, 800×3200*, 1000×2400*, 1000×3200*, 1000×4000*, 1200×2400, 1200×3200*, 1200×4000*, 1600×2400, 1600×3200, 1600×4000*, 2000×2000, 2000×2400, 2000×3200, 2000×4000, 2400×2400, 2400×3200, 2400×4000, 3200×3200, 3200×4000	1,4

* Указанный размер следует принимать только при обосновании (для увязки потерь давления в воздуховодах, по архитектурным и другим требованиям).

ответвления в соответствующие узлы. Коэффициенты местных сопротивлений унифицированных переходов прямоугольного сечения приведены в табл. 6.6.

Аэродинамический расчет вентиляционных систем. При перемещении воздуха в системах вентиляции происходит потеря

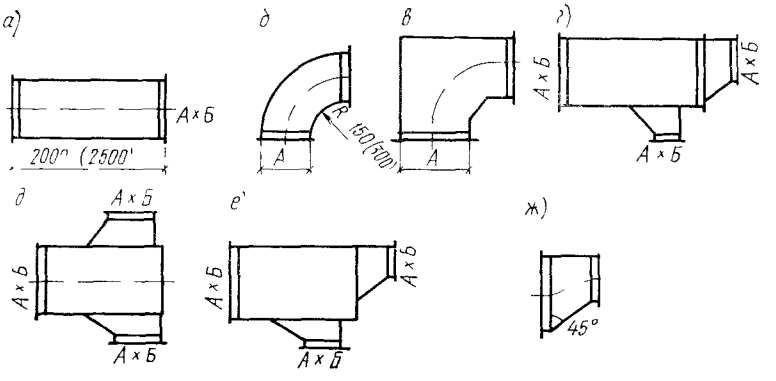


Рис. 6.2. Элементы прямоугольных воздуховодов

а — прямой участок, *б*, *в* — отводы, *г* *е* — узлы ответвления (тройники); *д* — крестовина; *ж* — унифицированный переход

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ТАБЛИЦА 6.4. КОЭФФИЦИЕНТЫ МЕСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ ζ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ОТВОДОВ ($\alpha = 90°$)

Ширина отвода b, мм	Значения ζ при a мм (см. рис. 6.2, *б*, *в*), равном															
	100	150	200	250	300	400	500	600	800	1000	1200	1600	2000	2400	3200	4000
100		0,16	0,24	0,31												
150	0,08	0,15	0,22	0,28												
200	0,07	0,14	0,2	0,26	0,33	0,44	0,54									
250	0,07	0,13	0,19	0,25	0,31	0,41	0,51	0,59	0,74							
300			0,18	0,24	0,29	0,4	0,49	0,57	0,7	0,58						
400			0,17	0,22	0,27	0,37	0,45	0,53	0,65	0,54	0,63					
500			0,16	0,21	0,26	0,35	0,43	0,5	0,62	0,51	0,59	0,74	0,85			
600				0,2	0,25	0,33	0,41	0,48	0,59	0,49	0,51	0,7	0,81	0,8		
800				0,19	0,23	0,31	0,38	0,44	0,55	0,45	0,53	0,65	0,76	0,65	0,65	
1000					0,22	0,29	0,36	0,42	0,52	0,43	0,5	0,62	0,72	0,6	0,65	0,65
1200						0,28	0,34	0,4	0,5	0,41	0,48	0,59	0,68	0,6	0,6	0,65
1600							0,32	0,37	0,46	0,38	0,44	0,55	0,64	0,5	0,65	0,65
2000							0,3	0,35	0,44	0,36	0,42	0,52	0,8	0,6	0,65	0,8
2400								0,7	0,75	0,75	0,6	0,7	0,75	0,6	0,7	0,75
3200									0,75	0,8	0,65	0,7	0,75	0,6	0,7	0,75
4000										0,8	0,7	0,75	0,8	0,6	0,7	

Электронная библиотека http://lgv.khstu.ru/

ТАБЛИЦА 6.5. КОЭФФИЦИЕНТЫ МЕСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ ζ УНИФИЦИРОВАННЫХ УЗЛОВ ОТВЕТВЛЕНИЙ ПРЯМОУГОЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ

$\frac{F_{прох}}{F_{осн}}$	$\frac{L_{отв}}{L_{осн}}$	Значения ζ при $F_{отв}/F_{осн}$, равном									
		0,1		0,16		0,25		0,4		0,63	
		$\zeta_{прох}$	$\zeta_{отв}$	$\zeta_{прох}$	$\zeta_{отв}$	$\zeta_{прох}$	$\zeta_{отв}$	$\zeta_{прох}$	$\zeta_{отв}$	$\zeta_{прох}$	$\zeta_{отв}$
При слиянии потоков (режим всасывания)											
1,0	0,05	0,1	—17	0,1	—25	0,1	—40				
	0,1	0,2	—2,9	0,15	—5	0,15	—8				
	0,15	0,3	0	0,2	—0,4	0,2	—1,5				
	0,2	0,45	0,15	0,3	—0,1	0,25	—0,7				
0,8	0,1			0,3	—3,7	0,3	—6,6	0,3	—11		
	0,2			0,55	0,2	0,4	—0,2	0,35	—1,1		
	0,3			0,85	0,8	0,65	0,75	0,5	0,5		
	0,4			1,6	0,9	1,0	1,0	0,7	0,9		
0,63	0,2					0,35	0,1	0,35	—0,55	0,3	—1,5
	0,3					0,55	0,9	0,45	0,65	0,4	0,25
	0,4					0,9	1,0	0,6	0,95	0,5	0,7
	0,6					2,5	1,1	1,5	1,1	0,9	0,95
0,5	0,4							0,5	0,95	0,4	0,8
	0,6							1,2	1,0	0,8	0,9
	0,8							5,1	1,0	2,5	0,9
При делении потока (режим нагнетания)											
1,0	0,05	0,2	2,2	0,2	7,0	0,2	20				
	0,1	0,2	0,45	0,2	1,4	0,2	4,2				
	0,15	0,15	0,4	0,15	0,85	0,15	2,4				
	0,2	0,1	0,3	0,1	0,35	0,1	0,75				
0,8	0,1			0,2	1,4	0,2	4,1	0,2	11,8		
	0,2			0,2	0,35	0,2	0,75	0,2	2,2		
	0,3			0,2	0,3	0,2	0,4	0,2	0,8		
	0,4			0,25	0,3	0,25	0,3	0,25	0,4		
0,63	0,2					0,25	0,75	0,25	2,2	0,25	6,1
	0,3					0,25	0,4	0,25	0,8	0,25	2,2
	0,4					0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	1,1
	0,6					0,6	0,3	0,6	0,3	0,6	0,45
0,5	0,4							0,3	0,4	0,3	1,1
	0,6							0,5	0,3	0,5	0,45
	0,8							2,2	0,3	2,2	0,3

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ТАБЛИЦА 6.6. КОЭФФИЦИЕНТЫ МЕСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ ζ УНИФИЦИРОВАННЫХ ПЕРЕХОДОВ ПРЯМОУГОЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ

Отношение площади меньшего сечения к большему	Значения коэффициентов ζ для потока	
	при расширении	при сужении
0,3	0,73	0,08
0,4	0,54	0,07
0,5	0,4	0,06
0,6	0,36	0,05
0,7	0,34	0,04

энергии, которая обычно выражается в перепадах давлений воздуха на отдельных участках системы и в системе в целом. Аэродинамический расчет проводится с целью определения размеров поперечного сечения участков сети. При этом в системах с гравитационным побуждением движения располагаемое давление задано, а в системах с механическим побуждением движения потери давления определяют выбор вентилятора. В последнем случае подбор размеров поперечного сечения воздуховодов, как правило, проводят по предельно допустимым скоростям воздуха.

Потери давления Δp, Па, на участке воздуховода длиной l определяют по формуле

$$\Delta p = R \beta_{ш} l + Z, \qquad (6.1)$$

где R — удельная потеря давления на 1 м стального воздуховода, Па/м; $\beta_{ш}$ — коэффициент, учитывающий фактическую шероховатость стенок воздуховода; принимается по табл. 6.7 в зависимости от скорости движения воздуха в сечении воздуховода и абсолютной шероховатости поверхности стенок воздуховодов (табл. 6.8); Z — потеря давления в местных сопротивлениях.

Потерю давления в местных сопротивлениях Z, Па, рассчитывают по формуле

$$Z = \Sigma \zeta p_{д}, \qquad (6.2)$$

где $p_{д}$ — динамическое давление воздуха на участке; $\Sigma\zeta$ — сумма коэффициентов местных сопротивлений, принимаемая по табл. 6.1, 6.2, 6.4—6 6 и Справочнику [22].

Аэродинамический расчет вентиляционной системы состоит из двух этапов: расчета участков основного направления — магистрали и увязки всех остальных участков системы. Расчет ведется в такой последовательности.

1. Определяют нагрузки отдельных расчетных участков. Для этого систему разбивают на отдельные участки. Расчетный участок характеризуется постоянным по длине расходом воздуха. Границами между отдельными участками служат тройники.

Расчетные расходы на участках определяют суммированием расходов на отдельных ответвлениях, начиная с периферийных участков. Значения расхода и длину каждого участка указывают на аксонометрической схеме рассчитываемой системы.

2. Выбирают основное (магистральное) направление, для чего выявляют наиболее протяженную цепочку последовательно

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ТАБЛИЦА 6.7. ПОПРАВОЧНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ $\beta_ш$ ДЛЯ РАСЧЕТА ВОЗДУХОВОДОВ С РАЗЛИЧНОЙ ШЕРОХОВАТОСТЬЮ СТЕНОК

v, м/с	Значения $\beta_ш$ при $k_ш$, равном							
	0,01	0,2	0,5	2,0	5,0	10,0	15,0	20,0
0,3	0,996	1,005	1,019	1,082	1,183	1,309	1,407	1,488
0,4	0,994	1,006	1,025	1,105	1,228	1,375	1,486	1,576
0,5	0,993	1,008	1,031	1,127	1,267	1,143	1,552	1,650
0,6	0,991	1,009	1,036	1,147	1,303	1,481	1,611	1,715
0,7	0,990	1,011	1,042	1,166	1,536	1,525	1,663	1,772
0,8	0,988	1,012	1,047	1,184	1,366	1,566	1,710	1,824
0,9	0,987	1,014	1,052	1,200	1,394	1,603	1,753	1,871
1,0	0,986	1,015	1,057	1,216	1,420	1,637	1,792	1,915
1,5	0,979	1,022	1,081	1,285	1,528	1,778	1,953	2,090
2,0	0,972	1,028	1,101	1,341	1,613	1,886	2,075	2,223
2,5	0,966	1,034	1,120	1,388	1,682	1,973	2,173	2,329
3,0	0,960	1,039	1,136	1,429	1,740	2,045	2,254	2,418
3,5	0,954	1,044	1,151	1,464	1,790	2,108	2,324	2,493
4,0	0,949	1,049	1,165	1,495	1,834	2,162	2,385	2,559
4,5	0,943	1,053	1,178	1,523	1,873	2,210	2,439	2,617
5,0	0,938	1,057	1,189	1,549	1,908	2,253	2,487	2,669
6,0	0,928	1,065	1,210	1,592	1,968	2,326	2,569	2,758
7,0	0,919	1,071	1,228	1,629	2,018	2,388	2,638	2,832
8,0	0,910	1,077	1,243	1,661	2,061	2,440	2,696	2,895
9,0	0,902	1,083	1,257	1,688	2,098	2,485	2,746	2,949
10,0	0,894	1,088	1,270	1,712	2,130	2,524	2,790	2,996

ТАБЛИЦА 6.8. АБСОЛЮТНАЯ ШЕРОХОВАТОСТЬ $k_ш$ СТЕНОК ВОЗДУХОВОДОВ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Материал стенок воздуховода	$k_ш$, мм	Материал стенок воздуховода	$k_ш$, мм
Листовая сталь	0,1	Асбестоцементные плиты, короба и трубы	0,11
Плиты:		Фанерные листы	0,1—0,3
шлакогипсовые	1	Латунь, стекло	0,0015—0,01
шлакобетонные	1,5—2	Резиновые рукава	0,006—0,01
Винипласт	0,1	Прорезиненный льняной шланг	0,5—0,8
Кирпичная кладка (каналы в стене)	5—10	Прорезиненный брезент (рукав)	0,02—0,05
То же, оштукатуренная цементным раствором	0,5—3		
То же, оштукатуренная по сетке	10—15		

расположенных расчетных участков. При равной протяженности магистралей в качестве расчетной выбирают наиболее нагруженную. Для вытяжной системы с гравитационным побуждением движения воздуха в качестве магистрального направления принимают наиболее протяженную цепочку участков от жалюзийной решетки верхнего этажа.

3. Нумерацию участков магистрали обычно начинают с участка с меньшим расходом. Расход, длину и результаты после-

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

дующих расчетов заносят в таблицу аэродинамического расчета, представленную на бланке 6.

4. Размеры сечения расчетных участков магистрали определяют, ориентируясь на табл. 6.3. Ориентировочную площадь поперечного сечения F, м^2, принимают по формуле

$$F = L/(3600\, v_{рек}), \qquad (6.3)$$

где L — расчетный расход воздуха на участке, м^3/ч; $v_{рек}$ — рекомендуемая скорость движения воздуха на участках вентиляционных систем (табл. 6.9)

ТАБЛИЦА 6.9. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУХА $v_{рек}$ ДЛЯ ОРИЕНТИРОВОЧНОГО ПОДБОРА ПЛОЩАДИ ЖИВОГО СЕЧЕНИЯ

Воздуховоды, каналы и шахты	Значения $v_{рек}$, м/с	
	при естественной вентиляции	при механической вентиляции
Воздухоприемные жалюзи	0,5—1,0	2,0—4,0
Каналы и приточные шахты	1,0—2,0	2,0—6,0
Горизонтальные сборные каналы	1,0—1,5	5,0—8,0
Вертикальные каналы	1,0—1,5	2,0—5,0
Приточные решетки у потолка	0,5—1,0	0,5—1,0
Вытяжные решетки	0,5—1,0	1,0—2,0
Вытяжные шахты	1,5—2,0	3,0—6,0

5. Фактическую скорость $v_{фак}$, м/с, определяют с учетом площади сечения принятого стандартного воздуховода:

$$v_{фак} = L/(3600\, F_{ф}). \qquad (6.4)$$

По этой скорости вычисляют динамическое давление на участке.

6. Определяют удельную потерю давления на трение по номограммам, представленным на рис. 6.3 и 6.4, составленных для стальных круглых воздуховодов. Для воздуховодов из других материалов, имеющих другую шероховатость стенки, при расчете потерь на трение вводится поправочный коэффициент $\beta_{ш}$ (см. табл. 6.7).

Для прямоугольных воздуховодов с размерами $a \times b$ расчет проводится по эквивалентному по скорости диаметру

$$d_v = 2\,ab/(a + b). \qquad (6.5)$$

При определении значения R для прямоугольного воздуховода по таблицам необходимо определить значение R при v и d_v, не принимая во внимание фактический расход воздуха.

7. Потери давления в местных сопротивлениях участков зависят от суммы коэффициентов местного сопротивления и динамического давления. При выборе коэффициентов местных сопротивлений необходимо обращать внимание на то, к какой скорости относится табличное значение коэффициента и при необходимости делать пересчет.

8. Общие потери давления в системе равны сумме потерь по магистрали в вентиляционном оборудовании:

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

АЭРОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ

№ участков	Расход воздуха L, м³/ч	Длина участка l, м	Размеры воздуховодов			Скорость воздуха v, м/с	Потери на 1 м длины участка R, Па/м²	Коэффициент, учитывающий шероховатость стенок канала, $\beta_ш$	Потери на трение $R\beta_ш l$, Па	Сумма коэффициентов местных сопротивлений $\Sigma\zeta$	Динамическое давление $p_д$, Па	Потери на местных сопротивлениях Z, Па	Потери давления на участке $R\beta_ш l + Z$, Па	Сумма потерь давления $\Sigma(R\beta_ш l + Z)$
			$a \times b$, мм	эквивалентный диаметр $d_э$	площадь сечения F, м²									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Примечания: 1 Графы 1—3 заполняют по данным схемы воздуховодов.
2 Значения графы 4 определяют по ориентировочной скорости на участке и округляют до стандартных размеров воздуховодов или каналов.

Электронная библиотека http://lgv.khstu.ru/

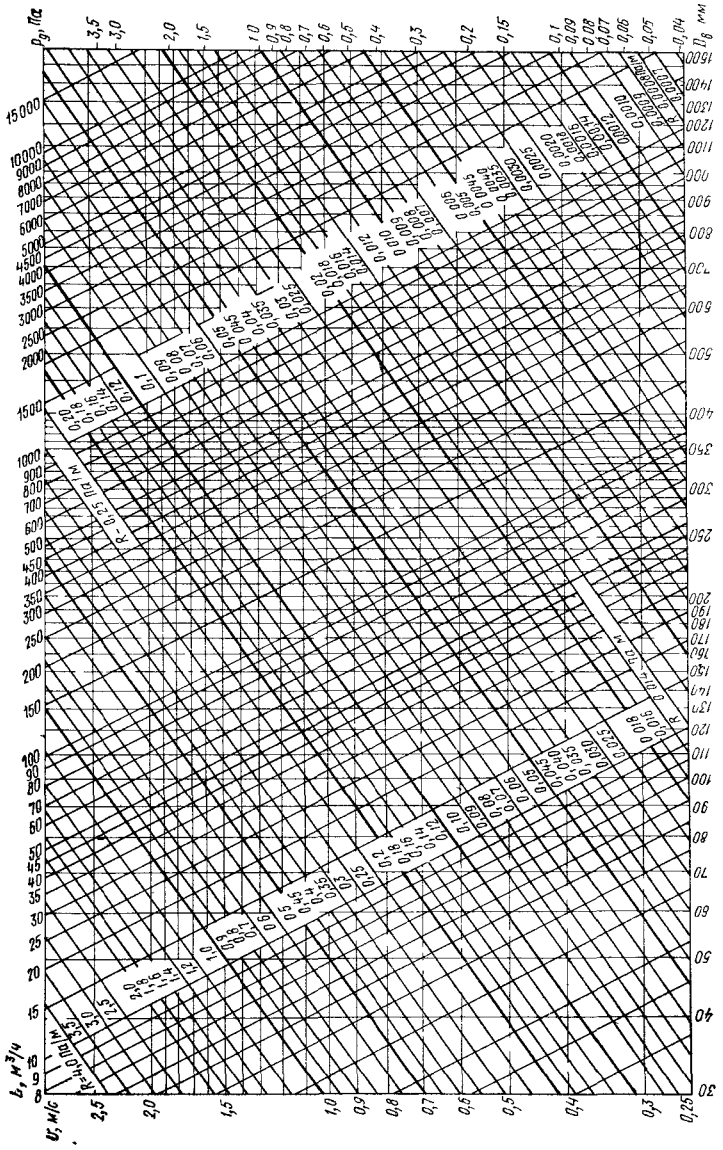


Рис. 6.3 Номограмма для определения потерь на трение в круглых воздуховодах ($k=0{,}1$ мм) при естественной вентиляции

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

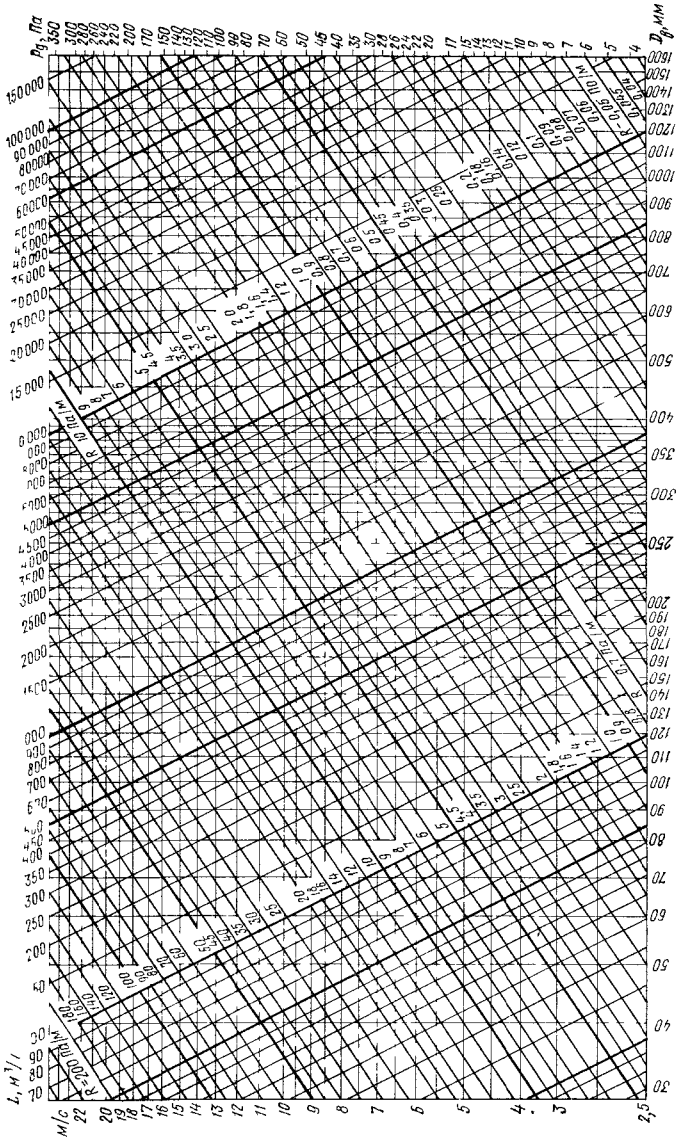


Рис. 6.4. Номограмма для определения потерь на трение в круглых воздуховодах (k=0,1 мм) при механическом побуждении

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

$$\Delta p = \Sigma (R \beta_{ш} l + Z)_{маг} + \Delta p_{обор}. \quad (6.6)$$

Для систем с механическим побуждением движения воздуха по значению общих потерь давления в системе определяется требуемое давление вентилятора. Результаты расчета заносятся в таблицу, представленную далее на бланке 7.

9. Увязку остальных участков (ответвлений) проводят, начиная с наиболее протяженных ответвлений. Методика увязки ответвлений аналогична расчету участков основного направления. При увязке ответвления известна потеря давления в нем, равная потерям давления в магистрали от общей точки до входа или выхода воздуха в атмосферу:

$$p_{расп.\ отв} = \Sigma (R \beta_{ш} l + Z)_{парал.\ уч.} \quad (6.7)$$

Размеры сечений ответвлений считаются подобранными, если относительная невязка потерь в параллельных участках не превышает 15%:

$$\frac{\Sigma (R \beta_{ш} l + Z)_{отв} - \Delta p_{расп.отв}}{p_{расп.отв}} 100 \leqslant 15\ \%.$$

Подбор вентиляционных устройств и вентилятора. Подбор жалюзийных решеток для притока и вытяжки воздуха из помещения проводится с учетом рекомендуемых скоростей движения воздуха в сечении жалюзийной решетки: 1—2 м/с — при механическом побуждении движения воздуха в вентиляционной системе; 0,5—1 м/с — при естественном. Стандартные размеры этих решеток приведены в Справочнике [22].

Неподвижные жалюзи на воздухозаборе приточных систем подбирают по допустимой скорости движения воздуха в живом сечении, составляющей 2—4 м/с. Стандартные размеры жалюзи приведены в Справочнике [22].

Сечение вытяжных шахт также подбирают по рекомендуемой скорости: 2—6 м/с — при механическом побуждении движения воздуха и 1,5—2 м/с — при естественном. Конструктивно вытяжные утепленные шахты обычно принимают квадратного сечения.

Приточные воздухозаборные шахты принимают обычно по конструктивным соображениям. Рекомендуемые скорости движения воздуха в воздухозаборных шахтах составляют 2—6 м/с.

Подбор вентиляторов производят по их характеристикам, приведенным в Справочнике [22]. Производительность вентилятора, м³/ч, (отложена по оси абсцисс) принимают по расчетному расходу воздуха для системы:

$$L_{вент} = k_{подс} Z_{сист}, \quad (6.8)$$

где $k_{подс}$ — коэффициент, учитывающий подсос и утечку воздуха из системы: для металлических, пластмассовых и асбестоцементных воздуховодов при $l_{маг} \leqslant 50$ м $k_{подс} = 1{,}1$, при $l_{маг} = 50$ м $k_{подс} = 1{,}15$; для воздуховодов из других материалов при $l_{маг} = 50$ м $k_{подс} = 1{,}15$.

Длину воздуховодов определяют по протяженности магистральных участков, проложенных вне обслуживаемого помещения.

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

Давление, создаваемое вентилятором, равно

$$p_{\text{вент}} = 1{,}1\ \Delta\ p_{\text{п}}, \qquad (6.9)$$

где 1,1 — коэффициент, учитывающий 10%-ный запас давления на неучтенные потери; $\Delta p_{\text{п}}$ — общие потери давления (полного) в системе (потери в сети и вентиляционном оборудовании)

Рабочий режим вентиляторов рекомендуется выбирать так, чтобы коэффициент полезного действия отличался не более чем на 10% от максимального.

Мощность, потребляемая на валу электродвигателя, определяется по формуле

$$N_{\text{э}} = L_{\text{вент}}\ p_{\text{вент ф}} / 3600\ \eta_{\text{в}}\ \eta_{\text{п}}, \qquad (6.10)$$

где $p_{\text{вент ф}}$ — фактическое давление, развиваемое вентилятором (по характеристике принятого вентилятора); $\eta_{\text{в}}$ и $\eta_{\text{п}}$ — КПД соответственно вентилятора и передачи.

КПД передачи равен 1 — при непосредственном присоединении колеса вентилятора к оси электродвигателя и 0,95 — при клиноременной передаче.

Установочная мощность электродвигателя с учетом необходимого запаса принимается по формуле

$$N_{\text{уст}} = k\ N_{\text{э}}, \qquad (6.11)$$

где k — коэффициент запаса, принимаемый по Справочнику [42].

Результаты подбора вентиляционного оборудования заносятся в таблицу, представленную на бланке 7.

Бланк 7

СВОДНАЯ ТАБЛИЦА ОСНОВНОГО ВЕНТИЛЯЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЗДАНИЯ

№ и индексы вентиляционных установок	Вентиляторы							Электродвигатели			
	тип и исполнение	серия	номер	диаметр шкива, мм	производительность, м³/ч	развиваемое давление, Па	число оборотов, об/мин	тип и исполнение	мощность, кВт	диаметр шкива, мм	число оборотов
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ПС-1											
ПС-2											
. . . . .											
ВС-1											
ВС-2											
. . . . .											

Продолжение

Калориферы				Фильтры			Примечание
тип и исполнение	число	способ присоединения по воздуху	способ присоединения по воде	тип или конструкция	число	расчетный перепад давления	
13	14	15	16	17	18	19	20

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

§21. СИСТЕМЫ ЕСТЕСТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

В этом параграфе рассмотрены способы аэродинамического расчета систем вытяжной вентиляции с естественным побуждением движения воздуха и аэрации производственных зданий.

Методика аэродинамического расчета систем вытяжной вентиляции аналогична рассмотренной методике расчета воздуховодов. Отличие состоит, во-первых, в малых значениях рекомендуемых скоростей движения воздуха, во-вторых, в заданном значении располагаемого давления.

В качестве расчетного или магистрального направления выбирают направление через наиболее удаленную ветвь системы, имеющую наименьшее располагаемое давление $p_{\text{расп}}$, Па:

$$p_{\text{расп}} = H_{min}\,\Delta\,\gamma, \qquad (6.12)$$

где $H_{\min}$ — расстояние по вертикали от центра вытяжной решетки на входе воздуха по расчетному направлению до верха вытяжной шахты; $\Delta\gamma$ — расчетная разность удельного веса воздуха снаружи и внутри помещения, Н/м³.

В качестве расчетной температуры наружного воздуха в аэродинамическом расчете вытяжных систем с естественным побуждением движения воздуха принято: $t_{\text{н}}=+5°\text{C}$ и $v_{\text{н}}=0$. Поэтому

$$\Delta\gamma = 9{,}81\left(\frac{353}{273+5}-\frac{353}{273+t_{\text{в}}}\right)=9{,}81\left(1{,}27-\frac{353}{273+t_{\text{в}}}\right). \qquad (6.13)$$

Величину запаса при определении потери давления в основном расчетном направлении принимают от 5 до 10%, т. е.

$$5\leqslant\frac{p_{\text{расп}}-(R\,\beta_{\text{ш}}\,l+Z)_{\text{сист}}}{p_{\text{расп}}}\,100\leqslant 10\ \%\ .$$

Увязку отдельных ответвлений с расчетной магистралью производят с учетом разницы располагаемого давления для ответвлений (при $H_{\min}\neq H_i$). Располагаемое давление для расчета ответвления равно

$$p_{\text{расп}\,i} = (H_i - H_{\min})\,\Delta\,\gamma + (R\,\beta_{\text{ш}}\,l + Z)_{\text{парал}}, \qquad (6.14)$$

где $(R\beta_{\text{ш}}l+Z)_{\text{парал}}$ — потеря давления на участках основной магистрали, параллельных с рассматриваемым ответвлением

На участках и в элементах систем с естественным движением воздуха рекомендуются следующие скорости движения воздуха: для вытяжных жалюзийных решеток 0,5—1,0 м/с, горизонтальных и вертикальных воздуховодов и каналов 1—1,5 м/с, вытяжных шахт 1,5—2,0 м/с.

По известному расходу воздуха на участке $L_{\text{уч}}$, м³/с, и рекомендуемой скорости движения воздуха $v_{\text{рек}}$ выбирают ориентировочную площадь сечения участка $f_{\text{уч}}=L_{\text{уч}}/v_{\text{ор}}$ и принимают размеры воздуховода.

Расчет систем с вертикальными каналами для многоэтажных зданий удобнее проводить по статическому давлению. При этом способе расчета вместо определения по весьма сложным и не-

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

надежным зависимостям потери полного давления в тройниках вычисляют величину изменения статического давления при слиянии потоков — $\Delta p_{ст}$ (по номограмме на рис. 6.5).

Как правило, расходы воздуха по отдельным ответвлениям таких систем одинаковы. Размеры сборного канала и каналов ответвлений не меняются по высоте здания (их подбирают заранее по рекомендуемым скоростям движения воздуха), поэтому цель расчета — определение дополнительных сопротивлений на входе в канал этажа по формуле:

$$\Delta p_{доп} = p_{р\,n} - [(R\,\beta_{ш}\,l)_n + (\Sigma\,\zeta + 1)_n]\; p_{д\,n} - p_{ст n}\,, \qquad (6.15)$$

где $p_{р\,n}$ — располагаемое давление в ответвлении n-го этажа, определяемое по формуле

$$p_{рn} = H_n\,\Delta\,\gamma; \qquad (6.16)$$

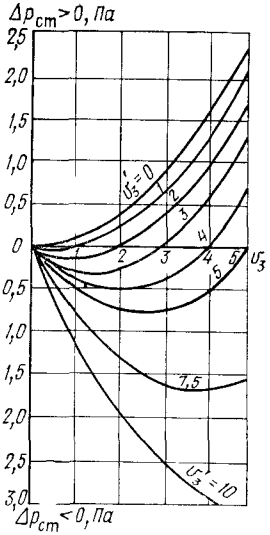


Рис. 6.5. Номограмма для определения $\Delta p_{ст}$

$(R\beta_{ш}l+\Sigma\zeta)_n$ — потеря давления в ответвлении n-го этажа [единица в формуле (6.15) в выражении, заключенном в скобках, обозначает переход к статическому давлению]; $p_{д\,n}$ — динамическое давление в ответвлении n-го этажа, вычисляемое по формуле

$$p_{дn} = (v_{2n}^2/2)\;\rho_в; \qquad (6.17)$$

$p_{ст\,n}$ — статическое давление в сборном канале в месте присоединения к нему ответвления с n-го этажа; определяется последовательным расчетом, начиная с верхнего этажа, по формуле

$$p_{ст\,n} = p_{ст\,n+1} + (R\,\beta_{ш}\,l + Z)_{к\,n+1} + \Delta\,p_{ст\,n}\,. \qquad (6.18)$$

Статическое избыточное давление в сборном канале в месте присоединения верхнего ответвления составляет:

при известном статическом давлении на срезе шахты

$$p_{ст\,N} = p_{ст.к} + \Delta\,p_{ст.к} + (R\,\beta_{ш}\,l)_{к\,N} + Z_{к\,N} + \Delta\,p_{ст\,N}\,; \qquad (6.19)$$

при известном полном давлении на срезе шахты

$$p_{ст\,N} = p_{п.к} + \Delta\,p_{ст.к} + (R\,\beta_{ш}\,l)_{к\,N} + Z_{к\,N} - p_{д\,N} + \Delta\,p_{ст\,N}\,, \qquad (6.20)$$

где $p_{ст\,к}$ — изменение статического давления в канале при изменении его поперечного сечения; $(R\beta_{ш}l)_{кN}$ — потеря давления в сборном канале от точки присоединения верхнего ответвления до верхнего среза; $Z_{кN}$ — потеря в местных сопротивлениях этой части сборного канала (внезапные расширения, сужения сечения, выход и пр.); $p_{дN}$ — динамическое давление в сборном канале (в месте слияния потоков); $\Delta p_{ст\,N}$ — изменение статического давления в N-м тройнике,

Величинами, необходимыми для определения изменения статического давления в тройнике, являются: v_{3n} — скорость воздуха в сборном канале выше тройника; v_{1n} — то же, до тройника; v_{2n} — скорость воздуха в ответвлении и $v_{3'n}$ — скорость воздуха, соответствующая минимуму потерь энергии в тройнике. Последнюю определяют по формуле:

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

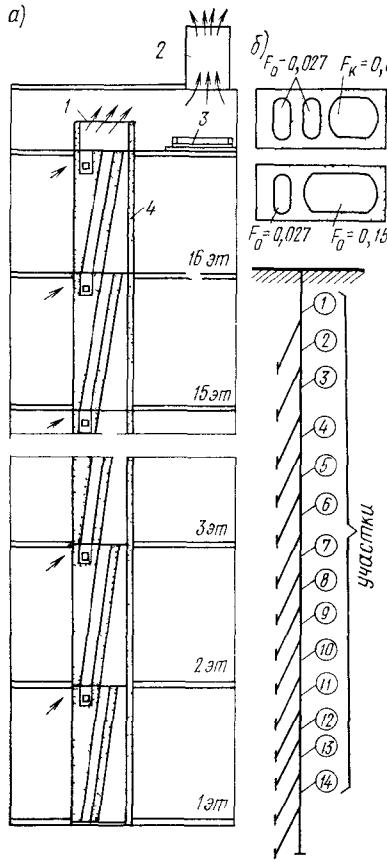


Рис 6 6. К примеру расчета вытяжиой системы вентиляции

а — схема установки вентиляционных блоков *1* — оголовок; *2* — шахта, *3* — поддон, *4* — вентиляционная панель, *б* — сечения вентиляционных блоков, *в* — расчетиая схема системы

$$v'_{3n} = (1 - 1/n)\ v_{1n} + (1/n)\ v_{2n} \cos \alpha_2$$

или

$$v'_{3n} = (n-1)^2\ L_э/(f_к n) + (L_э/f_{отв}\ n)\cos \alpha_2, \qquad (6.21)$$

где $f_к$, $f_{отв}$ — площади поперечиого сечеиия соответствеиио сбориого каиала и ответвления, м²; α_2 — угол между осями ответвления и сборного канала, град или рад.

Скорости в ветвях тройника n-го этажа составляют:

$$v_{1n} = L_{эт}\ (n-1)/f_к, \qquad (6.22)$$

$$v_{2n} = L_{эт}/f_{отв}; \qquad (6.23)$$

$$v_{3n} = L_{эт}\ n/f_к. \qquad (6.24)$$

Пример 6.1. Рассчитать вытяжиую систему естественной веитиляции кухонь 16-этажного жилого дома. Система собирается из веитиляциоиных блоков (рнс. 6 6). Ответвления присоединяются к сбориому каиалу через этаж. Площадь поперечного сечения ответвлений $f_{отв}$=0,027 м² Поперечное сечеиие канала переменное в пределах одиого этажа $f_{к\ вх}$=0,15 м²; $f_{к\ вых}$=0,097 м²; $f_{к\ ср}$=0,1235 м².Соотношеиие размеров сторон поперечного сечеиия ответвлеиия 1 2, канала от 1 2 — вход до 1 : 1 — выход (соотношения сторон учитывают при определении эквивалентного диаметра в расчете потерн давления на трение) Шероховатость стенок канала принимаем для бетона $k_ш$=2 мм

Ответвления с 15-го и 16-го этажей выведены на чердак. Место выхода на чердак сборного канала и ответвлеиий 15-го и 16-го этажей накрыто бетоииым оголовком, представляющим собой диффузор с размерами низа 0,26×0,8 м, верха 0,36×0,8 м и высотой 0,8 м

Утеплеиный чердак высотой 2 м снабжен стальиой вытяжиой шахтой площадью $f_ш$=2,64 м² (размеры сечеиия 1,33×2 м) без зоита и дефлектора (предусмотреи поддон) Расчетные расходы воздуха· в ответвлеиии с этажа—0,0167 м³/с; суммариый в шахте — 1,956 м³/с. Высота верха шахты иад уровием чердака соответствует 5 м, высота шахты — 3 м, высота этажа — 2,8 м; расстояиие от цеитра вытяжиой решетки до пола, расположеииого выше этажа, — 0,5 м.

Цель расчета — определение дополнительных сопротивлений на входе в ответвлеиия.

Р е ш е н и е: 1. Определим давление воздуха на срезе сбориого каиала (иа уровне пола чердака). Для этого примем давление воздуха иа уровие верха шахты за условиый нуль давления. Тогда потеря давления в шахте по формуле (6 1) составит

$$\Delta p_ш = R\ \beta_ш\ H_ш + Z_ш = 0{,}004\ 1{\cdot}3 + 0{,}49 = 0{,}5 \text{ Па}.$$

Здесь R — удельиая потеря давления на треиие, определяемая по иомограмме (см. рис. 6.3) при скорости движения воздуха в шахте $v_ш$=1,956/2,64=0,74 м/с

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

и эквивалентном диаметре шахты $d_{\text{ш}}=1{,}6$ м и равная 0,004; коэффициент $\beta_{\text{ш}}=1$ (шахта из стали); высота шахты $H_{\text{ш}}=3$ по условию; $Z_{\text{ш}}$ — потеря давления в местных сопротивлениях, определяемая по формуле (6.2) при $\Sigma\zeta=1{,}5$ (вход в шахту $\zeta_{\text{вх}}=0{,}5$ и выход $\zeta_{\text{вых}}=1{,}0$) и динамическом давлении воздуха в шахте $p_{\text{д.ш}}=v_{\text{ш}}^2\rho_{\text{ш}}/2=0{,}74^2\cdot 1{,}2/2=0{,}33$ Па и равная 0,49 Па.

Статическое избыточное давление воздуха на чердаке, следовательно, и на уровне верха оголовка (диффузора):

$$p_{\text{ст.ч}}=p_{\text{н}}+\Delta\, p_{\text{ш}}=0+0{,}5=0{,}5\ \text{Па}.$$

Полное избыточное давление на выходе воздуха из оголовка при $v_{\text{вых}}=0{,}0167\cdot 16/(0{,}36\cdot 0{,}8)=0{,}93$ м/с:

$$p_{\text{п.ч}}=p_{\text{ст.ч}}+p_{\text{д.вых}}=0{,}5+0{,}93^2\cdot 1{,}2/2=1{,}02\ \text{Па}.$$

Потеря давления в оголовке (диффузоре) без учета трения (очень мало) при отношении площадей сечений диффузора 1,4, $\alpha_{\text{диф}}\approx 30°$, средней скорости движения воздуха на входе в диффузор $v_{\text{вх.диф}}=0{,}0167\cdot 16/(0{,}26\cdot 0{,}8)=1{,}28$ м/с и коэффициенте местного сопротивления диффузора, равном 0,09:

$$\Delta\, p_{\text{диф}}=0{,}09\cdot 1{,}28^2\cdot 1{,}2/2=0{,}09\ \text{Па}.$$

Следовательно, полное избыточное давление на выходе из сборного каиала

$$p_{\text{п.к}}=p_{\text{п.ч}}+\Delta\, p_{\text{диф}}=1{,}02+0{,}09=1{,}11\ \text{Па}.$$

2. Статическое избыточное давление в сборном канале в месте присоединения верхнего (с 14-го этажа) ответвления по формуле (6.20):

$$p_{\text{ст}\,N}=1{,}11+2{,}03+0{,}51+0{,}87-1{,}46+(-2)=1{,}06\ \text{Па}.$$

Здесь $\Delta p_{\text{ст.к}}$ — измеиение статического давлеиия в канале вследствие изменения его сечения, равное изменению динамического давления, т. е.

$$\Delta\, p_{\text{ст.к}}=p_{\text{д.вых}}-p_{\text{д.вх}}=\left(\frac{0{,}0167\cdot 14}{0{,}097}\right)^2\frac{1{,}2}{2}-\left(\frac{0{,}0167\cdot 14}{0{,}15}\right)^2\frac{1{,}2}{2}=2{,}03\ \text{Па};$$

$(R\beta_{\text{ш}}l)_{\text{к}N}$ — потеря давления на трение в канале при его протяженности 2,8 м, при $R=0{,}13$ Па/м (по номограмме рис. 6.3 при $v_{\text{к.ср}}=1{,}9$ м/с, $d_{\text{ср}}=0{,}35$ м) и $\beta_{\text{ш}}\approx 1{,}4$ (по табл. 6.7), равная $(R\beta_{\text{ш}}l)_{\text{к}N}=0{,}13\cdot 1{,}4\cdot 2{,}8=0{,}51$ Па; $Z_{\text{к}N}$ — потеря давления на местные сопротивления в каиале при $\zeta=0{,}25$ (принято для внезапного расширения при падении скорости от $v_{\text{вых}}=2{,}41$ м/с до $v_{\text{вх}}=1{,}56$ м/с и отношении сечений $\sim 0{,}5$) и $p_{\text{д вых}}=(0{,}0167\cdot 14/0{,}097)^2\cdot 1{,}2/2=3{,}48$ Па, равная $Z_{\text{к}N}=0{,}25\cdot 3{,}48$ Па$=0{,}87$; $p_{\text{д}\,N}$ — динамическое давление в канале в месте слияния потоков, равное $p_{\text{д}\,N}=0{,}0167\cdot 14/0{,}15=1{,}46$ Па; $\Delta p_{\text{ст.}N}$ — изменение статического давления в N-м тройнике, определяемое по номограмме на рис. 6.5 при $v_{3N}=0{,}0167\cdot 0{,}15=1{,}56$ м/с и $v_3=(14-1)^2\cdot 0{,}0167/(0{,}097\cdot 14)+0{,}0167\cdot\cos 4°/(0{,}027\cdot 14)=2{,}13$ м/с [в соответствии с формулой (6.21)].

Располагаемое давление для ответвления N-го этажа по формуле (6.14): $p_{\text{р}N}=(5+2\cdot 2{,}8+0{,}5)0{,}64=7{,}1$ Па, где $\Delta\gamma=9{,}8[1{,}27-353/(273+20)]=0{,}64$ Н/м^3.

Остальные результаты расчета, полученные аналогично, сводим в табл. 6.10.

В табл. 6.10 вместо формулы (6.20) использована формула (6.19).

Одии из выводов, который можно сделать при анализе результатов примера, состоит в следующем: каналы типовой вентиляционной панели сделаны с большим запасом и требуют регулировки сопротивления на входе при наладке системы.

Организованную вентиляцию с естественным побуждением движения воздуха — аэрацию помещений следует проектировать, если это допустимо по условиям пребывания людей или технологическим условиям. Следует при этом учитывать требования по охране атмосферного воздуха от загрязнения выбросами через аэрационные фонари.

Известно несколько способов расчета аэрации производствен-

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ТАБЛИЦА 6.10. РАСЧЕТ К ПРИМЕРУ (СМ. РИС. 6.6)

№ участка	№ этажа	L_n, м³/с	$v_{эп}$, м/с	$R\beta_ш$, Па/м	$R\beta_ш l$, Па	$\Sigma\zeta$	Z_n, Па	$\Delta p_{ст.к}$, Па	v_{1n}, м/с	$v'_{эп}$, м/с	$\Delta p_{ст.п}$, Па	$p_{ст.п}$, Па	$p_{рп}$, Па	$\Delta p_{доп}$, Па
1	14	0,2338	1,56	0,18	0,51	0,25	0,87	2,03	2,24	2,13	—2	1,06	7,1	6,04
2	13	0,2170	1,45	0,14	0,39	—	—	1,75	2,07	2,12	—1,5	1,7	8,9	7,2
3	12	0,2004	1,34	0,13	0,36	—	—	1,5	1,89	1,96	—1	2,56	10,7	8,1
4	11	0,1837	1,22	0,12	0,34	—	—	1,25	1,72	1,79	—1	3,2	12,5	9,3
5	10	0,1670	1,11	0,1	0,27	—	—	1,04	1,55	1,63	—1	3,5	14,3	10,8
6	9	0,1503	1,002	0,09	0,25	—	—	0,84	1,38	1,47	—0,75	3,85	16,1	12,2
7	8	0,1336	0,891	0,06	0,17	—	—	0,67	1,21	1,32	—0,75	3,94	17,9	13,9
8	7	0,1169	0,78	0,05	0,14	—	—	0,51	1,03	1,15	—0,5	4,1	19,6	15,5
9	6	0,100	0,67	0,04	0,12	—	—	0,37	0,86	1,0	—0,5	4,1	21,4	17,3
10	5	0,0835	0,56	0,03	0,08	—	—	0,26	0,67	0,85	0	4,4	23,2	18,8
11	4	0,0668	0,45	0,02	0,05	—	—	0,15	0,52	0,72	0	4,6	25,0	20,4
12	3	0,0501	0,33	0,01	0,03	—	—	0,1	0,34	0,62	0	4,75	26,8	22,1
13	2	0,0334	0,22	0,007	0,02	—	—	0,04	0,17	0,58	0	4,8	28,6	23,8
14	1	0,0167	0,11	0,002	0,01	—	—	0,01	0	0,82	0	4,8	30,4	25,6

Электронная библиотека http://lgv.khstu.ru/

ных помещений. Способ, предложенный ЦНИИПромзданий, использует закономерности конвективно-лучистого теплообмена в помещении и основан на совместном решении уравнений теплового и воздушного балансов для двух характерных зон помещения. Он изложен в Справочнике [22]. Способ, предложенный ВНИИОТ, базируется на экспериментальных данных, полученных на моделях производственных зданий различной конфигурации и при различном расположении тепловыделяющего оборудования. При курсовом и дипломном проектировании можно использовать способ, изложенный в учебнике [3]. Для обычных условий все перечисленные способы расчета аэрации дают близкие результаты.

Цель расчета аэрации — определение площади открытых отверстий для организации притока и вытяжки (это прямая задача расчета). Рассмотрим последовательность расчета аэрации по способу, изложенному в работе [3]. Исходные данные для расчета аэрации: конфигурация и габаритные размеры здания, высота расположения открывающихся окон, фрамуг, фонарей, температура наружного воздуха, воздуха в рабочей зоне помещения, температурный коэффициент m, направление и скорость ветра; аэродинамические коэффициенты центров открывающихся окон, фрамуг и фонарей, соответствующие расчетному направлению ветра; расчетный воздухообмен общеобменной вентиляции (приток, вытяжка).

Расчет выполняют в такой последовательности.

1. Определяют температуру уходящего из помещения воздуха по формуле (4.43).

2. Находят среднюю по высоте температуру внутреннего воздуха (как среднюю арифметическую между температурой воздуха в рабочей зоне и уходящего).

3. Вычисляют удельный вес наружного, внутреннего и уходящего воздуха.

4. Определяют относительное влияние ветра на аэрационный воздухообмен, т. е. вычисляют относительное давление ветра по формуле (4.12). Выбирают вариант расчета: аэрация под действием только гравитационных сил (при $\overline{p_v}<0{,}5$); аэрация при совместном действии гравитационных и динамических сил (при $0{,}5<\overline{p_v}<10$) или аэрация при действии ветра (при $\overline{p_v}\geqslant 10$).

5. Определяют давление воздуха на уровнях центров открывающихся окон, фрамуг и фонарей (относительно условного нуля давления, см. § 11).

6. Задаются или рассчитывают величину внутреннего избыточного давления в помещении.

7. Вычисляют площади отверстий для аэрационного притока и вытяжки.

Пример расчета однопролетного здания приведен в учебнике [3, с. 304]. Там же (стр. 305) дан пример расчета трехпролетного здания (три смежных помещения с различной теплонапряженностью).

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

§22. ВЕНТИЛЯЦИОННЫЕ КАМЕРЫ

Вентиляционные камеры — это помещения для размещения вентиляционного оборудования: вентиляторов, калориферов, фильтров и т. д. Устройство простейшей приточной вентиляционной камеры показано на рис. 6.7.

Для жилых и общественных зданий оборудование приточных систем, систем кондиционирования воздуха и воздушного отопления должно быть размещено отдельно от вытяжных систем, в различных вентиляционных камерах, за исключением вытяжного оборудования приточно-рециркуляционных систем.

Для производственных зданий в зависимости от категорий взрыво- и пожароопасности производств в отдельных случаях разрешается установка вентиляционного оборудования вытяжных и приточных систем в общих помещениях, при этом следует руководствоваться указаниями СНиП.

Помещения для вентиляционного оборудования должны удовлетворять требованиям взрыво- и пожароопасности, предъявляемым к производственным помещениям и помещениям жилых и общественных зданий, которые они обслуживают.

Высоту помещений для вентиляционного оборудования следует принимать не менее чем на 0,8 м выше высоты оборудования, но не менее 1,9 м от пола до низа конструкций перекрытий в местах прохода обслуживающего персонала. Ширину прохода между выступающими частями оборудования, а также между оборудованием и стенами или колоннами следует предусматривать не менее 0,7 м.

Оборудование приточных вентиляционных систем устанавливают:

в подвалах зданий. Такой вариант установки наиболее распространен для гражданских и производственных многоэтажных зданий и позволяет избежать вибраций, возникающих при работе мощных вентиляторов. В одноэтажных производственных помещениях размещение вентиляционных камер в подвалах освобождает рабочую зону, но является наиболее дорогостоящим вариантом, так как связано с устройством глубоких подвалов, и применяется редко;

на уровне пола первого этажа в вентиляционных камерах. Такой вариант размещения наиболее удобен для производства монтажных работ, сокращает трассировку воздуховодов Однако при этом варианте камеры занимают производственную площадь;

на антресолях или стальных и железобетонных площадках внутри цеха (рис. 6.8). Это наиболее распространенный вариант размещения, при котором производственная площадь остается свободной, протяженность воздуховодов минимальна, а стоимость всех устройств невысока;

в отдельно стоящем энергокорпусе. Это идеальный вариант, если требуется отделить обслуживание вентиляционных установок

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

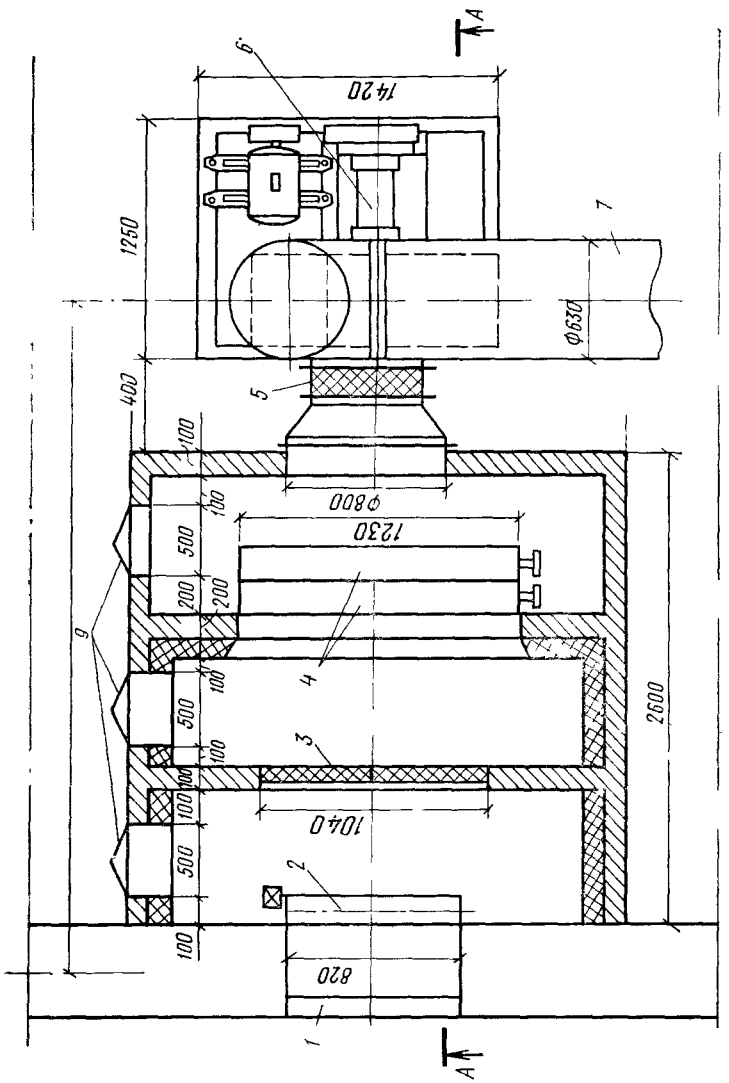
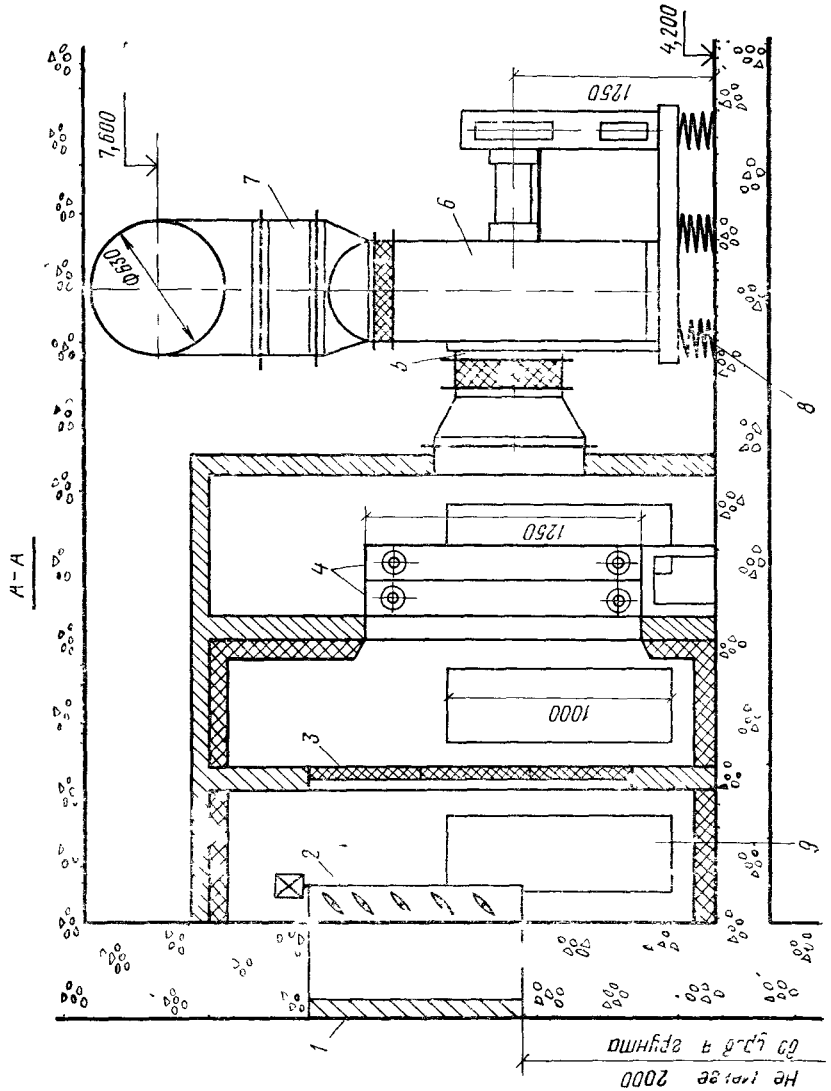


Рис. 6.7. Приточная вентиляционная камера в строительном исполнении

1 — воздухозаборная жалюзийная решетка; *2* — утепленный многостворчатый клапан; *3* — ячейковые фильтры; *4* — блок калориферов; *5* — гибкие вставки; *6* — вентиляторный агрегат; *7* — приточный воз духовод; *8* — пружинные амортизаторы; *9* — герметичные двери (см. стр. 146)

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/



Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

от технологических процессов в производственном корпусе или обеспечить полное отсутствие вибраций и колебаний от работы вентиляторов. Обычно в энергокорпусе совмещают несколько инженерных устройств: компрессорную, тепловой узел, холодильную станцию и т. д. Этот вариант является наиболее дорогим;

в блоках покрытий производственных корпусов или на крышах зданий. Этот вариант подходит для приточных установок небольшой и средней мощности.

Оборудование вытяжных вентиляционных систем монтируют:

на технических этажах многоэтажных производственных корпусов и общественных зданий (рис. 6.9). Такой вариант установки позволяет располагать вентиляторы между точками приема воздуха (этажи здания) и точками выброса его в атмосферу (крыша), а также упрощает эксплуатацию, поскольку оборудование расположено отдельно от обслуживаемых помещений;

на антресолях и площадках внутри цехов и на крышах зданий в отдельных выгороженных вентиляционных камерах. Наиболее удобный вариант для одноэтажных производственных корпусов;

на кронштейнах и опорах, расположенных на стенах или колоннах как внутри, так и снаружи зданий. Этот вариант допускает установку радиальных вентиляторов не свыше № 8. Установка вентилятора внутри корпуса создает повышенный уровень шума при его работе, снаружи — проблему защиты от атмосферных осадков и образования конденсата внутри воздуховодов и вентилятора;

на уровне пола первого этажа снаружи здания (рис. 6.10). Этот вариант допускается только для систем, перемещающих воздух с небольшой относительной влажностью (отсосы от теплового оборудования, печей, шкафов без выделения водяных паров и т. д.);

в подвалах зданий (рис. 6.11), когда технологическое оборудование снабжено местными отсосами с нижним забором воздуха (гальванические ванны, кольцевые отсосы и т. д.) и при наличии подвала под этим оборудованием;

на крышах производственных корпусов и общественных зданий при установке крышных вентиляторов для общеобменной вентиляции.

Во всех случаях горизонтальное расстояние от воздухозаборных решеток приточных систем вентиляции до выхлопных вентиляционных шахт должно быть максимально возможным, чтобы исключить попадание в воздухозаборные решетки загрязненного воздуха от вытяжных систем вентиляции. Воздухозаборные решетки устанавливают на высоте не менее 2 м от поверхности земли.

Вентиляционное оборудование, в котором предусмотрена обработка воздуха водой (форсуночные камеры, скрубберы, циклоны-промыватели, пылеуловители ПВМ и др.), должно устанавливаться в вентиляционных камерах с температурой внутреннего воздуха не ниже 5°С.

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

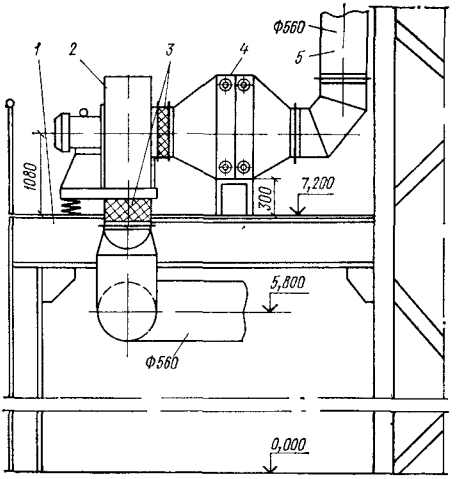


Рис. 6.8. Установка вентиляционного оборудования на площадке

1 — металлоконструкции площадки; *2* — вентиляторный агрегат, *3* — гибкие вставки, *4* — калориферный блок, *5* — воздухо воды

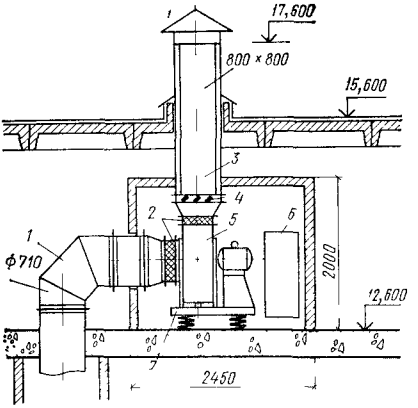


Рис. 6.9 Вытяжная вентиляционная камера на техническом этаже

1 — металлический воздуховод; *2* — гибкие вставки, *3* — выхлопная шахта с зонтом; *4* — утеплительный многостворчатый клапан, *5* — вентиляторный агрегат, *6* — входная дверь, *7* — муфта диаметром 25 мм для слива конденсата

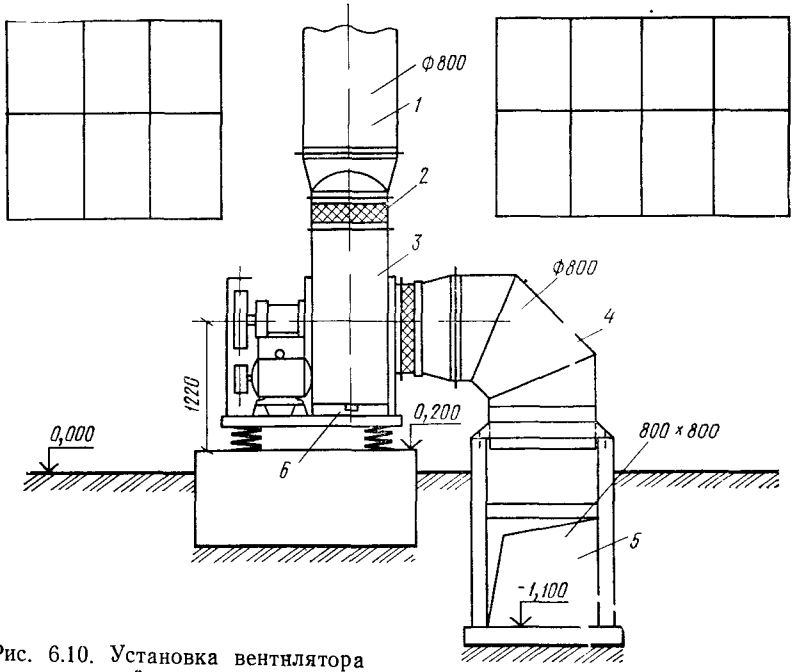


Рис. 6.10. Установка вентилятора с наружной стороны здания

1 — металлическая вытяжная шахта; *2* — гибкие вставки; *3* — вентиляционный агрегат, *4* — металлический воздуховод; *5* — подземный вентиляционный канал; *6* — муфта диаметром 25 мм для слива кондеисата

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

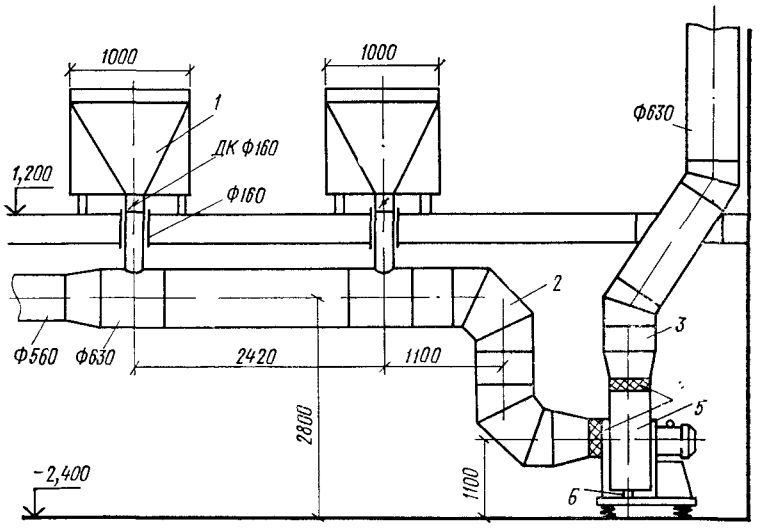


Рис. 6.11. Установка вытяжного вентилятора в подвале здания

1 — бортовой отсос от гальванической ванны; *2* — всасывающий участок вентиляционной сети; *3* — металлическая выхлопная шахта; *4* — гибкие вставки; *5* — вентиляторный агрегат; *6* — муфта диаметром 25 мм для слива конденсата

Вентиляторы приточных и вытяжных систем оборудуются на входе и выходе воздуха мягкими вставками из брезента или прорезиненной ткани и устанавливаются на виброизоляторах.

§23. ЗАЩИТА ОТ ШУМА

Допустимые уровни звукового давления и уровни звука на постоянных рабочих местах в общественных и производственных зданиях приведены в работе [21]. Методика расчета шумоглушения изложена в Справочнике [23] и СНиП [25 и 26].

В настоящем параграфе рассмотрен пример акустического расчета вентиляционной системы, выполненный в полном соответствии с требованиями СНиП II-12-77 [26].

Пример 6.2. Определить шум в рабочей зоне обслуживаемого помещения, создаваемый при работе вентиляционной установки, выявить необходимость снижения уровня шума, определить требуемое заглушение и подобрать глушитель. Исходные данные: воздух в количестве 700 м³/ч подается от вентиляционной установки через три жалюзийные решетки размером 200×200 мм в рабочее помещение с площадью пола 5×10=50 м² и высотой до потолка 3,5 м (рис. 6.12). Воздух из помещения удаляется через три решетки таких же размеров. Решетки имеют относительное свободное сечение 0,75 и расположены выше рабочей зоны. Рабочее помещение — класс в школе. Расстояние между расчетной точкой и ближайшей приточной решеткой $r=2{,}5$ м.

В приточной установке используется вентилятор типа Ц14-46 № 6,3: $Q=12\,000$ м³/ч; $p=1600$ Па; $n=970$ об/мин; $\eta=0{,}7$; размеры патрубка на стороне нагнетания 441×441 мм. Скорости движения воздуха в сети воздуховодов не

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

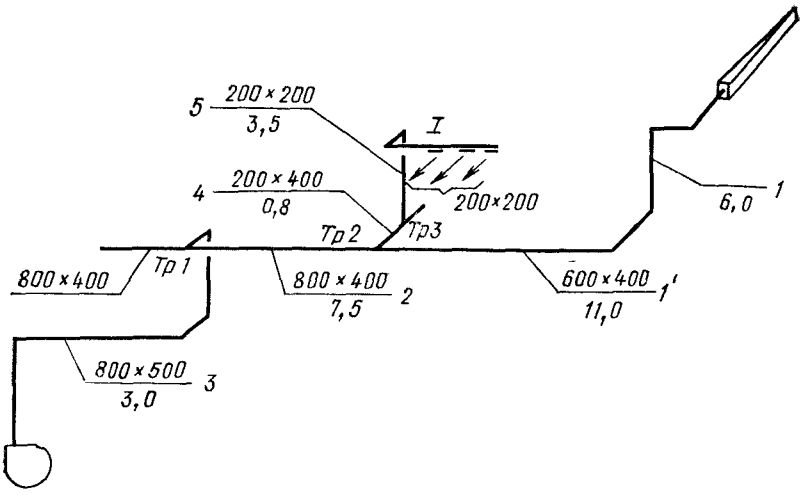


Рис. 6.12. Схема воздуховодов приточной системы

превышают рекомендуемых для предупреждения шумообразования, поэтому в расчете следует учитывать только шум, создаваемый вентилятором и генерируемый решетками. Объемный расход воздуха через одну решетку — 235 м³/ч. Расчет следует вести в соответствии со СНиП II-12-77, в качестве справочного материала использовать Справочник проектировщика [23].

Расчет ведется через ближайшую к вентилятору жалюзийную решетку *I*.

Шум в помещении не должен превышать значений, приведенных в СНиП II-12-77. Расчет представляем в виде табл. 6.11.

Приведены некоторые пояснения к табл. 6.11:

Пп 7—9. Октавный уровень звуковой мощности вентилятора:

$$L_{\text{р}} = L_{\text{р.общ}} - \Delta L_1 + \Delta L_2,$$

где

$$L_{\text{р.общ}} = \tilde{L} + 25 \lg H + 10 \lg Q + \delta = 47 + 25 \lg 160 + 10 \lg (12\,000/3600) + 2 = 104 \text{ дБ}$$

(здесь $\tilde{L}$ — критерий шумности вентилятора Ц14-46 на стороне нагнетания по табл. 17, $\delta = 2$);

П 13 Снижение шума в разветвлениях (тройниках):

а) тройник *1*:

$$m_{\text{п}} = \frac{0{,}5 \cdot 0{,}8}{(0{,}4 \cdot 0{,}8 \cdot 2)} = 0{,}625; \quad \Delta L_{\text{р}} = 10 \lg \frac{0{,}64}{0{,}32} \quad \frac{(0{,}625 + 1)^2}{4 \cdot 0{,}625} = 3{,}2.$$

К полученному значению $\Delta L_{\text{р}}$ прибавляется $\Delta L_{\text{р}}$ поворота на 90° по п. 10;

б) тройник *2*:

$$m_{\text{п}} = \frac{0{,}4 \cdot 0{,}8}{0{,}4 \cdot 0{,}6 + 0{,}4 \cdot 0{,}2} = 1; \quad \Delta L_{\text{р}} = 10 \lg \frac{0{,}32}{0{,}08} \quad \frac{(1{,}0 + 1)^2}{4 \cdot 1} = 6.$$

К полученному значению $\Delta L_{\text{р}}$ прибавляется $\Delta L_{\text{р}}$ поворота на 90° по п 12;

в) тройник *3*:

$$m_{\text{п}} = \frac{0{,}4 \cdot 0{,}2}{0{,}4 \cdot 0{,}2 + 0{,}2 \cdot 0{,}2} = 0{,}67; \quad \Delta L_{\text{р}} = 10 \lg \frac{0{,}12}{0{,}04} \quad \frac{(0{,}67 + 1)^2}{4 \cdot 0{,}67} = 5{,}0.$$

К полученную значению $\Delta L_{\text{р}}$ прибавляется $\Delta L_{\text{р}}$ поворота на 90° по п 12.

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ТАБЛИЦА 6.11. АКУСТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

№ пп.	Параметры	Ссылка на СНиП 11-12-77	Значения параметров при среднегеометрической частоте октавной полосы, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	Нормативные уровни звукового давления $\overline{L}_н$, дБ	Табл. 1, п.6	63	52	45	39	35	32	30	28
2	Поправка $\Delta_п$, дБ	Табл. 1, примеч. 1	—5	—5	—5	—5	—5	—5	—5	—5
3	Допустимые уровни звукового давления $\overline{L}_{доп} = \overline{L}_н = +\Delta_п$, дБ	—	58	47	40	34	30	27	25	23
4	Частотный множитель μ	Табл. 4	0,8	0,75	0,7	0,8	1,0	1,4	1,8	2,5
5	Постоянная помещения, м^2, на среднегеометрической частоте 1000 Гц	Табл. 3, п.2	—	—	—	—	17,5	—	—	—
6	Постоянная помещения, м^2, в октавных полосах частот	Ф-ла (4)	14,0	13,1	12,2	14,0	17,5	24,5	31,5	43,8
7	Поправка ΔL_1, дБ, при 1450 об/мин	Табл. 18, примеч. 2	7	5	6	9	16	21	26	31
8	Поправка ΔL_2, дБ	Табл. 19	12	6	2	0	0	0	0	0
9	Октавный уровень звуковой мощности вентилятора $L_р$, дБ	Ф-ла (57)	109	105	100	95	88	83	78	73
10	Снижение шума, дБ, в повороте на 90° при его ширине 800 мм (один поворот)	Табл. 21	0,8	3,4	6,2	5,8	3,8	3	3	3
11	То же, при ширине 500 мм (три поворота)	То же	0	3	15	21	9	9	9	9
12	То же, при ширине 200 мм (два поворота)	»	0	0	1,2	6,2	12,4	11,6	7,6	6
13	Снижение шума, дБ, в разветвлениях	П. 8. 21	15	17,6	21,6	26,3	30,4	28,8	24,8	25,2
14	Снижение уровней звуковой мощности, дБ, в прямых участках воздуховодов:									
	участок *3* ($D_г$=615 мм, l=3 м)	Табл. 20	1,8	1,8	0,9	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	участок *2* ($D_г$=543 мм, l=7,5 м)		4,5	4,5	2,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
15	Снижение уровней звуковой мощности, дБ, в результате отражения от решетки сечением 200×200 мм	Табл. 24	14	10	6	2	0	0	0	0

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

Продолжение табл. 6.11.

№ пп.	Параметры	Ссылка на СНиП 11-12-77	Значения параметров при среднегеометрической частоте октавной полосы, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
16	Суммарное снижение уровня звуковой мощности, дБ	Сумма пп. 10—15	36,1	40,3	53,1	62,9	63,2	54,2	46,0	44,8
17	Уровни звуковой мощности шума, дБ, излучаемого из решетки	Разность пп. 9 и 16	72,9	64,7	46,9	32,8	24,8	29,6	32,0	28,2
18	Снижение уровня шума, дБ, в помещении (от решетки до расчетной точки)	Ф-ла (59)	—4,8	—4,6	—4,3	—5,0	—6,0	—7,7	—8,7	—9,7
19	Уровни звукового давления, дБ, в расчетной точке	Сумма пп. 17 и 18	68,1	60,1	42,3	27,8	18,8	21,9	23,3	18,5
20	Величина 10lgm, дБ, ($m=2$, одна приточная система и одна вытяжная)	Ф-ла (14)	3	3	3	3	3	3	3	3
21	Требуемое снижение уровня звукового давления $\Delta\bar{L}_{тр}$, дБ	Сумма пп. 19 и 20 минус п. 3	13,1	16,1	5,3	—	—	—	1,3	—
22	Эффективность выбранного глушителя	Табл. 3, п. 1	15	38	53	63	75	75	75	61

Расчет общего снижения шума в разветвлениях сведен в табл. 6.12.

ТАБЛИЦА 6.12. УРОВЕНЬ СНИЖЕНИЯ ШУМА В ОТВЕТВЛЕНИЯХ

Тройник	Уровень снижения шума, дБ, при средней геометрической частоте октавных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	4,0	6,6	9,4	9,0	7,0	6,2	6,2	6,2
2	6,0	6,0	6,6	9,2	12,2	11,8	9,8	9,0
3	5,0	5,0	5,6	8,1	11,2	10,8	8,8	8,0
Всего	15,0	17,6	21,6	26,3	30,4	28,8	24,8	24,2

П. 18. Три приточные решетки, устаиовлеиные в помещении рядом (одиа около другой), рассматриваем как одиу решетку:

$$L = L_p - \Delta L_{p\ сетн} + 10 \lg (\Phi \chi/S + 4\psi/B),$$

где Φ — фактор направленности $\theta=45°$ (см. кривую *г* на рис. 18 СНиП, решетки под потолком), значение которого приведеио в табл. 6.13; χ — коэффициент, учитывающий влияние ближнего акустического поля ($r=2{,}5$ м и $l_{max}=0{,}2$); S — площадь воображаемой поверхиости, окружающей источиик; в нашем случае источиик — решетка иаходится под потолком $S=\pi r^2=3{,}14\cdot 2{,}5^2=19{,}6$ м^2; ψ — ко-

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

эффициент нарушения диффузности звукового поля (рис. 3 СНиП); B — постоянная помещения по п 6

ТАБЛИЦА 6 13 ЗНАЧЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ

Параметр	Значение параметров при средней геометрической частоте октавных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$f\sqrt{F_р}=f\cdot 0{,}2$	12,5	25	50	100	200	400	800	1600
Φ	1	0,9	0,8	0,7	0,65	0,6	0,5	0,5

Производим проверку отсутствия генерирования шума в решетках. Фактическая скорость воздуха в жалюзийной решетке:

$$v = 235/3600\cdot 0{,}2\cdot 0{,}2\cdot 0{,}75 = 2{,}1 \text{ м/с}.$$

Допустимая скорость выхода воздуха из жалюзийных решеток по СНиП II-33-75 не должна превышать 3 м/с.

Выбираем пластинчатый глушитель с пластинами из супертонкого волокна. Длина пластин глушителя $L=3$ м принята по среднегеометрической частоте 63 Гц.

Скорость движения воздуха в глушителе $v_{доп}=5$ м/с принимается по табл. 26 СНиП II-12-77 при $L_{Аэкв}=40-5=35$ дБА (табл. 1, примеч. 1).

Площадь свободного сечения глушителя $S_{св}=12\,000/(3600\cdot 5)=0{,}665$ м^2

Компонуем глушитель по высоте из пластин 1000 мм+500 мм. Высота глушителя — 1500 мм. Число просветов между пластинами $n=S_{св}/H_г h=0{,}665/(1{,}5\times 0{,}05)=8{,}9$. Принимаем $n=9$.

Фактическая скорость воздуха в глушителе:

$$v_{гл} = 12\,000/(3600\cdot 1{,}5\cdot 0{,}05) = 4{,}9 \text{ м/с}.$$

Глушитель будет состоять из восьми средних пластин толщиной по 100 мм и двух крайних толщиной по 50 мм. Внутренние габариты глушителя: ширина $8\cdot 0{,}1+2\cdot 0{,}05+8\cdot 0{,}05=1{,}35$ м, высота 1,5 м и длина 3,0 м.

Гидравлическое сопротивление глушителя:

$$\Delta p_{гл} = 10\ (\zeta + \lambda\ l/D_г)\ v^2\ \gamma/2g; \quad \zeta = 0{,}6; \quad \lambda = 0{,}045;$$

$$D_г = 2\cdot 0{,}05\cdot 1{,}5/(0{,}05+1{,}5) = 0{,}0975 \text{ м} \approx 0{,}1 \text{ м};$$

$$\Delta p_{гл} = 10\ [0{,}6 + 0{,}045\ (3/0{,}1)]\ (4{,}9^2/19{,}6)\ 1{,}2 = 31 \text{ Па}.$$

Глава 7. Противопожарные требования при проектировании систем отопления и вентиляции

§24. КАТЕГОРИЯ ПРОИЗВОДСТВА

По взрывопожарной опасности производства делят на шесть категорий — А, Б, В, Г, Д и Е. Категорию производства устанавливают в зависимости от характеристики веществ и материалов, имеющихся в производстве.

Категория производства А — взрывопожароопасная. К ней относятся производства, в которых в качестве веществ и материалов имеются: горючие газы с нижним концентрационным пределом

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

взрываемости (воспламенения) 10% и менее объема воздуха, жидкости с температурой вспышки до 28°С включительно, если из указанных газов и жидкостей могут образовываться взрывоопасные смеси в объеме, превышающем 5% объема воздуха в помещении; вещества, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или одно с другим.

Категория производства Б — взрывопожароопасная. К ней относятся производства, в которых в качестве веществ и материалов имеются: горючие газы с нижним концентрационным пределом взрываемости более 10% объема воздуха, жидкости с температурой вспышки выше 28°С (до 61°С включительно), жидкости, нагретые в условиях производства до температуры вспышки и выше, горючие пыли или волокна с нижним пределом взрываемости 65 г/м³ и менее, если из указанных газов, жидкостей и пылей могут образовываться взрывоопасные смеси в объеме, превышающем 5% объема воздуха в помещении.

Категория производства В — пожароопасная. К ней относятся производства, в которых в качестве веществ и материалов имеются: жидкости с температурой вспышки выше 61°С, горючие пыли или волокна с нижним пределом взрываемости более 65 г/м³, твердые сгораемые вещества и материалы, вещества, способные при взаимодействии с водой, воздухом или одного с другим только гореть.

Категория производства Г. К ней относятся производства, в которых в качестве веществ и материалов имеются: несгораемые вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени; твердые вещества, жидкости и газы, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива.

Категория производства Д. К ней относятся производства, в которых имеются несгораемые вещества и материалы в холодном состоянии.

Категория производства Е — взрывоопасная. К ней относятся производства, в которых в качестве веществ и материалов имеются: горючие газы, не имеющие жидкой фазы, и взрывоопасные пыли в таком количестве, при котором из них могут образоваться взрывоопасные смеси в объеме, превышающем 5% объема воздуха в помещении, в котором по условиям технологического процесса возможен только взрыв (без последующего горения); вещества, способные взрываться (без последующего горения) при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или одно с другим.

§25. ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ ПОЖАРО- И ВЗРЫВООПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Требования, предъявляемые к системам отопления и вентиляции взрывопожароопасных, пожароопасных и взрывоопасных по-

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

мещений приводятся в СНиП [25]. Ниже излагаются лишь основные положения основных требований.

При проектировании систем отопления для помещений с категориями производств А, Б, В и Е необходимо учитывать следующее:

температура теплоносителя в системах отопления с местными нагревательными приборами не должна превышать 80% значения температуры самовоспламенения газов, паров или пыли, если возможно их соприкосновение с горячими поверхностями оборудования и трубопроводов систем отопления;

местные нагревательные приборы систем отопления должны иметь гладкую поверхность, допускающую легкую очистку; их не следует размещать в нишах;

местные нагревательные приборы с температурой теплоносителя более 130°С должны иметь ограждения экранами.

Основные рекомендации, которые следует учитывать при проектировании систем вентиляции и кондиционирования воздуха помещений с категориями производств А, Б, В и Е, приведены ниже.

Системы вентиляции, кондиционирования воздуха и воздушного отопления следует проектировать отдельно для каждой группы помещений, выделенных глухими стенами из несгораемых материалов и, кроме того, отдельно для каждого этажа. В некоторых случаях допускается проектировать общие системы для групп смежных (в пределах этажа) помещений.

Системы общеобменной вытяжки из зон вокруг взрывоопасного оборудования (зоны с производствами категорий А, Б или Е), размещаемого в помещениях с производствами категорий В, Г и Д, следует проектировать отдельно от общеобменных систем вытяжной вентиляции этих помещений.

Для приямков глубиной более 0,5 м, расположенных в помещениях или на участках с производствами категорий А, Б или Е, в которых обращаются горючие газы или пары тяжелее воздуха или легковоспламеняющиеся или горючие жидкости, следует предусматривать приточную вентиляцию с механическим побуждением.

В помещениях с производствами категорий А, Б и Е и в помещениях, где выделяются вредные газы и пары 1, 2 и 3-го классов опасности, при примыкании к ним помещений с другими категориями производства и вспомогательных помещений необходимо предусматривать системы приточной вентиляции с механическим побуждением производительностью на 5% меньше производительности систем вытяжной вентиляции.

Выбросы в атмосферу воздуха, удаляемого системами вытяжной общеобменной вентиляции из помещений с производствами категорий А, Б и Е, следует предусматривать на высоте не менее 1 м над высшей точкой кровли зданий.

Шахты и трубы для выброса в атмосферу воздуха системами

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

местных отсосов от оборудования и воздуха общеобменной вытяжной вентиляции, содержащего взрывоопасные, неприятно пахнущие или вредные вещества, а также большое количество влаги, следует, как правило, проектировать, предусматривая беспрепятственный выброс воздуха вертикально вверх.

При выделении в помещениях газов и паров, которые могут образовывать с воздухом взрывоопасные смеси, количество приточного воздуха, подаваемого в помещение, должно обеспечивать концентрацию этих газов и паров не более 5% нижнего предела взрываемости.

В помещениях с производствами категорий А, Б и Е применение рециркуляции воздуха в системах вентиляции, воздушного отопления и кондиционирования воздуха не допускается как в рабочее, так и в нерабочее время.

В тамбуры-шлюзы, имеющие более двух дверей, на каждую дверь необходимо подавать дополнительно 250 м³/ч приточного воздуха. Подачу воздуха в один или группу тамбуров-шлюзов следует предусматривать отдельной системой, имеющей резервный вентилятор. Допускается предусматривать подачу воздуха от этой отдельной системы в тамбуры-шлюзы помещений разных категорий взрывной и взрывопожарной опасности.

Для удаления пожароопасных и взрывоопасных веществ от мест их образования и выделения следует проектировать системы местных отсосов.

При выделениях в помещении газов и паров, которые могут образовывать взрывоопасные смеси и имеют при температуре поступления в помещение плотность больше, чем плотность воздуха в рабочей зоне, а также при отсутствии устойчивых воздушно-тепловых потоков во все периоды года воздух из помещения следует удалять:

а) из нижней зоны — $^2/_3$ количества воздуха, рассчитанного на ассимиляцию газов и паров, включая количество воздуха, удаляемого через местные отсосы на уровне до 2 м от пола, и количество воздуха общеобменной вытяжной вентиляции, удаляемого через проемы, расположенные на уровне 0,3 м от пола;

б) из верхней зоны — $^1/_3$ общего количества удаляемого воздуха, но не менее однократного воздухообмена в 1 ч под перекрытием помещения; место удаления воздуха — не ниже 0,4 м от перекрытия.

В помещениях, где выделяются газы и пары, которые могут образовывать взрывоопасные смеси, имеющие при температуре поступления в помещение плотность меньше, чем плотность воздуха в рабочей зоне, а также при большей плотности, чем плотность воздуха в рабочей зоне, если выделение их сопровождается устойчивыми воздушно-тепловыми потоками во все периоды года, воздух из помещения следует удалять:

а) из верхней зоны — $^2/_3$ количества воздуха, включая количество воздуха, удаляемого системами местных отсосов и обще-

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

обменной вытяжной вентиляции и рассчитанного на ассимиляцию газов и паров, но не менее однократного воздухообмена в 1 ч под перекрытием помещения на высоте не ниже 0,4 м от него;

б) из нижней зоны — $^1/_3$ общего количества воздуха, включая воздух, удаляемый через местные отсосы и через общеобменную систему вентиляции с проемами для удаления воздуха на уровне 0,3 м от пола.

Для систем местных отсосов, удаляющих взрывоопасные вещества, следует проектировать блокирование электродвигателей вентиляторов и клапанов в вытяжных шахтах с пусковыми устройствами технологического оборудования.

Системы вытяжной общеобменной вентиляции, предназначенные для удаления взрывоопасных газов и паров из помещений с производствами категорий А, В и Е, должны быть с механическим побуждением.

Для систем местных отсосов, удаляющих взрывоопасные вещества, и систем общеобменной вытяжной вентиляции, предназначенных для обеспечения 5% нижнего предела взрываемости, следует проектировать резервный вентилятор.

Вентиляционное оборудование, фильтры, клапаны и другое вспомогательное оборудование систем вытяжной общеобменной вентиляции и систем местных отсосов для помещений с производствами категорий А, Б и Е, а также оборудование систем местных отсосов взрывоопасных веществ, размещенное в помещениях с производствами других категорий опасности, необходимо предусматривать во взрывоопасном исполнении.

Вентиляционное оборудование, клапаны, фильтры и другое вспомогательное оборудование приточных систем вентиляции и воздушного отопления для помещений с производствами категорий А, Б и Е, размещенное в изолированных помещениях, допускается предусматривать в обычном исполнении при условии установки самозакрывающихся обратных клапанов на участках за вентиляторами в месте выхода воздуховодов за пределы помещения, где размещено указанное оборудование.

Сетевое оборудование (клапаны, задвижки и т. п.) приточных систем, расположенное в помещениях с производствами категорий А, Б и Е, следует предусматривать во взрывобезопасном исполнении.

Электродвигатели для вентиляторов, размещаемых непосредственно в помещениях с производствами категорий А, Б и Е, надлежит соединять с вентиляторами на общей оси. Электродвигатели систем, обслуживающих такие помещения, но размещенных в помещениях для вентиляционного оборудования, можно соединять с вентиляторами на клиновых ремнях. Для вытяжных установок следует принимать не менее четырех клиновых ремней.

Электродвигатели в нормальном исполнении допускается применять для вытяжных вентиляторов, обслуживающих помещения

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

с производствами категорий А, Б и Е при условии размещения электродвигателей в специальном помещении, отделенном глухой стеной из несгораемых материалов от помещения для вентиляторов.

Вентиляционное оборудование приточных и вытяжных систем вентиляции, предназначенное для обслуживания помещений с производствами категорий А, Б и Е, следует размещать в изолированных помещениях, на технических этажах, в технических подвалах или снаружи. Оборудование, предназначенное для помещений с производствами категории В, должно размещаться внутри изолированных помещений или снаружи в тех случаях, когда производительность одной установки превышает 40 тыс. $м^3/ч$.

Оборудование приточных и вытяжных вентиляционных систем, предназначенное для обслуживания помещений с производствами категорий А, Б и Е, а также оборудование систем местных отсосов, удаляющих взрывоопасные вещества, не следует размещать в помещениях подвальных этажей

Оборудование для воздушных и воздушно-тепловых завес допускается размещать вблизи наружных ворот, дверей и проемов в помещениях всех категорий по взрывопожарной, пожарной и взрывной опасности. В помещениях с производствами категорий А, Б и Е вентиляторы воздушных или воздушно-тепловых завес должны предусматриваться во взрывобезопасном исполнении с соответствующими электродвигателями.

Мокрые пылеуловители или мокрые фильтры для очистки от пыли воздуха, удаляемого из помещений с производствами категорий А, Б и Е, а также воздуха, удаляемого системами местных отсосов взрывоопасных веществ, следует размещать внутри производственных помещений. Допускается размещать эти пылеуловители и фильтры внутри помещений для вентиляционного оборудования.

Сухие пылеуловители и сухие фильтры для очистки воздуха от взрывоопасной пыли надлежит размещать вне пределов здания. Такие пылеуловители и фильтры, очищающие воздух от взрывоопасной пыли в системах местных отсосов, должны устанавливаться перед вентиляторами.

Сухие пылеуловители и сухие фильтры для очистки воздуха от горючих («невзрывоопасных») пылей, волокон и отходов, нижний предел взрываемости которых более 65 $г/м^3$, при расположении внутри зданий следует устанавливать совместно с вытяжными вентиляторами пылеуловителей или фильтров в отдельных помещениях от другого вентиляционного оборудования. Допускаются и иные варианты установки.

При размещении сухих пылеуловителей и фильтров для улавливания взрывоопасных пылей снаружи зданий и сооружений их надлежит располагать на расстоянии не менее 10 м от стен открыто или в отдельных зданиях.

Сухие пылеуловители и фильтры при улавливании горючих, но

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

не взрывоопасных пылей могут размещаться снаружи здания I и II степени огнестойкости, если по всей высоте зданий и на расстоянии не менее 2 м по горизонтали от габарита пылеуловителя нет оконных проемов или имеются неоткрываемые окна с двойными металлическими рамами.

Оборудование систем приточной вентиляции, кондиционирования воздуха и воздушного отопления производственных зданий, работающих без рециркуляции воздуха, допускается размещать в одном общем помещении.

Вентиляционное оборудование систем для помещений с производствами категорий Г и Д допускается размещать вместе с оборудованием для вспомогательных помещений.

Для помещений с производствами категорий А, Б, В и Е вместе с оборудованием систем допускается размещать оборудование систем для комнат отдыха или обогрева работающих и контор мастеров, расположенных на производственной площади.

Если расположенная в общем помещении часть оборудования систем предназначена для помещений с производствами категорий А, Б или Е или помещений, в которых выделяются вредные вещества 1-го или 2-го класса опасности, то на всех приточных воздуховодах при выходе их из помещений вентиляционного оборудования следует предусматривать установку самозакрывающихся обратных клапанов.

Оборудование систем приточной вентиляции, кондиционирования воздуха и воздушного отопления, работающих с рециркуляцией воздуха, следует размещать:

в отдельных помещениях, если оно предназначено для помещений с производствами категории В;

в общих помещениях, если оно предназначено для помещений с производствами категорий Г и Д или предназначено для помещений с производствами категории Д и вспомогательных зданий и помещений.

Оборудование с устройствами для рециркуляции воздуха не допускается размещать в общем помещении с вентиляционным оборудованием, предназначенным для помещений с производствами категорий А, Б и Е или для помещений, в которых выделяются вредные вещества 1, 2 и 3-го классов опасности.

Оборудование систем приточной вентиляции, кондиционирования воздуха и воздушного отопления для помещений с производствами категорий А, Б и Е или для помещений, в которых выделяются вредные вещества 1, 2 и 3-го классов опасности, не допускается устанавливать в общем помещении с оборудованием вытяжных систем.

Оборудование систем приточной вентиляции, кондиционирования воздуха и воздушного отопления допускается размещать в одном помещении с оборудованием вытяжной общеобменной вентиляции для помещений с производствами:

а) только категории В;

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

б) категорий Г и Д;

в) категории Д и вспомогательных зданий и помещений (кроме уборных, курительных и подобных помещений).

Оборудование систем вытяжной вентиляции помещений с производствами категорий А, Б и Е и систем местных отсосов взрывоопасных или горючих веществ допускается размещать вместе в одном общем помещении для вентиляционного оборудования.

Оборудование систем местных отсосов взрывоопасных или горючих веществ следует размещать в отдельных помещениях, если в воздуховодах или в оборудовании возможно образование отложений.

Вентиляционное оборудование систем общеобменной вытяжной вентиляции и систем местных отсосов допускается размещать в одном помещении для помещений с производствами:

а) категорий Г и Д;

б) категории Д и вспомогательных помещений;

в) категорий В и Д.

Воздуховоды систем приточной, общеобменной вытяжной вентиляции, систем кондиционирования воздуха, а также систем местных отсосов следует проектировать с учетом требований взрывопожарной, пожарной и взрывной безопасности, руководствуясь указаниями СНиП [25].

Глава 8. Защита атмосферы от загрязнения

§26. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Защита воздушного бассейна от вредных веществ, выбрасываемых технологическими и вентиляционными установками, в последнее время приобрела громадное значение как экологическая, социальная и экономическая проблема. При оптимальной организации технологического процесса ставятся следующие задачи:

необходимо так организовать и наладить производственный технологический процесс, чтобы исключить или снизить до минимума выбросы в атмосферу вредных веществ;

следует обеспечить максимально эффективную очистку воздуха от вредных веществ;

вредные примеси, оставшиеся в выбрасываемом воздухе после очистки в небольшой концентрации, надлежит рассеять таким образом, чтобы концентрация их в воздухе селитебной территории и на промышленной площадке не превышала допустимой нормы.

В соответствии с ГОСТ 17.2.3.02—78, для каждого источника загрязнения следует определять значение предельно допустимо-

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

го выброса (ПДВ) или временно согласованного выброса (ВСВ) вредных веществ. При этом устанавливаются требования к организации вентиляционных выбросов: требуемая эффективность очистки, способ выброса в атмосферу. Для совокупности мелких и низких одиночных вентиляционных источников выбросов из одного здания в проекте следует установить значение суммарного ПВД или ВСВ.

Расчет концентраций вредных веществ в приземном слое воздуха проводится по одной из методик, приведенной в Справочнике [22] и СНиП [28], с учетом фонового загрязнения (которое должно быть задано в исходных данных проекта). Суммарная концентрация в приземном слое воздуха не должна превышать:

предельно допустимую максимальную разовую концентрацию ($ПДК_р$) — для атмосферного воздуха населенных пунктов;

0,3 ПДК вредных веществ, установленной ГОСТ 12.1.005—76, — для воздуха рабочей зоны производственных помещений, подаваемого механической вентиляцией и поступающего через открытые окна, фрамуги и отверстия.

Постоянные выбросы классифицируют:

по потреблению чистого воздуха для разбавления вредных веществ по $ПДК_р$

$$L = \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{M_i}{ПДК_{р_i}} \right); \qquad (8.1)$$

по кратности разбавления загрязняющих веществ воздухом

$$Kp_c = \frac{D}{H + D} \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{c_{0_i}}{ПДК_{р_i}} \right), \qquad (8.2)$$

где n — число загрязняющих веществ, обладающих суммацией действия, поступающих в атмосферу от данного источника; M_i — расход i-го вредного вещества, мг/с; $ПДК_{р\,i}$ — предельно допустимая максимальная разовая концентрация i-го вещества в атмосферном воздухе населенного пункта, мг/м³; H — высота источника (устья шахты) над уровнем земли, м; D — диаметр (характерный размер) устья источника, м; $c_{0\,i}$ — концентрация i-го вредного вещества в выбрасываемом воздухе, мг/м³.

При выполнении требований по допустимой концентрации вредных веществ в воздухе жилых массивов и на территории промышленной площадки допускается производить выброс без очистки от источников, для которых одновременно соблюдаются неравенства: $Kp_c < 20$; $Kp_c\, L_c < 2 \cdot 10^4$.

Выбросы из систем местной вытяжной вентиляции от источников вредных веществ 1-го и 2-го классов опасности, а также выбросы взрывоопасных веществ и веществ с резким неприятным запахом следует осуществлять через общие шахты без зонтов, предусматривая в условиях городской застройки вывод их устьев на высоту, не менее чем в 2,5 раза превышающую высоту самого высокого здания, расположенного от источника выбросов на расстоянии, равном трем высотам этого здания.

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

Воздух систем общеобменной вытяжной вентиляции, содержащий взрывоопасные и неприятно пахнущие вещества или большое количество влаги, следует выбрасывать вертикально вверх (через шахты и трубы без зонтов), предусматривая отвод сконденсировавшейся влаги. Устья вытяжных шахт систем общеобменной вентиляции помещений производств категорий А, Б и Е, как правило (если выполняются требования по чистоте воздуха в приземном слое), размещают на высоте 1 м над высшей точкой кровли здания. Воздухозабор приточных систем должен при этом размещаться не ближе 20 м по горизонтали или быть ниже не менее чем на 6 м от устья ближайшей вентиляционной шахты.

§27. ПОДБОР И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОЧИСТНЫХ УСТРОЙСТВ

Очистка воздуха от пыли. В системах воздушного отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха для очистки воздуха от пыли применяют устройства, называемые пылеуловителями. Различают пылеуловители для очистки атмосферного и рециркуляционного воздуха — так называемые воздушные фильтры и пылеуловители для очистки запыленных воздушных выбросов — собственно пылеуловители. В зависимости от преобладания той силы, которая действует на частицу пыли при отделении ее от воздушного потока, пылеуловители можно классифицировать на следующие:

гравитационные, как правило, сухие, эффективно улавливающие крупную пыль размером более 20 мкм. Наибольшее распространение среди этого типа пылеуловителей получили пылеосадительные камеры;

инерционные сухие и мокрые. К сухим инерционным пылеуловителям относятся циклоны в одиночном и групповом исполнении (ЦН-11, ЦН-15, ЦН-24), высокоэффективные одиночные циклоны (СК, СДК), батарейные циклоны, жалюзийные и инерционные аппараты. Мокрые инерционные пылеуловители подразделяют на мокропленочные циклоны (ЦВП, ПСП-ВТИ), циклоны-промыватели (СИОТ), струйные мокрые аппараты типа ПВМ, полые и насадочные газопромыватели, капельные аппараты типа Вентури (КМП);

тканевые и волокнистые сухие и смоченные, к которым относятся ячейковые (ФяР, ФяВ, ФяУ, ФяЛ, ЛАИК), самоочищающиеся (Кд, КдМ, Кт), рулонные (ФРУ, ФРП), рукавные (ФВК, СМЦ-101, ГЧ-БФМ) и сетчатые фильтры;

электрические сухие и мокрые.

Воздушные фильтры обычно бывают тканевого, волокнистого и электрического типов. Работу пылеочистителя характеризуют следующие показатели:

коэффициент очистки η;

производительность пылеотделителя по газу (воздуху) L, м³/ч или м³/с;

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

гидравлическое сопротивление пылеотделителя Δp, Па, которое определяется разностью давления на входе в аппарат и на выходе из него;

скорость фильтрации или нагрузка по газу, $v_ф$, м³/(м²·мин) или м³/(м²·ч), т. е. отношение объемного расхода газа (воздуха), проходящего через фильтр, к площади фильтрующей поверхности;

пылеемкость фильтра — это количество пыли, г или кг, которое фильтр накапливает между двумя очередными регенерациями фильтрующего материала, которые проводятся при увеличении сопротивления фильтра в 2—3 раза;

стоимость очистки воздуха, отнесенная к 1000 м³/ч, включает в себя как капитальные затраты на установку пылеотделителя, так и стоимость его эксплуатации. Годовые затраты на сменные материалы воздушных фильтров и технико-экономические показатели некоторых пылеуловителей даны в прил. IV.

Коэффициент очистки η, т. е. отношение количества уловленной пыли ΔM к количеству пыли, поступающей в пылеотделитель M_1:

$$\eta = \Delta M/M_1 = (M_1 - M_2)/M_1 = 1 - M_2/M_1 = \Delta M/(M_2 + \Delta M), \quad (8.3)$$

где M_2 — масса пыли, выходящей из пылеотделителя.

Если количества воздуха, входящего в пылеотделитель L_1 и выходящего из него L_2, равны, то коэффициент очистки можно выразить через концентрацию пыли на входе в аппарат c_1, г/м³, и на выходе из него c_2, г/м³:

$$\eta = (L_1 c_1 - L_2 c_2)/L_1 c_1 = (c_1 - c_2)/c_1 = 1 - c_2/c_1. \quad (8.4)$$

Вместо коэффициента очистки можно пользоваться коэффициентом проскока $K_{пр}$, равным

$$K_{пр} = 1 - \eta = M_2/M_1. \quad (8.5)$$

Промышленная пыль характеризуется большой дисперсностью, а так как эффективность очистки для частиц пыли различных размеров неодинакова, то вводят понятие фракционного коэффициента очистки. Под фракционным коэффициентом очистки $\eta_ф$ понимают массовую долю данной фракции пыли, осаждаемую в пылеотделителе. Если известны фракционный состав пыли, Φ_1, Φ_2, ..., Φ_n и фракционные коэффициенты очистки η_1, η_2, ..., η_n пылеулавливающего аппарата, то общий коэффициент очистки определяется из выражения

$$\eta = \eta_1 \Phi_1/100 + \eta_2 \Phi_2/100 + \ldots + \eta_n \Phi_n/100. \quad (8.6)$$

Соединяя последовательно несколько пылеуловителей, например три, и определяя их коэффициенты проскока из формулы (8.5):

$$M_2/M_1 = 1 - \eta_1; \quad M_3/M_2 = 1 - \eta_2; \quad M_4/M_3 = 1 - \eta_3,$$

можно определить общий коэффициент очистки трех последовательно соединенных аппаратов:

$$\eta = 1 - (1 - \eta_1)(1 - \eta_2)(1 - \eta_3). \quad (8.7)$$

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

Концентрацию пыли после очистного аппарата можно получить, зная коэффициент проскока, начальную запыленность и расходы воздуха:

$$c_2 = K_{пр}\, c_1\, (L_1/L_2).$$

Для расчета пылеотделителя необходимо иметь следующие данные:

физико-химические свойства пыли (химический состав, плотность, смачиваемость, биологическая активность, взрывоопасность, электропроводность и т. д.);

дисперсность и фракционный состав пыли;

расход очищаемого воздуха;

концентрацию пыли в очищаемом воздухе;

минимальную степень очистки;

минимальное располагаемое давление перед пылеуловителем.

Проектирование пылеуловителей состоит главным образом в расчете общего коэффициента очистки и гидравлического сопротивления, выборе вентиляционного оборудования, компоновке всей системы в целом, определении стоимости очистки

Воздушные фильтры в системах вентиляции, воздушного отопления и кондиционирования воздуха обеспечивают:

1) уменьшение концентрации пыли в помещениях, если содержание пыли в наружном воздухе превышает предельно допустимые значения;

2) защиту вентиляционного оборудования (калориферы, поверхностные воздухоохладители и т. д.) от загрязнения, из-за которого снижаются его теплотехнические и аэродинамические показатели;

3) поддержание в производственных помещениях заданной чистоты воздуха — технологическое кондиционирование воздуха.

Воздушные фильтры принято классифицировать по их эффективности (табл. 8.1).

ТАБЛИЦА 8.1 КЛАССИФИКАЦИЯ ВОЗДУШНЫХ ФИЛЬТРОВ

Класс фильтров	Эффективно улавливаемые пылевые частицы	Нижние пределы эффективности, %
I	Частицы всех размеров	99
II	Частицы размером более 1 мкм	85
III	То же, от 10 до 50 мкм	60

Характеристика воздушных фильтров, наиболее широко применяемых в нашей стране, дана в прил. V.

Фильтры II и III классов применяют для предварительной очистки воздуха (первая ступень очистки) перед фильтрами I класса; фильтры I класса — для решения задачи, указанной выше в п. 3 или соответствующем обосновании.

Подбор воздушных фильтров ведется в следующем порядке: исходя из поставленных задач выбирают класс фильтра;

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

учитывая конструктивные особенности приточной вентиляционной установки, выбирают тип фильтра, принимают воздушную нагрузку и определяют типоразмер фильтра или площадь фильтрующей поверхности и его начальное гидравлическое сопротивление;

по начальному пылесодержанию и эффективности фильтра вычисляют количество уловленной пыли;

определяют период работы фильтра между сменой фильтрующего материала, его регенерацией или заменой масла в самоочищающихся фильтрах;

рассчитывают стоимость очистки.

Пример 8.1. Дано: расход очищаемого воздуха 35 000 м³/ч, режим работы — трехсменный, начальное пылесодержание 1 мг/м³. Требуется запроектировать воздушный фильтр для санитарно-гигиенической очистки воздуха.

Решение. Имея в виду значительный расход воздуха и применение типовой приточной камеры ПК-50, выбираем рулонный фильтр ФРУ4А [22].

Площадь рабочего сечения выбранного фильтра равна 4 м², следовательно, воздушная нагрузка составит: 35 000 : 4=8750 м³/(м²·ч), а конечное гидравлическое сопротивление — 300 Па.

При эффективности фильтра 60% (см. табл. 8.1) количество пыли, собирающейся на 1 м² поверхности фильтрующего материала в 1 сут, составит: 0,001× ×8750·0,6·24=126 г/м². Пылеемкость материала соответствует 670 г/м² (см. прил. V), тогда продолжительность работы фильтра до перемотки материала составит 670 : 126=5 сут.

Годовые затраты на фильтрующий материал (см. прил. IV) составят: 455× ×0,35=159 руб.

Расчет циклонов. Для очистки воздуха от пыли II и III группы дисперсности применяют циклоны. Их преимущество по сравнению с другими сухими пылеотделителями состоит в том, что они имеют, как правило, более простую конструкцию, обладают большой пропускной способностью, просты в эксплуатации.

Наиболее широкое распространение получили циклоны Научно-исследовательского института очистки газа (НИИОГаз) цилиндрические серии ЦН: ЦН-11, ЦН-15, ЦН-15у (укороченный), ЦН-24 и конические серии С: СДК-ЦН-33, СК-ЦН-34 и СК-ЦН-34м. Конические циклоны отличаются от цилиндрических большей эффективностью и значительным (более 5 кПа) гидравлическим сопротивлением.

Из циклонов других типов нашли применение конические циклоны Свердловского института охраны труда — СИОТ, Ленинградского института охраны труда — ЛИОТ, циклоны Всесоюзного научно-исследовательского института охраны труда — ВЦНИИОТ с обратным конусом, циклоны Клайпедского ОЭКДМ и др. Технические характеристики некоторых циклов приведены в работе [22].

Для обеспечения нормальной работы циклона применяют герметические бункера. Тип циклона зависит от вида пыли (табл. 8.2).

При расчете циклона определяют его диаметр, гидравлическое сопротивление, коэффициент очистки и общие размеры.

Общее гидравлическое сопротивление циклона складывается из следующих потерь: давления на входе в циклон, кинетической энер-

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ТАБЛИЦА 82. ЗАВИСИМОСТЬ ТИПА ЦИКЛОНОВ ОТ ВИДА ПЫЛИ

Тип циклона	Вид пыли
Цилиндрические серии ЦН	Зола из дымовых газов котельных, сухая пыль помольных и сушильных установок, горелая земля литейных цехов
Конические серии С	Пыль каталитического крекинга нефтепродуктов, угольная пыль, сажа
СИОТ, ЛИОТ	Сухая несминающаяся неволокнистая пыль
ВЦНИИОТ с обратным конусом	Абразивная пыль, слипающаяся пыль типа сажи и талька
Гипродрева	Древесные щепа и стружка, влажные опилки
Гипродревпрома серии Ц Клайпедского ОЭКДМ	Сухие опилки, шлифовальная древесная пыль

гии при вращательном движении воздуха, на трение о стенки циклона и на выхлоп воздуха из циклона. Практически гидравлическое сопротивление циклона оценивается коэффициентом местного сопротивления, зависящим от диаметра циклона, способа его присоединения к сети, компоновки циклонов при групповой установке и запыленности воздуха.

Коэффициент эффективности циклона можно рассчитать, используя теоретические зависимости. Однако для этого в каждом конкретном случае необходимо знать фракционный состав пыли, строить интегрально-функциональное распределение пыли по размерам в вероятностно-логарифмической системе координат и определять медианный размер частицы и среднеквадратичное отклонение функции распределения, поэтому в инженерных расчетах пользуются графиком функциональной эффективности циклонов выбранного диаметра, испытанных при стандартных условиях.

Расчет циклонов ведется в следующем порядке.

1. Выбирают тип циклона по табл. 8.2 и определяют оптимальную скорость воздуха в сечении циклона v_0 (табл. 8.3).

2. Определяют необходимую площадь сечения циклонов F, м²:

$$F = L/3600\, v_0, \qquad (8.8)$$

где L — расход воздуха через циклон, м³/ч.

3. Определяют диаметр циклона D, м, задаваясь числом циклонов n:

$$D = 1{,}13\sqrt{F/n}. \qquad (8.9)$$

Для циклонов НИИОГаз диаметры нормируются так: 150; 200; 300; 450; 500; 600; 700; 800; 900; 1000; 1200; 1400 и 1600 мм.

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ТАБЛИЦА 8.3. КОЭФФИЦИЕНТЫ МЕСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ ζ ЦИКЛОНОВ ДИАМЕТРОМ 500 ММ И ОПТИМАЛЬНЫЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУХА

Марка циклона	Скорость движения воздуха, м/с		Значения ζ циклонов				
			с выбросом в атмосферу		с улиткой на выхлопной трубе		при групповой установке
	v_0	$v_{вх}$	ζ_0	$\zeta_{вх}$	ζ_0	$\zeta_{вх}$	ζ_0
ЦН-11	3,5	—	250	6,1	235	5,2	215
ЦН-15	3,5	—	163	7,8	150	6,7	140
ЦН-15у	3,5	—	170	8,2	158	7,5	148
ЦН-24	4,5	—	80	10,9	73	12,5	70
СДК-ЦН-33	2	—	600	20,3	500	31,3	—
СК-ЦН-34м	2	—	2000	—	—	30,3	—
СК-ЦН-34	1,7	—	1150	24,9	—	30,3	—
СИОТ	—	12—15	—	6	—	4,2	—
ЛИОТ	—	12—15	—	4,2	—	3,7	—
ВЦНИИОТ	—	15—18	—	10,5	—	10,4	—

4. Вычисляют действительную скорость v_0', м/с, в циклоне:

$$v_0' = 1{,}27\, L/3600\, n\, (D')^2, \qquad (8.10)$$

где D' — ближайший больший номенклатурный диаметр циклона.

Действительная скорость в циклоне не должна отклоняться от оптимальной более чем на 15%.

5. Если циклонов получилось $n>1$, то выбирают их определенную компоновку (см. табл. 8.6).

6. Определяют гидравлическое сопротивление циклона $\Delta p_ц$, Па, по формуле

$$\Delta p_ц = \zeta_{вх} (\rho\, v_{вх}^2/2) = \zeta_ц \left(\rho\, (v_0')^2/2\right), \qquad (8.11)$$

где $\zeta_{вх}$ — коэффициент местного сопротивления, отнесенный к скорости во входном сечении циклона $v_{вх}$, м/с (см. табл. 8.3); ρ — плотность воздуха, кг/м^3; $\zeta_ц$ — коэффициент местного сопротивления, отнесенный к скорости v_0'.

С учетом действительных значений

$$\zeta_ц = k_1\, k_2\, \zeta_0 + \Delta\, \zeta_0, \qquad (8.12)$$

где k_1 — коэффициеит, зависящий от диаметра циклона (табл. 8.4); k_2 — поправочный коэффициент иа запыленность воздуха (табл. 8.5); ζ_0 — коэффициент

ТАБЛИЦА 8.4. ПОПРАВОЧНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ k_1

Диаметр циклона, мм	Значения коэффициента k_1 для циклонов марок		
	ЦН-11	ЦН-15, ЦН-15у, ЦН-24	СКД-ЦН-33, СК-ЦН-34, СК-ЦН-34м
150	0,94	0,85	1
200	0,95	0,90	1
300	0,96	0,93	1
450	0,99	1	1
500	1	1	1

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

местного сопротивления циклона $D=500$ мм (см. табл. 8.3); $\Delta\zeta_0$ — коэффициент, зависящий от принятой компоновки группы циклонов (табл. 8.6); для одиночных циклонов с выбросом воздуха в атмосферу $\Delta\zeta_0=0$.

ТАБЛИЦА 8.5. ПОПРАВОЧНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ k_2

Марка циклона	Значения коэффициента k_2 при запыленности воздуха, г/м³					
	0	10	20	40	80	120
ЦН-11	1	0,96	0,94	0,92	0,9	0,87
ЦН-15	1	0,93	0,92	0,91	0,9	0,87
ЦН-15у	1	0,93	0,92	0,91	0,89	0,88
ЦН-24	1	0,95	0,93	0,92	0,9	0,87
СДК-ЦН-33	1	0,81	0,785	0,78	0,77	0,76
СК-ЦН-34	1	0,98	0,947	0,93	0,915	0,91
СК-ЦН-34м	1	0,99	0,97	0,95	—	—

ТАБЛИЦА 8.6. КОЭФФИЦИЕНТ $\Delta\zeta_0$

Компоновка циклонов	Значения $\Delta\zeta_0$
Прямоугольная с отводом очищенного воздуха из общего коллектора	35
Прямоугольная, но с отводом очищенного воздуха через улиточные раскручиватели	28
Круговая	60

7. По графику (рис. 8.1) определяют размер пыли d_{50} с эффективностью улавливания 50% для выбранного типа циклона при $D=500$ и условиях эксперимента: скорости движения воздуха v_0, принятой по табл. 8.3; плотности пыли $\rho_п=2670$ кг/м³; динамической вязкости воздуха $\mu=17{,}75\cdot10^{-6}$ Па·с (см. с. 172).

Для определения эффективности циклона других диаметров D' и скорости движения воздуха v_0' его вязкости μ' и плотности пыли $\rho_п'$ вычисляют новое значение d_{50}' по формуле

$$d_{50}' = 548{,}5\, d_{50} \sqrt{D'\,\mu'\, v_0/\rho_п'\, v_0'}. \qquad (8.13)$$

После этого на графике (см. рис. 8.1) находят точку с координатами $\eta=50\%$, d_{50}', из этой точки проводят линию параллельно линии $d_{50}=f(\eta)$ для выбранного типа циклона, по которой и определяют фракционную эффективность.

Приближенный подбор циклонов СИОТ, ВЦНИИОТ, Клайпедского ОЭКДМ и Гипродревпрома может производиться по Справочнику [22].

Пример 8.2. Дано: расход очищаемого воздуха $L=10\,000$ м³/ч с температурой $t=40$°С и начальной концентрацией пыли $c=10$ г/м³; пыль — горелая земля литейного цеха; плотность пыли $\rho_п=2900$ кг/м³, медианный диаметр $d_m=15$ мкм. Требуется подобрать циклон и определить его основные размеры.

Решение. При температуре $t=40$°С плотность воздуха $\rho=1{,}128$ кг/м³; динамическая вязкость $\mu=19{,}3\cdot10^{-6}$ Па·с.

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

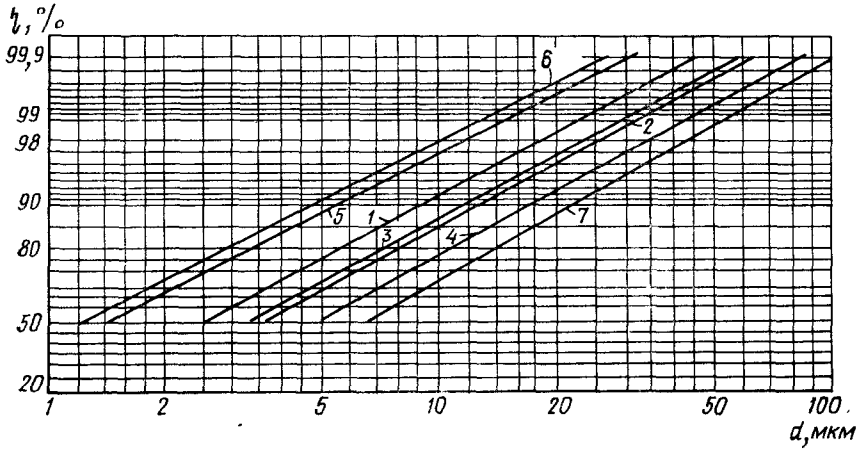


Рис. 8.1. Фракционная эффективность очистки циклонами НИИОГаза марок. *1* — ЦН-11; *2* — ЦН-15; *3* — ЦН-15у; *4* — ЦН-24; *5* — СДК-ЦН-33; *6* — СК-ЦН-34; *7* — для примера 8.2

1. Согласно табл. 8.2, принимаем цилиндрический циклон ЦН-24 и (см. табл. 8.3) оптимальную скорость воздуха $v_0 = 4{,}5$ м/с.

2. Площадь сечения циклона

$$F = 10\,000/3600 \cdot 4{,}5 = 0{,}617 \text{ м}^2.$$

3. Принимаем количество циклонов $n = 1$, тогда диаметр циклона

$$D = 1{,}13 \sqrt{0{,}617} = 0{,}888 \text{ м}.$$

Принимаем ближайший больший диаметр циклона $D' = 0{,}9$ м.

4. Определяем действительную скорость воздуха в циклоне:

$$v_0' = 1{,}27 \cdot 10\,000/3600 \cdot 0{,}9^2 = 4{,}36 \text{ м/с}.$$

Отклонение действительной скорости от оптимальной составляет $(4{,}5 - 4{,}36)/4{,}5 \cdot 100\% = 3\%$, что менее 15%.

5. Принимаем установку одиночного циклона с выбросом воздуха в атмосферу $\Delta\zeta_0 = 0$ и $\zeta_0 = 80$ (см. табл. 8.3).

6. Действительный коэффициент местного сопротивления составляет:

$$\zeta_ц = 1 \cdot 0{,}95 \cdot 80 = 76.$$

Гидравлическое сопротивление циклона равно:

$$\Delta p_ц = 76 \cdot 1{,}128 \cdot 4 \cdot 36^2/2 = 814 \text{ Па}.$$

7. Размер пыли $d_{50} = 5$ мкм (см. рис. 8.1). Новый размер пыли:

$$d_{50}' = 548{,}5 \cdot 5 \sqrt{900 \cdot 19{,}3 \cdot 10^{-6} \cdot 4{,}5/2900 \cdot 4{,}36} = 6{,}82 \text{ мкм}.$$

На графике (см. рис. 8.1) наносят точку с координатами 50%, 6,82 мкм, и из нее проводят линию *7*, параллельную линии *4*, которая определит фракционную эффективность очистки запроектированного циклона. Для медианного диаметра $d_m = 15$ мкм $\eta = 83\%$.

Основные размеры циклона определяют в долях от внутреннего диаметра $D = 900$ мм: диаметр выхлопной трубы: $D_{вых} = 900 \cdot 0{,}59 = 530$ мм; размеры входного патрубка: $b \times a = 900 \cdot 0{,}26 \cdot 900 \cdot 1{,}11 = 235 \cdot 1000$ мм; общая высота $900 \cdot 4{,}26 = 3835$ мм.

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ТАБЛИЦА 87 ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ТИПОВ РУКАВНЫХ ФИЛЬТРОВ

Марка фильтра	Тип фильтра	Общая площадь поверхности фильтрования, м²	Число секций (рукавов)	Вид ткани	Способ регенерации ткани
ФВ	Автоматизированный фильтр, работающий под разрежением	30—92	2—6	Фильтровальное сукно № 2	Механическое встряхивание рукавов и обратная продувка ткани наружным воздухом
МФВ-204	Фильтр, работающий под разрежением	383	12 (204)	Нитрон	Регенерация рукавов обратной продувкой подогретым воздухом
РФГ, РФГ-УМС	Фильтр с автоматизированной посекционной регенерацией рукавов	112—500	4—20	Различные ткани в зависимости от температурных условий работы аппарата	Механическое встряхивание с одновременной обратной продувкой наружным воздухом
ФР-2800	Фильтр, работающий под избыточным давлением	2800	6 (2304)	Стеклоткань	Механическое встряхивание и обратная продувка очищенным газом
ФР-3730		3730	8 (3072)		
УРФМ	Укрупненный фильтр	2300	20 (840)	Различные ткани	Пневматическое встряхивание рукавов

Электронная библиотека http://lgy.khstu.ru/

Расчет рукавных фильтров. Рукавные тканевые фильтры с периодическим или непрерывным удалением осажденной на ткани пыли нашли широкое применение в промышленности для очистки технологических газов, вентиляционного и аспирационного воздуха. Характеристика рукавных фильтров приведена в табл. 8.7.

Эффективность работы рукавного фильтра во многом зависит от правильного выбора фильтрующей ткани и режима его эксплуатации. Наиболее эффективными являются рукавные фильтры с автоматической регенерацией рукавов путем их встряхивания и обратной продувки чистым наружным подогретым в холодный период воздухом.

Коэффициент очистки рукавных фильтров очень высок, достигает 98%, но это значение может снижаться вследствие негерметичности трубных решеток, износа ткани и т. д. Кроме того, эффективность очистки в значительной мере обусловливается проскоком пыли в периоды, следующие за регенерацией ткани, поэтому при инженерных расчетах коэффициент очистки рукавного фильтра не определяют, а его значением задаются, при этом находят общую площадь фильтрации, число рукавов или секций, гидравлическое сопротивление запыленной ткани или, задавшись значением последнего, определяют время между регенерациями ткани.

Необходимая площадь фильтрации рукавного фильтра F, м², равна

$$F = F_{раб} + F_{рег} = L/v_ф + F_{рег}, \qquad (8\ 14)$$

где $F_{раб}$ — площадь фильтрации в одновременно работающих секциях, м², $F_{рег}$ — площадь рукавов в регенерируемой (неработающей) секции, м², L — расход очищаемого воздуха с учетом его подсоса (10—30%) из-за негерметичности корпуса фильтра, м³/ч; $v_ф$ — удельная воздушная нагрузка (скорость фильтрации), принимаемая по табл. 8 8.

ТАБЛИЦА 8 8 РЕКОМЕНДУЕМЫЕ РЕЖИМЫ РАБОТЫ РУКАВНЫХ ФИЛЬТРОВ

Концентрация пыли, г/м³	Период регенерации, мин	Рекомендуемая воздушная нагрузка, м³/(м² ч), при группе дисперсности пыли	
		II и III	IV и V
1	—	120—150	70—90
5	10—12	80—100	50—70
10	8—9	60—70	40—50
20	5—7	40—50	30—40

Примечание. Большая воздушная нагрузка относится к натуральным тканям, меньшая — к искусственным.

Необходимое число секций в фильтре, округленное в сторону увеличения до ближайшего целого числа, составляет

$$n = F/F_0,$$

где F_0 — площадь рукавов в одной секции, м² (см табл 8 7).

Гидравлическое сопротивление запыленной ткани (оптималь-

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ное значение 750—1500 Па) в рукавном фильтре Δp, Па, может быть определено по формуле И. Л. Пейсахова и А. С. Мандрико:

$$\Delta p = \frac{817\,\mu\, v_\Phi\,(1-m)}{d_m^2\, m^3}\left[0{,}82\cdot 10^{-6}\cdot d_{50}^{0{,}25}\cdot m_т^3\,(1-m)\,h_0^{3/2} + \frac{v_\Phi\,\tau\, c}{\rho_п}\right], \quad (8.15)$$

где μ — динамическая вязкость воздуха, принимаемая в зависимости от его температуры равной:

t, °С	0	20	50	100
μ, 10^{-5}·Па·с	1,72	1,82	1,94	2,2

v_Φ — скорость фильтрации, м/с; d_m — средний диаметр частиц пыли, м; m — пористость слоя пыли, принимаемая равной 0,75—0,85; $m_т$ — пористость ткани, доли, принимаемая по табл. 8.9; $\rho_п$ — плотность пыли, кг/м³; τ — время между регенерациями ткани (период регенерации), с; h_0 — удельное гидравлическое сопротивление ткани в чистом виде, отнесенное к толщине, равной 1 м, при скорости воздуха 1 м/с, Па (см. табл. 8.9); c — начальная запыленность воздуха, кг/м³.

ТАБЛИЦА 8.9. ХАРАКТЕРИСТИКА ФИЛЬТРОВАЛЬНЫХ ТКАНЕЙ

Тип ткани	Пористость ткани	Удельное гидравлическое сопротивление, Па·10⁻²
Шерстяная, арт 21	0,86	0,84
Ткань ЦМ, арт 83	0,83	1,8
Нитрон термофиксированный	0,72	7,2
Стеклоткань (4-ремизный сатин)	0,49	89

В формуле (8.15) величина $v_\Phi \tau c$ выражает количество пыли, осевшей на 1 м² ткани за период между регенерациями. Пользуясь этой формулой, можно решать обратную задачу и находить период регенерации по заданному гидравлическому сопротивлению фильтра или воздушную нагрузку.

Пример 8.3. Дано: расход очищаемого воздуха $L=4000$ м³/ч с начальной концентрацией $c=4$ г/м³ и температурой $t=20$°С; медианный диаметр пыли $d_m=3$ мкм (V группа дисперсности) при ее плотности $\rho_п=1500$ кг/м³ и пористости $m=0{,}8$. Требуется определить число секций и гидравлическое сопротивление рукавного фильтра типа ФВК.

Решение Динамическая вязкость воздуха $\mu=1{,}82\cdot 10^{-5}$ Па·с. Площадь рукавов одной секции фильтра типа ФВК $F_0=15$ м² (см. табл 8.7), фильтрующая ткань — фильтровальное сукно, для которого $m_т=0{,}86$, $h_0=0{,}84\cdot 10^5$ Па (см. табл. 8 9). Согласно табл. 8.8, принимаем воздушную нагрузку $v_\Phi=70$ м³/(м²·ч) и период регенерации 12 мин.

Общая площадь фильтрации с учетом 20% подсоса воздуха:

$$F = 4000\cdot 1{,}2/70 + 15 \approx 83 \text{ м}^2.$$

Число секций

$$n = 83/15 \approx 6,$$

т. е принимаем к установке фильтр ФВК-90.

Гидравлическое сопротивление фильтра:

$$\Delta p = \frac{817\cdot 1{,}82\cdot 10^{-5}\cdot 70\,(1-0{,}8)}{3600\,(3\cdot 10^{-6})^2\,0{,}8^3}\left[0{,}82\cdot 10^{-6}\,(3\cdot 10^{-6})^{0{,}25}\cdot 0{,}86^3\times\right.$$

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

$$\times (1-0{,}8)\ (0{,}84\cdot 10^5)^{2/3} + \frac{70\cdot 720\ 0{,}004}{3600\cdot 1500}\Big] = 12{,}5\cdot 10^{-6}\ (8{,}4\ 10^{-6} + 37\cdot 10^{-6}) =$$

$$= 571 \text{ Па}.$$

Мокрая очистка. Расчет мокрого пылеуловителя может быть произведен с помощью энергетического метода, который основан на допущении, что при улавливании определенного вида пыли эффективность аппарата зависит только от удельного расхода энергии и не зависит от размера и типа пылеуловителя. В общий расход энергии должна входить и энергия, затраченная на распыление жидкости.

Затраты энергии на мокрую очистку газов от пыли $K_т$, кДж/1000 м³, определяют по формуле

$$K_т = \Delta p_п + m p_ж, \qquad (8.16)$$

где $\Delta p_п$ — гидравлическое сопротивление аппарата, Па, m — удельный расход воды, м³/м³ воздуха; $p_ж$ — напор распыляемой жидкости, Па

Коэффициент очистки рассчитывается по формуле

$$\eta = 1 - \exp\ (-B K_т^{\varkappa}), \qquad (8.17)$$

где B, $\varkappa$ — константы, определяемые дисперсным составом пыли (табл 8.10).

Расчет скруббера Вентури. В зависимости от гидравлического сопротивления скрубберы (трубы) Вентури подразделяют на низконапорные с $\Delta p_п < 5$ кПа и высоконапорные с $\Delta p_п = 5 \div 25$ кПа. Низконапорные трубы имеют сравнительно невысокую (до 90 м/с) скорость газов в горловине трубы и хорошо очищают относительно крупную пыль с $d_m > 3$ мкм. Расчет труб Вентури удобно вести по известному или рассчитанному коэффициенту очистки (обратная задача). Методика такого расчета состоит в следующем:

1. Принимают или, зная начальное и конечное пылесодержание воздуха, по формуле (8.4) рассчитывают общий коэффициент очистки η

2. Используя зависимость (8.17), по формуле

$$K_т = \sqrt[\varkappa]{-\ln\ (1-\eta)/B} \qquad (8.18)$$

определяют затраты энергии на очистку воздуха.

3. Из формулы (8.6) находят гидравлическое сопротивление аппарата $\Delta p_п$, которое для труб Вентури состоит из потерь напора как в самой трубе $\Delta p_{тр}$, так и в циклоне-каплеотделителе $\Delta p_ц$, т. е.

$$\Delta p_п = \Delta p_{тр} + \Delta p_ц. \qquad (8.19)$$

Удельный расход воды m принимают: при улавливании мелкодисперсной пыли и центральной (через сопло) подаче орошаемой воды: $m = 0{,}005 \div 0{,}007$ м³/м³, при улавливании грубодисперсной пыли в низконапорных трубах: $m = 0{,}001 \div 0{,}002$ м³/м³. Напор распыляемой воды $p_ж$ принимают равным 300—350 кПа.

4 Рассчитывают циклон-каплеотделитель:

а) диаметр циклона $Д_ц$, м, равен

$$D_ц = 1{,}13\ \sqrt{L/3600\, v_ц},$$

где L — расход воздуха, м³/ч, $v_ц$ — скорость (фиктивная) воздуха в расчете на площадь сечения цилиндрической части циклона; $v_ц = 45 \div 6$ м/с;

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ТАБЛИЦА 8.10. ПАРАМЕТРЫ B И χ ДЛЯ НЕКОТОРЫХ ПЫЛЕЙ

Вид пыли или тумана	B	χ
Тальк	0,206	0,3506
Пыль:		
ваграночная	$1{,}355\cdot10^{-2}$	0,6210
мартеновская	$1{,}915\cdot10^{-2}$	0,5688
колошниковая (доменная)	$6{,}61\cdot10^{-3}$	0,891
известковых печей	$6{,}5\cdot10^{-4}$	1,0529
содержащая окислы цинка из печей, выплавляющих латунь	$2{,}34\cdot10^{-2}$	0,5377
Щелочной аэрозоль из известковых печей	$5{,}53\cdot10^{-5}$	1,2295
Аэрозоль сульфата меди	$2{,}14\cdot10^{-4}$	1,0679
Пыль:		
мартеновских печей, работающих на дутье, обогащенном кислородом	$1{,}565\cdot10^{-6}$	1,619
мартеновских печей, работающих на воздушном дутье	$1{,}74\cdot10^{-6}$	1,594
из томасовского конвертера	0,268	0,2589
образующаяся при выплавке 45% ферросплиция в закрытых электропечах	$2{,}42\cdot10^{-5}$	1,26
образующаяся в печах производства целлюлозы	$4\cdot10^{-4}$	1,05
Частицы поташа из МГД-установок открытого цикла	0,016	0,554
Пыль:		
образующаяся при выплавке силикомарганца в закрытых электроферросплавных печах	$6{,}9\cdot10^{-3}$	0,67
каолинового производства	$2{,}34\cdot10^{-4}$	1,115
Сажа, образующаяся при электрокрекинге метана	$1\cdot10^{-5}$	1,36
Возгоны свинца и цинка из шахтных печей	$6{,}74\cdot10^{-3}$	0,4775
Пыль:		
дымовых газов карбидной печи	$0{,}823\cdot10^{-3}$	0,914
закрытой печи, выплавляющей углеродистый феррохром	$6{,}49\cdot10^{-5}$	1,1
Зола дымовых газов ТЭЦ (пылевидное сжигание многозольных углей)	$4{,}34\cdot10^{-3}$	0,3

б) гидравлическое сопротивление циклона $\Delta p_{\text{ц}}$, Па, равно

$$\Delta p_{\text{ц}} = \zeta_{\text{ц}} \rho v_{\text{ц}}^2/2,$$

где $\zeta_{\text{ц}}$ — коэффициент местного сопротивления циклона, отнесенный к скорости $v_{\text{ц}}$ (для пылеуловителей типа ЦВП $\zeta_{\text{ц}}=30$).

5. По формуле (8.19) находят гидравлическое сопротивление трубы Вентури.

6. Расчет скорости воздуха $v_{\text{г}}$, м/с, в горловине трубы Вентури производят по формуле

$$v_{\text{г}} = \sqrt{2\,\Delta\, p_{\text{тр}}/(\rho\,\zeta_{\text{с}} + \rho_{\text{ж}}\,\zeta_{\text{ж}}\,m)}\,, \qquad (8.20)$$

где ρ, $\rho_{\text{ж}}$ — плотность соответственно воздуха и воды, кг/м^3, $\zeta_{\text{с}}$, $\zeta_{\text{ж}}$ — коэффициенты гидравлического сопротивления соответственно «сухой» трубы и трубы с подачей жидкости.

Зависимость (8.20) для труб Вентури при $l_{\text{г}}=0{,}15d_{\text{г}}$ и при стандартных условиях ($\rho=1{,}2$ кг/м^3, $\rho_{\text{ж}}=1000$ кг/м^3), а также с учетом того, что $\zeta_{\text{с}}=0{,}15$, а $\zeta_{\text{ж}}=0{,}63\ \zeta_{\text{с}}m^{-0{,}3}$, имеет вид

$$v_{\text{г}} = 3{,}33\sqrt{\Delta P_{\text{тр}}/(1+0{,}525\,m^{0{,}7}\cdot10^3)}\,.$$

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

7. Определяют геометрические размеры трубы Вентури:

а) диаметр горловины $d_г$, м, трубы Вентури равен

$$d_г = 1{,}88 \cdot 10^{-2} \sqrt{L/v_г};$$

б) длина горловины $l_г$, м, равна

$$l_г = 0{,}15\, d_г;$$

в) диаметр входного отверстия конфузора $d_к$, м, равен

$$d_к = 1{,}88 \cdot 10^{-2} \sqrt{L/v_{вх}},$$

где $v_{вх}$ — скорость воздуха во входном патрубке, равная 15—20 м/с;

г) длина конфузора $l_к$, м, соответствует

$$l_к = (d_к - d_г)/2 \operatorname{tg} (\alpha_1/2),$$

где α_1 — угол раскрытня конфузора, равный 25—30° (прн необходимости уменьшения длины трубы Вентури угол α_1 может быть увеличен до 60°, но тогда длиna горловины должна приниматься $l_г = 0{,}3\, d_г$);

д) диаметр выходного отверстия $d_д$, м, диффузора равен

$$d_д = 1{,}88 \cdot 10^{-2} \sqrt{L/v_{вых}},$$

где $v_{вых}$ — скорость выхода воздуха из диффузора, равная 16—18 м/с;

е) длину диффузора $l_д$, м, находят по формуле

$$l_д = (d_д - d_г)/2 \operatorname{tg} (\alpha_2/2),$$

где α_2 — угол раскрытия днффузора, равный 6—7°.

Диаметр сопла для подачи воды $d_с$, м, рассчитывают по формуле

$$d_с = 1{,}06 \sqrt{G_в / \sqrt{p_ж}},$$

где $G_в$ — расход воды, м³/с.

Пример 8. 4. Дано: расход очищаемого от вагранночной пыли воздуха $L = 10\,000$ м³/ч; начальная запыленность $c_1 = 4000$ мг/м³; конечная запыленность $c_2 = 80$ мг/м³ и давление воды $p_ж = 300$ кПа. Требуется рассчитать скруббер Вентури.

Решение: 1. По формуле (8.4) определяем общий коэффициент очистки:

$$\eta = (400 - 80)/400 = 0{,}98.$$

2 По формуле (8 8) рассчнтываем затраты энергнн на очнстку, принимая по табл. 8.10 для вагранночной пыли $B = 1{,}355 \cdot 10^{-2}$; $\varkappa = 0{,}621$; $K_т = \sqrt[0{,}621]{-\ln(1 - 0{,}98)}/1{,}35 \cdot 10^{-2} = 9106$ кДж/1000 м³ газа.

3. Определяем суммарное гидравлическое сопротивленне трубы Вентури и циклона-каплеотделителя, принимая коэффициент орошения $m = 0{,}001$ м³/м³:

$$\Delta p_п = 9106 - 300\,000 \cdot 0{,}001 = 8806 \text{ Па}.$$

4. Рассчитываем циклон-каплеобразователь:

а) диаметр циклоиа-каплеотделителя

$$d_ц = 1{,}13 \sqrt{10\,000/3600 \cdot 5{,}5} = 0{,}8 \text{ м};$$

б) гидравлическое сопротивление циклона-каплеуловителя типа ЦВП

$$\Delta p_ц = 30 \cdot 5{,}5^2 \cdot 1{,}2/2 = 545 \text{ Па}.$$

5. Гидравлическое сопротнвление трубы Вентури:

$$\Delta p_{тр} = 8806 - 545 = 8261 \text{ Па}.$$

6. Скорость в горловине трубы:

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

$$v_г = 3{,}33\sqrt{8261/(1 + 0{,}525 \cdot 0{,}001^{0{,}7} \cdot 10^3)} = 133 \text{ м/с}.$$

7. Определяем геометрические размеры трубы Вентури:

а) диаметр горловины трубы

$$d_г = 1{,}88 \cdot 10^{-2} \sqrt{10\,000/133} = 0{,}16 \text{ м};$$

б) длиа горловины трубы

$$l_г = 0{,}15 \cdot 0{,}16 = 0{,}024 \text{ м};$$

в) диаметр входного отверстия конфузора

$$d_к = 1{,}88 \cdot 100^2 \sqrt{10\,000/18} = 0{,}445 \text{ м};$$

г) длина конфузора

$$l_к = (0{,}445 - 0{,}16)/2 \operatorname{tg} 30/2 = 0{,}53 \text{ м};$$

д) диаметр выходного отверстия диффузора

$$d_д = 1{,}88 \cdot 10^{-2} \sqrt{10\,000/17} = 0{,}455 \text{ м};$$

е) длнна диффузора

$$l_д = (0{,}455 - 0{,}16)/2 \operatorname{tg} 6/2 = 2{,}815 \text{ м}.$$

8. Диаметр сопла для подачи воды

$$d_с = 1{,}06 \sqrt{10\,000 \cdot 0{,}001/3600 \sqrt{300\,000}} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ м}.$$

Глава 9. Технико-экономические показатели проекта

§28. ВЫБОР ЭКОНОМИЧЕСКИ ЦЕЛЕСООБРАЗНОГО ВАРИАНТА

Для повышения технико-экономического уровня проектных решений систем вентиляции проектирование их должно осуществляться на основе многовариантиых разработок. Сравиение различиых вариаитов выполняется по приведенным затратам $П$, руб/год, с учетом всех переменных величин, влияющих на капитальные затраты $К$ и эксплуатационные расходы $С$. Приведенные затраты подсчитывают по формуле

$$П = E_и K + C, \tag{9.1}$$

где $E_н$ — иормативный коэффициент окупаемости капитальных вложений, 1/год, принимаемый равным 0,12 для вентиляционных систем.

Капитальные затраты $К$, руб, составляют

$$K = K_{об} + K_{возд} + K_{кам}, \tag{9.2}$$

где $K_{об}$ — капитальные затраты на вентиляционное оборудование и его монтаж с накладными расходамн и плановымн иакоплениями, руб.; $K_{возд}$ — капктальные затраты на воздуховоды, которые могут быть определены по формулам, полученным в МИСИ им. Куйбышева; $K_{кам}$ — капитальные затраты на веитиляционную камеру, фундамент или площадку под вентиляционное оборудование.

Стоимость принимается по соответствующим единым райоиным единичным расценкам и ценникам на оборудование.

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

Капитальные затраты на центральные кондиционеры без источников холодоснабжения могут быть приняты по табл. 9.1.

ТАБЛИЦА 91 КАПИТАЛЬНЫЕ ЗАТРАТЫ НА ЦЕНТРАЛЬНЫЕ КОНДИЦИОНЕРЫ

Марка	Установочная мощность электродвигателей, кВт	Сметная стоимость оборудования (с монтажом и затратами на обвязку и изоляцию), тыс руб	Средние затраты на помещение для установки кондиционера, тыс руб.
КД-10	7	3,9	3,2
КД-20	10	4,6	3,6
КТЦ-31,5	13	6,4	3,7
КТЦ-40	17	6,9	4
КТЦ-63	22	10,1	5,2
КТЦ-80	30	11,2	6,7
КТЦ-125	40	16,8	7,5
КТЦ-160	55	17,5	9,9
КТЦ-200	75	21,4	12,1
КТЦ-240	100	25,8	13,2

Капитальные затраты K, руб/м, составят для воздуховодов: стальных круглого сечения

$$K = 23{,}9\,D^{1{,}5} + 4{,}1, \qquad (9.3)$$

где D — диаметр воздуховода, м;

круглых из нержавеющей стали

$$K = 70{,}5\,D^{1{,}2} + 6; \qquad (9.4)$$

прямоугольных стальных

$$K = 10\,P^{1{,}2} + 1, \qquad (9.5)$$

где P — периметр воздуховода, м.

Среднюю стоимость 1 м² площади вентиляционной камеры при сооружении ее в подвале здания можно принять в пределах 180—200 руб, на этажах здания — 120—140, а при устройстве ее на антресолях или чердаке —80—90 руб.

Эксплуатационные расходы $Э$, руб/год, определяют по формуле

$$Э = C_а + C_{т.р} + C_з + C_т + C_х + C_э + C_{вод}, \qquad (9\,6)$$

где $C_а$ — затраты на амортизацию, состоящие из сумм отчислений на капитальный ремонт и реновацию (восстановление) системы, руб/год; нормативное значение $C_а$ на вентиляционное оборудование и воздуховоды составляет 12,1% капитальных затрат; $C_{т.р}$ — расходы на текущий ремонт вентиляционных систем, составляющие 1—1,5% капитальных затрат — для воздуховодов, 3—4% — для вентиляторов, 5% — для центральных и автономных кондиционеров и 10—12% — для холодильных машин; $C_з$ — затраты на заработную плату эксплуатационного персонала по обслуживанию вентиляционных систем, определяемая по табл. 9 2; $C_т$, $C_х$, $C_э$, $C_{вод}$ — стоимость потребляемых в течение года энергоресурсов: тепла, холода, электроэнергии, воды.

Годовой фонд заработной платы принимается в размере 1,3—1,8 тыс. руб. на человека. В расчетах должна учитываться как основная, так и дополнительная (до 25%) зарплата обслуживающе-

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ТАБЛИЦА 9.2. ЗАРАБОТНАЯ ПЛАТА ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО ПЕРСОНАЛА НА ОДНУ СИСТЕМУ

Вид системы	Нормативная численность эксплуатационного персоиала в смену на одиу систему, чел -ч	Заработная плата в смену на одну систему, руб.
Центральные кондиционеры	0,15	0,60
Приточные и вытяжные системы	0,04	0,24
Холодильные установки с комплексной автоматизацией	1—5	4—20

го персонала и начисления для органов социального страхования (около 20% основной).

Стоимость тепловой энергии по прейскурантам, введенным с 1982 г., приведена в табл. 9.3, а усредненная стоимость холода — в табл. 9.4. Стоимость воды $C_{вод}$ можно принимать в среднем 15 коп/м³. Годовые затраты на электроэнергию вычисляют по формуле

$$C_э = (L \Delta p_{вент} \tau/1000 \eta_в \eta_п) C_{тар}, \quad (9.7)$$

где L — производительность вентиляционной системы по воздуху, м³/с; $\Delta p_{вент}$ — давление, развиваемое веитилятором на преодоление аэродинамических потерь в воздуховодах и вентиляциоином оборудовании, Па; τ — время работы вентиляционной системы в году, ч (при двухсмеиной работе с двумя выходными в иеделю $\tau = 4160$ ч/год); $\eta_в$ — КПД вентилятора, принимаемый по характеристике; $\eta_п$ — КПД передачи, принимаемый равиым 1, если колесо вентилятора находится иа валу электродвигателя, и 0,95 — при клиноременной передаче; $C_{тар}$ — новый тариф на электроэнергию, руб/(кВт·ч).

Существует два тарифа: одноставочный, если присоединенная мощность потребителя в целом менее 750 кВ·А (непромышленные предприятия), и двухставочный — при большей присоединенной мощности. В этом случае $C_{тар}$, руб/(кВт·ч), определяют по формуле

$$C_{тар} = C_{час} + C_{год}/\tau, \quad (9.8)$$

где $C_{час}$ — дополнительная плата за 1 кВт·ч израсходованной энергии по показаниям счетчика, руб/(кВт·ч); $C_{год}$ — осиовная плата за 1 кВт установочиой мощиости, руб/(кВт·год).

В табл. 9.5. приведены значения основной и дополнительной платы за электроэнергию по основным энергосистемам страны.

При работе над проектом выбор экономически выгодного варианта должен предшествовать принимаемым решениям по схемам воздухообмена, трассировке воздуховодов, применяемому вентиляционному оборудованию, материалу воздуховодов и т. д.

Адиабатное увлажнение воздуха в теплое время года применяют для снижения воздухообмена в цехах или общественных зданиях, где общеобменная вентиляция служит для удаления теплоизбытков. В этом случае адиабатное увлажнение снизит температуру воздуха, подаваемого в помещения, что в свою очередь умень-

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ТАБЛИЦА 9.3. СТОИМОСТЬ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ПО РАЗЛИЧНЫМ РАЙОНАМ СОВЕТСКОГО СОЮЗА

Райои СССР	Тарифы на тепловую эиергию, расходуемую			
	на предприятиях		в жилищиом фоиде	
	руб/ГДж	руб/Гкал	руб/ГДж	руб/Гкал
Амурская обл.	2,4	10	0,7	2,8
Армеиия, Азербайджан	1,7	7	0,7	3
Белоруссия, Литва	2,4	10,3	0,8	3,2
Восточная Украина, Ростовская обл.	2,7	11,3	0,6	2,6
Грузия	3,2	13,5	0,5	2,4
Западная Украина, Молдавия	2,9	12	0,7	2,8
Забайкалье	2,4	10	1,1	4,5
Иркутская обл	1,2	5	0,5	2
Кемеровская обл., Алтайский край	1,8	7,5	0,4	1,8
Киргизия	1,9	8	0,8	3,5
Красноярский край	1,2	5	0,4	1,9
Коми АССР	3,1	13	0,7	3
Мурмаиская обл.	3,1	13	0,8	3,5
Новосибирская, Томская области	1,9	8	0,4	1,7
Нижиее Поволжье	1,9	8	0,6	2,7
Омская обл.	1,7	7,2	0,5	2,2
Приморский край	3,1	15	0,9	3,7
Сеиериый Кавказ	1,9	8	0,6	2,7
Сеиериый Урал	2	8,2	0,7	2,8
Северо-Запад	2,9	12,2	0,9	3,8
Средиее Поволжье	2,2	9	0,6	2,7
Таджикистан, Узбекистан	1,9	8	0,9	3,8
Туркмения	1,7	7	0,7	3
Хабаровский край	2,2	9	0,9	3,7
Центр	2,4	10,2	0,8	3,3
Цеитральный Чериоземный район	2,7	11,5	0,7	3
Эстония, Латвия	2,8	11,8	0,7	2,8
Южный Урал	1,7	7	0,5	2,4

ТАБЛИЦА 9.4. УСРЕДНЕННАЯ СТОИМОСТЬ ХОЛОДА, ВЫРАБАТЫВАЕМОГО ХОЛОДИЛЬНОЙ СТАНЦИЕЙ, руб/ГДж

Тип холодильиых машии	Стоимость при продолжительности работы стаиции, ч/год						
	4500	3600	3000	2500	2000	1500	1000
Фреоиовые	5,7	6,2	6,7	7,2	8,6	10	13,4
Бромисто-литиевые	6,7	7,2	8,1	9,1	10,5	12,4	16,7

шит воздухообмен, расход электроэнергии на привод вентилятора и капитальные затраты на воздуховоды. Однако применение увлажнения повлечет за собой установку оросительной камеры, увеличение площади вентиляционной камеры, установку насоса для работы форсунок, увеличение затрат электроэнергии на его привод и дополнительный расход питьевой воды. При расчете следует учитывать и время работы вентиляционной системы в режиме адиабатного увлажнения, определяемое по годовому графику стояния температур.

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ТАБЛИЦА 9.5. ДВУХСТАВОЧНЫЕ ТАРИФЫ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Энергосистемы	Плата	
	основная $C_{год}$, руб/(кВт·год)	дополнительная $C_{час}$, руб/(кВт·ч)
Азглавэнерго, Армглавэнерго, Брянскэнерго, Грузглавэнерго, Дагэнерго, Запказэнерго, Калининградэнерго, Киргизглавэнерго, Краснодарэнерго, Латглавэнерго, Литовглавэнерго, Львовэнерго, Молдавглавэнерго, Одессэнерго, Ростовэнерго, Смоленскэнерго, Ставропольэнерго, Целинэнерго, Эстонглавэнерго	42	0,015
Алмаатаэнерго, Калининэнерго, Кировэнерго, Кустанайэнерго, Оренбургэнерго, Тулаэнерго, Тюменьэнерго, Удмуртэнерго, Южказэнерго	39	0,011
Алтайэнерго, Кузбассэнерго, Новосибирскэнерго, Павлодарэнерго, Омскэнерго	33	0,005
Амурэнерго	48	0,022
Архэнерго, Комиэнерго	45	0,015
Барнаулэнерго, Белглавэнерго, Бурятэнерго, Туркменглавэнерго	36	0,011
Винницаэнерго, Крымэнерго	42	0,02
Волгоградэнерго, Башкирэнерго, Воронежэнерго, Грозэнерго, Карагандаэнерго, Куйбышевэнерго, Минэнерго Узбекской ССР, Пермьэнерго, Саратовэнерго, Свердловскэнерго, Татэнерго, Челябэнерго	36	0,009
Горэнерго, Днепроэнерго, Донбассэнерго, Костромаэнерго, Ленэнерго, Липецкэнерго, Мосэнерго, Севкавказэнерго, Томскэнерго, Харьковэнерго	36	0,01
Гурьевэнерго	95,2	0,0172
Белгородэнерго, Ивэнерго, Киевэнерго, Курскэнерго, Мордэнерго, Орелэнерго, Пензаэнерго, Рязаньэнерго, Тамбовэнерго, Ульяновскэнерго, Чувашэнерго, Ярэнерго	39	0,012
Дальэнерго	48	0,029
Иркутскэнерго, Красноярскэнерго	30	0,003
Камчатскэнерго	—	0,09
Карелэнерго, Колэнерго	39	0,009
Магаданэнерго	—	0,08
Сахалинэнерго	—	0,093
Таджикглавэнерго	30	0,007
Хабаровскэнерго, Читаэнерго	45	0,012

В ряде случаев при применении систем кондиционирования воздуха на промышленных предприятиях и общественных зданиях можно получить значительный экономический и социальный эффект. Годовой экономический эффект $Э_ф$, руб/год, при снижении себестоимости продукции $\overline{\Delta}_c$ при устройстве СКВ (с учетом эксплуатационных затрат) составит

$$Э_ф = \overline{\Delta}_c - E_и (K_{СКВ} - K_{исх}), \qquad (9.9)$$

где $K_{СКВ}$ и $K_{исх}$ — капитальные затраты на систему кондиционирования воздуха и исходную (первоначально заложенную) систему.

Для расчета экономической эффективности себестоимость продукции (расходы) делят на условно-переменные и условно-постоян-

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ные. Годовая экономия условно-переменных расходов включает в себя экономию за счет снижения брака и улучшения качества продукции, повышения производительности труда (табл. 9.6) и сокращения выплаты за временную нетрудоспособность.

ТАБЛИЦА 9.6. ГРАДИЕНТ СНИЖЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА ПРИ ПОВЫШЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ПОМЕЩЕНИИ

Работа	Градиент, %/град	Температуры, °С при которых проводился эксперимент	
		исходная	максимальная
Легкая	0,5—1,9	18—20	30—35
Средней тяжести	3,0	22	30
Нервно-напряженная	1,7	20	30
	2,6	22	33
Тяжелая	4,0	22	26
	6,0	26	36

Увеличение сопряженных затрат, связанных с расширением кондиционеростроения, и снижение затрат в отраслях, получающих экономический эффект от внедрения СКВ, в том числе и социальный, в первом приближении можно считать примерно равными и не учитывать их в расчетах.

Капитальные вложения в источники холода определяют по формулам:

для поршневых фреоновых холодильных машин

$$K_{\text{об.хол}} = a_{\text{х}}\, b_{\text{х}}\, (4{,}3 + 5{,}8\, Q_{\text{х}}),$$

где $K_{\text{об хол}}$ — стоимость оборудования холодоприготовительного центра, тыс руб.; $a_{\text{х}}$ — поправочный коэффициент, учитывающий отношение стандартного расчетного холодильного коэффициента к его действительному значению: $a_{\text{х}} = E_{\text{станд}}/E_{\text{действ}}$ (здесь $E_{\text{станд}}$ и $E_{\text{действ}}$ — холодильные коэффициенты соответственно в стандартных расчетных и расчетных условиях), $b_{\text{х}}$ — коэффициент, учитывающий удорожание ТХЦ в связи с необходимостью установки насосов и бойлеров системы теплоснабжения (для поршневых холодильных машин и тепловых насосов равный 1,15, для остальных холодильных машин равный 1,1); $Q_{\text{х}}$ — расчетная холодопроизводительность, Гкал/ч;

для турбокомпрессионных и абсорбционных (бромисто-литиевых) холодильных машин и тепловых насосов

$$K_{\text{об хол}} = a_{\text{х}}\, b_{\text{х}}\, (91 + 46\, Q_{\text{х}}),$$

где $a_{\text{х}} = (E_{\text{станд}} + 1)/(E_{\text{действ}} + 1)$;

для открытых источников (головных сооружений водопровода)

$$K_{\text{об.хол}} = 17{,}8\, L^{0{,}54} - 120,$$

где L — требуемая производительность системы водоснабжения, м³/ч;

для артезианских скважин

$$K_{\text{об.хол}} = (4325 + 53\, H + 28\, q + 1{,}12\, H\, q)\ 10^{-3},$$

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

где H — глубина артезианской скважины, м; q — дебит скважины, л/с.

Использование тепла удаляемого вентиляционного воздуха позволяет до 50—60% снизить расход тепла вентиляционными системами.

Для этой цели применяют как рекуперативные теплообменники (в них тепло передается через разделяющую стенку), так и регенеративные с теплообменной насадкой, поочередно омываемой теплым и холодным воздухом. В качестве рекуперативных теплообменников применяют калориферы, тепловые трубы, воздухо-воздушные теплообменники. При близком между собой расположении вентиляторов и магистральных воздуховодов вытяжных и приточных систем чаще всего используют тепловые трубы, воздухо-воздушные теплообменники и вращающиеся регенеративные теплообменники. В одном из вариантов утилизатора, разработанного КиевЗНИИЭП, используются тепловые трубы. В качестве теплообменников используют стандартные калориферы. В вытяжном воздуховоде они служат испарителем, в приточном — конденсатором. Рабочая жидкость — «фреон-30». При расчете установки необходимо учитывать, что количество переносимого тепла вследствие потерь теплосистемы составляет 85—95%. Коэффициенты теплообмена калориферов следует принимать, как при теплоносителе-паре.

При значительном расстоянии между вытяжными и приточными системами применяют рекуперативные теплообменники с промежуточным теплоносителем. Разработана методика расчета таких утилизаторов. Срок окупаемости капитальных вложений в такие установки L, лет, определяют по формуле

$$L = K/[\Delta T - Э_{уст} - (A + C_т)], \qquad (9.10)$$

где ΔT — стоимость сэкономленного тепла; $Э_{уст}$ — затраты на электроэнергию, потребляемую насосом установки и теряемую электродвигателями вентиляторов на дополнительные аэродинамические потери в установленных калориферах; $(A+C_т)$ — амортизационные отчисления и затраты на текущий ремонт установки.

На оптимальную скорость воздуха в воздуховодах существенное влияние оказывают материал воздуховодов, район строительства, стоимость электроэнергии, число местных сопротивлений по участкам сети. Наиболее точно оптимальная скорость (и как производная скорости оптимальный размер сечения воздуховодов по участкам вентиляционной системы) может быть вычислена с применением ЭВМ по специальным программам, разработанным Харьковским Сантехпроектом.

Усредненные значения оптимальных скоростей $v_{опт}$, м/с, на отдельных участках сети могут быть найдены по формулам для воздуховодов:

стальных круглых

$$v_{опт} = 8{,}66\, D^{0{,}25}, \qquad (9.11)$$

где D — диаметр воздуховода, м;

круглых из нержавеющей стали

$$v_{опт} = 10{,}5\, D^{0{,}15}; \qquad (9.12)$$

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

прямоугольных стальных

$$v_{опт} = 8{,}9\, D_{экв}^{0{,}0833}, \qquad (9.13)$$

где $D_{экв}$ — эквивалентный по расходу воздуха диаметр, м, вычисляемый по формуле:

$$D_{экв} = 1{,}265 \sqrt[5]{a^3 b^3/(a+b)}, \qquad (9.14)$$

здесь a и b — размеры сторон прямоугольных воздуховодов.

На усредненные значения оптимальных скоростей вводят поправочные коэффициенты: $K_{попр.эл}$, учитывающий фактическую стоимость электроэнергии и реальное время работы системы в году τ, (значение τ может изменяться от 200—300 ч/год для воздушных завес до 7000 ч/год для общеобменных систем вентиляции; в формулах для определения оптимальных скоростей воздуха принято среднее значение $\tau = 4160$ ч/год); K_α, учитывающий фактическое отношение α потерь давления в местных сопротивлениях к общим потерям давления на рассматриваемом участке сети (значение α в указанных формулах принято равным 0,67).

Коэффициент $K_{попр.эл}$ находят по формуле

$$K_{попр.эл} = \sqrt[3]{131{,}6/\tau\, C_{тар}}, \qquad (9.15)$$

где $C_{тар}$ — см. формулу (9.7).

Коэффициент K_α определяют по формуле

$$K_\alpha = \sqrt[3]{3\,(1-\alpha)}, \qquad (9.16)$$

при $\alpha = 2/3$ $K_\alpha = 1$, а при $\alpha = 0$ (отсутствие местных сопротивлений) $K_\alpha = 1{,}44$.

Подсчет потерь давления в системе, где соблюдаются оптимальные скорости движения воздуха, вместе с потерями давления в оборудовании дает значение оптимального давления, которое должен создавать вентилятор. В настоящее время широко применяется непосредственное соединение вентилятора с электродвигателем (на одной оси), наиболее удобное для заводов-изготовителей. Однако расчеты показывают, что в большинстве случаев такое решение не экономично и приводит к большому перерасходу электроэнергии.

Значительный интерес представляет определение оптимальной массовой скорости движения воздуха в калориферах $(v\rho)_{опт}$, которая обычно принимается в пределах 8—12 кг/(м²·с). Однако расчеты показывают, что массовая скорость существенно зависит от времени работы установки и фактической стоимости электроэнергии. При работе тепловой завесы ($\tau = 200 \div 300$ г/год) и низких тарифах на электроэнергию $(v\rho)_{опт} = 25 \div 30$ кг/(м²·с), а при трехсменной работе и высоких тарифах — 5—6 кг/(м²·с).

Проведение экономического анализа необходимо при выборе системы воздухораспределения в цехе. Капитальные затраты и стоимость электроэнергии можно снизить, применяя эжекционные воздухораспределители, особенно с безударным входом. Эжекци-

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

онные воздухораспределители могут создавать требуемые метеорологические условия в рабочей зоне цеха с большим температурным градиентом на выходе воздуха из воздухораспределителя, а также обслужить из одной точки большую площадь цеха, вследствие чего сеть воздуховодов по площади сокращается на 20—30%.

Иногда возникает вопрос о целесообразности применения того или иного материала для воздуховодов, работающих в агрессивной среде (отсосы от гальванических ванн и другое оборудование). В таких условиях воздуховоды из обычной стали имеют срок службы от нескольких месяцев до 2—3 лет, из коррозионно-стойкой нержавеющей стали — до 5 лет, а из винипласта или титана — до 10 лет. Несмотря на высокую стоимость титана (2800 руб/т), в ряде случаев из него экономически целесообразно выполнять воздуховоды.

Если срок службы вентиляционной системы зависит от срока действия производственной технологии и равен этому сроку или больше него, то приведенные затраты вычисляют по формуле:

$$П = K + C_э\ (1/1{,}08 + 1/1{,}08^2 + \ldots + 1/1{,}08^n), \qquad (9.17)$$

где n — срок действия технологии, лет.

Если срок службы вентиляционной системы меньше срока действия технологии, то приведенные затраты определяют по формуле

$$П = K + K^p/1{,}08^p + \ldots + K^q/1{,}08^q + C_э = \\ = (1/1{,}08 + 1/1{,}08^2 + \ldots + 1/1{,}08^n), \qquad (9.18)$$

где $K^p, . , K^q$ — капитальные вложения, необходимые для замены вышедшей из строя системы новой системой в p-м, ..., q-м годах.

Если приведенные затраты по различным вариантам отличаются не более чем на 5%, то сравниваемые системы можно считать равноэкономичными, при этом принимается тот вариант, который обеспечивает повышенный показатель по качеству и простоте эксплуатации.

§29. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЕКТА

Технико-экономические показатели проекта определяются в основном суммарными характеристиками, а также и их значениями, отнесенными к единице объема или площади обслуживаемого здания либо к другому определяющему показателю.

Наиболее важные показатели — это сметная стоимость монтажных вентиляционных работ и их трудоемкость.

Сметная стоимость определяется по действующим СНиП с учетом установленных надбавок на накладные расходы, плановые накопления, работу на высоте, зимнее удорожание, монтажную регулировку систем. В смету вводится надбавка и на неучтенные расходы в размере до 10%.

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

Трудоемкость работ и стоимость заработной платы вычисляются по действующим единым нормам и расценкам (ЕНиР), на основе которых составляются наряды на производство работ. При расчете трудоемкости также вводятся надбавка на неучтенные работы до 30%. Отношение стоимости заработной платы к сметной стоимости тех же работ определяет фонд заработной платы.

К числу технико-экономических показателей относятся также:

площадь поверхности всех воздуховодов; расход металлопроката на воздуховоды, их средства крепления, площадки под вентиляционное оборудование. Отношение расхода металлопроката к общей площади поверхности воздуховодов показывает удельную металлоемкость вентиляционных систем;

установочная мощность электродвигателей вентиляционного оборудования;

площадь, занимаемая вентиляционными камерами, а также отношение этой площади к общей производственной площади цеха;

калькуляция трудоемкости изготовления и монтажа вентиляционных систем, подсчитанная по существующим ЕНиР (единым нормам времени и расценкам);

установочная мощность двигателей вентиляционных систем;

общая производительность вентиляционных установок;

удельные затраты электрической энергии на транспортирование 1000 м³ воздуха;

общий расход тепла на вентиляцию;

расход воды;

холодопроизводительность холодильных машин;

число приточных и вытяжных вентиляционных систем;

Глава 10. Рекомендации по оформлению проекта

§30. РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Курсовой и дипломный проекты состоят из расчетно-пояснительной записки и графической части. Расчетно-пояснительая записка и чертежи выполняются в соответствии с действующими стандартами Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Расчеты, выполненные при проектировании вентиляции, студент должен излагать в определенной последовательности с обоснованием принятых решений в расчетно-пояснительной записке к проекту.

Расчетно-пояснительная записка — важнейшая часть курсового или дипломного проекта. По ней можно судить о степени подготовленности будущего инженера к решению задач по специаль-

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ности, а также об умении пользоваться справочной литературой и четко излагать свои мысли.

Основное содержание расчетно-пояснительной записки — описание и обоснование принятых схем, методов и результатов расчетов, технико-экономическое сравнение вариантов и др. Часть наиболее трудоемких расчетов следует выполнять на ЭВМ, отразив в пояснительной записке основные принципы алгоритма расчета.

Примерый состав расчетно-пояснительной записки к курсовому проекту по вентиляции приведен ниже. В него должны входить:

1. Исходные данные для проектирования (описание объекта, расчетных климатических и внутренних условий, краткая характеристика вредных выделений и пр.).
2. Определение расходов вредных выделений.
3. Выбор и обоснование схемы подачи и удаления воздуха в помещениях.
4. Определение требуемых и расчетного воздухообмена в двух-трех помещениях (по согласованию с консультантом проекта).
5. Определение воздухообмена в помещениях по нормам кратности.
6. Выбор и обоснование числа и места расположения приточных и вытяжных установок и систем.
7. Аэродинамический расчет вентиляционных систем.
8. Расчет и подбор основного оборудования приточных и вытяжных установок.
9. Акустический расчет вентиляционных систем.
10. Сводная таблица вентиляционного оборудования.

Если задание предусматривает проектирование кондиционирования воздуха в одном или нескольких помещениях здания, то дополнительно вводятся следующие разделы:

11. Выбор и обоснование схемы обработки подаваемого в помещение воздуха с указанием способа утилизации тепла.
12. Расчет и подбор типовых секций кондиционера.
13. Подбор холодильного оборудования.

Примерный состав расчетно-пояснительной записки к дипломному проекту по вентиляции общественного, вспомогательного или производственного здания приведен ниже. Она должна содержать:

Введение

Раздел 1. Исходные данные для проектирования

1. Район строительства; расчетные параметры наружного климата.
2. Назначение и характеристика объекта (этажность; особенности объемно-планировочного решения; строительные конструкции).
3. Требуемые внутренние условия в отдельных помещениях; выбор расчетных параметров воздуха в помещениях.

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

4. Описание источника теплоснабжения, параметры теплоносителя.

5. Обоснование выбора параметров теплоносителя для отопления и вентиляции.

6. Характеристика объекта по взрыво- и пожароопасности.

Раздел 2. Краткая характеристика эксплуатационного режима объекта

1. Характеристика установленного оборудования.

2. Число и продолжительность рабочих смен.

Раздел 3. Санитарно-гигиеническая характеристика условий труда и пребывания людей в помещениях проектируемого объекта

1. Вредные выделения в помещениях объекта.

2. Санитарно-гигиеническая оценка вредных выделений.

Раздел 4. Теплотехнический расчет

1. Определение требуемого и фактического сопротивлений теплопередаче наружных ограждений объекта.

2. Расчет теплопотерь помещениями в холодный период года.

3. Расчет теплопоступлений в помещения от солнечной радиации.

4. Определение удельной тепловой характеристики здания.

Раздел 5. Составление балансов тепла, влаги и воздуха для отдельных помещений и расчет воздухообмена во всех помещениях объекта

1. Расчет количества тепла, влаги и газов, выделяющихся в отдельных помещениях.

2. Балансы тепла, влаги и газов в отдельных помещениях.

3. Расчет требуемых воздухообменов в отдельных помещениях (при вентиляции для трех периодов, при кондиционировании — для двух); выбор расчетной величины воздухообмена в отдельных помещениях.

4. Определение воздухообменов по укрупненным показателям для остальных помещений объекта.

Раздел 6. Обоснование принятого конструктивного решения отопления и расчет системы.

1. Технико-экономическое обоснование принятого конструктивного решения отопления.

2. Гидравлический расчет системы отопления.

3. Расчет площади нагревательной поверхности приборов отопления и выбор вспомогательного оборудования системы отопления.

4. Рекомендации по пуску, регулированию и эксплуатации предлагаемой системы отопления.

Раздел 7. Обоснование принятых конструктивных решений вентиляции и кондиционирования воздуха и расчет систем

1. Технико-экономическое обоснование принятых конструктивных решений вентиляции и кондиционирования воздуха (выбор схем подачи воздуха в помещения или удаления его, выбор числа систем, трассировки воздуховодов, обоснование способа и схемы утилизации тепла).

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

2. Подбор и расчет элементов вентиляционных систем, секций кондиционеров, устройств утилизации тепла.

3. Аэродинамический расчет отдельных систем вентиляции и кондиционирования воздуха; подбор вентиляторов и электродвигателей.

4. Анализ воздушного режима здания и разработка рекомендаций по управлению потоками воздуха в здании (проектирование воздушных и воздушно-тепловых завес, борьба с перетеканием и инфильтрацией).

5 Рекомендации по пуску, регулированию и эксплуатации предложенных систем вентиляции и кондиционирования воздуха в здании.

Раздел 8. Тепло-, холодо- и газоснабжение объекта

А. Теплоснабжение

1 Определение расходов тепла для отдельных сооружений и зданий, расположенных на площадке (на отопление, вентиляцию кондиционирование воздуха и горячее водоснабжение).

2. Обоснование выбранной схемы теплоснабжения.

3. Расчет трубопроводов, подбор оборудования теплового ввода, компенсаторов, опор и пр.

Б. Холодоснабжение

1. Технико-экономическое обоснование принятого типа холодильной установки и параметров хладоносителя.

2. Подбор холодильных машин и расчет вспомогательного оборудования.

В. Котельная

1. Определение расходов тепла и режимов его потребления

2. Расчет и подбор основного оборудования котельной, определение площади сечения дымовой трубы, размеров склада топлива и пр.

3. Оценка стоимости единицы тепловой энергии, вырабатываемой в котельной.

Г. Горячее водоснабжение

1. Определение расчетных расходов горячей воды.

2. Выбор схемы и расчет системы горячего водоснабжения объекта.

3. Разработка теплового пункта и подбор оборудования для приготовления горячей воды.

Д. Газоснабжение

1. Характеристика газа; определение расчетных расходов.

2. Обоснование принятой схемы газоснабжения; расчет сетн.

3. Расчет и подбор оборудования и контрольно-измерительных приборов газораспределительного пункта.

Раздел 9 Автоматизация работы отопительного и вентиляционного оборудования

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

1. Обоснование принятого принципиального решения автоматизации одного из технологических элементов проекта.

2. Выбор параметров и подбор оборудования; описание принципа работы автоматического устройства.

Раздел 10. Экономика

1. Сопоставление двух-трех возможных вариантов решения систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха или решения отдельных элементов этих систем.

2. Расчет эксплуатационных, капитальных и приведенных затрат для принятых варнантов систем.

3. Выбор оптимального варианта

Раздел 11. Организация и производство работ

1. Определение количества материалов и объема монтажных работ.

2. Рекомендуемый способ производства работ.

3. Расчет числа рабочих с учетом квалификации.

4. Календарный план производства работ; сетевой график.

Раздел 12. Охрана труда и противопожарная техника

1. Характеристика профессиональных вредных выделений, возможных на проектируемом объекте.

2. Характеристика опасностей и вредных выделений при производстве строительно-монтажных работ.

3. Определение категории пожарной опасности производства, степени огнестойкости конструкций.

4. Система мероприятий по противопожарной и противовзрывной профилактике.

5. Инженерные решения, обеспечивающие пожаро- и взрывобезопасность, исключающие опасность при производстве работ и воздействие на человека выделяющихся вредных веществ.

Раздел 13. Гражданская оборона объекта

1. Организация гражданской обороны иа объекте (общие положения).

2. Расчет отдельных элементов систем обеспечения заданных параметров воздушной среды в убежищах.

Расчетно-пояснительная записка может содержать и другие разделы. Например, в дипломном проекте должны найти отражение научные разработки, выполненные студентом за время учебы в институте. Раздел с научными результатами может заменить один из обязательных разделов проекта или всю основную часть проекта при соответствующей ценностн и оригинальности полученных студентом результатов.

Записка должна быть написана аккуратно от руки на листах писчей бумаги формата А4 ГОСТ 9327—60. Текст размещается на одной стороне листа. Сверху, справа и снизу листа должны быть оставлены поля по 5 мм, слева — по 20 мм для подшивки. Страницы обязательно нумеруются.

На титульном листе пояснительной записки указывается тема дипломного проекта, фамилия, имя и отчество дипломника, а так-

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

же фамилии, инициалы, ученые степени и звания всех консультантов, руководителя и заведующего кафедрой. Также указывается число страниц текста и число листов чертежей.

Записка должна иметь оглавление с указанием номеров страниц начала отдельных разделов, а также лист со списком использованной литературы (с указанием фамилии автора, названия книги или статьи, издательства и года издания). В каждом разделе пояснительной записки дается краткое описание выполненной в нем работы, приводятся необходимые формулы для расчета с указанием единиц и ссылок на литературные источники. Повторяющиеся расчеты целесообразнее представить в виде таблиц (заполнив бланки). В расчетно-пояснительной записке можно приводить рисунки и схемы, поясняющие принимаемые решения.

Система единиц — СИ. Сокращения слов не допускаются. Общий объем пояснительной записки к дипломному проекту 90—150 страниц, к курсовому — 30—40 страниц.

§31. ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ПРОЕКТА

Графическую часть проекта — чертежи планов и разрезов с нанесением вентиляционных систем и оборудования — выполняют по определенным правилам. Во-первых, необходимо руководствоваться единой системой конструкторской документации ЕСКД (ГОСТ 2.301—68, ГОСТ 2.309—73 и др.). Формат листов бумаги — 594×841 мм (формат А1). При необходимости для дипломного проекта формат листа можно увеличить: по ширине увеличение должно быть кратным 210 мм, по высоте — 297 мм. Каждый лист снабжается рамкой и штампом. В последнем должны содержаться следующие сведения: название проекта, наименование чертежа, масштаб, порядковый номер листа, общее число листов в проекте, фамилия, имя и отчество студента, фамилии руководителя и консультантов проекта и заведующего кафедрой (с указанием ученой степени и звания). В штампе должны быть дата, месяц и год защиты проекта.

Чертежи выполняются в карандаше. В дипломном проекте допускается тонирование элементов: вентиляционные каналы, воздуховоды, камеры на планах и разрезах этажей тонируются розовым цветом, если приточный воздух подогретый; светло-зеленым — если приточный (наружный) воздух неподогретый; голубым цветом тонируется удаляемый из помещения воздух; воздуховоды и каналы с рециркуляционным воздухом тонируются светло-фиолетовым цветом; воздуховоды пневмотранспорта — желтым цветом. Тонирование производится акварельной краской (отмывка) или цветными карандашами.

В курсовом проекте студент выполняет следующие графические работы:

1) показывает на планах этажей, подвала и чердака и на разрезах здания приточные и вытяжные камеры, приточные и вытяжные воздуховоды, каналы и шахты (масштаб 1:100);

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

2) вычерчивает аксонометрические схемы воздуховодов, рассчитанных систем вентиляции и кондиционирования (масштаб 1:100);

3) разрабатывает компоновочный чертеж камеры, в которой размещены приточная установка, кондиционер, шумоглушители и холодильная установка со спецификацией оборудования (масштаб 1:50 или 1:20);

4) разрабатывает компоновочный чертеж вытяжной камеры (масштаб 1:20);

5) дает детальную конструктивную разработку отдельных узлов вентиляционных систем или камер (по указанию консультанта; масштаб 1:10, 1:5 или 1:2).

Соотношение между отдельными частями курсового проекта показано в табл. 10.1.

ТАБЛИЦА 10.1. УДЕЛЬНЫЙ ВЕС ЭТАПА РАБОТЫ

Содержание работы по этапам	Удельный вес этапа, %
Ознакомление с материалами проекта	5
Вычерчивание недостающих планов этажей	5
Определение объемов вентиляционного воздуха	15
Выбор систем вентиляции и кондиционирования воздуха, нанесение на планы вентиляционных каналов, жалюзийных решеток, камер и шахт и построение процесса обработки воздуха в кондиционере на $I-d$-диаграмме	20
Подбор и расчет элементов вентиляционных систем и установки кондиционирования воздуха	10
Вычерчивание схем и аэродинамический расчет систем приточной и вытяжной вентиляции и системы кондиционирования воздуха	15
Вычерчивание компоновочных чертежей приточной установки, кондиционера и вытяжной камеры	20
Составление расчетно-пояснительной записки	10

Состав графической части дипломного проекта зависит от назначения здания и определяется консультантом проекта. Рекомендуемый состав графической части включает следующие чертежи:

генеральный план с расположением основного здания, близстоящих зданий и сооружений, с нанесением инженерных коммуникаций, дорог, зеленых насаждений, с указанием ориентации и розы ветров для теплого и холодного периодов года (масштаб 1:500, 1:1000) — 1 лист;

планы и разрезы здания с нанесением систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, теплоснабжения отопительно-вентиляционных установок, горячего водоснабжения, холодоснабжения (масштаб 1:100, 1:200) — 2—4 листа;

схемы трубопроводов отопления, теплоснабжения отопительно-вентиляционных установок, обвязки калориферов, воздухоподогревателей, оросительных камер, а также принципиальная схема трубопроводов холодоснабжения (масштаб 1:100, 1:50) — 2—3 листа;

планы и разрезы компоновки приточной и вытяжной камер (с установкой в них нескольких вентиляторов), отдельных элементов

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

отопительно-вентиляционных установок (по указанию консультанта) и общие виды нетиповых конструкций и узлов (масштаб 1:20, 1:10, 1:5 или 1:2) — 2—3 листа;

автоматика отопительно-вентиляционных установок — 1 лист;

технология и организация монтажных работ — 1—2 листа;

иллюстрация экономического сравнения вариантов — 1 лист;

иллюстрация результатов научной работы студента, включенных в дипломный проект, — 1—2 листа.

Общий объем графической части проекта составляет 10—15 листов.

Правила оформления отдельных листов содержатся во Временной инструкции СН 460-74. Приведем некоторые из них.

Планы и разрезы систем отопления и вентиляции наносятся на строительные планы и разрезы, на которых показывают оконные, дверные и технологические проемы, тамбуры, перегородки, а также разбивочные оси. На этих же чертежах показывают технологическое оборудование (в первую очередь оборудование с местными отсосами). Строительная и технологическая части проекта вычерчиваются тонкими линиями.

При многоярусном расположении воздуховодов и других элементов систем отопления и вентиляции вычерчивают дополнительные планы помещения с указанием их расположения по высоте на разрезах с обязательным нанесением разбивочных осей.

Места разрезов по зданию выбирают так, чтобы они давали наиболее полное представление о принятом объемно-планировочном решении систем. На разрезах показывают расположение трубопроводов, воздуховодов, шахт, дефлекторов, воздухораспределителей с привязкой к строительным элементам и указанием отметки оси (круглые воздуховоды): низа (прямоугольные), верха шахт и т. п.

Воздуховоды, трубопроводы, отопительно-вентиляционное оборудование на планах и разрезах изображают жирными линиями. На планах штрихпунктирными линиями показывают расположение шахт, аэрационных фонарей, дефлекторов, крышных вентиляторов и других элементов систем, расположенных на покрытии. Оси отопительно-вентиляционного оборудования и оси воздуховодов привязывают к разбивочным осям здания.

На планы наносят названия помещений, номера позиций технологического оборудования, марки и порядковые номера отопительно-вентиляционных установок (например, П1, П2,..., ВЕ1, ВЕ2,...,), номера стояков систем отопления (Ст1, Ст2).

Марки используемых отопительно-вентиляционных установок приведены в табл. 10.2.

Для многоэтажных жилых или общественных зданий с повторяющейся планировкой этажей допускается вычерчивание типового этажа.

Схемы систем вентиляции вычерчиваются в косоугольной аксонометрической проекции в том же масштабе, что и на планах.

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ТАБЛИЦА 10.2. МАРКИ УСТАНОВОК

Системы вентиляции и вентиляционных установок	Марка
С механическим побуждением:	
приточные системы (установки) и душирующие агрегаты	П
вытяжные системы (установки)	В
воздушные завесы	У
агрегаты отопительные	А
С естественным побуждением:	
приточные	ПЕ
вытяжные	ВЕ

Угол разворота координат — 45°. На схемах показывают диаметры или размеры сторон всех участков воздуховодов и расход воздуха, проходящего по участку (на схемах, приведенных в пояснительной записке, проставляют номера и длины расчетных участков).

На схемах вентиляционных систем показывают вентиляционное оборудование, воздухоприемники местных отсосов (с контуром обслуживаемого оборудования), воздухораспределители. Указывают отметки уровня оси круглых и низа прямоугольных воздуховодов, расположение лючков для замера параметров воздуха (ЛП) и лючков для чистки воздуховодов (ЛВ), регулирующие устройства и другие элементы систем.

Планы и разрезы вентиляционных камер выполняют аналогично планам этажей и разрезам здания. Элементы вентиляционных установок показывают жирными линиями. Воздуховоды на планах установок показывают штрихпунктирными линиями, на разрезах — сплошными линиями. Трубопроводы обвязки калорифера, воздухоохладителя, оросительной камеры показывают одной линией — при диаметре трубопровода до 100 мм и двумя линиями — при больших диаметрах. На планах и разрезах вентиляционных камер обязательно показывают строительные конструкции (тонкими линиями). Для определения места расположения камеры на плане и разрезах наносят разбивочные оси здания и указывают расстояния между ними, основные размеры, отметки и привязки установок к конструкциям зданий.

Элементы отопительно-вентиляционных установок обозначают марками, состоящими из обозначений установок и порядкового номера элемента. Например, для приточной установки П1 номера элементов записывают П1.1, П1,2, П1.3 и т. д.

Каждый компоновочный чертеж сопровождается спецификацией (размещается на листе с планом). Спецификация включает следующие сведения: марку элемента, ссылку на обозначение документов на элемент установки, наименование элемента, число элементов в данной установке, массу одного элемента в кг.

На листах дипломного проекта и в пояснительной записке следует поместить:

схематический план размещения отопительно-вентиляционных установок и кондиционеров, масштаб 1:400;

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

основные характеристики отопительно-вентиляционных систем (тип и характеристики вентилятора, электродвигателя, калорифера, фильтра и др.);

основные показатели отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха по объекту (расходы тепла, холода, электроэнергии, воды и пр.).

В примечаниях к соответствующим чертежам следует указать параметры теплоносителя, особые требования к установкам (взрывоопасность, кислотоустойчивость и др.), рекомендации по изготовлению, монтажу, окраске и изоляции отдельных элементов установок, трубопроводов и воздуховодов и другие технические рекомендации.

Соотношение между отдельными частями дипломного проекта и ориентировочная продолжительность работы приведены в табл. 10.3.

ТАБЛИЦА 10.3. ОРИЕНТИРОВОЧНАЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ РАБОТ

Содержание работы по этапам	Объем работ, %	Продолжительность работы, неделя
Ознакомление с материалами по теме дипломного проекта и сбор исходных данных для проектирования (сведения по технологии, о производственных вредных выделениях, по строительной части, выбор расчетных параметров наружного и внутреннего воздуха и пр.)	5	0,5
Проведение теплотехнического расчета наружных ограждений, расчета инфильтрации и теплопоступления от солнечной радиации	10	1
Составление балансов тепла, влаги, газов и воздуха в двух-четырех помещениях	10	1,5
Выбор и расчет систем отопления	10	2
Определение воздухообмена, выбор и расчет систем вентиляции и кондиционирования воздуха	10	1,5
Составление планов и разрезов здания и нанесение на них систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Выполнение конструктивных чертежей	15	2
Разработка проекта теплоснабжения объекта	5	0,5
Разработка проекта холодоснабжения объекта (котельная, системы горячего водоснабжения или газоснабжения, элементы разработок по гражданской обороне)	5	0,5
Составление схем системы автоматизации	5	1
Разработка проекта организации и производства монтажных работ. Экономические расчеты и сравнение вариантов	10	2
Разработка мероприятий по охране труда Противопожарная техника	5	0,5
Составление расчетно-пояснительной записки и согласование проекта с заведующим кафедрой	10	2
Итого	100%	15

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ПРИЛОЖЕНИЕ I. ЗАВИСИМОСТЬ КОЭФФИЦИЕНТОВ $B_{и.пом}$ ОТ $\bar{p}_v$ И ДРУГИХ ПАРАМЕТРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ИНФИЛЬТРАЦИЮ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА В ПОМЕЩЕНИЯХ

Зависимость коэффициента $B_{и\ пом}$ для помещения с двустороннim остеклением от $\bar{p}_v$ и b_F приведена на рис. I.1. Коэффициент b_F находят по формуле

$$b_F = F_з\ R_{ин}/F_н\ R_{из},$$

где $F_н$, $F_з$ — площади окон наветренного и заветренного фасадов; $R_{ин}$, $R_{из}$ — сопротивление воздухопроницанию конструкций окон наветренного и заветренного фасадов.

Зависимость коэффициента $B_{и.пом}$ для помещения с двусторонним остеклением от дисбаланса $\Delta G_{мех}$ и избыточного давления воздуха p_0 показана на рис. I.2. Величину $\overline{\Delta G}_{мех}$ определяют по формуле

$$\Delta\ \bar{G}_{мех} = \Delta\ G_{мех}/(j_{\Delta\ \rho}\ F_н).$$

Зависимость коэффициента $B_{и.пом}$ от соотношения геометрических размеров помещения с односторонним двухъярусным остеклением приведена на рис. I.3.

Зависимость коэффициента $B_{и.пом}$ от $\bar{p}_v$ для помещений с естественной вытяжной вентиляцией через шахты приведена на рис. I.4. Указанные величины определяют по формулам:

$$\bar{p}_ш = p_ш/H\Delta\gamma;$$

$$\bar{b}_ш = (H\Delta\gamma)^{1/2}/F_и\ j_{\Delta\ \rho}\ R_{н.и}.$$

Зависимость коэффициента $B_{и.пом}$ от $\bar{p}_v$ и $\bar{b}_{отв}$ для наветренного помещения, соединенного со смежным заветренным, приведена на рис. I.5. Вспомогательную величину $\bar{b}_{отв}$ вычисляют по формуле

$$\bar{b}_{отв} = F_{отв}\ (H\Delta\gamma)^{1/2}/F_1\ j_{\Delta\rho}\ R_{н.и}.$$

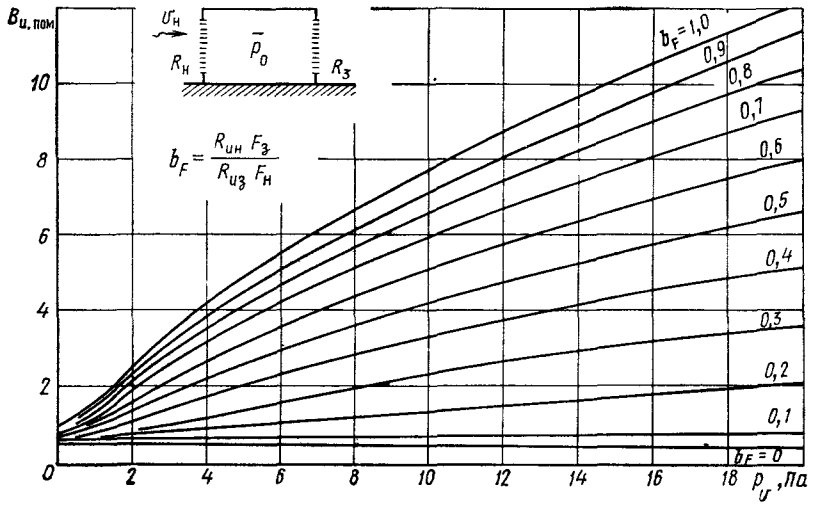


Рис. I.1. Зависимость $B_{и\ пом}$ от p_v и b_F для помещений с двусторонним остеклением

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

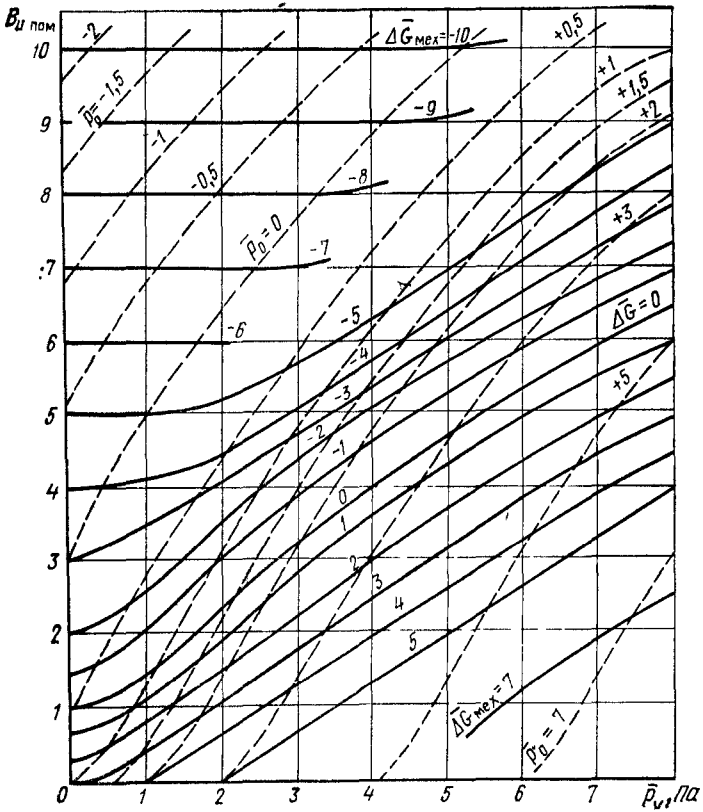


Рис. I 2 Зависимость $B_{и\ пом}$ от $\Delta G_{мех}$ и p_v для помещений с двусторонним остеклением

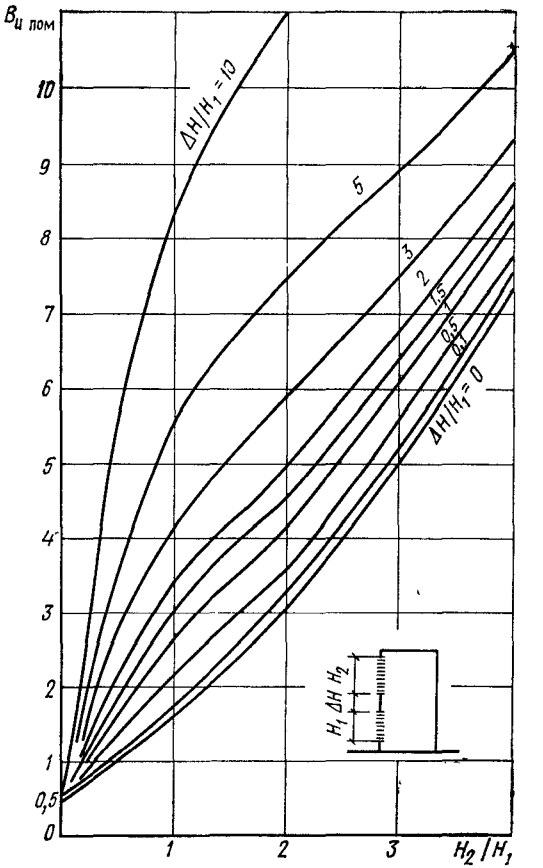


Рис. I.3. Зависимость $B_{и\ пом}$ от соотношения геометрических размеров помещения с односторонним двухъярусным остеклением

Электронная библиотека http://lgv.khstu.ru/

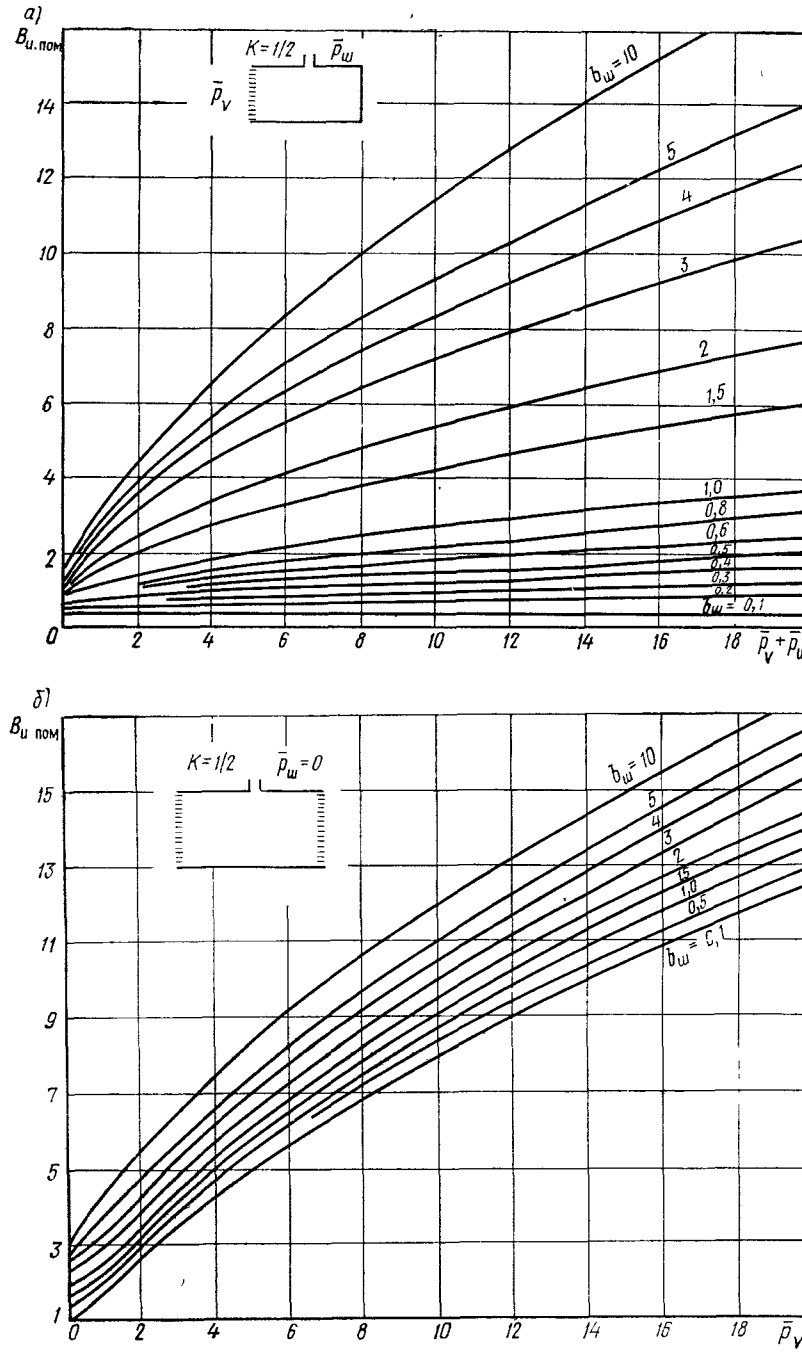
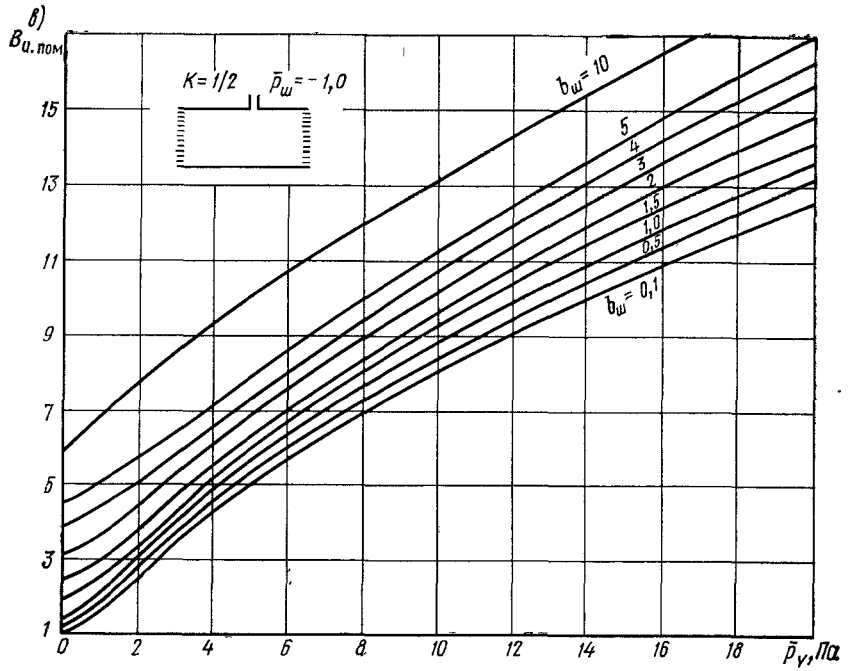
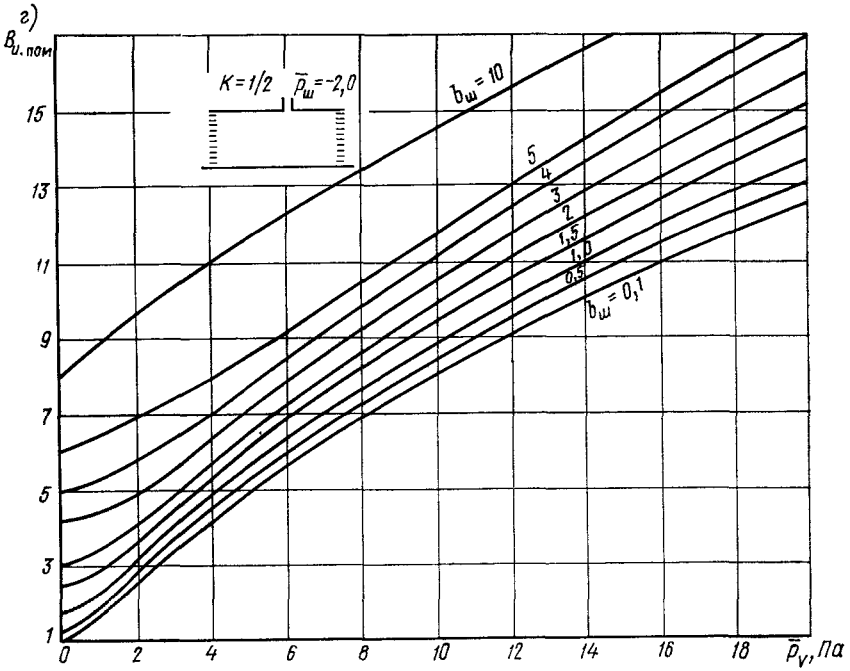


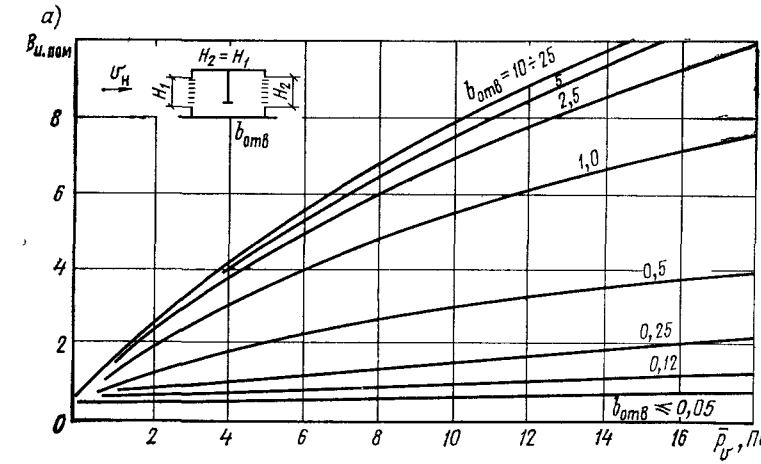
Рис. I.4. Зависимость $B_{и.пом}$ от $\bar{p}_v$ для помещений с естественной вытяжной вентиляцией

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/





Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/



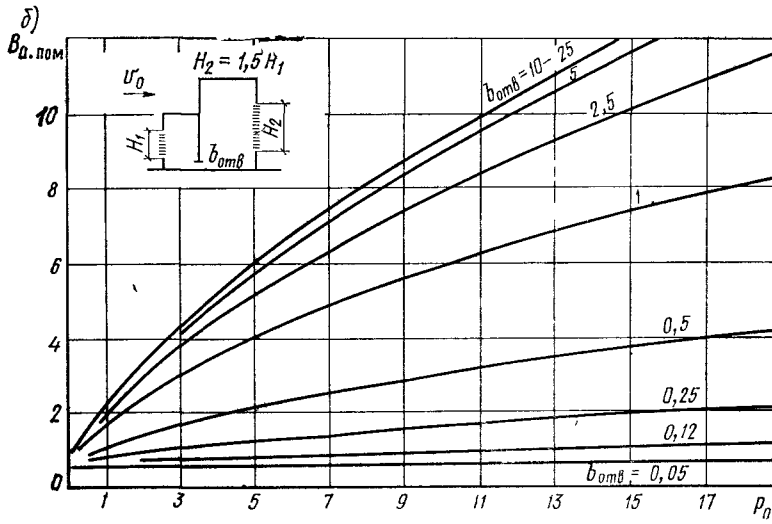
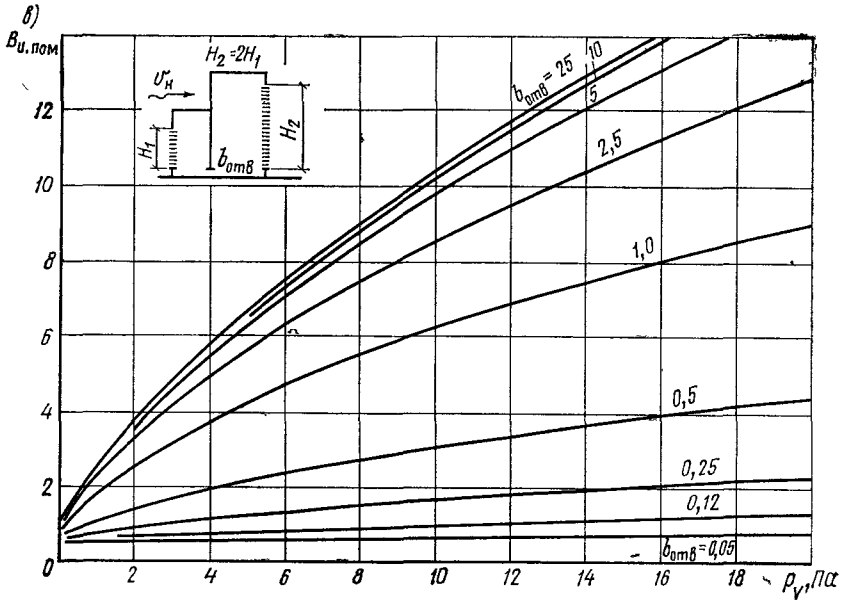
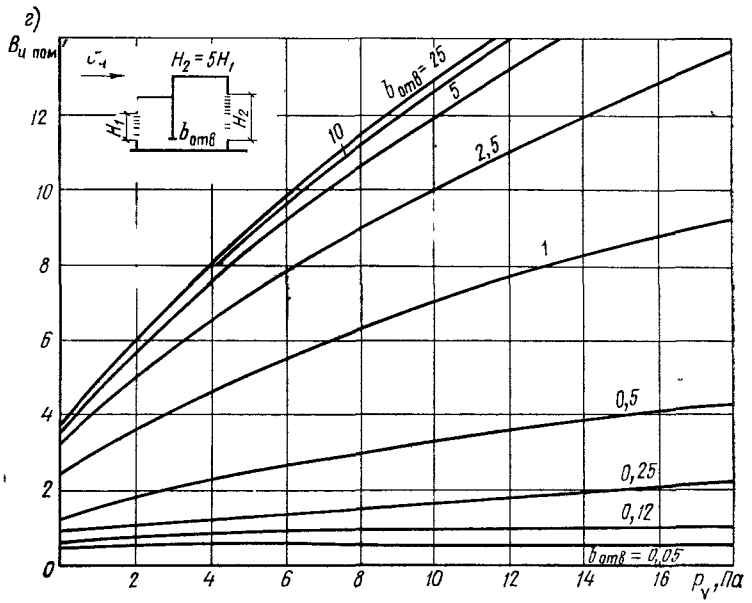


Рис. I.5. Зависимость $B_{и.пом}$ от $\bar{p}_v$ и $\bar{b}_{отв}$

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/





Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ПРИЛОЖЕНИЕ II. РЕЦЕПТУРА РАСТВОРИТЕЛЕЙ, РАЗБАВИТЕЛЕЙ И РАЗЖИЖИТЕЛЕЙ

Марка растворителя, разбавителя, разжижителя	Доля компонентов в растворителях, разбавителях, разжижителях											
	ксилол	ацетон	толуол	бутилацетат	сольвент	спирт этиловый	спирт бутиловый	этилцеллюлоза	уайт-спирит	бутанол	циклогексанон	этилацетат
Растворитель:												
Р-4		0,26	0,62	0,12								
Р-5	0,40	0,30		0,30								
Р-24	0,35	0,15			0,50							
Р-40		0,20	0,50					0,30				
645		0,03	0,50	0,18		0,10	0,10					0,09
646		0,07	0,50	0,10		0,10	0,15	0,08				
647			0,41	0,30			0,08					0,21
651							0,10	0,90				
Разбавитель:												
Р-7						0,50					0,50	
РЭ-2В				0,20	0,60			0,20				
РЭ-10В					0,40			0,20		0,40		
РЭ-11В	0,40			0,20			0,30				0,10	
Разжижитель			0,40	0,15		0,30			0,15			

Электронная библиотека http://lgv.khstu.ru/

ПРИЛОЖЕНИЕ III. РАБОЧИЕ МЕСТА, ДЛЯ КОТОРЫХ ТРЕБУЮТСЯ ДУШИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Помещения	Рабочие места и категории работ	Интенсивность теплового облучения, Вт/м²
	Литейный цех	
Колошниковая площадка	Кабина шаржирного крана; работа легкая	350—700
	Загрузочная площадка вагранки; работа тяжелая при загрузке вручную	700—1400
Плавильно-заливочное отделение стали и чугуна	Рабочая площадка у летки вагранки, работа средней тяжести	350—700
	Рабочее место у копильника вагранки; работа средней тяжести [1]	700—1400
	Рабочее место заливщика на конвейере, работа средней тяжести	1400—2100
	Рабочее место шлаковщика на конвейере; работа средней тяжести	1400—2100
	Рабочее место загрузки плавильных и отжигательных печей; работа тяжелая	700—1850
	Рабочее место наращивания электродов на печи; работа средней тяжести	1400—2100
Плавильно-заливочное отделение литья медных сплавов (латуни и бронзы)	Рабочее место у печи ДМК; работа средней тяжести и тяжелая	350—700
	То же, у индукционной печи; работа средней тяжести и тяжелая	2100
	Рабочее место заливщика; работа средней тяжести и тяжелая	1400—2100
	Рабочее место у тигельной газовой печи, работа средней тяжести и тяжелая	350—700
	Рабочее место у раздаточной печи; работа средней тяжести	350—700
Выбивное отделение	У выбивной решетки на конвейере; работа тяжелая	700—1400
	У крупной выбивной решетки периодического действия; работа тяжелая	350—700
	У вибраторов для выбивки стержней; работа тяжелая	1400—2100
Сушильное отделение стержней с расположением топок в приямках	На постоянных рабочих местах у горелок или форсунок при газообразном и жидком топливе, а также у дверей и проемов сушил; работа средней тяжести	350—700
Смесеприготовительное отделение	На рабочих местах у смесителей с ручной загрузкой; работа тяжелая	—
	Термический цех	
Печной зал	Ванны электродно-соляные, агрегаты закалки и цианирования, закалочные камерные печи, колодцы для охлаждения изделий, работа тяжелая	1400—2100

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

Продолжение прил. III.

Помещения	Рабочие места и категории работ	Интенсивность теплового облучения, Вт/м²
	Шахтные газовые и электрические цементационные печи, электродно-соляные печи с $t=850\div900°C$, тигельные газовые печи-ванны, агрегаты для отпуска изделий, столы для напайки твердых сплавов; работа тяжелая	700—1400
Печной зал	Селитровые и щелочные с газовым подогревом и масляные закалочные ванны, шахтные электрические отпускные и камерные газовые с выдвижным подом печи; работа тяжелая	350—700
	Кузнечно-прессовый цех	
Молотовые пролеты	Нагревательные печи, молоты; работа тяжелая	1400—2100
	Места складирования изделий после отковки; работа тяжелая	350—700
Пролеты с прессами и ковочными машинами	Прессы; работа тяжелая	1400—2100
	Места складирования изделий после прессовки, пульты управления; работа тяжелая	700—1400
	Кабина крановщика; работа тяжелая	700—1400

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ПРИЛОЖЕНИЕ IV. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА

ТАБЛИЦА IV.1. УДЕЛЬНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РАСХОДЫ И СМЕТНАЯ СТОИМОСТЬ

Тип пылеуловителя (расход воздуха, тыс. м³/ч)	Удельные энергетические расходы на 1000 м³ воздуха		Удельная сметная стоимость, руб/(1000 м³·ч)
	электроэнергии, кВт	воды, м³	
Электрофильтры:			
сухие трехпольные (90—230)	0,5—1	—	500—600
мокрые	0,3—0,5	4—6	—
Скрубберы:			
Вентури (30—90)	1—4	0,5—1,2	10—20
форсуночные	0,15—0,2	3—6	—
Центробежные скрубберы:			
ЦС-ВТИ (20—25)	0,3—0,35	0,1	110—140
МП-ВТИ (100—200)	0,35—0,4	0,1—0,14	40—50
Пенные аппараты с решетками:			
провальными (20—55)	0,2—0,25	0,8—0,9	40—50
переливными (20—55)	0,2—0,25	0,2—0,3	40—50
Рукавные тканевые фильтры (30—90)	0,4—0,6	—	2000—2300
Циклоны:			
ЦН-15 (10—50)	0,2—0,25	—	35—45
батарейные (5—20)	0,2—0,25	—	45—55

Примечание. Удельная стоимость мокрых пылеуловителей дана без учета стоимости водного хозяйства.

ТАБЛИЦА IV.2. ГОДОВЫЕ ЗАТРАТЫ, РУБ, НА СМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПРИ ОЧИСТКЕ ВОЗДУХА В ВОЗДУШНЫХ ФИЛЬТРАХ

Фильтры	Затраты на очистку 100 тыс. м³/ч воздуха при сопротивлении фильтра		
	постоянном, равном 80—100 Па	конечном	
		150 Па	300 Па
Масляные самоочищающиеся типа Кд, Кт и ФШ со смачивателем:			
а) нефтяными маслами:			
при одноразовом пользовании	149	—	—
при механическом удалении шлама	88	—	—
б) синтетической жидкостью ПМС	705	—	—
в) 70%-ным водно-глицериновым раствором	219	—	—
Рулонные ФРУ при удельной воздушной нагрузке на фильтрующий материал 8300 м³/(ч·м²)	—	862	455
Панельные ФР2 при удельной воздушной нагрузке на фильтрующий материал 2500 м³/(ч·м²)	—	4800	2200
Электрические ФЭ со стекловолокнистыми противоуносными матами	—	405	—

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

ПРИЛОЖЕНИЕ V. ХАРАКТЕРИСТИКА ВОЗДУШНЫХ ФИЛЬТРОВ

Тип	Вид	Класс по эффективности	Допустимая воздушная нагрузка, м³/(ч м²)	Конечное сопротивление при указанной пылеемкости, Па	Пылеемкость при достижении указанного конечного сопротивления, г/м²	Предельная начальная запыленность воздуха, мг/м³
		Смоченные пористые				
Масляные	Ячейковые ФяР	III	7000	150	2400	3
	Ячейковые ФяВ		7000	150	2600	3
	Самоочищающиеся Кд, КдМ, Кт		7000	80—100	7—15*	1
Волокнистые смоченные	Самоочищающиеся ФШ	III	8000	80	7—15*	5
	Ячейковые ФяУ	III	7000	150	570	0,5
	Рулонные ФРУ	III	10000	300	670	1
		Сухие пористые				
Волокнистые сухие	Ячейковые ЛАИК	I	—	—	—	0,05
	Ячейковые ФяЛ	I	7000	300	900	0,15
	Панельные ФР2	III	10000	300	570	0,5
	Рулонные ФРП	III	9000	200	1000	6
Губчатые	Ячейковые ФяП	III	7000	150	350	0,5
Электрические	Агрегатные ФЭ и тумбочные ЭФ-2 (ФЭ-2М)	II	8000	150	1500	10

* В процентах от массы масла.

Электронная библиотека http://lgy.khstu.ru/

Список литературы

1. **Андреевский А. К., Курпан М. И.** Курсовой проект по отоплению и вентиляции гражданских зданий. — Минск: Высшая школа, 1979.
2. **Баркалов Б. В., Карпис Е. Е.** Кондиционирование воздуха в промышленных, общественных и жилых зданиях. — М.: Стройиздат, 1982.
3. **Богословский В. Н. и др.** Отопление и вентиляция. Часть II. Вентиляция. — М.: Стройиздат, 1976.
4. **Богословский В. Н.** Строительная теплофизика. — М.: Высш. школа, 1982.
5. **Богуславский Л. Д.** Снижение расхода энергии при работе систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. — М.: Стройиздат, 1982.
6. **Воздух** рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования: ССБТ ГОСТ 12.1.005—76. — М.: Изд-во стаидартов, 1977.
7. **Гримитлин М. И.** Распределение воздуха в помещении. — М.: Стройиздат, 1982.
8. **Долин Л. С.** Справочник по вентиляции, кондиционированию и теплоснабжению предприятий пищевой промышленности. — М.: Пищепром, 1969.
9. **Метеорологические** аспекты загрязнения и промышленные выбросы. Основные термины и определения: ГОСТ 17.2.1.04—77.—М.: Изд-во стандартов, 1977.
10. **Каменев П. Н.** Отопление и вентиляция. Часть I. Отопление. — М.: Стройиздат, 1975.
11. **Карпис Е. Е.** Повышение эффективности работы систем кондиционирования воздуха. — М.: Стройиздат, 1977.
12. **Кокорин О. Я., Ставицкий Л. И., Кронфельд Я. Г.** Кондиционирование воздуха в многоэтажных зданиях. — М.: Стройиздат, 1981.
13. **Кокорин О. Я.** Установки кондиционирования воздуха. — М.: Машиностроение, 1970.
14. **Константинова В. Е.** Воздушно-тепловой режим в жилых зданиях повышенной этажности. — М.: Стройиздат, 1969.
15. **Пирумов А. И.** Очистка воздуха. — М.: Стройиздат, 1981.
16. **Писаренко В. Л., Рогинский М. Л.** Вентиляция рабочих мест в сварочном производстве. — М.: Машиностроение, 1981.
17. **Рекомендации** по выбору и расчету систем воздухораспределения. АЗ-669. — М.: Сантехпроект, 1979.
18. **Рекомендации** по расчету инфильтрации наружного воздуха в одноэтажные производственные здания. — М.: Промстройпроект, 1981.
19. **Реттер Э. И., Стриженов С. И.** Аэродинамика зданий. — М.: Стройиздат, 1968.
20. **Рымкевич А. А., Халамайзер М. Б.** Управление системами кондиционироваиия воздуха. — М.: Машиностроение, 1977.
21. **Санитарные** нормы проектирования промышленных предприятий. СН 245-71.— М.: Стройиздат, 1972.
22. **Справочник** проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Часть II. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Под ред. И. Г. Староверова. — М.: Стройиздат, 1977.
23. **Справочник** проектировщика. Защита от шума. Под ред. Е. Я. Юдина. — М.: Стройиздат, 1974.
24. **Сазонов Э. В.** Отопление и вентиляция основных пронзводственных цехов машиностроительных заводов: Учеб. пособие для вузов. — Воронеж: Изд. ун-та, 1977.
25. **Строительные** нормы и правила. Отопление, вентиляция и кондиционированне воздуха: СНиП 2.04.05-84. — М.: Стройиздат, 1985.
26. **Строительные** нормы и правила. Защита от шума: СНиП II-12-77. — М.: Стройиздат, 1978.
27. **Строительные нормы и правила.** Производственные здания промышленных предприятий: СНиП II-90-81. — М.: Стройиздат, 1982.

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

28. **Строительные** нормы и правила. Предприятия по обслуживанию автомобилей: СНиП II-93-74. — М.: Стройиздат, 1975.
29. **Строительные** иормы и праввла. Магазииы: СНиП II-77-80. — М.: Стройиздат, 1981.
30. **Строительные** иормы и правила Спортивиые сооружеиия: СНиП II-76-78. — М.: Стройиздат, 1979.
31. **Строительные** иормы и правила. Предприятия обществеииого питания: СНиП II-Л.8-71. — М.: Стройиздат, 1972.
32. **Строительные** нормы и правила. Театры: СНиП II-Л.20-69. — М.: Стройиздат, 1969.
33. **Строительные** иормы и правила. Кииотеатры: СНиП II-73-76. — М.: Стройиздат, 1978.
34. **Строительные** иормы и правила. Клубы: СНиП II-Л.16-71. — М.: Стройиздат, 1972.
35. **Строительные** нормы и правила. Лечебно-профилактические учреждеиия: СНиП II-69-78. — М.: Стройиздат, 1979.
36. **Талиев В. Н.** Аэродииамика веитиляции. — М.: Стройиздат, 1979.
37. **Титов В. П.** Особеииости струй воздушиых завес. — Тр. ии-та МИСИ, 1980, № 177.
38 **Тишкии В. С.** Расчет рассеиваиия веитиляциоииых выбросов и степени загрязиеиия атмосферного воздуха: Методические указания. — М.: МИСИ им. Куйбышева, 1982.
39. **Указаиия** по расчету рассеивания в атмосфере выбросов предприятий: СН 369-74. — М.: Стройиздат, 1975.
40 **Фиалковская Т. А.** Вентиляция при окраске изделий. — М . Машиностроеиие, 1977
41. **Шепелев И. А.** Аэродинамика воздушных потоков в помещении. — М.: Стройиздат, 1978
42. **Щекии Р. В., Кореневский С. М.** и др. Справочиик по теплоснабжению и вентиляции. Ки. 2. Веитиляция и коидициоииронаиие воздуха. — Киев: Будівельиик, 1976.

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/

Оглавление

		Стр.
Предисловие		3
Глава 1.	Исходные данные для проектирования	4
§ 1.	Архитектурно-строительиая характеристика здаиия	4
§ 2.	Характеристика технологических процессов	5
§ 3.	Расчетные параметры наружного воздуха	6
§ 4.	Расчетные параметры внутреннего воздуха	8
Глава 2.	Тепловой режим помещения	15
§ 5.	Расчет потерь тепла помещениями	15
§ 6.	Расчет поступлеиий тепла в помещение	19
§ 7.	Уравнения теплового баланса помещеиия	29
Глава 3.	Расчет поступлений в помещение вредных веществ	30
§ 8.	Определение влагопоступления	30
§ 9.	Определение газо- и паровыделеиий	32
§ 10.	Определение пылевыделений	42
Глава 4.	Воздушиый режим помещеиий	44
§ 11.	Основы воздушного режима здания	44
§ 12.	Выбор принципиальных решений по отоплению и вентиляции	49
§ 13.	Расчет производительности технологических и местных отсосов	71
§ 14.	Расчет воздушного душироваиия	83
§ 15.	Уравнеиия воздушных балансов вентилируемых помещений	89
§ 16.	Расчет воздухообменов общеобмеиной вентиляции	90
Глава 5.	Коиструирование и расчет систем и устройств, обеспечивающих тепловоздушный режим здания	99
§ 17.	Системы отопления	99
§ 18.	Распределение приточиого воздуха в помещении	103
§ 19.	Воздушные завесы	115
Глава 6.	Конструироваиие и расчет систем вентиляции и кондиционироваиия воздуха	122
§ 20.	Воздуховоды	122
§ 21.	Системы естественной вентиляции	138
§ 22.	Вентиляционные камеры	144
§ 23.	Защита от шума	149
Глава 7.	Противопожарные требования при проектировании систем отопления и вентиляции	153
§ 24.	Категория производства	153
§ 25.	Особеиности проектирования систем отопления и вентиляции пожаро- и взрывоопасиых производств	154
Глава 8.	Защита атмосферы от загрязнения	160
§ 26.	Общие положения	160
§ 27.	Подбор и проектирование очистных устройств	162
Глава 9.	Технико-экоиомические показатели проекта	176
§ 28.	Выбор экоиомически целесообразного варианта	176
§ 29.	Основиые технико-экономические показатели проекта	184
Глава 10.	Рекомендации по оформлению проекта	185
§ 30.	Расчетно-пояснительная записка	185
§ 31.	Графическая часть проекта	190
Приложения		195
Список литературы		206

Электронная библиотека http://tgv.khstu.ru/