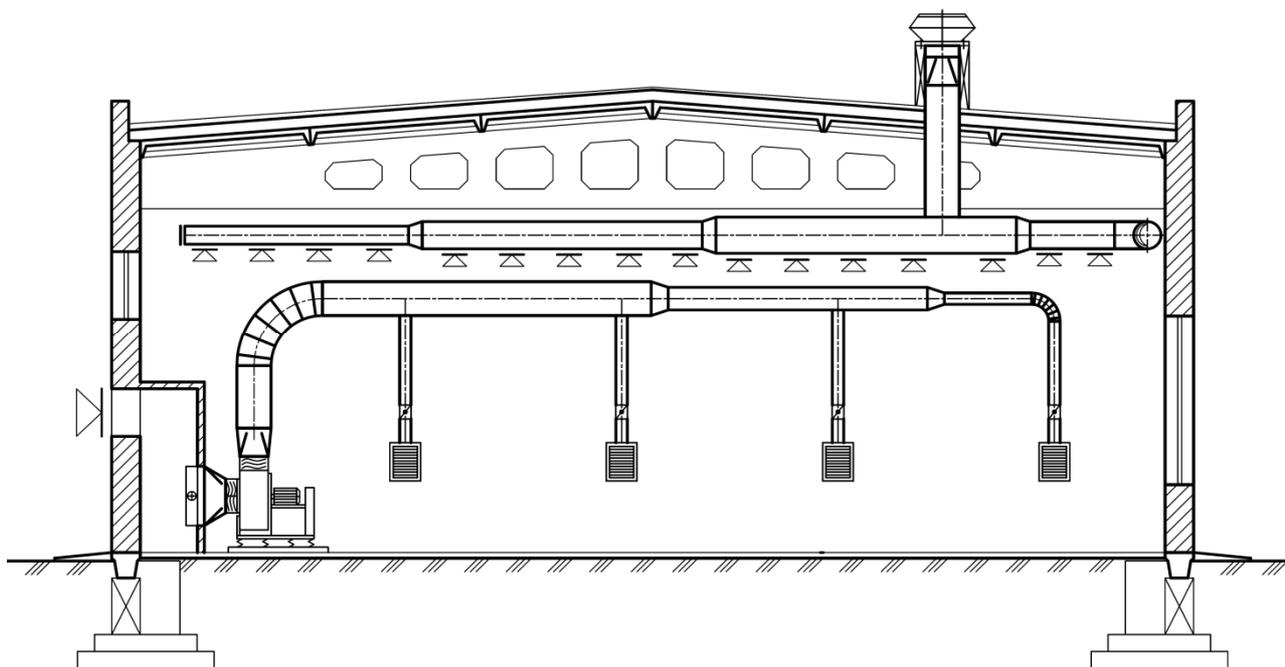


В. В. СУХОВ, М. С. МОРОЗОВ

ИНЖЕНЕРНЫЕ СЕТИ

Учебное пособие



Нижний Новгород
2019

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

В.В. Сухов, М.С. Морозов

Инженерные сети

Утверждено редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия

Под общей редакцией доцента В.В. Сухова

Нижний Новгород
ННГАСУ
2019

ББК 31.3
С 91
М 80
УДК 696.697

Рецензенты:

А. С. Сергеенко – канд. техн. наук, руководитель обособленного подразделения «Вега – Нижний Новгород»
Е. Г. Ионычев – канд. техн. наук, генеральный директор ЗАО «Проектпромвентиляция»

Сухов, В. В. Инженерные сети [Текст]: учеб. пособие / В. В. Сухов, М. С. Морозов; под общ. ред. В. В. Сухова; Нижегор. гос. архитектур. - строит. ун - т – Н. Новгород: ННГАСУ, 2019. – 179 с. ISBN 978-5-528-00377-1

В учебном пособии приведены основные сведения о системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, обеспечивающие необходимый микроклимат в помещениях зданий различного назначения. Изложены методики инженерных расчетов. Представлены необходимые справочные данные. Каждая глава учебного пособия содержит контрольные вопросы и задания для самостоятельной работы.

Предназначено студентам по направлению подготовки 27.03.01 Стандартизация и метрология, профиль Стандартизация и сертификация в качестве лекционного курса по дисциплине «Инженерные сети».

Ключевые слова: отопление, вентиляция, трубопровод, нагревательный прибор, теплота, инфильтрация, арматура, тепловой пункт, гидравлический расчет, воздухообмен, кондиционирование воздуха, воздуховод, влажный воздух, кондиционер.

ББК 31.3

ISBN 978-5-528-00377-1

© В. В. Сухов,
М. С. Морозов, 2019
© ННГАСУ, 2019

ВВЕДЕНИЕ

Основное назначение систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха состоит в обеспечении заданных микроклиматических условий в помещениях зданий различного назначения. Поддержание определенных параметров среды в помещениях в течение года важно и в целях обеспечения долговечности ограждающих конструкций зданий и сооружений.

За последние годы в нашей стране произошли глубочайшие изменения в области строительной индустрии. При строительстве зданий и сооружений используют не только отечественную, но и зарубежную технику и технологию. На российском рынке появились новые виды инженерного оборудования, которые ранее в Российской Федерации не использовались.

Проблема рационального энергосбережения инженерными системами остается чрезвычайно актуальной, так как системы зданий являются, как правило, энергоемкими. Следовательно, инженерные системы должны работать таким образом, чтобы количество воздуха, воды, газа, теплоты, подаваемые в каждое помещение зданий, определялись текущей потребностью. Такие требования могут обеспечить только автоматизированные системы, оснащенные приборами учета тепло-, газо-, водопотребления. Предъявляемые требования к обслуживанию современного инженерного оборудования предполагают четкую организацию эксплуатации, которая может быть обеспечена лишь на высоком уровне инженерно-технической подготовки персонала.

Дисциплину «Инженерные сети» студенты направления подготовки 27.03.01 Стандартизация и метрология, профиль Стандартизация и сертификация изучают три семестра. Настоящее учебное пособие предназначено для последнего третьего семестра изучения.

1. МИКРОКЛИМАТ ПОМЕЩЕНИЙ И СИСТЕМЫ ЕГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Здоровье и работоспособность человека в значительной степени зависят от того, насколько помещение в санитарно-гигиеническом отношении удовлетворяет его физиологическим требованиям.

Под микроклиматом помещения понимается совокупность теплового, воздушного и влажностного режимов в их взаимосвязи. Основное требование к микроклимату – поддержание благоприятных условий для людей, находящихся в помещении. В результате протекающих в организме человека процессов обмена веществ освобождается энергия в виде теплоты. Эта теплота путем конвекции, излучения, теплопроводности и испарения должна быть передана окружающей среде, поскольку организм человека стремится к сохранению постоянной температуры (+36,6 °С). Поддержание постоянной температуры организма обеспечивает физиологическая система терморегуляции. Для нормальной жизнедеятельности и хорошего самочувствия человека должен быть тепловой баланс между теплотой, вырабатываемой организмом, и теплотой, отдаваемой в окружающую среду.

Интенсивность теплоотдачи человека зависит от микроклимата помещения, характеризующегося температурой внутреннего воздуха t_v , радиационной температурой помещения (осредненной температурой его ограждающих поверхностей) t_R , скоростью движения (подвижностью) и относительной влажностью ϕ_v воздуха. Сочетания этих параметров микроклимата, при которых сохраняется тепловое равновесие в организме человека и отсутствует напряжение в его системе терморегуляции, называют комфортными или оптимальными. Кроме оптимальных, различают допустимые сочетания параметров микроклимата, при которых человек ощущает небольшой дискомфорт.

Часть помещения, в которой человек находится основное рабочее время, называют обслуживаемой или рабочей зоной. Комфорт должен быть обеспечен, прежде всего, в этой зоне.

Тепловые условия в помещении зависят главным образом от t_B и t_R , т. е. от его температурной обстановки, которую принято характеризовать двумя условиями комфортности. Первое условие комфортности температурной обстановки определяет такую область сочетаний, при которых человек, находясь в центре рабочей зоны, не испытывает ни перегрева, ни переохлаждения.

Для спокойного состояния человека эта область температур составляет $+21...+23$ °С, при легкой работе $+19...+21$ °С, при тяжелой работе $+14...+16$ °С.

Второе условие комфортности определяет допустимые температуры нагретых и охлажденных поверхностей при нахождении человека в непосредственной близости от них. Во избежание недопустимого радиационного перегрева или переохлаждения головы человека поверхности потолка и стен могут быть нагреты до допустимой температуры $t_{\text{нагр}}^{\text{доп}} \leq 19,2 + 8,7/\varphi$ или охлаждены до температуры $t_{\text{нагр}}^{\text{доп}} \geq 23 - 5/\varphi$, где φ – коэффициент облученности от поверхности элементарной площадки на голове человека в сторону нагретой или охлажденной поверхности.

Температура поверхности холодного пола зимой может быть лишь на $+2...+2,5$ °С ниже температуры воздуха помещения вследствие большой чувствительности ног человека к переохлаждению, но и не выше $+22...+34$ °С в зависимости от назначения помещений. Основные нормативные требования к микроклимату помещений содержатся в литературе [1, 2, 3, 5].

При определении расчетных метеорологических условий в помещении учитывается способность человеческого организма к акклиматизации в разное время года, интенсивность выполняемой работы и характер тепловыделений в помещении.

Расчетные параметры наружного воздуха нормируются в зависимости от периода года. Различают три периода года: теплый, холодный и переходный. Холодный период года характеризуется среднесуточной температурой наружного воздуха t_n ниже $+10$ °С, теплый – при t_n выше $+10$ °С и переходный – при $t_n = +10$ °С.

По интенсивности труда все виды работ делят на три категории: легкие, средней тяжести и тяжелые с затратой энергии до 172 Вт, 172...193 Вт и более 293 Вт соответственно.

В зависимости от интенсивности явных тепловыделений различают три группы помещений: с незначительными теплоизбытками явной теплоты (до 23 Вт/м³); со значительными избытками явной теплоты (более 23 Вт/м³); жилые, общественные помещения и вспомогательные помещения производственных зданий при всех значениях явной теплоты. Под избытком явной теплоты понимают остаточное количество явной теплоты (за вычетом теплопотерь) после осуществления всех мероприятий по их уменьшению.

Оптимальные и допустимые метеорологические условия в обслуживаемой зоне жилых, общественных и административно-бытовых помещений устанавливает ГОСТ [2], а в рабочей зоне производственных помещений ГОСТ [1]. В холодный период года оптимальная температура воздуха составляет: для легкой работы +20...+23 °С, для работы средней тяжести +17...+20 °С, для тяжелой работы +16...+18 °С; допустимые температуры равны соответственно +19...+25 °С, +15...+23 °С и +13...+19 °С. Для теплого периода года оптимальные температуры воздуха для указанных категорий работ составляют соответственно +22...+25 °С, +21...+23 °С и +18...+21 °С. Максимально допустимая температура воздуха в рабочей зоне равна +28 °С и лишь при расчетной температуре наружного воздуха больше +25 °С допускается до +33 °С.

Оптимальные значения относительной влажности воздуха нормируются в диапазоне 40...60 %. Оптимальные скорости воздуха в помещении для холодного периода года принимаются 0,2...0,3 м/с, а для теплого 0,2...0,5 м/с.

В теплый период года метеорологические условия не нормируются в помещениях жилых зданий, а также в общественных, административно-бытовых и производственных помещениях в периоды, когда они не используются и в нерабочее время. Требуемый микроклимат в помещении создается следующими системами инженерного оборудования зданий: отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

Системы отопления служат для создания и поддержания в помещениях в холодный период года необходимых температур воздуха, регламентируемых соответствующими нормами. Таким образом, они позволяют разрешить лишь одну из задач по созданию и обеспечению микроклимата в помещении – необходимого теплового режима.

В тесной связи с тепловым режимом помещений находится воздушный режим, под которым понимают процесс обмена воздухом между помещениями и наружным воздухом. Системы вентиляции предназначены для удаления из помещений загрязненного и подачу в них чистого воздуха. При этом расчетная температура внутреннего воздуха не должна изменяться.

Система вентиляции состоит из устройств для нагревания, увлажнения и осушения приточного воздуха.

Системы кондиционирования воздуха являются более совершенными средствами создания и обеспечения в помещениях улучшенного микроклимата, т. е. заданных параметров воздуха: температуры, влажности и чистоты при допустимой скорости движения воздуха в помещении независимо от наружных метеорологических условий и переменных по времени вредных выделений в помещениях.

Определение расчетных наружных условий для зимнего периода в основном сводится к установлению расчетного сочетания t_n и v_n с учетом заданного коэффициента обеспеченности $k_{об.п.}$, показывающего в долях единицы или в процентах число случаев n , когда недопустимо отклонение от расчетных условий.

Летний период года определяется, прежде всего, интенсивностью солнечной радиации и температурой наружного воздуха. За расчетный летний период принимают наиболее жаркие летние сутки. Кроме того, необходимо знать продолжительность облучения ограждений зданий данной ориентации солнечной радиацией в течение суток и время максимума действия солнечной радиации.

Расчетные параметры наружного воздуха устанавливаются на основании данных метеорологических наблюдений в различных географических пунктах.

2. СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

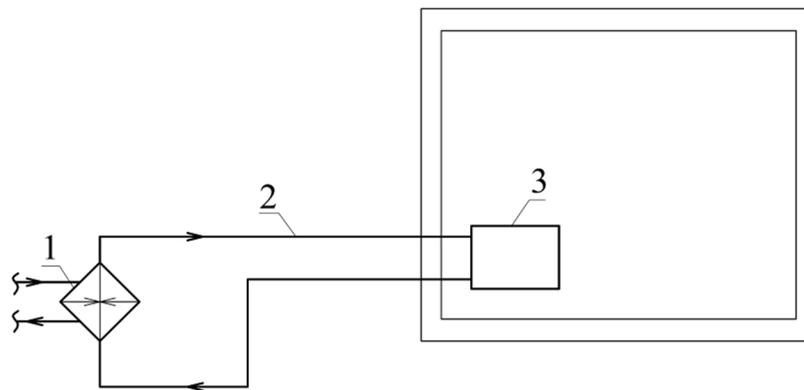


Рис. 2.1. Принципиальная схема системы отопления

Система отопления представляет собой комплекс элементов, предназначенных для получения, переноса и передачи необходимого количества теплоты в обогреваемые помещения. Каждая система отопления (рис. 2.1) включает в себя три основных элемента: *теплогенератор 1*, служащий для получения теплоты и передачи ее теплоносителю, *системы теплопроводов 2* для транспортировки по ним теплоносителя от теплогенератора к *отопительным приборам 3*, передающих теплоту от теплоносителя воздуху и ограждениям помещения. В качестве теплогенератора для системы отопления может служить отопительный котельный агрегат, в котором сжигается топливо, а выделяющаяся теплота передается теплоносителю или любой другой теплообменный аппарат, использующий иной, чем в системе отопления, теплоноситель [9].

К системе отопления предъявляют следующие требования:

– *санитарно-гигиенические* – обеспечение требуемых соответствующими строительными нормами и правилами температур во всех точках помещения и поддержание температур внутренних поверхностей наружных ограждений и отопительных приборов на определенном уровне;

– *экономические* – обеспечение минимума приведенных затрат по сооружению и эксплуатации, определяемого технико-экономическим сравнением вариантов различных систем, небольшого расхода металла;

– *строительные* – обеспечение соответствия архитектурно-планировочным и конструктивным решениям здания, увязка размещения отопительных элементов со строительными конструкциями;

– *монтажные* – обеспечение монтажа промышленными методами с максимальным использованием унифицированных узлов заводского изготовления при минимальном количестве типоразмеров;

– *эксплуатационные* – простота и удобство обслуживания, управления и ремонта, надежность, безопасность и бесшумность действия;

– *эстетические* – хорошая сочетаемость с внутренней архитектурной отделкой помещения, минимальная площадь, занимаемая системой отопления.

2.1. Классификация систем отопления

Классификацию систем отопления проводят по ряду признаков:

– по взаимному расположению основных элементов системы отопления подразделяются на центральные и местные.

Центральными называют системы отопления, предназначенные для отопления нескольких помещений из одного теплового пункта, где находится теплогенератор (котельная, ТЭЦ).

Центральными могут быть системы водяного, парового и воздушного отопления. Примером центральной системы отопления может служить система водяного отопления здания с собственной (местной) котельной.

Местными системами отопления называют такой вид отопления, при котором все три основных элемента конструктивно объединены в одном устройстве, установленном в обогреваемом помещении;

– по виду теплоносителя, передающего теплоту отопительными приборами в помещения, центральные системы отопления подразделяют на *водяные, паровые, воздушные и комбинированные* (например, пароводяные, паровоздушные);

– по способу циркуляции теплоносителя центральные и местные системы водяного и воздушного отопления подразделяют на системы с *естественной*

циркуляцией за счет разности плотностей холодного и горячего теплоносителя и системы с *искусственной циркуляцией* за счет работы насоса. Центральные паровые системы имеют искусственную циркуляцию за счет давления пара;

– по параметрам теплоносителя центральные водяные и паровые системы подразделяют на водяные *низкотемпературные* с водой, нагретой до 100 °С и *высокотемпературные* с температурой воды более 100 °С; на паровые системы *низкого* ($p = 0,1 \dots 0,17$ МПа), *высокого* ($p = 0,17 \dots 0,3$ МПа) давления и *вакуум-паровые* с давлением $p < 0,1$ МПа.

2.2. Теплоносители в системах отопления

Теплоносителем для системы отопления, в принципе, может быть любая среда, обладающая хорошей способностью аккумулировать тепловую энергию и изменять теплотехнические свойства, подвижная, дешевая, не ухудшающая санитарные условия в помещениях, позволяющая регулировать отпуск теплоты, в том числе автоматически. Кроме того, теплоноситель должен способствовать выполнению требований, предъявляемых к системе отопления.

Наиболее широко в системах отопления используют воду, водяной пар и воздух, поскольку эти теплоносители в наибольшей степени отвечают перечисленным требованиям. Рассмотрим основные физические свойства каждого из теплоносителей, которые оказывают влияние на конструкцию и действие системы отопления.

Свойства воды: высокая теплоемкость и большая плотность, несжимаемость, расширение при нагревании, с уменьшением плотности, повышение температуры кипения при увеличении давления, выделение абсорбированных газов при повышении температуры и понижении давления.

Свойства пара: малая плотность, высокая подвижность, высокая энтальпия за счет скрытой теплоты фазового превращения; повышение температуры и плотности с возрастанием давления.

Свойства воздуха: низкая теплоемкость и плотность, высокая подвижность, уменьшение плотности при нагревании.

Краткая характеристика параметров теплоносителей для систем отопления приведена в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Сравнение характеристик основных теплоносителей для системы отопления

Параметры	Теплоноситель		
	Вода	Пар	Воздух
Температура, разность температур, °С	150 – 70 = 80	130	60 – 15 = 45
Плотность, кг/м ³	917	1,5	1,03
Удельная теплота конденсации, кДж/кг	-	2175	-
Массовая теплоемкость, кДж/(кг·°С)	4,310	1,840	1,005
Количество теплоты для отопления в объеме 1 м ³ теплоносителя, кДж	316370	3263	46,4
Скорость движения, м/с	0,3...1,5	30...80	5...15
Соотношение площади поперечного сечения трубопроводов	1	1,8	680

2.3. Техничко-экономическое сравнение основных систем отопления.

Область применения

Одним из важнейших технико-экономических показателей систем отопления является масса металла, расходуемого на изготовление основных элементов при том или ином теплоносителе, существенно влияющая на капитальные и эксплуатационные затраты в системе отопления. А масса металла, расходуемого на изготовление отопительных приборов, теплообменников и теплопроводов, зависит от вида используемого теплоносителя. Так, на отопительные приборы и теплообменники водяных систем отопления расходуется больше метал-

ла, чем на калориферы – теплообменники воздушных систем. Однако за счет низкой удельной теплоемкости и плотности воздуха по сравнению с водой (табл. 2.1) расход металла на воздуховоды в несколько раз превышает расход металла на трубы в водяных системах отопления, несмотря на то, что воздуховоды изготавливаются из тонколистовой стали.

Использование паровых систем отопления позволяет уменьшить расход металла на отопительные приборы по сравнению с водяными системами, что объясняется большой величиной скрытой теплоты фазового превращения (2175 кДж/кг), а следовательно, и более высоким коэффициентом теплоотдачи от пара к внутренней поверхности отопительного прибора, чем от воды к стенке, а также большей разностью температур (табл. 2.1) в отопительном приборе паровой системы $\Delta t = (130 - 20) \text{ }^\circ\text{C}$, чем водяной $\Delta t = [(150 + 70)/2 - 20] \text{ }^\circ\text{C}$.

По санитарно-гигиеническим требованиям в помещениях необходимо поддерживать определенную температуру, величина которой зависит от назначения помещения, без значительных колебаний и независимо от колебания температуры наружного воздуха. Выполнение этого требования наилучшим образом обеспечивается воздушными системами отопления, так как воздух является низкотеплоемким теплоносителем. Вследствие большой теплоемкости водо-водяные отопительные приборы обладают тепловой инерцией, что может вызвать некоторое изменение температуры помещения.

В водяных системах отопления средняя температура поверхности отопительных приборов не превышает $80 \text{ }^\circ\text{C}$, когда начинается интенсивное разложение и сухая возгонка органической пыли. В паровых системах температура поверхности отопительных приборов в большинстве случаев превышает гигиенический предел вследствие высокой температуры пара. Центральные системы воздушного отопления гигиеничны, поскольку в них возможна очистка нагреваемого воздуха от пыли. Сравнительные достоинства и недостатки различных систем отопления приведены в табл. 2.2. Требования, предъявляемые к системам отопления, их технико-экономические и санитарно-гигиенические преимущества и недостатки, а также свойства теплоносителей, рассмотренные вы-

ше, определяют область их применения. Системы водяного отопления благодаря высоким санитарно-гигиеническим качествам, надежности и долговечности получили в нашей стране наиболее широкое применение в гражданских и производственных зданиях. Этому обстоятельству способствовало также интенсивное развитие теплофикации. Радиус действия водяных систем по вертикали ограничен величиной допустимого гидростатического давления (0,6 МПа – для большинства систем с радиаторами в качестве отопительных приборов и 1 МПа – для систем с конвекторами). Переход промышленности на выпуск основного типа радиатора МС-140, имеющего допустимое давление 0,9 МПа, ослабит масштаб этого ограничения. Кроме того, водяные системы отопления не следует применять для тех помещений, в которых недопустимы некоторые колебания температуры, что характерно для водяных систем вследствие их тепловой инерционности (табл. 2.2).

Паровые системы отопления допускаются в промышленных и ряде общественных зданий (при наличии пара для технологических нужд) при кратковременном (непостоянном) пребывании в них людей.

Паровое отопление рекомендуется для периодического и дежурного отопления. Малое гидростатическое давление в паровых системах (из-за малой плотности пара) делает целесообразным применение их для зданий повышенной этажности.

Область применения паровых систем отопления ограничивается прежде всего несоответствием их санитарно-гигиеническим требованиям (высокая температура на поверхности отопительных приборов и труб), а также пониженными акустическими показателями (шум, удары в системе). Следует принимать во внимание и недолговечность паровых систем отопления (срок службы паропроводов 10 лет, конденсатопроводов – около 4 лет).

Благодаря возможности сочетания систем отопления и вентиляции воздушное отопление получило широкое распространение, прежде всего, в производственных зданиях с выделениями вредных веществ и влаги. Целесообразно использовать воздушное отопление также в качестве дежурного и периодического

отопления производственных и общественных зданий или в виде местных систем с высокотемпературным теплоносителем.

Таблица 2.2

Характеристика систем отопления

Система отопления	Преимущества	Недостатки
Водяная	Обеспечивает равномерность температуры помещения. Ограничивает верхний предел температуры поверхности отопительных приборов, что исключает пригорание на них пыли. Характеризуется простотой центрального регулирования теплоотдачи отопительных приборов путем изменения температуры воды в зависимости от температуры наружного воздуха (качественное регулирование). Бесшумно действует, сравнительно долговечная	Значительное гидростатическое давление в системе, обусловленное ее высотой и большой массовой плотностью. Значительный расход металла. Тепловая инерционность вследствие большой плотности и теплоемкости воды, приводящая к некоторым колебаниям температуры помещения. Опасность замораживания воды с разрушением оборудования, находящегося в охлаждающихся помещениях
Паровая	Высокая теплоотдача отопительных приборов. Сокращается площадь поверхности отопительных приборов и как следствие, – уменьшается расход металла. Незначительное гидростатическое давление. Меньшая, чем у водяного отопления, опасность замораживания. Быстрый прогрев помещений вследствие малой тепловой инерционности. Возможность перемещения пара на большие расстояния без применения искусственного побуждения (за счет давления пара)	Высокая температура на поверхности труб и отопительных приборов (более 100 °С), что не отвечает санитарно - гигиеническим требованиям. Невозможность центрального качественного регулирования теплоотдачи приборов (применяется регулирование пропускными, периодическое включение и выключение систем). Более сложная и дорогостоящая эксплуатация, чем у систем водяного отопления. Меньшая долговечность вследствие ускоренной коррозии в условиях высокой температуры. Шум и удары в системе вследствие попутной конденсации пара
Воздушная	Возможность совмещения с системой вентиляции. Характеризуется отсутствием в отапливаемом помещении каких-либо отопительных приборов. Характеризуется отсутствием тепловой инерции, т. е. обеспечивает быстрый прогрев помещений. Возможность центрального качественного регулирования	Большие сечения каналов (воздуховодов). Большие бесполезные теплопотери при прокладке магистральных воздуховодов в неотапливаемых помещениях. Характеризуется малой теплоаккумулирующей способностью, что приводит к быстрому охлаждению помещений в случае отключения системы из работы

К причинам, которые могут ограничивать область применения воздушно-го отопления, относятся невысокая надежность из-за возможного нарушения распределения воздуха по помещениям (недолговечность стальных и недостаточная герметичность кирпичных воздуховодов), а также небольшой радиус действия из-за большого понижения температуры воздуха по длине вследствие малой его плотности.

Система отопления для выполнения своей непосредственной задачи должна обладать определенной тепловой мощностью.

2.4. Расчетная тепловая мощность систем отопления

Каждая система отопления предназначена для создания и поддержания в холодный период года в помещениях здания заданной температуры воздуха, соответствующей комфортным условиям и отвечающей требованиям технологического процесса. Тепловой режим в зависимости от назначения помещений может быть как постоянным, так и переменным.

Постоянный тепловой режим должен поддерживаться круглосуточно в течение всего отопительного периода в зданиях: жилых, производственных с непрерывным режимом работы, детских и лечебных учреждений, гостиниц, санаториев и т. п. Для решения вопроса о необходимости устройства и мощности системы отопления сопоставляют величины теплотеря (расхода теплоты) и теплоступления в расчетном режиме (при максимальном дефиците теплоты). Для удобства анализа эти составляющие теплового баланса сводят в специальный формуляр (табл. 2.3).

Сведением всех составляющих теплотеря и теплоступлений в тепловом балансе помещения определяется недостаток или избыток теплоты. Если теплотеря окажутся больше тепловыделений, то требуется отопление помещения. Тепловая мощность системы отопления для компенсации теплонедостатков в помещении определяется разностью этих величин, Вт:

$$Q_{c.o} = \sum Q_{\text{пот}} - \sum Q_{\text{пост}}, \quad (1)$$

где $Q_{c.o}$ – расчетная тепловая мощность системы отопления, Вт;

$\sum Q_{\text{пот}}$ – суммарные тепловые потери помещениями, Вт;

$\sum Q_{\text{пост}}$ – суммарные теплопоступления в помещения, Вт.

Если в здании, обычно производственном, $\sum Q_{\text{пост}} > \sum Q_{\text{пот}}$, то отапливать помещение не нужно, а избытки теплоты устраняются, например, работой приточной вентиляции.

Переменный тепловой режим характерен для производственных зданий с одно- и двухсменной работой, а также для ряда общественных зданий (административные, торговые, учебные и т. п.) и зданий предприятий обслуживания населения. В помещениях этих зданий необходимые тепловые условия поддерживают только в рабочее время. В нерабочее время используют либо имеющуюся систему отопления, либо устраивают дежурное отопление, поддерживающее в помещении пониженную температуру воздуха. Если в рабочее время теплопоступления превышают потери теплоты, то устраивают только дежурное отопление.

Как следует из табл. 2.3, в общем случае величины суммарных теплопотерь и теплопоступлений в помещениях, входящие в выражение (1), определяют соответственно, Вт:

$$\sum Q_{\text{пот}} = Q_{\text{огр}} + Q_{\text{инф}} + Q_{\text{мат}} + Q_{\text{проч}}; \quad (2)$$

$$\sum Q_{\text{пост}} = Q_{\text{об}} + Q_{\text{мат}} + Q_{\text{быт}} + Q_{\text{эл}} + Q_{\text{чел}} + Q_{\text{с.р}}, \quad (3)$$

где $Q_{\text{огр}}$ – теплопотери через ограждающие конструкции, Вт;

$Q_{\text{инф}}$ – теплопотери на нагревание инфильтрующегося воздуха, Вт;

$Q_{\text{мат}}$ – теплопотери на нагревание материалов и транспорта, Вт;

$Q_{\text{проч}}$ – прочие теплопотери, Вт;

$Q_{\text{об}}$ – поступление теплоты от технологического оборудования, Вт;

$Q_{\text{мат}}$ – поступление теплоты от нагретого материала, Вт;

$Q_{\text{быт}}$ – бытовые тепловыделения, Вт;

$Q_{\text{эл}}$ – поступление теплоты от электрооборудования и освещения, Вт;

$Q_{\text{чел}}$ – поступление теплоты от людей, Вт;

$Q_{\text{с.р}}$ – поступление теплоты от солнечной радиации, Вт.

Таблица 2.3

Формуляр (бланк) теплового баланса в помещении

Теплопотери, Вт						
Помещение	Через ограждающие конструкции $Q_{\text{огр}}$	На нагревание инфильтрующегося воздуха $Q_{\text{инф}}$	На нагревание материалов и портала $Q_{\text{мат}}$	Прочие теплопотери $Q_{\text{проч}}$	Суммарные теплопотери $\sum Q_{\text{пот}}$	От технологического оборудования $\sum Q_{\text{об}}$
1	2	3	4	5	6	7

Окончание таблицы 2.3

Теплопоступления, Вт							
От нагретого материала $Q_{\text{мат}}$	Бытовые тепловыделения $Q_{\text{быт}}$	От электрооборудования и освещения $Q_{\text{эл}}$	От людей $Q_{\text{чел}}$	От солнечной радиации $Q_{\text{с.р}}$	Общий приход теплоты $\sum Q_{\text{пост}}$	Недостаток теплоты $\sum Q_{\text{с.о}}$	Избыток теплоты $\sum Q_{\text{изб}}$
8	9	10	11	12	13	14	15

Для помещений конкретных зданий выражение (1) с учетом (2) и (3) упрощается, так как далеко не всегда имеются различного рода теплопотери и теплопоступления.

Так, для комнат и кухонь жилых зданий учитывают только теплопотери через ограждения и затраты теплоты на нагревание инфильтрующегося наружного воздуха, а также бытовые теплопоступления

$$Q_{\text{с.о}} = Q_{\text{огр}} + Q_{\text{инф}} + Q_{\text{быт}}. \quad (4)$$

Для помещений лестничных клеток мощность отопительной установки составляет:

$$Q_{\text{с.о}}^{\text{л.к}} = Q_{\text{огр}} + Q_{\text{инф}}. \quad (5)$$

Для гражданских зданий обычно принимают, что в помещении отсутствуют люди, нет искусственного освещения и других бытовых тепловыделений

$$Q_{с.о}^{гр.зд} = Q_{огр} + Q_{инф}. \quad (6)$$

Только тщательный анализ составляющих в выражениях (2) и (3) для каждого конкретного случая позволяет установить правильно тепловую мощность системы отопления помещений зданий различного назначения.

2.5. Теплотери через ограждающие конструкции

Для определения теплотерь отдельными помещениями и зданием в целом необходимо иметь следующие исходные данные: планы этажей и характерные разрезы по зданию со всеми строительными размерами; выкопировку из генерального плана с обозначением стран света и розы ветров; назначение каждого помещения; место постройки здания (название населенного пункта); конструкции всех наружных ограждений, обоснованные теплотехническим расчетом.

Все отапливаемые помещения здания на планах следует обозначать порядковыми номерами (начиная с № 01 и далее – помещения подвала; с № 101 и далее – помещения первого этажа; с № 201 и далее – второго этажа и т. д.).

Помещения номеруют слева направо, причем лестничные клетки обозначают отдельно буквами или римскими цифрами и независимо от этажности здания рассматривают как одно помещение.

Потери теплоты помещениями через ограждающие конструкции, учитываемые при проектировании систем отопления, разделяют условно на основные и добавочные. Их следует определять, суммируя потери теплоты через отдельные ограждающие конструкции с округлением до 10 Вт, по формуле:

$$Q_{огр} = \frac{A}{R_0} (t_{в} - t_{н}^B) (1 + \sum \beta) n = kA (t_{в} - t_{н}^B) (1 + \sum \beta) n, \quad (7)$$

где A – расчетная площадь ограждающей конструкции, m^2 ;

k – коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции, Вт/(м²·°С) [4];

R_o – сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, (м²·°С)/Вт [4];

t_b – расчетная температура воздуха помещения, °С, с учетом повышения ее по высоте (для помещений высотой более 4 м);

t_n^B – расчетная температура наружного воздуха для холодного периода года (по параметрам Б) при расчете потерь теплоты через наружные ограждения или температура воздуха более холодного помещения при расчете потерь теплоты через внутренние ограждающие конструкции;

β – добавочные потери теплоты в долях от основных потерь.

Таким образом, чтобы определить потери теплоты помещением, необходимо знать величины A , k (либо R_o), t_b , t_n^B , n и β . Коэффициент теплопередачи k (либо R_o) ограждающей конструкции определяют теплотехническим расчетом, а если она типовая, то k принимают по данным справочной литературы.

Теплообмен через ограждения между смежными отапливаемыми помещениями при расчете теплопотерь учитывается, если разность температур воздуха этих помещений более 3 °С. Площади A , м², отдельных ограждений – наружных стен (НС), окон (О), дверей (Д), фонарей (Ф), потолка (ПТ), пола (П) – измеряются по планам и разрезам здания следующим образом (рис. 2.2):

- высоту стен первого этажа, если пол находится непосредственно на грунте, – между уровнями полов первого и второго этажей, если пол на лагах – от наружного уровня подготовки пола на лагах до уровня пола второго этажа, при неотапливаемом подвале или подполье – от уровня нижней поверхности конструкции пола первого этажа до уровня чистого пола второго этажа (l_8), а в одноэтажных зданиях с чердачным перекрытием высоту измеряют от пола до верха утепляющего слоя перекрытия;

- высоту стен промежуточного этажа – между уровнями чистых полов данного и вышележащего этажей (l_6), а верхнего этажа – от уровня его чистого пола до верха утепляющего слоя чердачного перекрытия (l_7) или бесчердачного покрытия;

- длину наружных стен в угловых помещениях – от кромки наружного угла до осей внутренних стен (l_2), а в неугловых – между осями внутренних стен (l_1);

- длину внутренних стен – по размерам от внутренних поверхностей наружных стен до осей внутренних стен (l_4) или между осями внутренних стен (l_3);

- размеры окон, дверей и фонарей – по наименьшим размерам строительных проемов в свету (l_5);

- площади потолков и полов над подвалами и подпольями в угловых помещениях – по размерам от внутренней поверхности наружных стен до осей противоположных стен, а в неугловых – между осями внутренних стен и от внутренней поверхности наружной стены до оси противоположной стены.

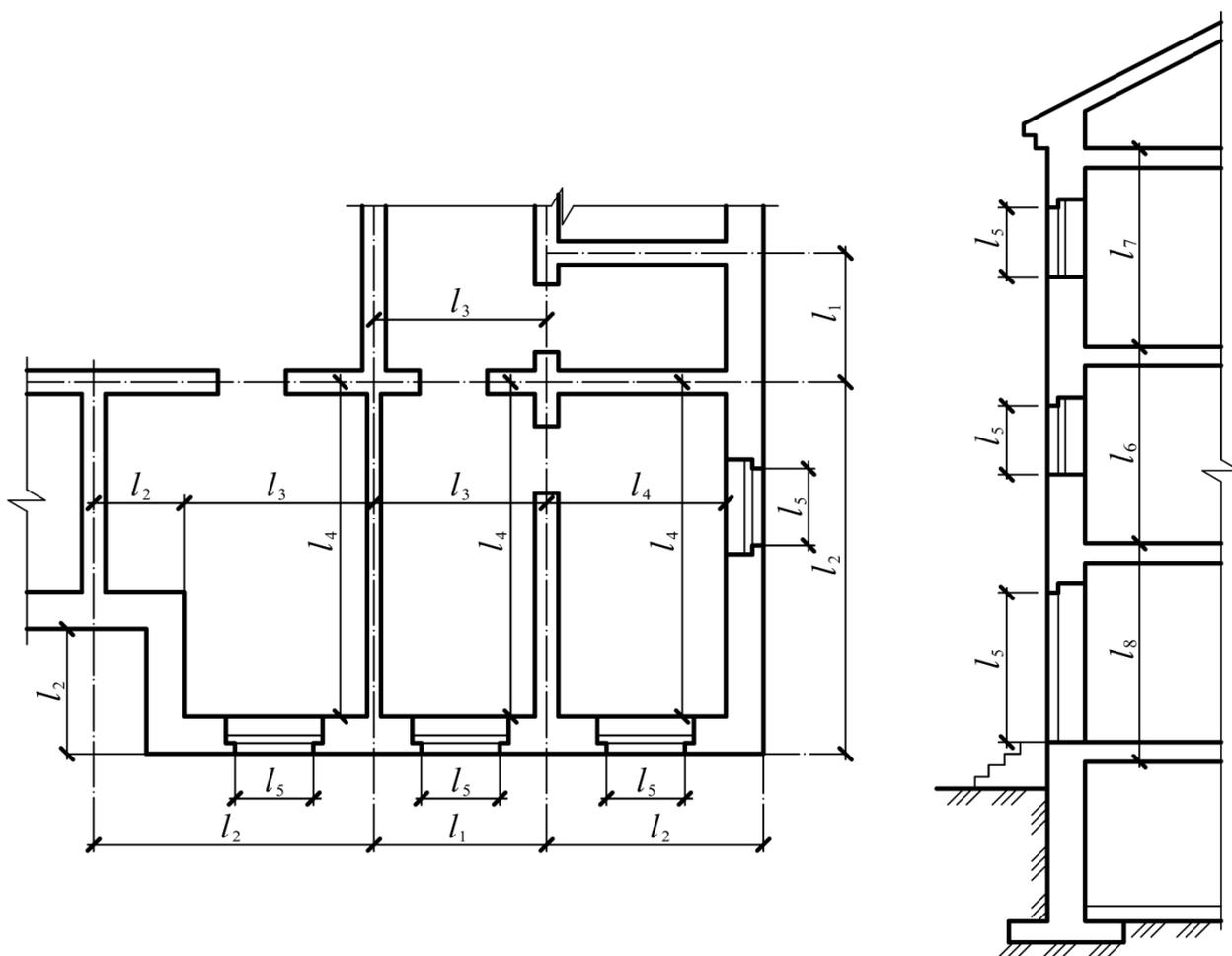


Рис. 2.2. Схема обмера теплопередающих ограждений

Для подсчета площадей ограждающих конструкций линейные размеры их принимают с погрешностью до 0,1 м, а величину площадей округляют с по-

грешностью $\pm 0,1 \text{ м}^2$. Потери теплоты через полы, расположенные на грунте или на лагах, из-за сложности точного решения задачи определяют на практике упрощенным методом – по зонам-полосам шириной 2 м, параллельным наружным стенам (рис. 2.3).

Приведенное сопротивление теплопередаче $R_{н.п.}$, $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$, отдельных зон шириной 2 м, неутепленных полов на грунте и стен ниже уровня земли, имеющих $\lambda \geq 1,2 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$ в соответствии со СП [4], принимают равным: для 1-й зоны $R_{н.п.И} = 2,1 (\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$; для 2-й зоны $R_{н.п.ИИ} = 4,3 (\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$; для 3-й зоны $R_{н.п.ИИИ} = 8,6 (\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$; для 4-й зоны (для оставшейся площади пола) $R_{н.п.ИИИИ} = 14,2 (\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$.

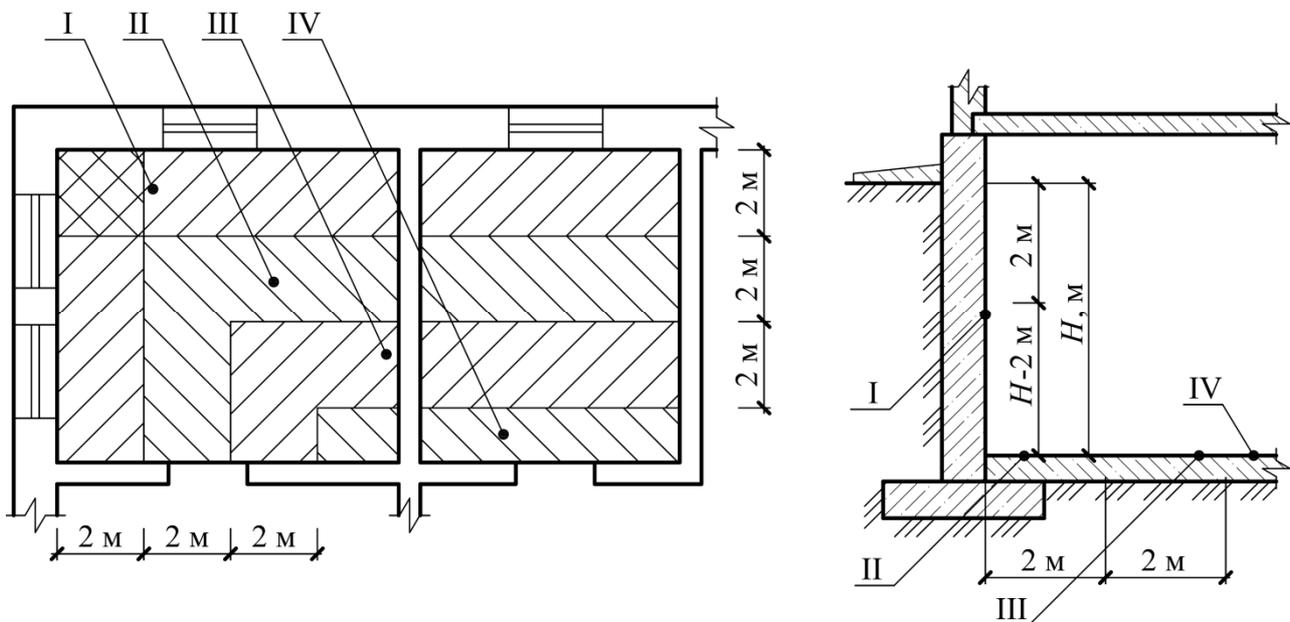


Рис. 2.3. Схема к определению потерь теплоты через полы и стены, заглубленные ниже уровня земли: I – первая зона; II – вторая зона; III – третья зона; IV – четвертая зона

Основная расчетная формула (7) при подсчете потерь теплоты $Q_{пл}$, Вт, через пол, расположенный на грунте, принимает следующий вид:

$$Q_{пл} = \left(\frac{A_1}{R_{н.п.И}} + \frac{A_2}{R_{н.п.ИИ}} + \frac{A_3}{R_{н.п.ИИИ}} + \frac{A_4}{R_{н.п.ИИИИ}} \right) (t_B - t_H^B) (1 + \sum \beta) n, \quad (8)$$

где A_1, A_2, A_3, A_4 – площади, соответственно 1-й, 2-й, 3-й, 4-й зон-полос, м^2 ;

$R_{н.п.И}, R_{н.п.ИИ}, R_{н.п.ИИИ}, R_{н.п.ИИИИ}$ – сопротивление теплопередаче отдельных зон пола, $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$;

Сопротивление теплопередаче конструкций утепленных полов, расположенных непосредственно на грунте $R_{y.п}$, ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$)/Вт, надлежит определять также для каждой зоны, но по формуле:

$$R_{y.п} = R_{н.п} + \sum \frac{\delta_{y.c}}{\lambda_{y.c}}, \quad (9)$$

где $R_{н.п}$ – сопротивление теплопередаче отдельных зон неутепленного пола (см. рис. 2), ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$)/Вт;

$\sum \frac{\delta_{y.c}}{\lambda_{y.c}}$ – сумма термических сопротивлений утепляющих слоев, ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$)/Вт.

Утепляющими слоями считаются слои из материалов, имеющих теплопроводность $\lambda \leq 1,2$ Вт/($\text{м} \cdot \text{°C}$). Сопротивление теплопередаче конструкций полов на лагах $R_{л}$, ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$)/Вт, определяют по формуле:

$$R_{л} = 1,18R_{y.п} = 1,18 \left(R_{н.п} + \sum \frac{\delta_{y.c}}{\lambda_{y.c}} \right), \quad (10)$$

Сопротивление теплопередаче конструкции утепленного пола $R_{y.п}$, определяемое по формуле (9).

При расчете сопротивления теплопередаче пола по лагам в качестве утепляющих слоев учитывают воздушную прослойку ($R_{в.п} \approx 0,2$ ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$)/Вт) и дощатый пол, уложенный по лагам.

При подсчете потерь теплоты через полы, расположенные на грунте или лагах, поверхность участков полов возле угла наружных стен (в первой двухметровой зоне) вводится в расчет дважды, т. е. по направлению обеих стен, составляющих угол.

Теплопотери через подземную часть наружных стен и полы отапливаемого подвала здания должны подсчитываться так же, как и теплопотери через полы, расположенные на грунте бесподвального здания, т. е. по зонам шириной 2 м, с отсчетом их от уровня земли (см. рис. 2.3). Полы помещений в этом случае (при отсчете зон) рассматриваются как продолжение подземной части

наружных стен. Сопротивление теплопередаче определяют так же, как и для неутепленных или утепленных полов.

Добавочные теплотери через ограждения. В формуле (7) член $(1 + \sum\beta)$ учитывает ряд теплотерь, называемых добавочными. К ним относятся: ориентация помещений по отношению к сторонам света, обдувание ветром и другие. Перечисленные факторы, кроме инфильтрации, учитывают добавками β , принимаемыми в долях от основных теплотерь, в следующих размерах:

– на ориентацию по отношению к странам света. Величина этой добавки принимается для помещений в зданиях любого назначения для наружных вертикальных и наклонных (вертикальная проекция) стен, окон и дверей; принимается в соответствии со схемой, приведенной на рис. 2.4, в долях от основных теплотерь;

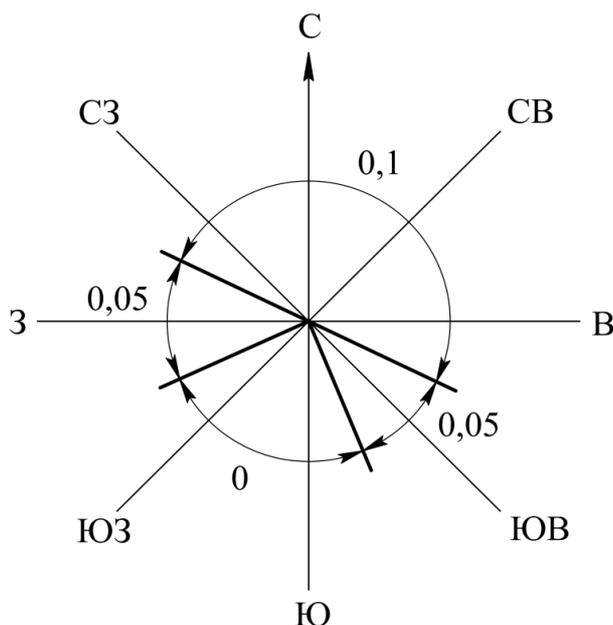


Рис. 2.4. Величина добавок к основным теплотерям в зависимости от ориентации ограждений по отношению к сторонам света

– на продуваемость помещений с двумя наружными стенами и более. Этот фактор, увеличивающий теплотери через вертикальные ограждения (наружные стены, двери и окна), для общественных, административно-бытовых и производственных зданий при наличии двух наружных стен и более учитывается добавкой соответственно 0,15 и 0,1. В типовых проектах для ограждений, указанных выше, на все страны света принимается добавка в размере 0,08 при

одной наружной стене и 0,13 (кроме жилых зданий) – при двух и более наружных стенах в помещении;

– на расчетную температуру наружного воздуха. Для необогреваемых полов первого этажа над холодными подпольями зданий и местностей с $t_n^B = -40$ °С и ниже (параметры Б) принимается добавка $\beta = 0,05$;

– на подогрев врывающегося холодного воздуха. Добавка на подогрев врывающегося через наружные двери, не оборудованные воздушными или воздушно-тепловыми завесами, холодного воздуха при высоте здания H , м, принимается в размере: $\beta = 0,2H$ – для тройных дверей с двумя тамбурами между ними; $\beta = 0,27H$ – для двойных дверей с тамбуром между ними; $\beta = 0,34H$ – для двойных дверей без тамбура и $\beta = 0,22H$ – для одинарных дверей.

Для наружных ворот, не оборудованных воздушными или воздушно-тепловыми завесами, $\beta = 3$ при отсутствии тамбура и $\beta = 1$ – при наличии тамбура у ворот. Для летних и запасных наружных дверей и ворот добавочные потери теплоты не учитываются (т. е. $\beta = 0$).

При разработке проекта отапливаемого здания большое внимание уделяется конструкциям наружных ограждений и оценке их сопротивления теплопередаче.

Теплозащитные качества ограждения принято характеризовать величиной сопротивления теплопередаче R_o , которая численно равна падению температуры в градусах при прохождении теплового потока, равного 1 Вт, через 1 м² ограждения. Правильно выбранная конструкция ограждения и строго обоснованная величина его сопротивления теплопередаче обеспечивают требуемый микроклимат и экономичность конструкции здания.

Величину R_o , (м²·°С)/Вт, определяют как сумму термических сопротивлений отдельных слоев:

$$R_o = R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{в.п.}, \quad (11)$$

где R_1, R_2, \dots, R_n – термические сопротивления отдельных слоев ограждающих конструкций, (м²·°С)/Вт;

$R_{в.п.}$ – термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки, (м²·°С)/Вт;

Величину R , $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$, определяют по формуле:

$$R = \frac{\delta}{\lambda}, \quad (12)$$

где δ – толщина рассматриваемого слоя ограждающей конструкции, м;

λ – расчетный коэффициент теплопроводности материала слоя, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$.

Требуемое сопротивление теплопередаче $R_0^{\text{тр}}$, $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$, является минимально допустимым сопротивлением теплопередаче и его определяют по формуле:

$$R_0^{\text{тр}} = \frac{n(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})}{\Delta t^{\text{н}} \alpha_{\text{в}}}, \quad (13)$$

где n – коэффициент, учитывающий положение наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху;

$t_{\text{в}}$ – расчетная температура внутреннего воздуха, °C ;

$t_{\text{н}}$ – расчетная температура наружного воздуха, °C ;

$\Delta t^{\text{н}}$ – температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней ограждающей конструкции, °C ;

$\alpha_{\text{в}}$ – коэффициент теплоотдачи у внутренней поверхности, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$.

Кроме рассмотренных добавочных теплопотерь, учитываемых формулой (7), имеются потери теплоты помещениями зданий на нагревание инфильтрующегося в помещение наружного воздуха, которые не учитываются этой формулой.

2.6. Затраты теплоты для нагревания инфильтрующегося воздуха

Затраты теплоты для нагревания инфильтрующегося воздуха $Q_{\text{инф}}$, Вт, в помещениях жилых и общественных зданий при естественной вытяжной вентиляции, не компенсируемого подогретым приточным воздухом, следует принимать равным большей из величин, рассчитанных согласно методике, приведенной в СП [5], по формулам:

$$Q_{\text{инф}} = 0,28 \sum G_{\text{инф}} c_{\text{в}} (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}^{\text{Б}}) k; \quad (14)$$

$$Q'_{\text{инф}} = 0,28L\rho_{\text{н}}c_{\text{в}}(t_{\text{в}} - t_{\text{н}}^{\text{Б}}), \quad (15)$$

где $\sum G_{\text{н}}$ – расход инфильтрующегося воздуха, кг/ч, через ограждающие конструкции помещения;

$c_{\text{в}}$ – удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/(кг·°С);

$t_{\text{в}}$, $t_{\text{н}}^{\text{Б}}$ – расчетные температуры воздуха в помещении и наружного воздуха в холодный период года (параметры Б), °С;

k – коэффициент, учитывающий влияние встречного теплового потока в конструкциях, равный: 0,7 – для стыков панелей стен, для окон с тройными переплетами, 0,8 – для окон и балконных дверей с отдельными переплетами и 1,0 – для одинарных окон, окон и балконных дверей со спаренными переплетами и открытых проемов;

L – расход удаляемого воздуха, не компенсируемый подогретым приточным воздухом, м³/ч, для жилых зданий удельный нормативный расход принимается равным 3 м³/ч на 1 м² площади жилых помещений и кухни;

$\rho_{\text{н}}$ – плотность наружного воздуха, кг/м³.

Подсчитанные для каждого помещения расходы теплоты на нагревание инфильтрующегося воздуха следует добавить к теплопотерям этих помещений.

2.7. Затраты теплоты на нагревание холодных материалов и транспорта

Для поддержания расчетной температуры воздуха помещения система отопления должна компенсировать теплопотери помещения. Однако следует иметь в виду, что кроме теплопотерь в помещении могут быть дополнительные расходы теплоты: на нагревание поступающих в помещение холодных материалов и въезжающего транспорта.

Затраты теплоты на нагревание холодных материалов $Q_{\text{мат}}$, Вт, определяют по формуле:

$$Q_{\text{мат}} = G_{\text{мат}}c_{\text{мат}}B(t_{\text{в}} - t_{\text{м}}), \quad (16)$$

где $G_{\text{мат}}$ – масса поступающего однородного материала, кг/с;

$c_{\text{мат}}$ – удельная теплоемкость этого материала, кДж/(кг·°С);

B – коэффициент, учитывающий интенсивность поглощения теплоты [6];

$t_{\text{в}}$ – температура внутреннего воздуха помещения, °С;

$t_{\text{м}}$ – температура поступающего материала, °С.

Температура материалов должна приниматься по данным технологического проекта, а при отсутствии данных для ориентировочного расчета можно принимать: для металла и металлических изделий $t_{\text{м}} = t_{\text{н}}^{\text{Б}}$ (температура холодной пятидневки); для других несыпучих материалов $t_{\text{м}} = t_{\text{н}}^{\text{Б}} + 10$ °С, для сыпучих материалов (песок руда, уголь и прочее) $t_{\text{м}} = t_{\text{н}}^{\text{Б}} + 15$ °С.

При определении основных и добавочных потерь теплоты через ограждающие конструкции помещений исходные и получаемые фактические данные вписывают в специальный формуляр (бланк) для лучшей организации техники расчета (табл. 2.4). Для подсчета теплотерь через стены площади поверхностей ограждения измеряют без вычета площади окон, таким образом, фактически площадь окон учитывают дважды, поэтому в графе 10 коэффициент теплопередачи для окон принимают как разность его значений для окон и стен.

В формуляре (бланке) должны быть подведены итоги расчета потерь теплоты по отдельным помещениям, по этажам и по всему зданию.

Установочная тепловая мощность системы отопления с учетом бесполезных потерь теплоты по укрупненным показателям определяют по формуле, Вт:

$$Q_{\text{с.о}} = 1,07 q_{\text{с.о}} V_{\text{н}} (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}), \quad (17)$$

где 1,07 – коэффициент учета бесполезных потерь теплоты;

$q_{\text{с.о}}$ – удельная отопительная характеристика, отнесенная к теплотерям 1 м³ здания и разности температуры в 1 °С, Вт / (м³·°С);

$V_{\text{н}}$ – объем отапливаемой части здания, м³;

$(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})$ – расчетная разность температуры для основных помещений проектируемого здания, °С.

$$q_{\text{с.о}} = \frac{Q_{\text{с.о}}}{V_{\text{н}} (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \alpha}. \quad (18)$$

Характеристикой $q_{c.o}$ удобно пользоваться для теплотехнической оценки конструктивно-планированных решений здания.

Годовая потребность в теплоте на отопление здания, Вт, равна:

$$Q_{c.o}^r = q_{c.o} V_{зд} \frac{(t_B - t_{o.c})}{(t_B - t_H)} z_{o.п} 24, \quad (19)$$

где $t_{o.c}$ – средняя температура отопительного сезона, °С;

$z_{o.п}$ – продолжительность отопительного периода, сут.

Теплозатраты на вентиляцию производственных и коммунальных предприятий составляют значительную долю суммарных теплозатрат объекта и часто превышают таковые на отопление. Их принимают по проектам местных систем вентиляции или по типовым проектам зданий, а для действующих установок – по эксплуатационным данным.

Таблица 2.4

Формуляр (бланк) для табличной записи расчета теплопотерь

№ Помещения	Назначение помещения	Внутренняя температура t_B , °С	Поверхность ограждения			Площадь A , м ²	Разность температур $(t_B - t_H^B)$, °С	Поправочный коэффициент n
			Обозначение	Ориентация по сторонам света	Расчетные размеры $a \times b$, м			
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Окончание таблицы 2.4

Коэффициент теплопередачи k , Вт / (м ² ·°С)	Основная потеря теплоты Q_o , Вт	Добавки в долях от основных теплопотерь, β				Суммарный коэффициент добавочных теплопотерь $(1 + \sum\beta)$	Общая потеря теплоты $\sum Q_{пот}$, Вт
		На ориентацию	На продуваемость помещений	На расчетную температуру	На врывание холодного воздуха		
10	11	12	13	14	15	16	17

2.8. Теплопоступления в помещение от бытовых, производственных источников и от солнечной радиации

Для жилых зданий учет теплового потока, поступающего в комнаты и кухни в виде бытовых тепловыделений производят согласно [6] в количестве 10 Вт на 1 м² площади пола

$$Q_{\text{быт}} = 10A_{\text{п}}, \quad (20)$$

где $A_{\text{п}}$ – площадь пола рассматриваемого отапливаемого помещения, м².

В общественных, административных и производственных зданиях источниками дополнительных теплопоступлений могут быть люди, искусственное освещение, электрооборудование, технологическое оборудование, нагретые материалы, солнечная радиация и прочее.

При расчете мощности отопительной установки учитывают только явные (т. е. излучением и конвекцией) тепловыделения, Вт, которые равны:

$$Q_{\text{чел}} = \beta_{\text{и}}\beta_{\text{од}}(2,5 + 10,3\sqrt{v_{\text{в}}})(35 - t_{\text{в}}), \quad (21)$$

где $\beta_{\text{и}}$ – коэффициент, учитывающий интенсивность выполняемой человеком работы, равный для легкой работы 1, средней – 1,07, тяжелой – 1,15;

$\beta_{\text{од}}$ – коэффициент, учитывающий теплозащитные свойства одежды и равный для легкой одежды 1,0; для обычной одежды – 0,66; для утепленной – 0,5;

$v_{\text{в}}$ – подвижность воздуха в помещении (в жилых и административных зданиях $v_{\text{в}} = 0,1 \dots 0,15$ м/с);

$t_{\text{в}}$ – температура внутреннего воздуха в помещении, °С.

При искусственном освещении и работающем электрическом производственном оборудовании тепловыделения, Вт, равны

$$Q_{\text{эл}} = kN_{\text{эл}}, \quad (22)$$

где k – коэффициент, учитывающий фактически затрачиваемую мощность, одновременность работы электрооборудования, долю перехода электроэнергии в тепло, которая поступает в помещение (в зависимости от технологического процесса $k = 0,15 \dots 0,95$); для электрических светильников $k = 0,95$;

$N_{эл}$ – мощность осветительных приборов или силового оборудования, Вт.

Для ориентировочных расчетов теплового потока от нагретых поверхностей печей, Вт, можно использовать формулы для печей, в которых сжигается твердое, жидкое или газообразное топливо:

$$Q_{п} = Q_p^H B a \eta, \quad (23)$$

для электрических печей:

$$Q_{п} = 1000 N_{уст} a \eta, \quad (24)$$

где Q_p^H – низшая теплота сгорания топлива, Дж/кг;

B – расход топлива, кг/с;

$N_{уст}$ – установочная мощность печей, кВт;

a – доля теплоты от Q_p^H или $N_{уст}$, выделяющаяся в помещение; для электрических печей $a = 0,7$, для других $a = 0,4 \dots 0,6$;

η – коэффициент одновременности работы установленных печей (по данным технологического проекта).

Теплопоступления от солнечной радиации $Q_{с.р}$, Вт, учитывают при определении мощности отопительных установок только в районах с преобладанием зимой солнечной погоды для помещений с окнами, обращенными на юг.

2.9. Системы водяного отопления

2.9.1. Устройство, принцип действия и классификация систем водяного отопления

Водяное отопление благодаря ряду преимуществ перед другими системами получило в настоящее время наиболее широкое распространение. Для уяснения устройства и принципа действия системы водяного отопления рассмотрим схему системы, представленную на рис. 2.5. Вода, нагретая в теплогенераторе (например, котле или другом источнике тепловой энергии) K до температуры t_T поступает через теплопровод – главный стояк в подающие магистраль-

ные теплопроводы 2 (соединительные трубы между главным стояком и подающими стояками). По подающим магистральным теплопроводам горячая вода поступает в подающие стояки 9 (соединительные трубы между подающими магистралями и подающими подводками к отопительным приборам). Затем по подающим подводкам 13 (соединительным трубам между стояками и отопительными приборами) горячая вода поступает в отопительные приборы 10, через стенки которых теплота передается воздуху помещения. Из отопительных приборов охлажденная вода с температурой t_0 по обратным подводкам 14, обратным стоякам 11 и обратным магистральным теплопроводам 15 возвращается в теплогенератор K , где она снова подогревается до температуры t_r , и далее циркуляция происходит по замкнутому кольцу.

Система водяного отопления гидравлически замкнута и имеет определенную вместимость отопительных приборов, теплопроводов, арматуры, т. е. постоянный объем заполняющей ее воды. При повышении температуры воды она расширяется и в замкнутой заполненной водой системе отопления внутреннее гидравлическое давление может превысить механическую прочность ее элементов. Чтобы этого не произошло, в системе водяного отопления имеется расширительный бак 4, предназначенный для вмещения прироста объема воды при ее нагревании, а также для удаления через него воздуха в атмосферу как при заполнении системы водой, так и в период ее эксплуатации (в случае открытого расширительного бака). Для регулирования теплоотдачи отопительных приборов на подводках к ним устанавливают регулировочные краны 12.

Перед пуском в действие каждая система заполняется водой из водопровода 17 через обратную линию до сигнальной трубы 3 в расширительном баке 4. Когда уровень воды в системе повысится до сигнальной трубы 5 и вода будет вытекать из трубы в раковину, находящуюся в котельной, кран на сигнальной трубе закрывают и прекращают заполнение системы водой.

При недостаточном прогреве приборов вследствие засорения трубопровода или арматуры, а также в случае появления утечки вода из отдельных стоя-

ков может быть спущена без опорожнения и прекращения работы других участков системы. Для этого закрывают вентили или краны 7 на стояках.

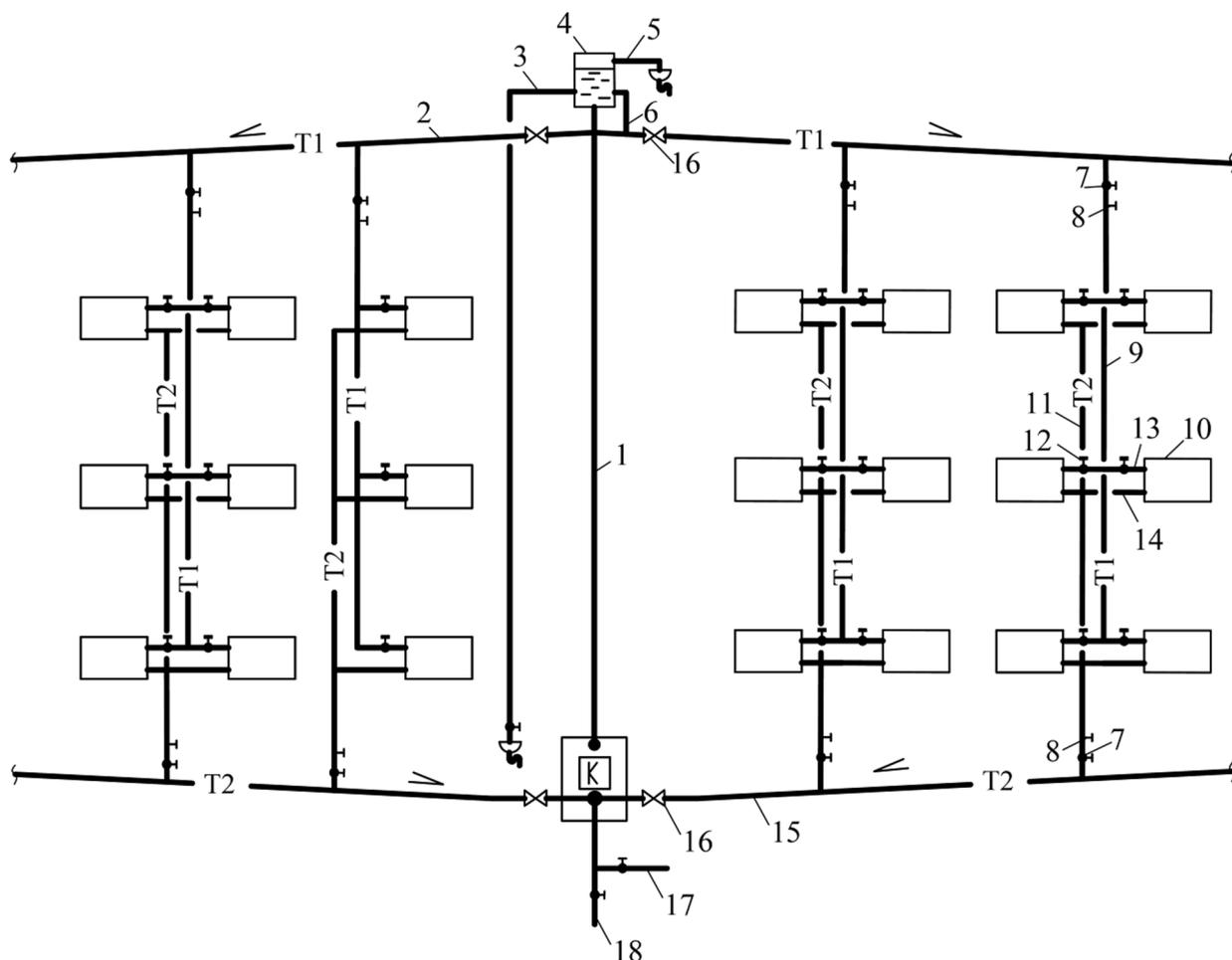


Рис. 2.5. Схема двухтрубной системы водяного отопления с верхней разводкой и естественной циркуляцией: *K* – котел; 1 – главный стояк; 2 – подающий магистральный теплопровод (горячей воды); 3 – сигнальная труба; 4 – расширительный бак; 5 – переливная труба; 6 – циркуляционная труба; 7 – вентили или краны на стояках; 8 – тройники с пробкой, верхние – для впуска воздуха в отключенный стояк, нижние – для спуска воды; 9 – подающие стояки (горячей воды); 10 – отопительные приборы; 11 – обратные стояки (охлажденной воды); 12 – регулировочные краны у отопительных приборов; 13 – подводки; 14 – обратные проводки; 15 – обратный магистральный теплопровод (охлажденной воды); 16 – запорные вентили для регулирования и отключения отдельных веток системы; 17 – труба для заполнения системы водой из водопровода; 18 – спускная труба

Из тройника 8, установленного в нижней части стояка, выкручивают пробку и к штуцеру тройника присоединяют гибкий шланг, по которому вода из теплопровода и приборов стекает в канализацию.

Как видно из вышеизложенного, системы водяного отопления включают в себя следующие основные элементы: теплогенератор, главный стояк, маги-

стральные теплопроводы, стояки (ветви), подводки, отопительные приборы, расширительный бак, запорно-регулирующую арматуру.

Классификация систем водяного отопления проводится по следующим основным признакам.

По способу создания циркуляции водяные системы подразделяют на системы с естественной циркуляцией (гравитационные) и с искусственной циркуляцией (насосные). В системах с естественной циркуляцией (рис. 2.5, 2.6...2.8) движение воды осуществляется под действием разности плотностей охлажденной воды после отопительных приборов и горячей воды, поступающей в систему отопления. В системах с искусственной циркуляцией (рис. 2.9) движение воды происходит под действием насоса.

По схеме включения отопительных приборов в стояк или ветвь системы водяного отопления подразделяют на двухтрубные (см. рис. 2.5, 2.6, 2.9, 2.10), в которых горячая вода поступает в приборы по одним (подающим) стоякам, а охлажденная вода отводится по другим (приборы присоединены по теплоносителю параллельно) и однотрубные (см. рис. 2.7, 2.8), в которых горячая вода подается в приборы и охлажденная вода отводится из них по одному стояку (приборы присоединены по теплоносителю последовательно).

По направлению объединения отопительных приборов как двухтрубные, так и однотрубные системы отопления могут быть вертикальные (см. рис. 2.5...2.7, 2.10), в которых последовательно присоединяются к общему вертикальному теплопроводу-стояку отопительные приборы, расположенные на разных этажах и горизонтальные (см. рис. 2.8), в которых к общей горизонтальной ветви присоединяются приборы, находящиеся на одном этаже.

По месту расположения подающих и обратных магистралей системы водяного отопления подразделяют на системы с верхним расположением подающих магистралей по чердаку или под потолком верхнего этажа, а обратных магистралей – по подвалу, над полом первого этажа или в подпольных каналах (см. рис. 2.5, 2.7...2.9 левая часть, 2.10) и с нижним расположением обеих маги-

стралей по подвалу, над полом первого этажа или в подпольных каналах (см. рис. 2.6, 2.9, правая часть).

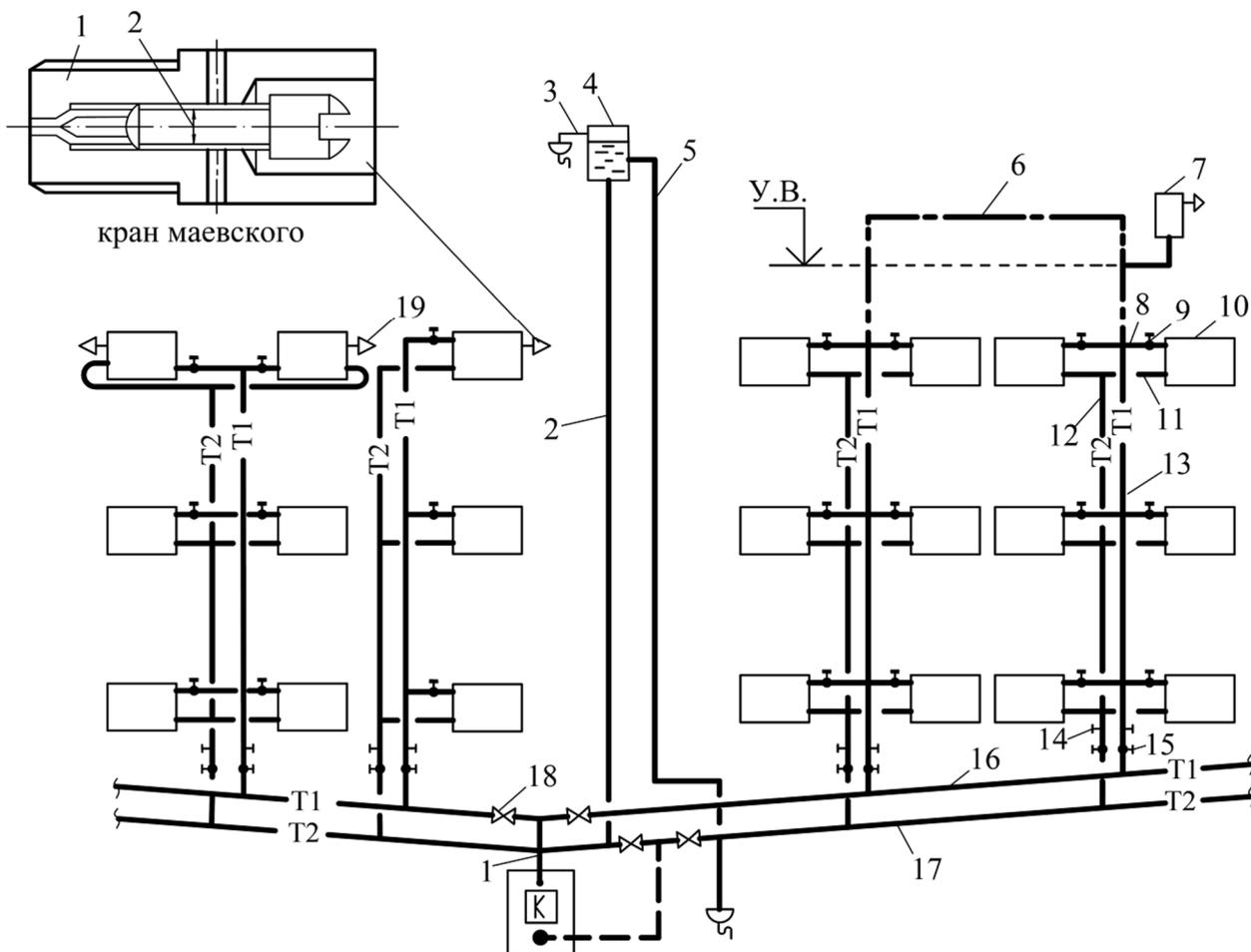


Рис. 2.6. Схема двухтрубной системы водяного отопления с нижней разводкой и естественной циркуляцией: *K* – котел; 1 – главный стояк; 2, 3, 5 – соединительная, переливная, сигнальная трубы расширительного бака; 4 – расширительный бак; 6 – воздушная линия; 7 – воздухоотборник; 8 – подающие подводки; 9 – регулировочные краны у отопительных приборов; 10 – отопительные приборы; 11 – обратные подводки; 12 – обратные стояки (охлажденной воды); 13 – подающие стояки (горячей воды); 14 – тройники с пробкой для спуска воды; 15 – краны или вентили на стояках; 16, 17 – подающий и обратный магистральные теплопроводы; 18 – запорные вентили или задвижки на магистральных теплопроводах для регулирования и отключения отдельных веток; 19 – воздушные краны

По направлению движения воды в подающих и обратных магистралях системы водяного отопления подразделяют на тупиковые, когда горячая и охлажденная вода в магистральных трубопроводах движется в противоположных направлениях (см. рис. 2.5...2.9), и с попутным движением воды, когда направления потоков теплоносителя в подающей и обратной магистралях совпадают (рис. 2.10).

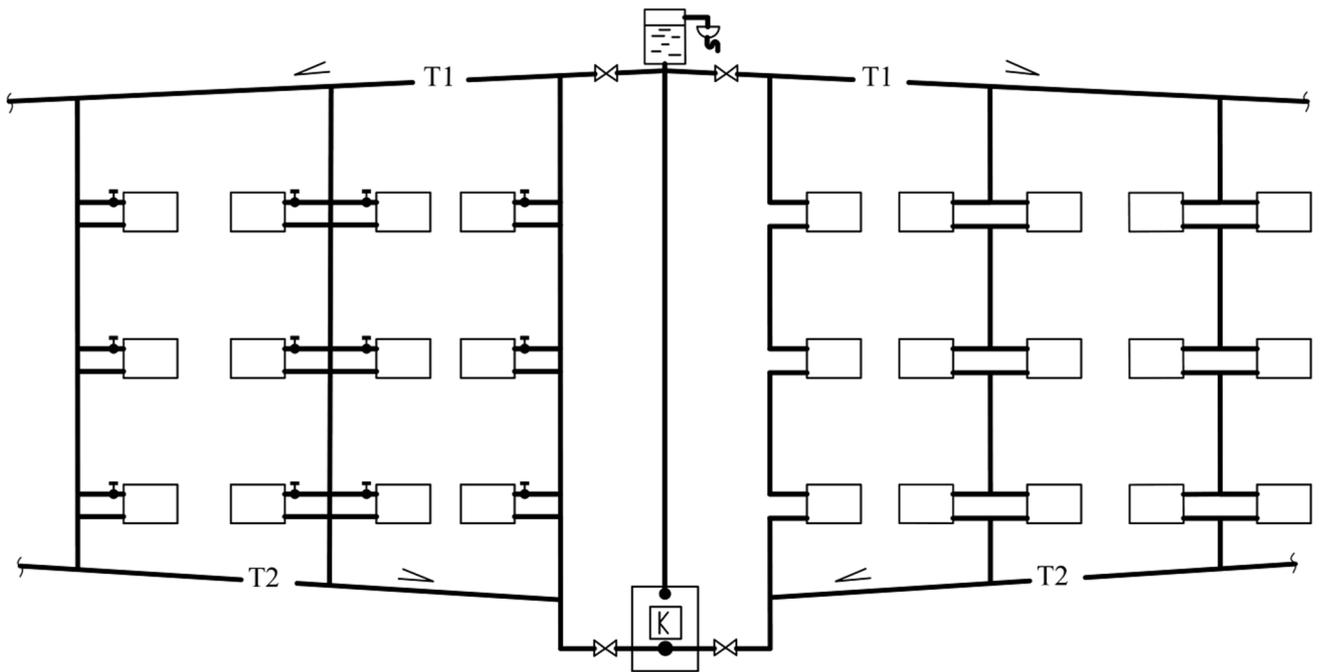


Рис. 2.7. Схема однотрубной системы водяного отопления с верхней разводкой и естественной циркуляцией

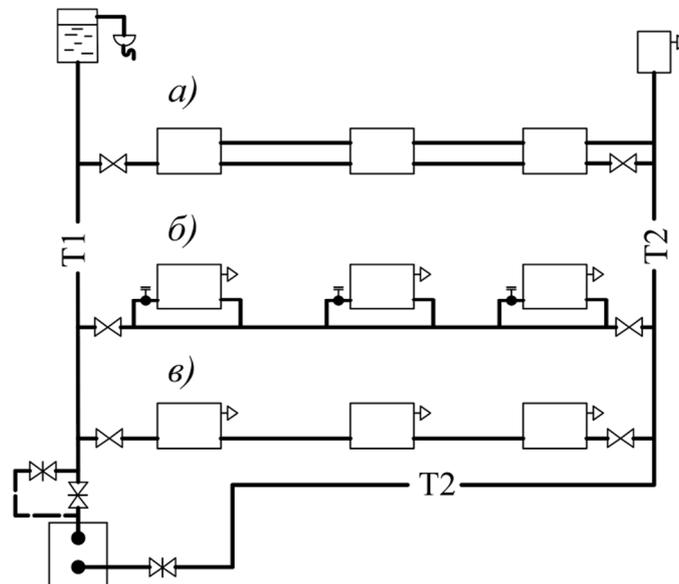


Рис. 2.8. Схема однотрубных горизонтальных систем водяного отопления а), в) – проточная; б) – с замыкающими участками

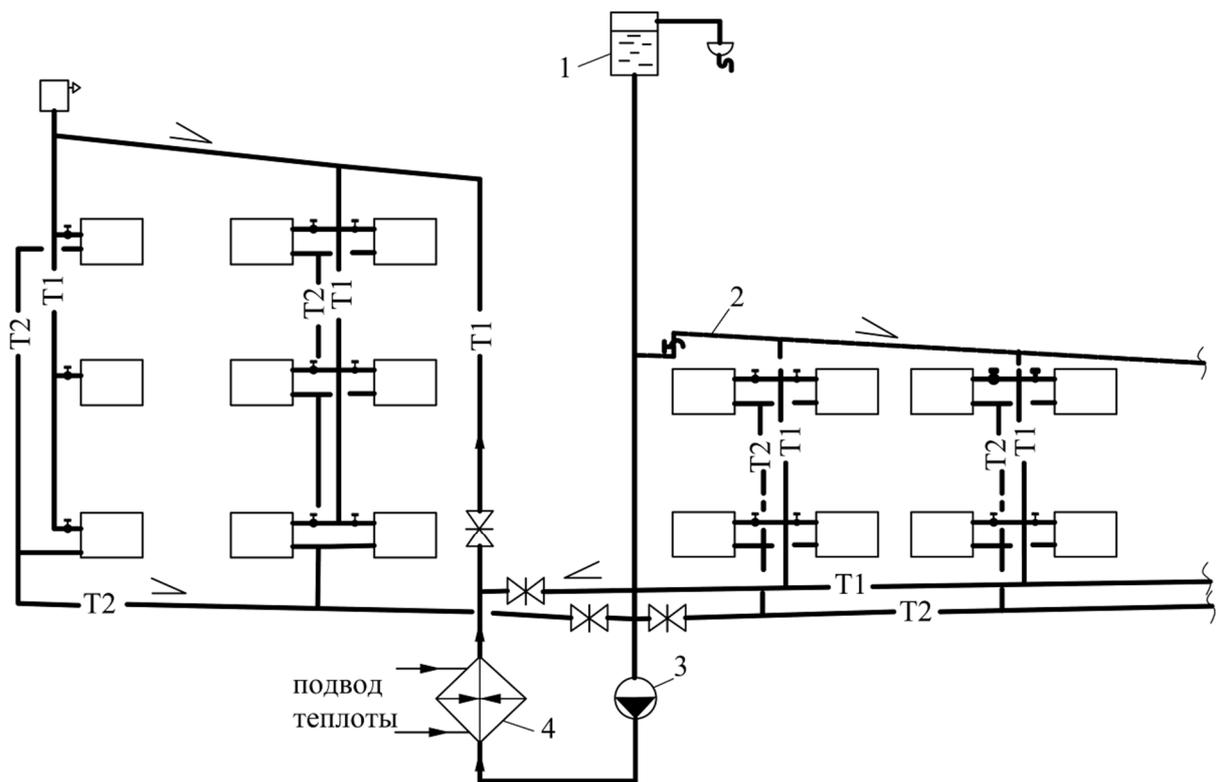


Рис. 2.9. Система водяного отопления с искусственной циркуляцией: 1 – расширительный бак; 2 – воздушная сеть; 3 – насос циркуляционный; 4 – теплообменник

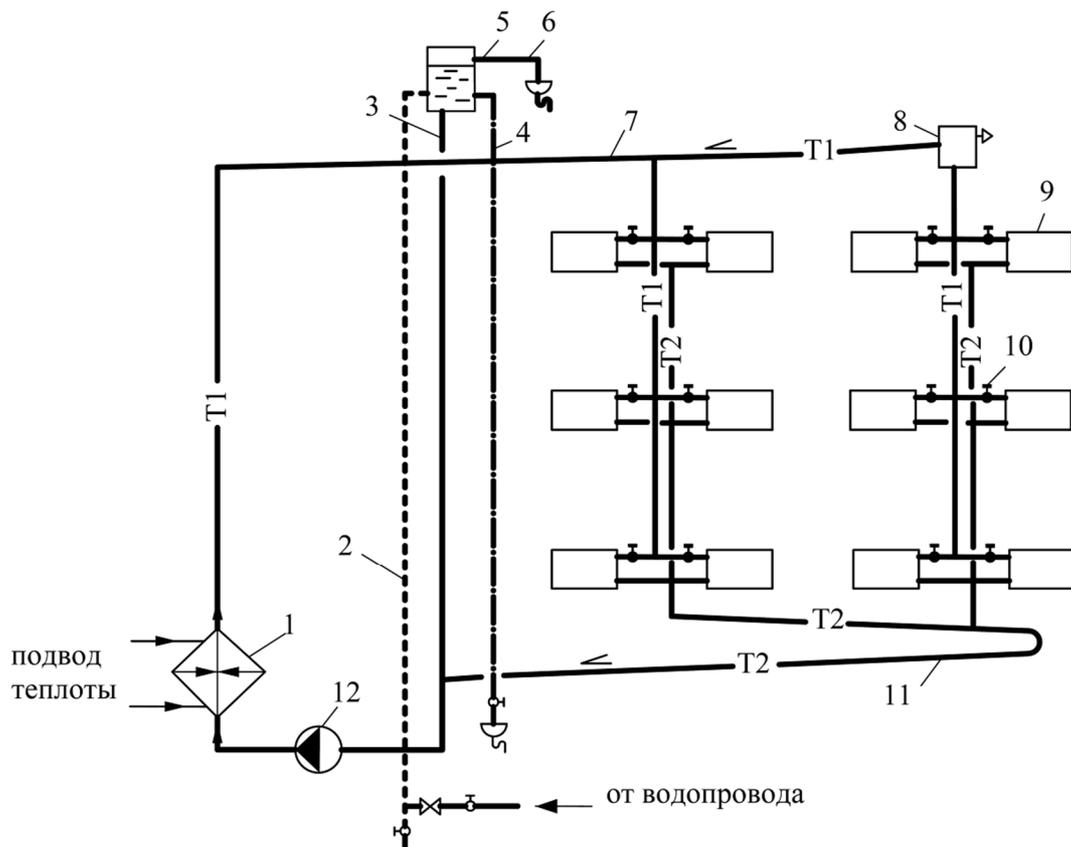


Рис. 2.10. Схема двухтрубной системы водяного отопления с верхней разводкой, попутным движением воды и насосной циркуляцией: 1 – теплообменник; 2, 3, 4, 5 – циркуляционная, соединительная, сигнальная, переливная трубы расширительного бака; 6 – расширительный бак; 7 – подающий магистральный теплопровод; 8 – воздухоотборник; 9 – отопительный прибор; 10 – кран двойной регулировки; 11 – обратный теплопровод; 12 – насос

2.9.2. Теплопроводы систем отопления

Трубопроводы систем центрального водяного и парового отопления предназначены для подачи в приборы и отвода из них необходимого количества теплоносителя. Поэтому их называют теплопроводами. Теплопроводы вертикальных систем отопления подразделяют на магистрали, стояки и подводки. Теплопроводы горизонтальных систем, кроме магистралей, стояков и подводок, имеют горизонтальные ветви.

Для пропуска теплоносителя используют трубы: металлические (стальные, медные, свинцовые и др.) и неметаллические (пластмассовые, стеклянные и др.).

Из металлических труб в России наиболее часто используют стальные шовные (сварные) и редко стальные бесшовные (цельнотянутые) трубы. Стальные трубы изготавливают из мягкой углеродистой стали, что облегчает выполнение изгибов, резьбы на трубах и различных монтажных операций. Стоимость бесшовных труб выше, чем сварных, но они более надежны в эксплуатации и их рекомендуется использовать в местах, не доступных для ремонта. Широкое применение стальных труб в системах центрального отопления объясняется их прочностью, простотой сварных соединений, близким соответствием коэффициента линейного расширения коэффициенту расширения бетона, что важно при заделке труб в бетон (например, в бетонных панельных радиаторах).

В системах отопления используют неоцинкованные «черные» стальные сварные водогазопроводные трубы $d_y = 10...50$ мм трех типов: *легкие, обыкновенные и усиленные* (в зависимости от толщины стенки). Усиленные толсто-стенные трубы применяют редко – в долговременных уникальных сооружениях при скрытой прокладке. Легкие тонкостенные трубы предназначены под сварку или накатку резьбы для их соединения при открытой прокладке в системах водяного отопления. Обыкновенные трубы используют при скрытой прокладке и в системах парового отопления.

Размер водогазопроводной трубы обозначается цифрой условного диаметра в мм (например, $d_y 20$). Труба $d_y 20$ имеет наружный диаметр 26,8 мм, а ее внутренний диаметр изменяется в зависимости от толщины стенки от 20,4

(усиленная труба) до 21,8 мм (легкая труба). Изменение внутреннего диаметра влияет на площадь поперечного сечения канала для протекания теплоносителя. Поэтому одно и то же количество теплоносителя будет двигаться в трубе одного и того же условного диаметра с различной скоростью: большей – в усиленной и меньшей – в легкой трубе.

Стальные электросварные трубы выпускают со стенками различной толщины. Поэтому в условном обозначении выбранной трубы указывают наружный диаметр и толщину стенки (если выбрана труба 76 x 2,8 мм, то это означает, что она имеет наружный диаметр 76 мм, толщину стенки 2,8 мм и, следовательно, внутренний диаметр 70,4 мм). При этом стенку принимают наименьшей толщины (по сортаменту труб, выпускаемых заводами). Например, используют трубы d_y 20 со стенкой толщиной 2,0 мм (легкая водогазопроводная труба d_y 20 имеет стенку толщиной 2,5 мм).

Стальные трубы, применяемые в системах центрального отопления, выдерживают, как правило, большее гидростатическое давление (не менее 1 МПа), чем отопительные приборы и арматура. Поэтому предельно допустимое гидростатическое давление в системе водяного отопления устанавливают по рабочему давлению, на которое рассчитаны не трубы, а другие менее прочные элементы (например, отопительные приборы).

Соединение стальных теплопроводов между собой, с отопительными приборами и арматурой может быть неразборным – сварным и разборным (для ремонта отдельных частей) – резьбовым и болтовым. Резьбовое разборное соединение предусматривают в основном у отопительных приборов и арматуры для их демонтажа в случае необходимости. Фланцевая арматура крупного размера соединяется болтами с контрфланцами, привариваемыми к концам стальных труб.

За последние годы, особенно в индивидуальном жилищном строительстве, все чаще используют трубы, изготовленные из медных сплавов. Медные трубы отличаются значительной коррозионной стойкостью и долговечностью. Их соединение в процессе монтажа осуществляется методом пайки или сварки.

Трубы выпускаются в виде прямых отрезков длиной 2...6 м или, учитывая, что медь более мягкий материал, чем сталь, в бухтах длиной до 50 м. Использование мягкой меди позволяет значительно снизить стоимость монтажа системы отопления и сократить сроки монтажа за счет уменьшения количества соединительных элементов (фитингов).

Все большее распространение в России для монтажа сантехнических систем получают трубы из полимерных материалов (их чаще называют пластиковыми или пластмассовыми). Эти трубы отличаются высокой коррозионной стойкостью и длительным сроком службы (до 50 лет) с сохранением, в отличие от стальных труб, их первоначальных гидравлических свойств (шероховатости и внутреннего диаметра). Полимерные трубы отличаются также легкостью (в 6...7 раз легче стальных), высокими шумопоглощающими свойствами и пластичностью, что важно, например, для сохранения их прочностных свойств при возможном замерзании транспортируемой по ним воды. Трубы поставляются на строительный объект в бухтах, что значительно облегчает их монтаж. В зависимости от фирмы-изготовителя монтажное соединение труб осуществляется с помощью специального инструмента с использованием самых разнообразных технологий: механический обжим, пайка, сварка, склейка. Многолетняя практика использования полимерных труб в системах отопления выявила их существенный недостаток – высокую проницаемость (диффундирование) атмосферного воздуха через их стенки и насыщение теплоносителя кислородом со всеми вытекающими отсюда последствиями. Этого недостатка лишены металлополимерные (металлопластиковые) трубы, в стенки которых добавляется защитный слой в виде тонкой, как правило, алюминиевой фольги. В системах отопления пластиковые трубы применяются только в случае их скрытой в строительной конструкции (стене, перекрытии) прокладки.

Основные рекомендуемые схемы прокладки магистральных трубопроводов системы водяного отопления на чердаках и подвалах жилых зданий приведены на рис. 2.11.

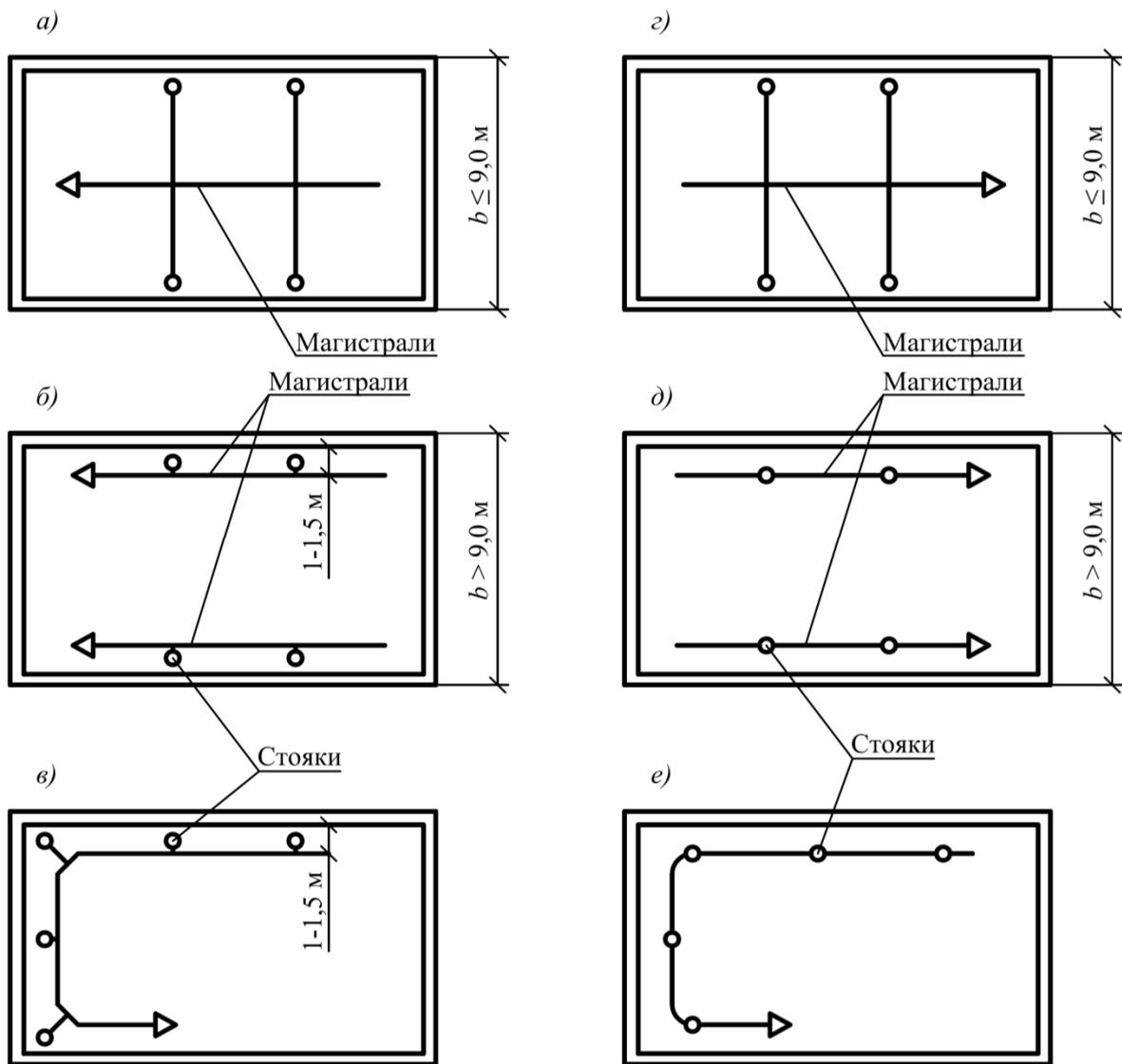


Рис. 2.11. Прокладка магистральных теплопроводов на чердаках а), б), в) и в подвалах г), д), е) зданий при тупиковой а), б), г), д) и попутной о), е) схемах движения теплоносителя

2.9.3. Отопительные приборы

К отопительным приборам как к оборудованию, устанавливаемому непосредственно в обогреваемых помещениях, предъявляются требования, дополняющие и уточняющие требования к системе отопления.

Санитарно-гигиенические. Пониженная относительно расчетной температуры в городской тепловой сети температура на поверхности прибора; ограничение площади горизонтальной поверхности приборов для уменьшения отложения пыли; доступность и удобство очистки от пыли поверхности приборов и пространства вокруг них.

Экономические. Относительно невысокая стоимость прибора; экономный расход металла на прибор, обеспечивающий повышение теплового напряжения металла.

Архитектурно-строительные. Соответствие внешнего вида отопительных приборов интерьеру помещений; сокращение площади помещений, занимаемой приборами. Приборы должны быть достаточно компактными, т. е. их строительные глубина и длина, приходящиеся на единицу теплового потока, должны быть наименьшими.

Производственно-монтажные. Механизация изготовления и монтажа приборов для повышения производительности труда. Достаточная механическая прочность приборов.

Эксплуатационные. Управляемость теплоотдачи приборов, зависящая от их тепловой инерции. Температурная устойчивость и водонепроницаемость стенок при предельно допустимом в рабочих условиях (рабочем) гидростатическом давлении внутри приборов.

К отопительным приборам предъявляется важное для них *теплотехническое требование*: обеспечение наибольшего теплового потока от теплоносителя в помещения через единицу площади прибора при прочих равных условиях (расход и температура теплоносителя, температура воздуха, место установки и т. д.). Для выполнения этого требования прибор должен обладать повышенным значением коэффициента теплопередачи $k_{пр}$.

Всем перечисленным требованиям одновременно удовлетворить невозможно, и этим объясняется рыночное разнообразие типов отопительных приборов. При этом каждый тип в наибольшей степени отвечает какой-либо группе требований, уступая другому в отношении прочих условий. Например, отопительные приборы для лечебных учреждений соответствуют повышенным санитарно-гигиеническим требованиям за счет ухудшения других показателей.

По величине тепловой инерции можно выделить приборы малой и большой инерции. К приборам малой тепловой инерции относят приборы, имеющие небольшую массу материала и вмещаемой воды. Такие приборы с греющими

трубами малого диаметра (например, конвекторы) быстро изменяют теплоотдачу при регулировании количества подаваемого теплоносителя. Приборами, обладающими большой тепловой инерцией, считают массивные приборы, вмещающие значительное количество воды (например, чугунные радиаторы). Такие приборы изменяют теплоотдачу сравнительно медленно.

Для сравнения отопительных приборов в табл. 2.5 приведены области значений коэффициента теплопередачи и условными знаками отмечены другие относительные показатели основных видов приборов. Знаком «+» отмечены положительные показатели приборов, знаком «-» – отрицательные. Знак «++» указывают на показатель, определяющий основное преимущество какого-либо вида приборов. Тепловая инерция большая – знак «б», малая – «м».

Таблица 2.5

Требования, предъявляемые к отопительным приборам

Отопительный прибор	Требования, предъявляемые к отопительным приборам									
	Теплотехнические	Санитарно-гигиенические		Экономические		Архитектурно-строительные		Производственно-монтажные		Эксплуатационные
		$k_{пр}, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	Температура поверхности	Очистка от пыли	Стоимость	Расход металла	Внешний вид	Компактность	Механизация изготовления	
Радиатор:										
чугунный секционный	8,5...11,3	-	-	+	-	-	++	-	-	б
стальной панельный	10,5...11,5	-	+	+	+	+	-	++	+	м
бетонный панельный	7,5...11,6	++	+	+	++	+	-	-	+	б
Гладкотрубный прибор	10,5...14,0	-	++	-	-	-	-	-	-	б
Конвектор:										
без кожуха	4,7...7,0	+	-	+	+	-	-	++	+	м
с кожухом		+	-	-	+	+	+	++	+	м
Ребристая труба	4,7...5,5	+	-	+	-	-	+	-	-	б
Калорифер	9,0...35,0	+	-	+	+	-	++	+	-	м

Арматура на стояках предназначена для полного отключения отдельных стояков, если требуется проводить ремонтные и другие работы во время отопи-

тельного сезона. Арматуру для тех же целей помещают в начале и конце каждой ветви горизонтальных систем отопления.

Арматуру на стояках малоэтажных (1...3 этажа) зданий устанавливать нецелесообразно. Здесь проще предусматривать возможность отключения арматурой сравнительно небольшой части системы отопления (например, вдоль одного фасада здания). На стояках лестничных клеток арматуру применяют независимо от числа этажей.

В многоэтажных зданиях на стояках систем отопления устанавливают запорные проходные (пробочные) или шаровые краны (рис. 2.12) и вентили. Следует отметить, что за последнее время шаровые краны различного диаметра практически вытеснили другую подобную запорную арматуру. Объясняется это прежде всего их высокой надежностью (безотказностью в работе и долговечностью). Краны используют при температуре теплоносителя воды до 115 °С и небольшом гидростатическом давлении в системе. В высоких зданиях при гидростатическом давлении, превышающем 1,0 МПа в нижней части стояков, краны заменяют более прочными и надежными в работе вентилями (рис. 2.12). Вентили также предусматривают на стояках при других теплоносителях – высокотемпературной воде и паре. Предпочтительно применение вентиляей с наклонным шпинделем («косых» вентиляей), создающих меньшие гидравлические потери давления и шум по сравнению с «прямыми» вентилями.

При водяном отоплении для спуска воды из одного стояка (ветви) и впуска воздуха в него при этом, а также для выпуска воздуха при последующем заполнении водой рядом с запорными кранами (или вентилями) размещают спускные проходные или шаровые краны (внизу стояков со штуцером для присоединения гибкого шланга).

При паровом отоплении иногда (при значительной протяженности систем) на конденсатных трубах удаленных стояков предусматривают установку спускных вентиляей для «продувки» системы, т. е. для быстрого удаления воздуха из нее при пуске пара.



Рис. 2.12. Внешний вид запорной арматуры: а) – шаровый кран; б) – вентиль; в) – фланцевая задвижка

Арматура на магистралях необходима для отключения отдельных частей системы отопления. В качестве такой арматуры используют муфтовые проходные или шаровые краны и вентили, а также фланцевые задвижки (рис 2.12) на трубах крупного калибра ($d_y > 40$ мм). В пониженных местах на магистралях устанавливают спускные краны, в повышенных местах водяных магистралей — воздушные краны или воздухоотборники.

Паровые магистрали снабжают гидравлическими затворами (петлями) или конденсатоотводчиками для удаления конденсата, образующегося попутно при движении пара. Их можно отнести к запорной арматуре для пара.

Арматура в тепловом пункте здания предназначена для регулирования и отключения отдельных систем отопления, а также отопительного оборудования.

Задвижки размещают на главных подающих и обратных магистралях, до и после (по движению теплоносителя) теплообменников, циркуляционных и смесительных насосов, водоструйных элеваторов, редуцирующих клапанов, конденсатоотводчиков, исполнительных механизмов автоматического регулирования и других аппаратов, а также на обводных линиях.

2.9.4. Расширительный бак

Расширительный бак служит для прироста объема воды в системе, образующегося при ее нагревании в системе отопления.

Расширительный бак может быть открытым, сообщаящимся с атмосферой, и закрытым, находящимся под переменным, но строго ограниченным избыточным давлением.

Открытый расширительный бак (рис. 2.13) представляет собой металлическую емкость цилиндрической формы со съемной крышкой и патрубками для присоединения следующих труб: расширительной 2; контрольной 4, выведенной к раковине в котельной для наблюдения за уровнем воды; переливной 3 для слива избытка воды при переполнении расширительного бака; циркуляционной 1, соединяющей расширительный бак с обратным магистральным теплопроводом для предотвращения замерзания воды в расширительном сосуде и в соединительной трубе. Вместо контрольной трубы может устраиваться электрическая или световая сигнализация.

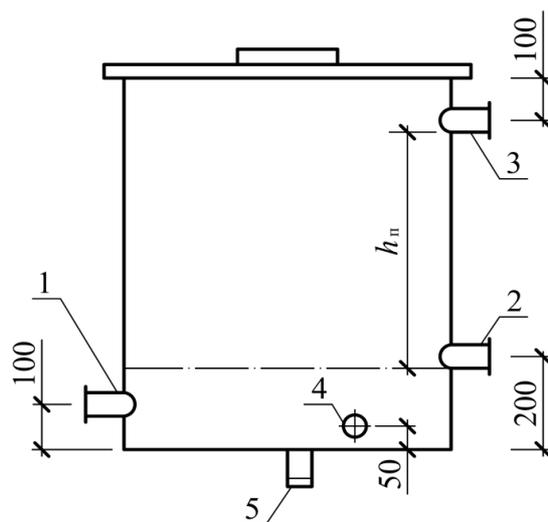


Рис. 2.13. Открытый расширительный бак

На расширительной, переливной трубах нельзя устанавливать какую-либо запорную арматуру. На контрольной трубе кран устанавливается перед раковиной для периодической проверки уровня воды в расширительном сосуде. Полезная вместимость $V_{p.б.}$ расширительного сосуда определяется по формуле:

$$V_{p.б.} = \alpha \Delta t V_c, \quad (25)$$

где α – коэффициент объемного расширения воды, равный $0,0006 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$;

Δt – изменение температуры воды в системе отопления, $^\circ\text{C}$;

V_c – объем воды, заполняющей систему, л.

При параметрах теплоносителя 95/70 °С и температуре водопроводной воды при пуске системы в эксплуатацию 5 °С, $\Delta t = ((95 + 70) / 2) - 5 = 77,5$ °С:

$$V_{p.б} = 0,0006 \cdot 77,5V_c = 0,0465V_c. \quad (26)$$

Открытый расширительный бак устанавливают в наивысшей точке системы отопления, обычно на чердаке здания. Поверхности его покрывают тепловой изоляцией. При отсутствии чердака расширительный бак устанавливают в специальном боксе на чердачном перекрытии (совмещенной крыше), в лестничной клетке или верхнем техническом этаже. При естественной циркуляции воды и верхнем расположении подающей магистрали расширительный бак присоединяют к высшей точке подающего магистрального теплопровода.

Для обеспечения циркуляции в расширительном баке его присоединяют расширительной и циркуляционной трубами к подающему магистральному теплопроводу системы с естественной циркуляцией или к обратному магистральному теплопроводу насосной системы (перед насосом с расстоянием между точками их присоединения (1,5...2 м).

Закрытый расширительный бак с воздушной или газовой (если используется азот или другой инертный газ, отделенный от воды мембраной) «подушкой» герметичен. Это способствует уменьшению коррозии элементов системы отопления и может обеспечить в широком диапазоне переменное давление в системе.

На рис. 2.14 изображена установка закрытого расширительного бака с упругой мембраной, разделяющей воду и инертный газ. Присоединение бака осуществляется после котла, как это принято в зарубежной практике. Начальное давление газа в баке может быть и атмосферным, и избыточным. В последнем случае мембрана до нагревания воды в системе отопления будет прилегать к стенкам той половины бака, которая после нагревания будет заполняться водой.

Полезный объем закрытого расширительного бака определяют по формуле

$$V_{\text{пол}} = \frac{\alpha V_c}{\frac{p_a}{p_{\text{мин}}} - \frac{p_a}{p_{\text{макс}}}}, \text{ л} \quad (27)$$

где p_a – абсолютное давление в баке до первого поступления воды (в том числе атмосферное давление), бар;

$p_{\text{мин}}$ – абсолютное давление в баке при наполнении системы водой (минимально необходимое давление в баке при минимальном уровне), бар;

$p_{\text{макс}}$ – абсолютное давление в баке при повышении температуры воды до расчетной и заполнении бака водой (максимально допустимое давление воды в баке при максимальном уровне), бар.



Рис. 2.14. Закрытый расширительный бак в разрезе

Удаление воздуха из отопительных приборов и из всех участков теплопроводов является необходимым условием нормальной работы системы отопления. Способы удаления воздуха из системы водяного отопления с искусственной и естественной циркуляцией неодинаковы. В системах водяного отопления с естественной циркуляцией воды и верхним расположением подающих магистралей для удаления воздуха используется, как правило, расширительный сосуд без каких-либо дополнительных устройств.

В системах водяного отопления с нижним расположением магистралей при естественной циркуляции для удаления воздуха устраивают специальную

воздухоотводящую сеть, присоединяя ее к расширительному баку или к воздухоборнику. Из таких систем отопления воздух можно удалять также с помощью воздуховыпускных кранов или специальных шурупов, вкручиваемых в верхние пробки приборов верхнего этажа.

Для более надежного удаления воздуха и удобного спуска воды из системы водяного отопления с естественной циркуляцией магистральные теплопроводы, а также ответвления от стояков к приборам и от приборов к стоякам прокладывают с уклоном (не менее 0,002) по направлению движения теплоносителя.

В системе водяного отопления с искусственной циркуляцией скорость движения воды обычно больше скорости всплывания воздушных пузырьков, равной 0,2 м/с, и пузырьки воздуха не могут двигаться в направлении, противоположном потоку воды. Поэтому в таких системах разводящие магистральные теплопроводы прокладывают с подъемом к крайним стоякам и в высших точках системы устанавливают воздухоборники (см. рис. 2.15).

Некоторые конструкции воздухоборников показаны на рис. 2.15. Для выпуска воздуха из воздухоборников устанавливают кран, который в процессе эксплуатации системы периодически открывают.

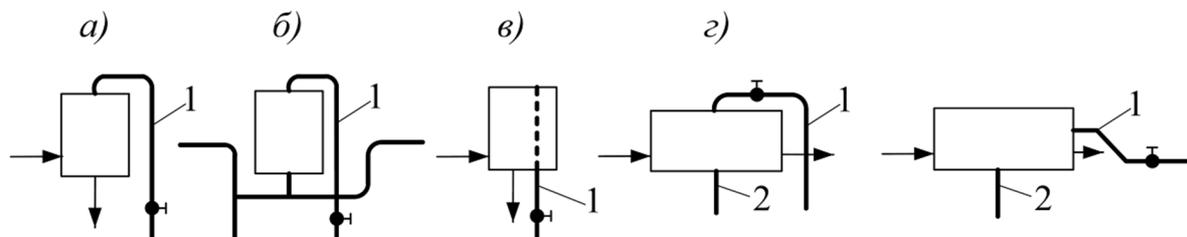


Рис. 2.15. Воздухоборники: а) – концевой проточный для установки на последнем стояке; б) – непроточный для системы с нижней разводкой, устанавливаемый на воздушной линии; в) – с внутренней отводной трубкой; з) – горизонтальные проточные: 1 – трубка для выпуска воздуха; 2 – патрубок с пробкой для спуска грязи

2.9.5. Область применения различных систем водяного отопления

Системы водяного отопления разделяются на системы с естественной и искусственной циркуляцией воды, двухтрубные и однетрубные, вертикальные и горизонтальные, с верхним и нижним расположением магистрали, тупиковые и с попутным движением воды.

Вертикальные двухтрубные системы с верхним расположением подающей магистрали (см. рис. 2.5) применяют в основном при естественной циркуляции воды в системе отопления в зданиях с числом этажей до трех включительно. Эти системы по сравнению с системами при нижнем расположении подающей магистрали (см. рис. 2.6) имеют большее естественное циркуляционное давление, в них проще воздухоудаление из системы (через расширительный бак, присоединенный к верхней части главного стояка, где выделяется наибольшее количество растворенного в воде воздуха), а также выше отдача теплоты отопительных приборов.

Двухтрубная вертикальная система с нижним расположением обеих магистралей (см. рис. 2.6) и естественной циркуляцией воды перед системой с верхним расположением подающей магистрали имеет следующие преимущества: меньшие теплотери за счет отсутствия теплопроводов на чердаке; монтаж и пуск системы могут производиться поэтажно по мере возведения здания; удобнее эксплуатация системы, так как вентили и краны на подающем и обратном стояках находятся внизу и в одном месте. Двухтрубные вертикальные системы с нижней прокладкой обеих магистралей применяют в малоэтажных зданиях с кранами двойной регулировки у отопительных приборов, что объясняется большей гидравлической и тепловой надежностью этих систем по сравнению с двухтрубными системами с верхним расположением подающей магистрали. Основное преимущество двухтрубных систем независимо от способа циркуляции теплоносителя – поступление воды с наивысшей температурой t_r к каждому отопительному прибору, что обеспечивает максимальную разность температур $t_r - t_o$ и, следовательно, минимальную площадь поверхности приборов. Однако в двухтрубной системе, особенно с верхней прокладкой подающей магистрали, имеет место значительный расход труб и фасонных частей, усложняется монтаж.

По сравнению с двухтрубными системами отопления вертикальные однотрубные системы с замыкающими участками на стояках и естественной циркуляцией воды (см. рис. 2.7, левая часть) имеют ряд преимуществ: меньшая пер-

воначальная стоимость, более простой монтаж и меньшая длина теплопроводов, более красивый внешний вид.

Если приборы, находящиеся в одном помещении, присоединены по проточной схеме к стояку с двух сторон, то у одного из них (правый стояк на рис. 2.7) устанавливают регулировочный кран. Такие системы применяют в многоэтажных производственных зданиях.

На рис. 2.8 показана схема однотрубных горизонтальных систем отопления. Горячая вода в таких системах поступает в отопительные приборы одного и того же этажа из теплопровода, проложенного горизонтально. Регулировка и включение отдельных приборов в горизонтальных системах с замыкающими участками (см. рис. 2.8, б) достигается так же легко, как и в вертикальных системах. В горизонтальных проточных системах (см. рис. 2.8, а, в) регулировка может быть только поэтажная, что является существенным их недостатком.

К основным достоинствам однотрубных горизонтальных систем относятся меньший, чем в вертикальных системах, расход труб, возможность поэтажного включения системы и стандартность узлов. Кроме того, горизонтальные системы не требуют пробивки отверстий в перекрытиях, и монтаж их по сравнению с вертикальными системами проще. Они довольно широко применяются в производственных помещениях.

К недостаткам однотрубных систем относится перерасход отопительных приборов по сравнению с двухтрубными системами отопления.

Общими преимуществами систем с естественной циркуляцией воды, определяющими в некоторых случаях их выбор, являются относительная простота устройства и эксплуатации; отсутствие насоса и потребности в электроприводе; бесшумность действия; сравнительная долговечность при правильной эксплуатации (до 30...40 лет) и обеспечение равномерной температуры воздуха в помещении.

Однако в системах водяного отопления с естественной циркуляцией естественное давление имеет очень небольшую величину.

Область применения систем с естественной циркуляцией ограничена обособленными гражданскими зданиями (в частности, в сельских районах), зданиями, где недопустимы шум и вибрация, квартирным отоплением, верхними (техническими) этажами высоких зданий.

Системы водяного отопления с искусственной циркуляцией (см. рис 2.9) принципиально отличаются от систем водяного отопления с естественной циркуляцией тем, что в них в дополнение к естественному давлению, возникающему в результате охлаждения воды в приборах и трубах, значительно большее давление создается центробежным циркуляционным насосом, который устанавливается на обратном магистральном теплопроводе у котла, а расширительный бак присоединен не к подающему, а к обратному теплопроводу около всасывающего патрубка насоса. При таком присоединении расширительного бака воздух из системы через него отводиться не может, поэтому для удаления воздуха из сети теплопроводов и отопительных приборов служат воздушные линии, воздухоотборники и воздушные краны (см. рис. 2.9).

Рассмотрим схемы вертикальных двухтрубных систем отопления с искусственной циркуляцией (см. рис. 2.9). Слева показана система с верхним расположением подающей магистрали, а справа – система с нижним расположением обеих магистралей. Обе системы отопления относятся к так называемым тупиковым системам, в которых нередко получается очень большая разница в потере давления в отдельных циркуляционных кольцах, так как длины их разные.

Поэтому в системах с искусственной циркуляцией, особенно при большой протяженности теплопроводов, целесообразно применять попутное движение горячей и охлажденной воды.

2.10. Основные принципы гидравлического расчета теплопроводов систем водяного отопления

Системы отопления представляют собой разветвленную сеть теплопроводов, выполняющих важную функцию распределения теплоносителя по отопи-

тельными приборам. Целью гидравлического расчета является определение диаметров теплопроводов при заданной тепловой нагрузке и расчетном циркуляционном давлении, установленном для данной системы.

Как известно из курса гидравлики, при движении реальной жидкости по трубам всегда имеют место потери давления на преодоление сопротивления двух видов – трения и местных сопротивлений. К местным сопротивлениям относятся тройники, крестовины, отводы, вентили, краны, отопительные приборы, котлы, теплообменники и т. д.

Потери давления R_T , Па, на преодоление трения на участке теплопровода с постоянным расходом движущейся среды (воды, пара) и неизменным диаметром определяют по формуле:

$$R_T = \frac{\lambda}{d} \frac{v^2}{2} \rho l = Rl, \quad (28)$$

где d – диаметр трубопровода, м;

λ – коэффициент гидравлического трения (величина безразмерная);

v – скорость движения воды в трубопроводе, м/с;

ρ – плотность движущейся среды, кг/м³;

R – удельные потери давления; Па/м;

l – длина участка теплопровода, м.

Потери давления на преодоление местных сопротивлений, Па, определяют по формуле:

$$Z = \sum \xi \frac{v^2}{2} \rho, \quad (29)$$

где $\sum \xi$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений в данном участке теплопровода (величина безразмерная);

$\frac{v^2}{2} \rho$ – динамическое давление воды в данном участке теплопровода, p_d , Па.

Суммарные потери давления, возникающие при движении воды в теплопроводе циркуляционного кольца, должны быть меньше расчетного циркуляционного давления, устанавливаемого для данной системы примерно на 10 %.

Расчетное циркуляционное давление – это давление, необходимое для поддержания принятого гидравлического режима системы отопления. Это то давление, которое может быть израсходовано в расчетных условиях на преодоление гидравлических сопротивлений в системе. Чаще всего гидравлический расчет теплопроводов систем водяного отопления выполняют либо методом удельных потерь давления на трение, либо методом характеристик.

При использовании первого метода потери давления на трение и в местных сопротивлениях определяют отдельно для каждого участка; диаметры трубопроводов определяют при постоянных перепадах температуры воды во всех стояках и ветвях, равных расчетному перепаду температуры воды во всей системе $\Delta t_{\text{сист}}$.

Во втором методе устанавливают распределение потоков воды в циркуляционных кольцах системы и получают переменные (неравные) перепады температуры воды в стояках и ветвях $\Delta t_{\text{ст}} \leq \Delta t_{\text{сист}}$.

Предварительно выбирают диаметр теплопровода на каждом расчетном участке с учетом допустимых скоростей движения воды.

Расчетным участком называют участок теплопровода с неизменным расходом теплоносителя. При расчете главного циркуляционного кольца (наиболее неблагоприятного в гидравлическом отношении циркуляционного контура) рекомендуется предусматривать запас давления на неучтенные сопротивления, но не более 10 % расчетного давления:

$$\sum (Rl + Z)_{\text{г.ц.к.}} = 0,9\Delta p_p. \quad (30)$$

2.10.1. Методика гидравлического расчета теплопровода систем водяного отопления

До гидравлического расчета теплопроводов выполняют аксонометрическую схему системы отопления со всей запорно-регулирующей арматурой [10]. К составлению такой схемы приступают после того, как: подсчитана тепловая мощность системы отопления здания; выбран тип отопительных приборов и определено их число для каждого помещения; размещены на поэтажных планах

здания отопительные приборы, горячие и обратные стояки, а на планах чердака и подвала – подающие и обратные магистрали; выбрано место для теплового пункта или котельной; показано на плане чердака или верхнего этажа (при совмещенной крыше) размещение расширительного бака и приборов воздухоудаления.

На планах этажей, чердака и подвала горячие и обратные стояки системы отопления должны быть пронумерованы, а на аксонометрической схеме кроме стояков нумеруют все расчетные участки циркуляционных колец – участки труб, а также указывают тепловую нагрузку и длину каждого участка. Сумма длин всех расчетных участков составляет величину расчетного циркуляционного кольца.

1. Выбирают главное циркуляционное кольцо. В тупиковых схемах однотрубных систем за главное принимается кольцо, проходящее через дальний стояк, а в двухтрубных системах – кольцо, проходящее через нижний прибор дальнего стояка. В последнем случае $\sum l$ – наибольшая, а Δp_p – наименьшая, тогда и отношение $\Delta p_p / \sum l$, определяющее давление на 1 м длины, здесь будет наименьшим. При попутном движении воды наиболее неблагоприятным в гидравлическом отношении является кольцо, проходящее через один из средних наиболее нагруженных стояков.

2. Определяют расчетное циркуляционное давление:

$$\Delta p_p = \Delta p_{\text{нас}} + \Delta p_e = \Delta p_{\text{нас}} + E(\Delta p_{\text{спр}} + \Delta p_{\text{стр}}), \quad (31)$$

3. При расчете по методу удельных потерь давления для предварительного выбора диаметров теплопроводов определяют среднее значение удельного падения давления по главному циркуляционному кольцу:

$$R_{\text{ср}} = \frac{(1-k)\Delta p_p}{\sum l} \rho, \quad (32)$$

где k – коэффициент, учитывающий долю потери давления на местные сопротивления от общей величины расчетного циркуляционного давления ($k = 0,35$ – для систем отопления с искусственной циркуляцией, $k = 0,5$ – для систем отопления с естественной циркуляцией);

$\sum l$ – общая длина расчетного циркуляционного кольца, м;

Δp_p – расчетное циркуляционное давление, Па.

4. Определяют расходы воды на расчетных участках $G_{yч}$, кг/ч:

$$G_{yч} = \frac{3,6Q_{yч}}{c(t_{г} - t_{о})} \beta_1, \quad (33)$$

где $Q_{yч}$ – тепловая нагрузка участка, составленная из тепловых нагрузок отопительных приборов, обслуживаемых протекающей по участку водой, Вт;

c – теплоемкость воды, кДж/(кг · К);

$(t_{г} - t_{о})$ – перепад температур воды в системе, °С;

β_1 – коэффициент перевода Вт в кДж/ч.

Ориентируясь на полученное значение $R_{ср}$ и определив количество воды $G_{yч}$, кг/ч, можно с помощью расчетной таблицы подобрать оптимальные диаметры труб расчетного кольца. Все данные, получаемые при расчете теплопровода, заносят в специальную таблицу.

При расчете отдельных участков теплопровода необходимо иметь в виду следующее: местное сопротивление тройников и крестовин относят лишь к расчетным участкам с наименьшим расходом воды; местные сопротивления отопительных приборов, котлов и подогревателей учитывают поровну в каждом примыкающем к ним теплопроводе.

Если по произведенному расчету с учетом запаса до 11 % расходуемое давление в системе будет больше или меньше расчетного давления Δp_p , то на отдельных участках кольца следует изменить диаметры труб.

После расчета главного циркуляционного кольца рассчитывают параллельные циркуляционные кольца, (которые состоят из участков главного кольца (уже рассчитанных) и дополнительных (не общих) участков, еще не рассчитанных. Проводится «увязка» потерь давления, т. е. получение равенства потерь давления на параллельно соединенных дополнительных участках других колец и не общих участках главного циркуляционного кольца.

Неувязка потерь давления в циркуляционных кольцах (без учета потерь давления в общих участках) не должна превышать 5 % при попутной и 15 %

при тупиковой разводке теплопроводов систем водяного отопления в расчете с постоянными разностями температур в подающей и обратной магистрали.

2.11. Автоматизированные узлы управления систем водяного отопления

2.11.1. Необходимость создания тепловых пунктов

Для отопления зданий различного назначения применяют теплоносители с разными параметрами. Например, для обогрева жилых и школьных зданий используют воду с параметрами 95/70 °С – для двухтрубных и 105/70 °С – для однострубных систем отопления; для обогрева зданий больниц и лечебных учреждений применяют воду параметрами 85/65 °С.

Для промышленных зданий, спортивных зданий и других допустимо применять воду с более высокими параметрами. При централизованном теплоснабжении ТЭЦ или районных котельных для доставки теплоты потребителям используют высокотемпературную воду с параметрами 150/70 °С.

Системы отопления зданий, в которых допустимы высокие параметры теплоносителя, например 150/70 °С, присоединяют непосредственно, т. е. без дополнительных устройств.

Если для отопления зданий требуются пониженные параметры теплоносителя, то температура воды, подаваемая по тепловым сетям понижается путем подмешивания к ней воды из обратных магистралей системы отопления (непосредственная схема присоединения) или сетевую воду подают в специальные теплообменники, в которых вода системы отопления нагревается до требуемой температуры (независимая схема присоединения), в этом случае вода системы отопления не смешивается с сетевой водой.

Для приготовления воды соответствующих параметров в зданиях создаются тепловые пункты (ТП). Тепловой пункт соединяет системы отопления и тепловую сеть и является составной частью системы отопления.

В зависимости от источника теплоснабжения изменяется оборудование теплового пункта системы отопления и его принципиальная схема.

При теплоснабжении от автономного источника или индивидуальных теплогенераторов тепловым пунктом системы отопления является котельная.

При централизованном теплоснабжении тепловые пункты подразделяют на следующие:

- индивидуальные тепловые пункты (ИТП) – для присоединения систем отопления, вентиляции, горячего водоснабжения и технологических теплоиспользующих установок одного здания или части его;

- центральные тепловые пункты (ЦТП) – то же, для двух зданий и более.

Устройство ИТП обязательно для каждого здания, при этом в ИТП осуществляются только те функции, которые необходимы для систем потребления теплоты данного здания.

В тепловых пунктах размещаются оборудование, арматура, приборы контроля, учета, управления и автоматизации, посредством которых осуществляется преобразование вида теплоносителя или его параметров, контроль параметров теплоносителя, регулирование параметров теплоносителя и распределение его по системам потребления теплоты, отключение систем теплопотребления, заполнение и подпитка систем потребления теплоты, учет расхода теплоты, расхода теплоносителя и конденсата, сбор, охлаждение, возврат конденсата, аккумулярование теплоты, водоподготовка для систем горячего водоснабжения.

В тепловом пункте в зависимости от его назначения могут осуществляться все перечисленные функции или только часть. Системы отопления присоединяют к тепловым сетям в тепловых пунктах по следующим схемам:

- зависимая прямоточная;
- зависимая со смешиванием воды при помощи водоструйного элеватора;
- зависимая со смешиванием воды при помощи насоса;
- независимая схема.

ИТП допускается размещать в технических подпольях и подвалах зданий. Допускается предусматривать ИТП пристроенными к зданиям или отдельно

стоящими, причем тепловые пункты должны иметь самостоятельный выход наружу или в лестничную клетку, а двери должны открываться наружу.

Ширину проходов в свету следует принимать не менее, м:

- между насосами с электродвигателями с напряжением до 1000 В – 1;
- между насосом и стеной – 1;
- между неподвижными выступающими частями оборудования – 0,8.

Крепление неподвижного оборудования (грязевики, задвижки, элеваторы и другое) и трубопроводов с арматурой разрешается непосредственно к стене, при этом минимальное расстояние в свету (с учетом тепловой изоляции) до стены должно быть не менее 0,2 м.

Допускается установка насосов с электродвигателями напряжением до 1000 В у стены без прохода, при этом расстояние от выступающих частей до стенки должно быть не менее 0,3 м.

Разрешается установка двух насосов на одном фундаменте без прохода между ними, но с обеспечением при этом проходов шириной не менее 1 м. Минимальная высота помещения от отметки чистого пола до перекрытия (в свету) для ИТП должно быть не менее 2,2 м.

Проектирование тепловых пунктов производят с учетом пьезометрических графиков изменения температуры воды в тепловых сетях в зависимости от температуры наружного воздуха.

Пьезометрический график характеризует динамическое и статическое давление в любой точке теплофикационной системы.

Выбор системы ИТП зависит от давления в трубопроводах тепловых сетей в месте присоединения ввода тепловой сети и от давления, которое допустимо для отопительных приборов, установленных в отапливаемых зданиях. Увеличение давления сверх допустимого может привести к аварии.

Выбор схемы ИТП начинают с построения графика давления в тепловой сети на основании полученного задания.

2.11.2. Схемы узла управления при присоединении систем отопления к тепловым сетям по зависимой схеме

Узел управления, изображенный на рис. 2.16 (применяется в том случае, когда расчетная температура воды в системе отопления может быть равна температуре воды в тепловой сети).

Горячая вода (теплоноситель) из тепловой сети подается в узел управления системой отопления по трубопроводу 2, после стальной задвижки 2 вода проходит грязевик 3 и фильтр тонкой очистки 4 и попадает в счетчик горячей воды, в комплект которого входит счетчик горячей воды 5, счетчик горячей воды 6а, вычислитель 6б, два термометра сопротивления 6в. Счетчик горячей воды служит для учета расхода теплоты, подаваемой в систему отопления.

Затем теплоноситель проходит регулятор расхода 7, предназначенный для стабилизации расхода воды в системе отопления при неравномерном ее поступлении из тепловой сети.

После задвижки 8 вода поступает в систему отопления по трубопроводу 9, в которой вода охлаждается до температуры t_0 и возвращается в узел управления по обратному трубопроводу 10. Задвижки 8 и 11 предназначены для отключения системы отопления; грязевик 12 и фильтр 13 – для очистки воды, прошедшей через систему отопления. Задвижки 14 и 2 служат для отключения узла управления от тепловой сети. По трубопроводу 15 обратная вода возвращается в тепловую сеть.

Манометры 16, размещенные попарно на одном и том же уровне от пола, позволяют судить о гидростатическом давлении в каждом трубопроводе и разности давления, определяющей интенсивность движения теплоносителя.

Термометры 17 служат для измерения температуры теплоносителя.

Трубопроводы 18 и 19 предназначены для опорожнения системы отопления, на указанных трубах установлены пробковые краны 20 и 21, трубопроводы 18 и 19 соединяются с ручным насосом при помощи шланга.

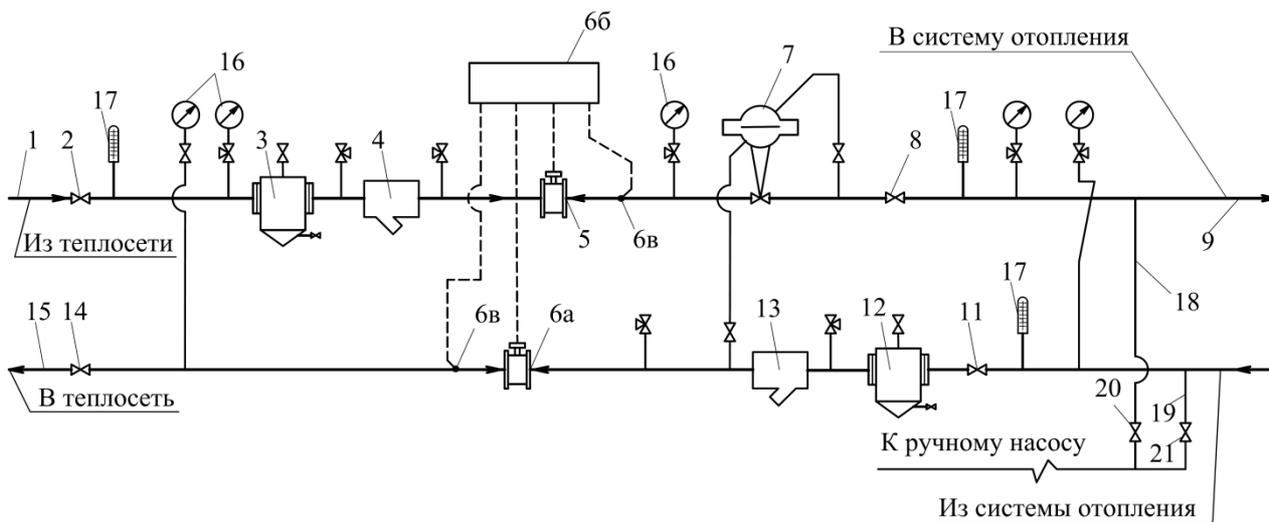


Рис. 2.16. Схема узла управления при присоединении системы отопления к тепловой сети по зависимой прямооточной схеме (H_0 больше суммы $h_{зд}$ и 5 м; $H_{ст}$ больше суммы $h_{зд}$ и 5 м): 1 – подающий трубопровод тепловой сети; 2 и 14 – стальная задвижка; 3 – грязевик; 4 – фильтр тонкой очистки; 5 – теплосчетчик; 6 – составляющие комплекта теплосчетчика (6а – счетчик горячей воды; 6б – вычислитель; 6в – термометр сопротивления); 7 – регулятор расхода; 8 и 11 – задвижка; 9 – подающий трубопровод системы отопления; 10 – обратный трубопровод системы отопления; 12 – грязевик; 13 – фильтр; 15 – обратный трубопровод тепловой сети; 16 – манометр; 17 – термометр; 18 и 19 – трубопроводы для опорожнения системы отопления; 20 и 21 – пробковые краны

2.11.3. Автоматизированные узлы управления системами отопления, подключенные к тепловым сетям по зависимой схеме

Согласно требованиям [5], следует предусматривать комплексное автоматическое регулирование параметров теплоносителя и адекватную этим задачам конструкцию систем отопления. Комплексное автоматическое регулирование включает в себя несколько базовых принципов. Один из них – индивидуальное автоматическое регулирование на каждом отопительном приборе термостатом, который автоматически поддерживает заданную жильцом температуру воздуха внутри помещения. Другим базовым принципом является применение автоматизированных узлов управления системами отопления.

В таких узлах управления осуществляется приготовление параметров теплоносителя в зависимости от температуры наружного воздуха.

Для индивидуального регулирования подачи теплоты от отопительных приборов в помещении применяются автоматические радиаторные терморегуляторы – краны «Danfoss», которые поддерживают заданную температуру воз-

духа в помещениях. Такие краны позволяют экономить более 20 % теплоты за счет использования бытовых тепловыделений, теплоты солнечной радиации и т. д., а также путем снижения температуры воздуха в ночное время и в периоды, когда здание не эксплуатируется.

Терморегулятор типа *RTD* фирмы «*Danfoss*» состоит из двух частей: регулирующего клапана и автоматического термостатического элемента (клапана). Регулирующий клапан монтируется на трубопроводе, подающем воду к отопительному прибору, а на клапан устанавливается термостатический элемент.

Третьим базовым принципом является управление гидравлическими режимами системы отопления при помощи автоматических балансировочных клапанов, которые устанавливаются на стояках или горизонтальных ветках системы. Эти клапаны обеспечивают расчетное потокораспределение по стоякам и веткам вне зависимости от колебаний давлений в трубопроводах системы отопления.

Обоснованность применения автоматизированных узлов управления (АУУ) (разновидность ИТП) подтверждена расчетами, опытом их использования в нашей стране и закреплена в нормативных документах.

Применение автоматизированных узлов управления (ИТП) позволяет поддерживать в отапливаемых помещениях расчетную температуру воздуха при обеспечении экономии тепловой и электрической энергии, а также выполнять оплату за тепловую энергию по факту ее потребления. Кроме того, применение таких узлов управления позволяет улучшить теплогидравлический режим работы всей системы отопления и снизить температуру обратной воды на выходе из системы отопления до нормируемого значения (70 °С).

Узел управления, схема которого представлена на рис. 2.17, применяется в том случае, когда система отопления присоединена к тепловым сетям с перегретой водой. Принцип работы узла следующий. Перегретая вода из тепловой сети подается по трубопроводу 1, проходит стальную задвижку 2, грязевик 3, сетчатый фильтр 4, теплосчетчик 5 в комплекте, регулятор перепада давлений 6 и поступает в регулятор расхода 7 (клапан регулируемый с электроприводом).

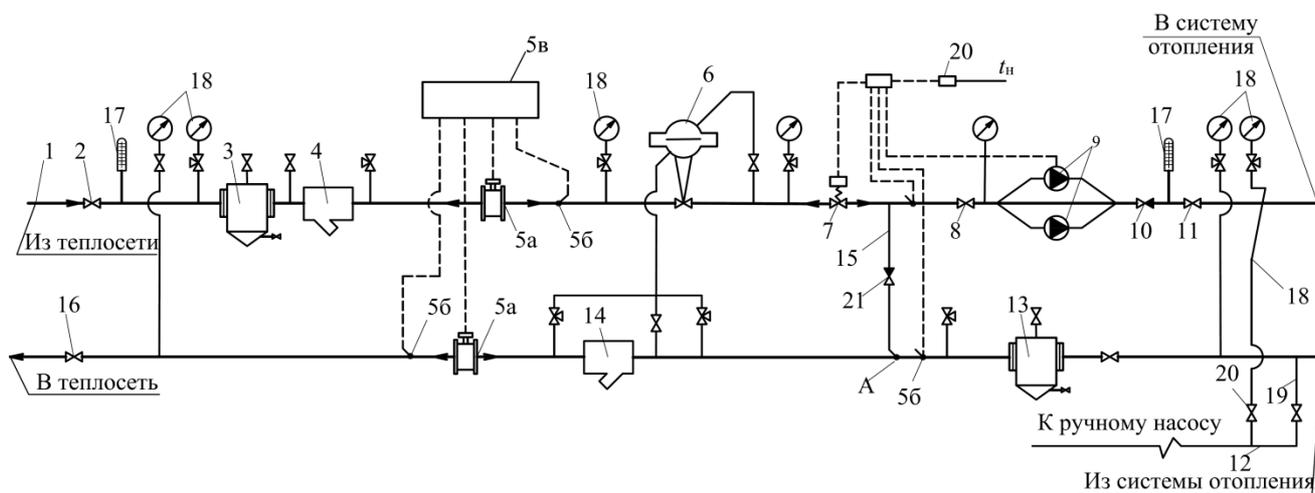


Рис. 2.17. Схема автоматизированного узла управления при присоединении системы отопления к тепловым сетям с узлом смешения воды: 1 – подающий трубопровод тепловой сети; 2 и 16 – стальная задвижка; 3 – грязевик; 4 – сетчатый фильтр; 5 – теплосчетчик в комплекте (5а – счетчик горячей воды; 5б – вычислитель; 5в – термометр сопротивления); 6 – регулятор перепада давлений; 7 – регулятор расхода; 8 – задвижка; 9 – циркуляционный насос; 10 – обратный клапан; 11 – чугунная задвижка; 12 – трубопровод для опорожнения системы отопления; 13 – грязевик; 14 – фильтр; 15 – трубопровод; 17 – термометр; 18 – манометр; 19 – электронный блок; 20 – датчик температуры наружного воздуха; 21 – обратный клапан

Для поддержания заданной температуры воды в системе отопления осуществляется и подача воды из обратной магистрали по трубопроводу 15, на котором установлен обратный клапан 21. В результате смешения двух потоков вода приобретает требуемую температуру для системы отопления. Циркуляция воды в системе отопления осуществляется циркуляционным насосом 9; обратный клапан 10 предотвращает опорожнение системы отопления при остановке насосов 9, а чугунная задвижка 11 служит для отключения системы отопления от узла управления. Трубопровод 12 используют для опорожнения системы отопления. Грязевик 13 и фильтр 14 служат для очистки воды.

Стальные задвижки 2 и 16 предназначены для отключения системы отопления от тепловой сети.

Термометры 17 и манометры 18 используются для контроля над работой узла управления. Если температура теплоносителя (воды) не соответствует требуемому значению, например, она стала выше, чем требуется, то датчик 5б подает сигнал в электронный блок 19. Одновременно в электронный блок 19 по-

ступает сигнал от датчика 20 (датчик температуры наружного воздуха). После этого электронный блок 19 выдает команду регулятору расхода 7, который уменьшает расход сетевой воды, а расход воды из обратной магистрали увеличивается; таким образом, производительность насоса 9 и, следовательно, расход воды в системе остаются постоянными.

И, наоборот, если температура воды, подаваемая в систему отопления, стала ниже, чем требуется, то расход сетевой воды увеличивается, а расход подмешиваемой воды уменьшается.

2.11.4. Автоматизированные узлы управления системами отопления, подключенные к тепловым сетям по независимой схеме

Независимое присоединение систем отопления применяют обычно в целях повышения надежности работы. По независимой схеме, предусматривающей установку водоподогревателей, целесообразно присоединять системы отопления двенадцатиэтажных зданий и выше.

Независимая схема рекомендуется в зданиях, предназначенных для хранения художественных и других ценностей (музеи, архивы и т. д.).

Такая схема может применяться и в тех случаях, когда разности давления на вводе недостаточно для работы системы отопления.

Система отопления при независимой схеме служит дольше, чем система, присоединенная по зависимой схеме вследствие уменьшения коррозионной активности теплоносителя.

В системах отопления, присоединенных к тепловым сетям по независимой схеме, можно обеспечить высокое качество теплоносителя, а это позволяет использовать терморегуляторы, например фирмы «Danfoss», в которых минимальное отверстие для пропуска теплоносителя может быть равным около двух миллиметров.

Кроме того, в таких системах в качестве теплоносителя можно использовать незамерзающие жидкости для зданий любого назначения.

На рис. 2.18 показана принципиальная схема узла управления (ИТП) системы отопления, подключенной к тепловым сетям по независимой схеме с необходимой запорной, контрольно-измерительной и регулирующей арматурой. Рассмотрим принцип работы.

Из тепловой сети по трубопроводу 1 подается перегретая вода; для отключения от тепловой сети установленного оборудования предусмотрены две стальные задвижки 2 и 18. Сетевая вода очищается в абонентском грязевике 3 и в сетчатом фильтре 4. Теплосчетчик в комплекте (5 и 6) служит для учета количества теплоты, подаваемой в теплообменник 8; регулятор расхода 7 служит для пропуска расчетного расхода теплоносителя. Высокотемпературная вода из подающего трубопровода тепловой сети с температурой T_T проходит через теплообменник 8, нагревает через стенку теплообменника вторичную – местную воду (не смешиваясь с ней) от температуры t_o до t_T , а вода из тепловой сети охлаждается до температуры T_o и по трубопроводу 19 возвращается в тепловую сеть. Задвижка 11 служит для отключения теплообменника 8, а сетчатый фильтр 4 – для очистки сетевой воды. Манометры 21 и термометры 17 служат для контроля за работой узла ввода.

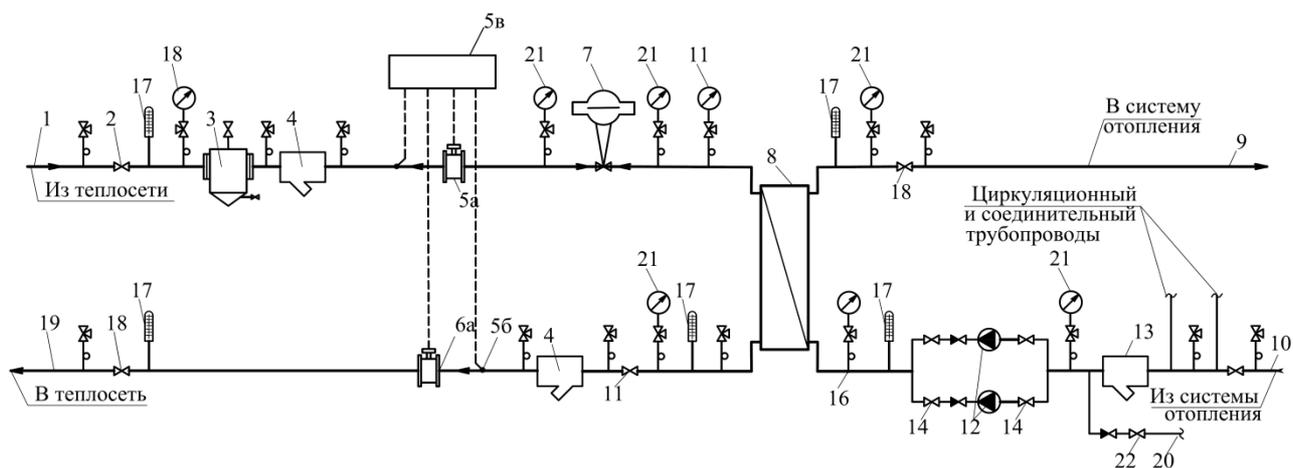


Рис. 2.18. Независимая схема присоединения системы отопления к тепловым сетям с высокотемпературным теплоносителем при использовании открытого расширительного бака: 1 – подающий трубопровод тепловой сети; 2 и 18 – стальная задвижка; 3 – абонентский грязевик; 4 – сетчатый фильтр; 5 и 6 – теплосчетчик; 7 – регулятор расхода; 8 – теплообменник; 9 – подающий трубопровод системы отопления; 10 – трубопровод системы отопления; 11, 14 и 22 – задвижка; 12 – насос; 13 – фильтр; 15 – обратный клапан; 16 – трубопровод; 17 – термометр; 19 – обратный трубопровод тепловой сети; 20 – трубопровод для подпитки системы отопления; 21 – манометр

Вода из системы отопления по трубопроводу 10 и 16 насосом (один резервный) подается в теплообменник 8, в котором нагревается до заданной температуры. Перед насосом 12 установлен фильтр 13, служащий для очистки обратной воды. До и после насоса устанавливаются задвижки 14, а на нагнетательном трубопроводе – обратный клапан 15. Нагретая в теплообменнике 8 вода по трубопроводу 9 подается в систему отопления. Задвижки 22 и 11 служат для отключения оборудования от системы отопления.

Независимая схема присоединения основана на отделении системы отопления от тепловой сети с помощью теплообменников, вследствие этого давление из тепловой сети не может передаваться теплоносителю системы отопления. Утечки воды из системы отопления восполняются из тепловой сети по уровню воды в расширительном баке. Подпитка системы отопления осуществляется по трубопроводу 20.

Независимую систему отопления можно оборудовать открытым расширительным баком, который устанавливается выше любой точки системы отопления. Термометры 17 и манометры 21 используются для контроля за работой узла управления (ИТП).

Для опорожнения от воды нижних частей системы отопления, откуда вода не может самостоятельно сойти в канализацию, используется ручной поршневой насос «Родник». На рис. 2.19 показана схема присоединения ручного насоса 4 к системе отопления. Для опорожнения системы от воды трубопровода 12 (см. рис. 2.19) гибким шлангом соединяют с ручным насосом и открывают пробковый кран 7 (см. рис. 2.19), и вода проходит по обводной линии и сливается в раковину по трубопроводу 8, а затем в канализацию (при этом пробковый кран 6 должен быть закрыт). При откачке воды насосом из нижней части системы отопления должны быть открыты краны 6 и 5, а кран 7 закрыт. Вентиль 1 служит для отключения подачи воды из водопровода, трехходовой кран 3 служит для установки манометра, а обратный клапан 2 препятствует стоку воды из системы отопления в водопроводную трубу при открытом вентиле 1 и в случае падения давления в водопроводе.

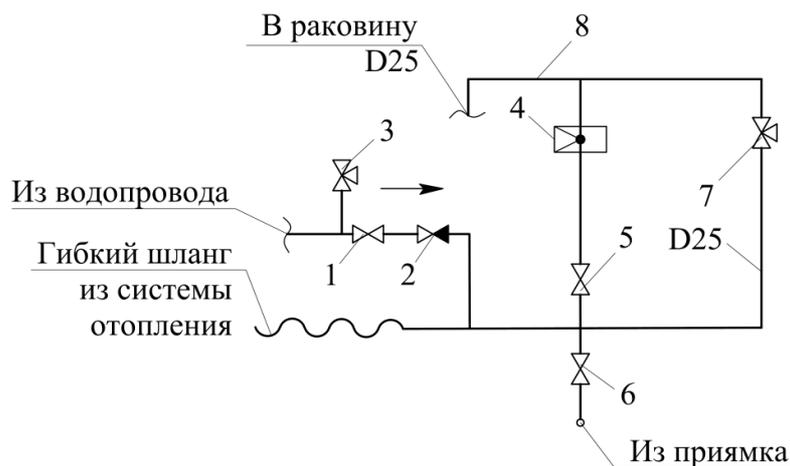


Рис. 2.19. Схема обвязки ручного насоса «Родник»: 1 – вентиль; 2 – обратный клапан; 3 – трехходовой кран; 4 – ручной насос; 5 – кран; 6 и 7 – пробковый кран; 8 – трубопровод

2.12. Системы пароводяного и водо-водяного отопления

2.12.1. Понятие о системах отопления зданий повышенной этажности

Системы пароводяного и водо-водяного отопления выполняют по любой схеме водяного отопления, но нагрев циркулирующей в них воды осуществляется в теплообменных аппаратах, называемых в практике теплоснабжения водонагревателями.

Теплообменные аппараты (водонагреватели) бывают емкостные и скоростные. По способу побуждения пароводяные и водо-водяные системы отопления могут быть с естественной и искусственной циркуляцией.

В системах с естественной циркуляцией используют емкостные водонагреватели: они отличаются незначительным сопротивлением движению воды. В системах с искусственной циркуляцией применяют скоростные водонагреватели (пароводяные и водо-водяные).

Рассмотрим схему системы пароводяного отопления с естественной циркуляцией (рис. 2.20). Пар для нагревания воды вырабатывается в котле и подается по паропроводу в теплообменный аппарат (емкостный водонагреватель).

Горячая вода из водонагревателя поступает по теплопроводу в приборы системы отопления и, пройдя через них, возвращается в водонагреватель.

Системы пароводяного отопления применяют в тех случаях, когда для основных теплопотребляющих систем выгоднее иметь котельную с паровыми котлами, а также когда система централизованного теплоснабжения паровая.

Системы пароводяного и водо-водяного отопления находят все большее применение в связи с повышением этажности строящихся зданий.

Многоэтажные и высотные здания для уменьшения гидростатического давления на отопительные приборы нижних этажей разделяют по высоте на отдельные зоны; для каждой зоны устраивает самостоятельную систему отопления (рис. 2.21).

Число зон по высоте здания и высота каждой зоны определяются допустимым гидростатическим давлением как для приборов, так и для оборудования теплового пункта, который обычно размещается в подвале здания. Система отопления каждой зоны независима гидравлически от других зон, а также от давления наружных тепловых сетей, если системы высотного здания получают теплоту от централизованных систем теплоснабжения.

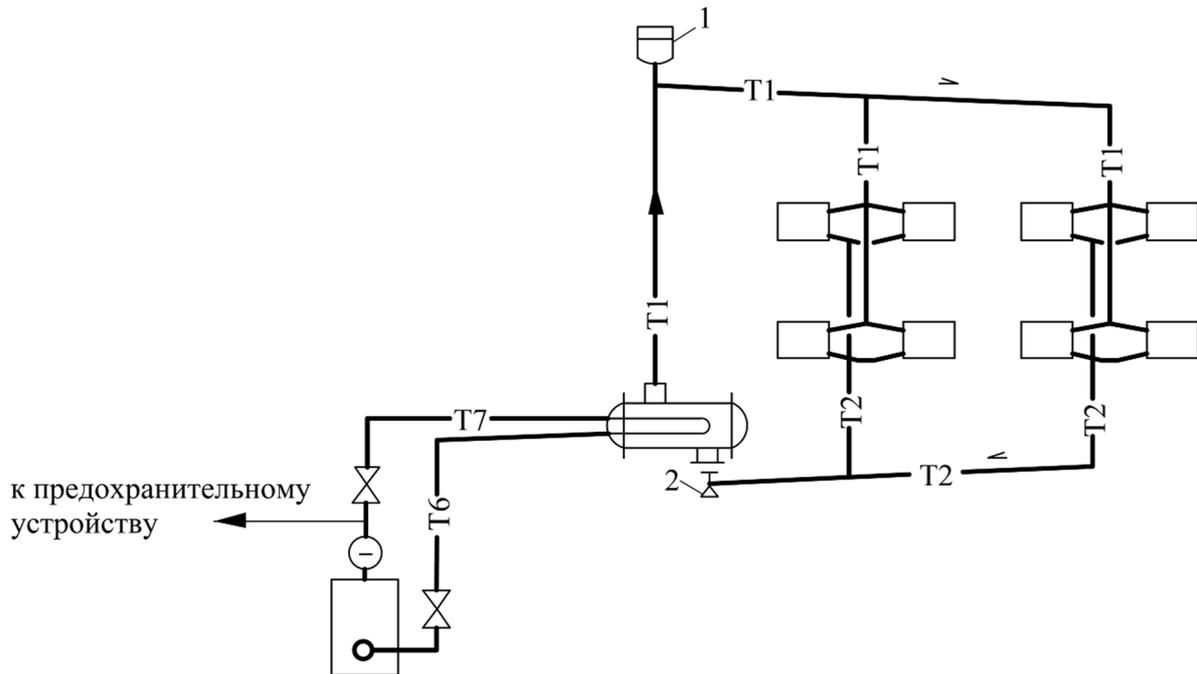


Рис. 2.20. Схема пароводяной системы отопления: 1 – расширительный бак; 2 – тройник с пробкой

При теплоснабжении от ТЭЦ зональные системы отопления присоединяют по независимой схеме к водо-водяным теплообменникам, размещаемым и

подвале здания (см. рис. 2.21). При этом высокому давлению подвергаются только теплопроводы и водо-водяные теплообменники (выдерживают рабочее давление до 1,6 МПа) нижних частей здания.

В зданиях высотой более 160 м в верхней зоне устраивают пароводяное отопление (см. рис. 2.21). Теплоноситель – пар, отличающийся незначительным гидростатическим давлением, подается в технический этаж, расположенный под верхней зоной, в тепловой пункт с пароводяными водонагревателями. В нижней зоне таких зданий принято устраивать водо-водяное отопление.

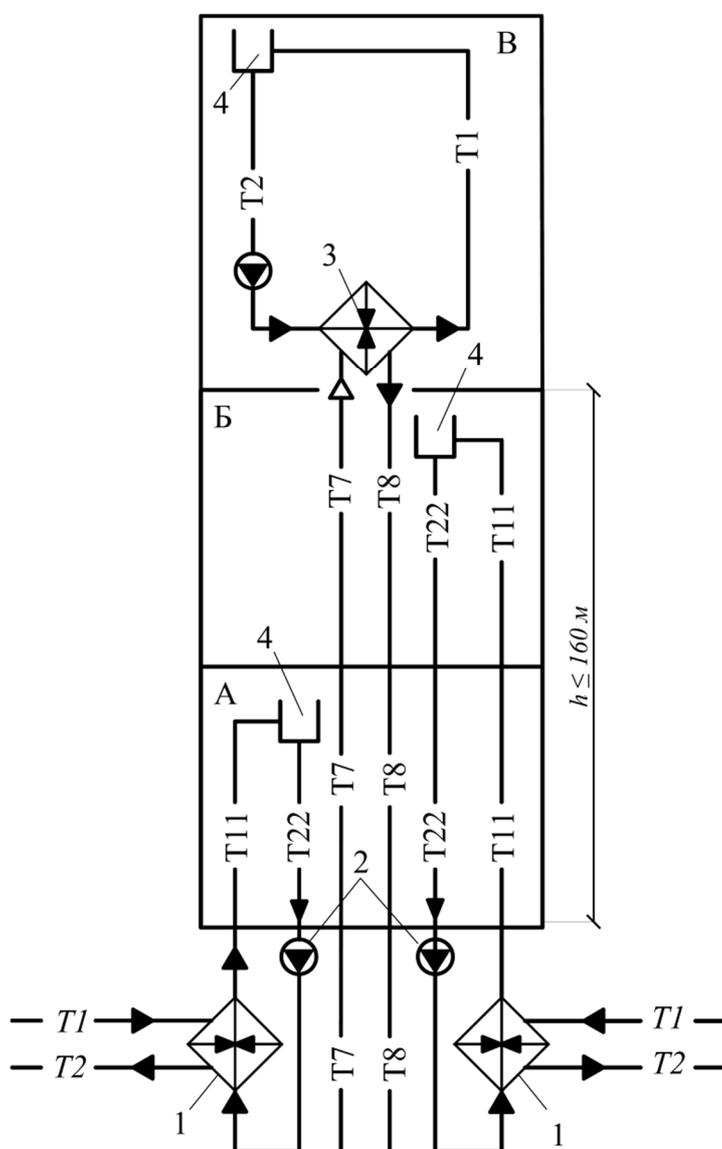


Рис. 2.21. Принципиальная схема комбинированного отопления многоэтажных и высотных зданий: 1 – водо-водяные теплообменные аппараты; 2 – циркуляционные насосы; 3 – пароводяной теплообменный аппарат; 4 – расширительные бачки

В зданиях высотой более 250 м пароводяные системы отопления могут быть в двух верхних зонах и более. Методика расчета систем пароводяного и водо-водяного отопления такая же, как и систем водяного отопления. Отличие лишь в том, что определяется площадь поверхности нагрева не котлов, а теплообменных аппаратов (водонагревателей).

2.13. Тепловой расчет отопительных приборов

Требуемую поверхность теплообмена прибора определяют по формуле:

$$A_{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{пр}}}{k_{\text{пр}}(t_{\text{н}} - t_{\text{в}})} \beta_1, \text{ м}^2, \quad (34)$$

где $Q_{\text{пр}}$ – тепловая нагрузка прибора, Вт;

$k_{\text{пр}}$ – коэффициент теплопередачи нагревательного прибора, Вт/м²·°С;

$t_{\text{н}}$ – температуры воды на входе в прибор, °С;

$t_{\text{в}}$ – температура воздуха внутри помещения, °С;

β_1 – поправочный коэффициент, учитывающий охлаждение воды в трубах системы отопления.

Определяют расчетную площадь теплообмена с участком площади полезной теплоотдачи открыто проложенных труб, м²:

$$A_{\text{р}} = (A_{\text{пр}} - A_{\text{тр}}). \quad (35)$$

Количество секций радиатора определяют [8], шт.:

$$N_{\text{р}} = \frac{A_{\text{пр}}}{a_{\text{с}}} \cdot \frac{\beta_4}{\beta_3}, \quad (36)$$

где β_4 – коэффициент учитывающий способ установки прибора;

β_3 – поправочный коэффициент, учитывающий число секций в приборе;

$a_{\text{с}}$ – площадь теплообмена одной секции выбранного прибора, м².

Коэффициент β_3 определяют по эмпирической формуле [6]:

$$\beta_3 = 0,92 + \frac{0,16}{A_{\text{р}}}, \text{ м}^2 \quad (37)$$

Поскольку расчетное число секций по формуле (36) редко получается целым, то его приходится округлять для получения числа секций $N_{уст}$, принимаемых к установке. При этом допускают уменьшение теплового потока $Q_{пр}$ не более чем на 5 % (но не более чем на 60 Вт). Как правило, к установке принимают ближайшее большее число секций радиатора.

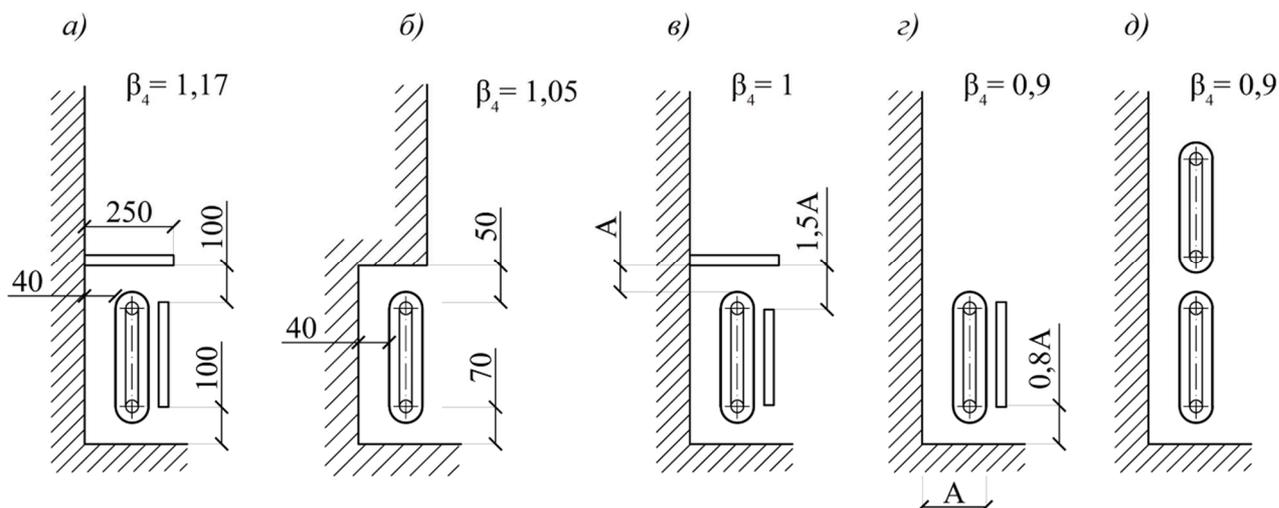


Рис. 2.22. Различные способы (а ... д) установки отопительных приборов

Таблица 2.6

Значения коэффициента β_2

Отопительный прибор	Значение β_2 при установке прибора	
	У наружной стены, в том числе под световым проемом	У остекления светового проема
Радиатор:		
Чугунный секционный	1,02	1,07
Стальной панельный	1,04	1,10
Конвектор:		
с кожухом	1,02	1,05
без кожуха	1,03	1,07

Если к установке приняты панельный радиатор типа РСВ1 и РСГ2 или конвектор с кожухом определенной площади f_1 , м², то их число (размещаемых в помещении открыто) составит:

$$N = A_p / f_1. \quad (38)$$

Число конвекторов без кожуха или ребристых труб по вертикали и в ряду по горизонтали определяют по формуле:

$$N = A_p / n f_1. \quad (39)$$

где n – число ярусов и рядов элементов, составляющих прибор;

f_1 – площадь одного элемента конвектора или одной ребристой трубы, м^2 .

В процессе определения необходимой площади поверхности отопительных приборов исходные и получаемые данные вписывают в таблицу.

В течение отопительного периода изменяются теплопотери помещений, так как изменяется температура наружного воздуха, воздействуют ветер и солнечная радиация, а также изменяются бытовые и технологические тепловыделения. Для приведения теплоотдачи приборов, установленных в отдельных помещениях, в соответствие с потерями теплоты необходимо изменять как количество воды, проходящей через приборы, так и ее температуру, т. е. качественно и количественно регулировать системы отопления. Качественное регулирование достигается изменением температуры воды, подаваемой в отопительные приборы из теплового центра (котельной, ТЭЦ). Это – центральное регулирование. Количественное местное регулирование теплоотдачи приборов осуществляется изменением количества воды, поступающей в прибор.

В системах парового отопления предел качественного регулирования весьма ограничен, поэтому в этих системах применяется центральное и местное количественное регулирование: при изменении температуры наружного воздуха меняется количество пара, поступающего в систему, либо пар подается с определенным перерывом (регулирование «пропусками») [8].

В последние годы стали применять регулирующие устройства автоматического воздействия. Они автоматически перекрывают вентили на теплопроводах при повышении температуры в помещении и вновь открывают их при понижении температуры.

2.14. Системы парового отопления

2.14.1. Область применения систем парового отопления

В системах парового отопления используется свойство пара при конденсации выделять скрытую теплоту фазового превращения. При конденсации в нагревательном приборе 1 кг пара помещение получает около 2260 кДж теплоты.

По сравнению с системами водяного отопления системы парового отопления имеют следующие преимущества:

- благодаря малой плотности пара он перемещается с большими скоростями, вследствие чего требуются меньшие диаметры теплопроводов, чем при водяном отоплении, поэтому стоимость теплопроводов в системах парового отопления ниже, чем в системах водяного отопления;

- большой коэффициент теплоотдачи от пара к стенкам отопительного прибора (за счет высокой величины скрытой теплоты фазового превращения), благодаря, этому и высокой температуре пара площадь поверхности отопительных приборов в системах парового отопления приблизительно на 25...30 % меньше, чем в системах водяного отопления;

- быстрый прогрев помещений и выключение системы из работы;

- возможность использования систем отопления в зданиях повышенной этажности вследствие малой плотности пара.

Однако наряду со всеми перечисленными положительными свойствами, пар имеет ряд существенных недостатков:

- невозможность центрального качественного регулирования (изменения температуры теплоносителя) подачи теплоты, вследствие чего в помещении трудно поддерживать постоянную и равномерную температуру; обеспечение постоянной температуры достигается путем периодического выключения системы (регулирование «пропусками»), что неудобно в эксплуатации;

- разложение органической пыли, оседающей на поверхность отопительных приборов;

- большие теплопотери паропроводов;

- сокращение срока службы паропроводов в результате попадания воздуха в систему при периодическом ее отключении, вызывающего интенсификацию коррозии, особенно конденсаторов.

Недостатки пара как теплоносителя не позволяют использовать его для отопления жилых домов, общежитий, детских и лечебных учреждений, библиотек, музеев и ряда других зданий.

Системы парового отопления рекомендуют устраивать в производственных помещениях, а также в лестничных клетках, пешеходных переходах, вестибюлях и тепловых пунктах.

2.14.2. Классификация, схемы и оборудование систем парового отопления

Системы парового отопления подразделяют: по наличию связи с атмосферой, по величине начального давления пара, способу возврата конденсата в котел или в тепловую сеть, месту расположения паропровода и схеме стояков. В настоящее время применяют открытые (сообщающиеся с атмосферой) системы отопления. По величине давления, подаваемого в систему отопления, различают системы отопления высокого ($p_{\text{изб}} \gg 0,07$ МПа), низкого ($p_{\text{изб}} < 0,07$ МПа) давления и вакуум-паровые ($p_{\text{абс}} < 0,1$ МПа).

По способу возврата конденсата системы парового отопления подразделяют на замкнутые (конденсат благодаря наклону трубопроводов самотеком возвращается из отопительных приборов в котел или в тепловую сеть) и разомкнутые (конденсат поступает сначала в конденсаторный бак, а затем перекачивается насосом в котел или в тепловую сеть).

По месту расположения паропровода и схеме стояков системы парового отопления можно выполнять так же, как и системы водяного отопления, т. е. с верхним, нижним и промежуточным распределением пара при однотрубной и двухтрубной схемах обслуживания отопительных приборов.

Пар из котла по главному стояку 1, вследствие разности давлений в котле и в отопительных приборах, поднимается в магистральный паропровод 2 и далее по паровым стоякам 3 и ответвлениям 4, снабженным вентилями, доходит

до отопительных приборов. Здесь пар конденсируется, отдавая в отапливаемое помещение через стенки приборов скрытую теплоту парообразования. Образующийся при этом конденсат по конденсатным стоякам 5 и сборному конденсатопроводу 6, прокладываемому с уклоном (не меньше 0,005) в направлении его движения, самотеком возвращается в котел, находящийся значительно ниже отопительных приборов, с тем, чтобы столб конденсата h уравновешивал давление пара в котле. Например, при давлении пара в котле $p_{изб} = 0,02$ МПа столб конденсата h должен быть не менее 2 м.

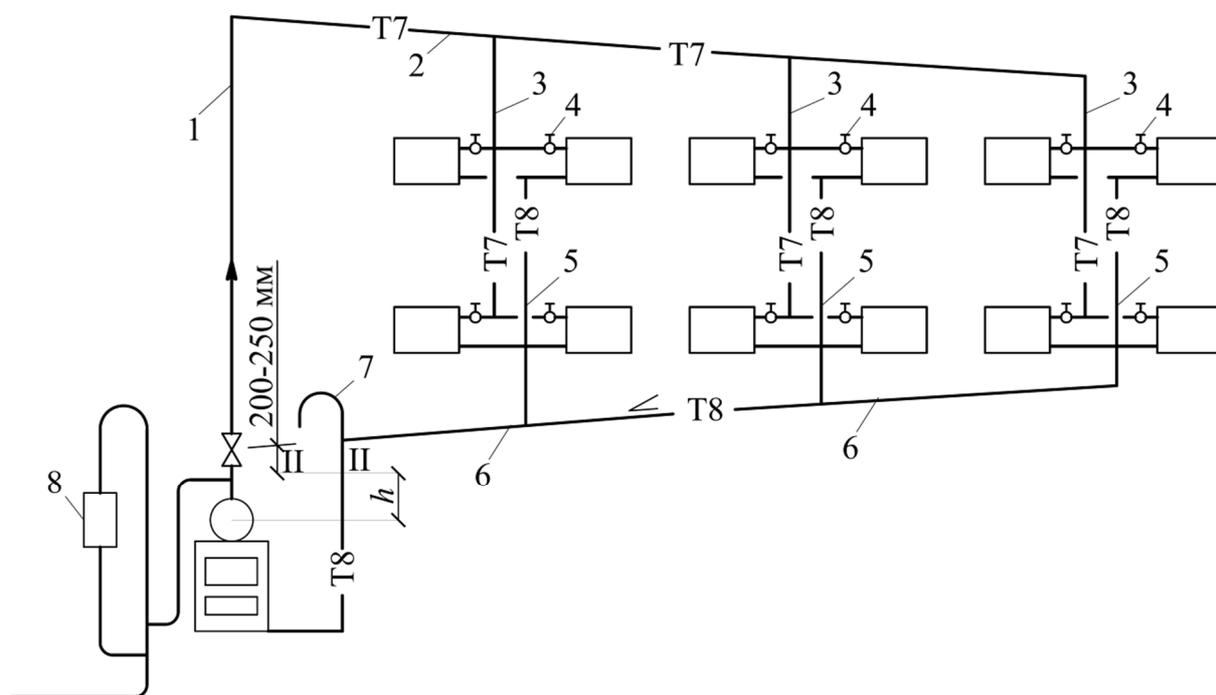


Рис. 2.23. Система парового отопления с верхним распределением пара

Для нормального удаления воздуха из системы диаметр конденсатопровода в рассматриваемой схеме должен быть таким, чтобы стекающий конденсат заполнял не больше половины диаметра трубы. Соблюдение этого условия позволяет воздушное пространство конденсатопровода с помощью трубы 7 сообщать с атмосферой 9. Место присоединения трубы 7 к конденсатопроводу должно быть выше уровня воды II-II (рис. 2.23) не менее чем на 250 мм; запорную арматуру на ней не устанавливают. При этом условии магистральный конденсатопровод никогда полностью не будет заполняться водой. Такие системы называют системами парового отопления с «сухим» конденсатопроводом.

При большой протяженности паропровода в замкнутых системах для уменьшения заглубления котельных конденсатопровод прокладывают ниже уровня воды в котле. Такой конденсатопровод называют «мокрым», так как он весь заполняется конденсатом. Воздух удаляется из системы отопления с «мокрым» конденсатопроводом через специальную воздушную сеть из труб диаметром 15...20 мм, присоединяемую к конденсатным стоякам выше возможного уровня конденсата в них на 250 мм.

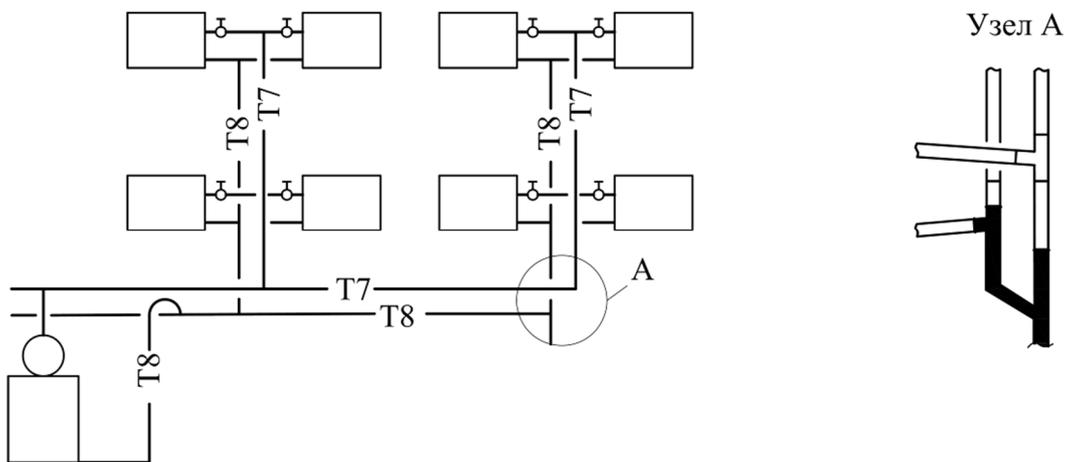


Рис. 2.24. Система парового отопления с нижним распределением пара

Система парового отопления низкого давления с нижним распределением пара отличается от системы с верхним распределением главным образом расположением магистрального паропровода, при котором устраивают специальный гидравлический затвор или устанавливают водоотводчик у дальнего стояка для отвода конденсата из стояков и магистрального паропровода (рис. 2.24).

Разомкнутые системы парового отопления (рис. 2.25) применяют при давлении пара $p_{изб} = 30$ кПа и выше.

В отличие от замкнутой системы конденсат в ней стекает не в котел 1, а в конденсатный бак 3, откуда насосом 2, включаемым автоматически или вручную, подается в котел. В этих системах парового отопления отопительные приборы могут быть расположены на произвольной высоте по отношению к котлу.

Находит применение горизонтальная однотрубная проточная система, экономичная и вполне приемлемая для отопления больших помещений зданий

в 1-2 этажа, в которых не требуется индивидуальная регулировка теплоотдачи приборов. Вертикальные однотрубные системы отопления с теплоносителем – паром в России широкого применения не получили.

Паровое отопление высокого давления $p_{абс} > 0,17$ МПа обычно принимают в тех случаях, когда пар вырабатывается в заводских котельных и основным потребителем его является производство.

Рассмотрим узел управления и схему парового отопления высокого давления с верхним распределением пара (рис. 2.26). Пар из котельной поступает в узел управления с давлением $p_{изб} = 0,6$ МПа, которое необходимо производству.

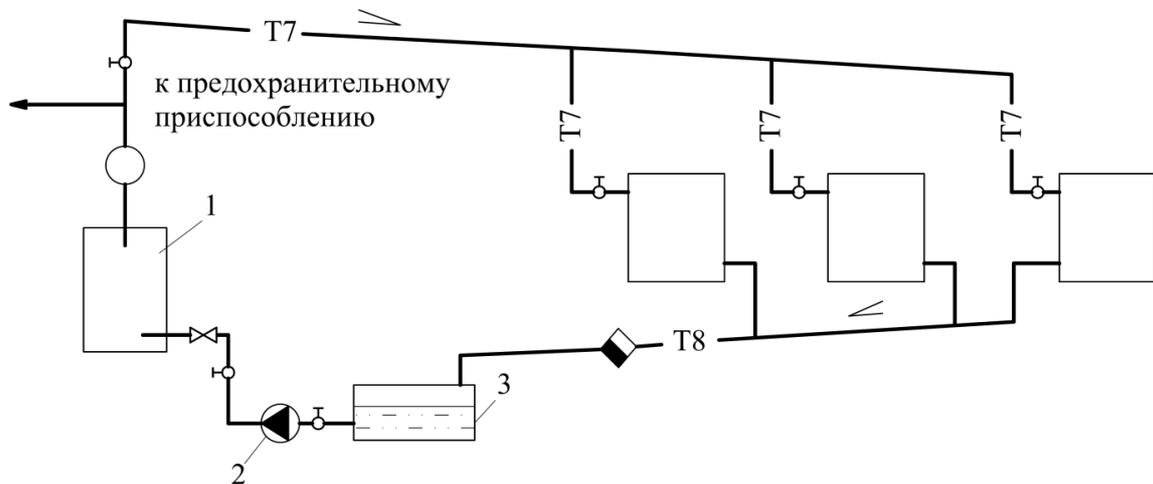


Рис.2.25. Схема горизонтальной однотрубной проточной разомкнутой системы парового отопления низкого давления с перекачкой конденсата: 1 – котел; 2 – насос для перекачки конденсата; 3 – конденсатный бак

Для распределения пара установлен парораспределительный коллектор 2 с двумя ответвлениями.

Так как для системы отопления здания пар может быть использован с давлением $p_{изб}$ не выше 0,3 МПа, то для понижения давления с 0,6 до 0,3 МПа перед вторым парораспределительным коллектором установлен редукционный клапан 3 с обводной линией 4 (на случай ремонта).

После редукционного клапана установлен предохранительный клапан рычажного типа 5, отрегулированный на $p_{изб} = 0,3$ МПа. Для наблюдения за давлением на коллекторах имеются манометры 1. Из второго парораспределительного

тельного коллектора пар поступает по главным стоякам и паропроводам 6 и отопительным стоякам 7 в нагревательные приборы.

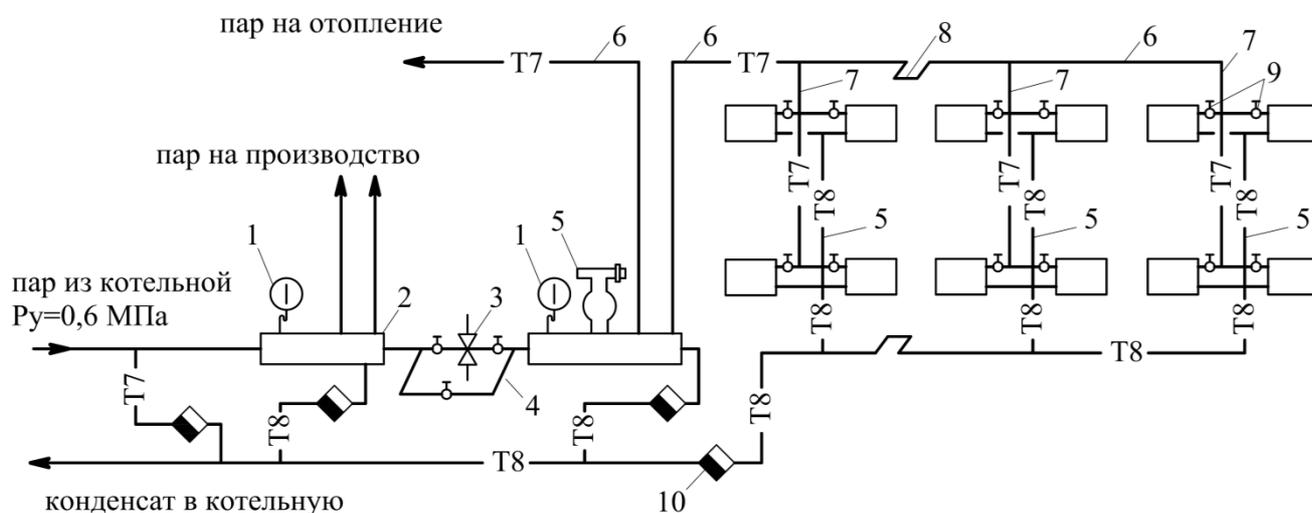


Рис. 2.26. Схема системы парового отопления высокого давления с верхним распределением пара

У приборов на паровой и конденсационной подводках установлены вентили 9; они необходимы для того, чтобы уменьшить пропуск пара в конденсатопровод и выключить приборы.

В системе парового отопления высокого давления возникают значительные термические удлинения трубопроводов (до 1,5...2 мм на 1 м). Для компенсации удлинений используют повороты трубопровода на прямолинейных магистральных трубопроводах и устанавливают компенсаторы 8. Системы парового отопления высокого давления применяют только разомкнутые. Для предотвращения прорыва пара из отопительных приборов в конденсатопровод и конденсационный бак устанавливают конденсатоотводчики 10 или подпорные шайбы, которые пропускают конденсат и задерживают пар.

2.14.3. Особенности гидравлического расчета систем парового отопления низкого и высокого давления

В отличие от систем водяного отопления гидравлический расчет систем парового отопления предусматривает отдельные расчеты паропроводов и кон-

денсаторов, а не расчет общего кольца, как в системах водяного отопления. Однако методы расчета обеих систем аналогичны.

Давление пара в котле $p_{изб}$, МПа, для систем парового отопления низкого давления принимают в зависимости от протяженности паропровода l , м, соединяющего котел с наиболее удаленным отопительным прибором (протяженность, м / давление пара, МПа): 50 / 0,005; 50...100 / 0,005...0,01; 100...200 / 0,01...0,02; 200...300 / 0,02...0,03.

Более высокие давления пара $p_{изб}$, равные 0,07 МПа и более, принимают при теплоснабжении группы зданий от одной котельной. Располагаемым давлением на преодоление сопротивлений трения и местных сопротивлений в паропроводе системы отопления является разность давлений пара в котле (или в тепловом пункте после редуктора) и перед вентилем наиболее удаленного от котла (от теплового пункта) прибора. На преодоление сопротивлений вентиля и отопительного прибора в системах низкого давления при самотечном конденсаторопроводе оставляют давление не менее 1500 Па, обычно 2000 Па. При напорном конденсаторопроводе:

$$p_k = p'_k / 0,95, \quad (40)$$

где p'_k – давление в конденсаторопроводе после отопительного прибора, Па.

В системе парового отопления низкого давления потери давления на трение принимают в размере 65 %; а на местные сопротивления – 35 % (меньше, чем в системах водяного отопления) полной потери давления. Возможная средняя потеря давления на трение $R_{ср}$, Па, определяют по формуле

$$R_{ср} = 0,65(p_n - p_k) / \sum l, \quad (41)$$

где p_n и p_k – давление пара соответственно при выходе из котла или в тепловом пункте после редуктора и в конце паропровода перед вентилем отопительного прибора, Па;

$\sum l$ – длина паропровода от котла или теплового пункта до наиболее удаленного прибора, м;

0,65 – доля потерь давления на трение.

По величине R_{cp} и по тепловой нагрузке участков, как и при расчете систем водяного отопления, подбирают диаметры паропроводов, пользуясь расчетной таблицей или номограммой.

Величины коэффициентов местного сопротивления в системах парового отопления принимают те же, что и в системах водяного отопления.

Потери давления на преодоление местных сопротивлений подсчитывают по таблице, составленной для парового отопления низкого давления, или по номограмме. Все данные, полученные в процессе расчета паропровода, заносят в бланк следующей формы (табл. 2.7).

Таблица 2.7

Расчет паропровода системы парового отопления низкого давления

№ участка	Q , Вт	d , мм	l , м	ω , м/с	R , м/с	Rl , м/с	Σl	Z , Па	$Rl + Z$, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Увязка расчетных потерь давления в стояках (ветвях) систем парового отопления не должна превышать 15 % для паропроводов и 10 % для конденсатопроводов. Диаметры конденсатопроводов обычно определяют по таблицам в зависимости от их длины, количества теплоты, выделяемой паром при конденсации, и вида конденсатопровода («сухой», «мокрый», вертикальный, горизонтальный).

Для обеспечения бесшумной работы системы и предотвращения гидравлических ударов, которые могут привести к повреждению паропроводов, скорости движения пара в трубопроводах следует принимать в системах отопления низкого давления (до 0,07 МПа в тепловом пункте) при попутном движении пара и конденсата – 30 м/с и при встречном – 20 м/с; в системах отопления высокого давления (от 0,07 до 0,17 МПа в тепловом пункте) при попутном движении пара и конденсата – 80 м/с и при встречном – 60 м/с.

При гидравлическом расчете трубопроводов высокого давления расчет выполняют не по средней плотности пара для всего паропровода, как в систе-

мах низкого давления, а по плотности в каждом участке. Действительная потеря давления и скорости пара определяют по формулам:

$$R_{\text{ср}} = R_{\text{табл}}/\rho; \quad (42)$$

$$\omega = \omega_{\text{табл}}/\rho, \quad (43)$$

где $R_{\text{табл}}$, $\omega_{\text{табл}}$ – величины, полученные по таблицам и номограммам, составленным при плотности пара на данном участке $\rho = 1 \text{ кг/м}^3$.

Точный расчет паропровода системы высокого давления выполняют по номограмме или таблицам, составленным с учетом изменения плотности пара. Потери давления в местных сопротивлениях определяют методом замены их эквивалентной длиной, представляющей собой длину трубопровода данного диаметра, на которой потеря давления на трение равна потере в местном сопротивлении при коэффициенте $\xi = 1$. Потеря давления на местные сопротивления в долях общей величины сопротивления трубопровода в системах парового отопления высокого давления составляет 20...25 %.

2.15. Системы воздушного отопления

2.15.1. Классификация систем воздушного отопления

При воздушном отоплении в качестве теплоносителя используют воздух, нагретый до температуры более высокой, чем воздух в помещении. Нагретый воздух подается в помещение и, смешиваясь с внутренним воздухом, отдает ему то количество теплоты, которое необходимо для возмещения теплопотерь помещения.

Системы воздушного отопления разделяют:

- по виду первичного теплоносителя, нагревающего воздух – на паровоздушные, водовоздушные, газовоздушные и т. д.;
- по способу перемещения нагретого воздуха – на естественные с перемещением воздуха за счет разности плотностей холодного и нагретого воздуха и с механическим побуждением, осуществляемым с помощью вентилятора;

- по месту приготовления нагретого воздуха – на централизованные с подачей воздуха в несколько помещений из одного центра и децентрализованные – с подачей воздуха местными отопительными и отопительно-рециркуляционными агрегатами (рис. 2.27);

- по качеству воздуха, подаваемого в помещения – на прямоточные (рис. 2.28, а), работающие только на наружном воздухе; рециркуляционные (рис. 2.28, б) с перемещением одного и того же воздуха и с частичной рециркуляцией (рис. 2.28, в).

В настоящее время наибольшее применение в жилых, общественных и промышленных зданиях находят паровоздушные и воздушные централизованные системы отопления с механическим побуждением. Естественные системы воздушного отопления устраивают с радиусом действия не более 8 м.



Рис. 2.27. Отопительно-рециркуляционный агрегат

В жилых многоэтажных домах применяют прямоточные системы воздушного отопления, в общественных и промышленных зданиях – преимущественно с частичной рециркуляцией. Рециркуляция воздуха совершенно не допускается в помещениях, в воздухе которых содержатся болезнетворные микроорганизмы и сильно действующие ядовитые вещества, а также в помещениях, где возможна концентрация вредных веществ выше допустимой. Кроме того, применение полной или частичной рециркуляции воздуха не разрешается в производственных зданиях, отнесенных по пожарной опасности к категориям А и Б.

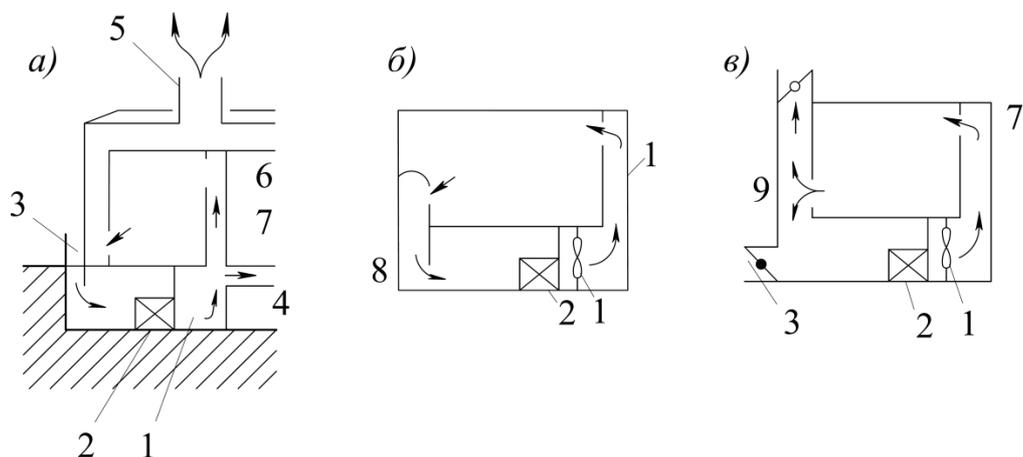


Рис. 2.28. Схемы систем воздушного отопления: 1 – вентилятор; 2 – камера; 3 – шахта или канал для забора свежего наружного воздуха; 4 – вытяжное отверстие; 5 – шахта сборная вытяжная; 6 – отверстие для приточного воздуха; 7 – канал для подачи нагретого воздуха; 8 – канал для рециркуляционного воздуха; 9 – канал для удаления воздуха из помещения в атмосферу

Такое размещение отопительно-вентиляционного оборудования не требует существенных изменений при усовершенствовании технологических процессов. В системах воздушного отопления с укрупненными отопительно-вентиляционными агрегатами воздух подается в помещение одной или несколькими горизонтальными струями с параллельным или веерным направлением. К основным преимуществам воздушного отопления перед другими способами отопления относятся:

- возможность совмещения отопления с вентиляцией;
- отсутствие тепловой инерции, т. е. тепловой эффект при включении системы в действие достигается немедленно;
- расход металла меньше в 6...8 раз, а капитальные затраты – в 1,5...2 раза (при сосредоточенной подаче воздуха).

К недостаткам воздушного отопления относятся: возможность перемещения вредных выделений вместе с движущимся воздухом; шум при работе вентиляторных установок; большой расход электроэнергии.

Расход воздуха L , м³/ч, для воздушного отопления, не совмещенного с вентиляцией, следует определять согласно СП [5] по формуле:

$$L_{\text{п}} = \frac{3,6Q_{\text{п}}}{\rho c(t_{\text{п}} - t_{\text{об. (пз)}})}, \quad (44)$$

где $Q_{\text{п}}$ – тепловой поток для отопления помещения, Вт;

c – теплоемкость воздуха, равная 1,2 кДж/(м³ · К);

$t_{\text{п}}$ – температура подогретого воздуха, °С, подаваемого в помещение (определяется расчетом);

$t_{\text{об. (пз)}}$ – температура воздуха в обслуживаемой или рабочей зоне помещения, °С.

Температуру подогретого воздуха, °С, подаваемого на помещение, определяют по формуле:

$$t_{\text{п}} = t_{\text{об. (пз)}} + \frac{3,6Q_{\text{п}}}{L_{\text{п}}}. \quad (45)$$

Необходимый тепловой поток, Вт, для воздушного отопления помещения определяют по соотношениям:

- при полной рециркуляции воздуха

$$Q_{\text{р}} = 0,28L_{\text{р}}\rho_{\text{об. (пз)}}c(t_{\text{п}} - t_{\text{об. (пз)}}); \quad (46)$$

- при работе на наружном воздухе

$$Q_{\text{н}} = 0,28L_{\text{н}}\rho_{\text{н}}c(t_{\text{п}} - t_{\text{н}}^{\text{б}}); \quad (47)$$

- при частичной рециркуляции воздуха

$$Q' = 0,28c[L_{\text{р}}\rho_{\text{об. (пз)}}(t_{\text{п}} - t_{\text{об. (пз)}}) + L_{\text{н}}\rho_{\text{н}}(t_{\text{п}} - t_{\text{н}}^{\text{б}})], \quad (48)$$

где $L_{\text{р}}$, $L_{\text{н}}$ – расход рециркуляционного и наружного воздуха, м³/ч;

$t_{\text{н}}^{\text{б}}$ – расчетная температура наружного воздуха;

$\rho_{\text{об. (пз)}}$, $\rho_{\text{в}}$ – плотность воздуха при температуре $t_{\text{об. (пз)}}$ и соответственно;

$t_{\text{п}}$, $t_{\text{об. (пз)}}$ – то же что и в формуле (44).

Предельная температура подогретого воздуха не должна превышать 70 °С, чтобы не вызвать пригорание органической пыли.

2.15.2. Рециркуляционные воздухонагреватели

Рециркуляционный воздухонагреватель (рис. 2.29) представляет собой эффективный отопительный прибор типа высокого конвектора, размещаемый на первом этаже и служащий для отопления лестничных клеток многоэтажных зданий, низких помещений, а также для дежурного отопления помещений.

В качестве нагревателя используются ребристые трубы, радиаторы, калориферы 1, последние – для получения мощных тепловых потоков. Канал 2 для нагретого воздуха высотой 2...3 м, но не более высоты одного этажа, может быть встроенным (рис. 2.29, а) либо приставным (рис. 2.29, б, в), и выполняется из строительных материалов как неметаллических (рис. 2.29, б), так и металлических (рис. 2.29, в). Обычно ширину канала принимают равной длине воздухонагревателя, а глубину определяют расходом циркулирующего воздуха.

К достоинствам рециркуляционных воздухонагревателей следует отнести: создание мощного восходящего потока подогретого воздуха, вызывающего интенсивную циркуляцию воздуха и выравнивание температуры по объему помещения; надежность действия и простоту эксплуатации; снижение стоимости отопительной установки.

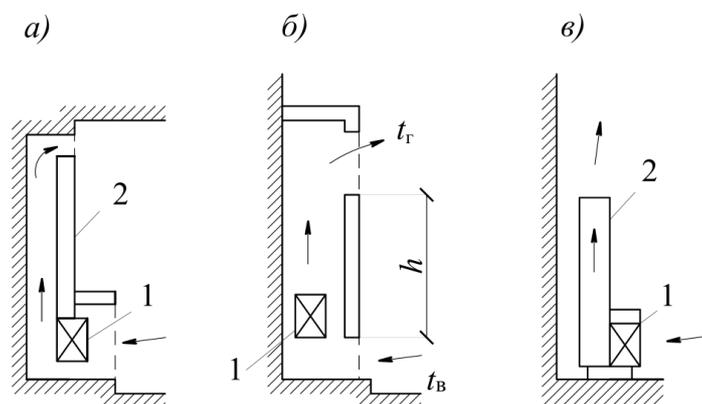


Рис. 2.29. Конструкции рециркуляционных воздухонагревателей

Недостатком рециркуляционных воздухонагревателей является возрастание теплопотерь через покрытие помещений, если не выполнены необходимые расчеты. Теплоносителем для воздухонагревателей является высокотемпературная вода. К теплопроводам системы водяного отопления рециркуляционный

воздухонагреватель присоединяется последовательно (рис. 2.30, а) или параллельно (рис. 2.30, б) с системой отопления.

Первая схема, позволяющая максимально увеличить температурный перепад и скорость движения воды (задвижка закрыта, и вся высокотемпературная вода проходит сначала через воздухоподогреватель), применяется для подключения постоянно действующего воздухоподогревателя. Вторая схема присоединения воздухонагревателя позволяет производить регулирование и выключение воздухонагревателя. Это не влияет на функционирование основной системы водяного отопления, однако возрастает площадь поверхности теплообмена воздухонагревателя за счет снижения температурного перепада и скорости движения воды. Расчет рециркуляционного воздухонагревателя рассматривается в специальной литературе.

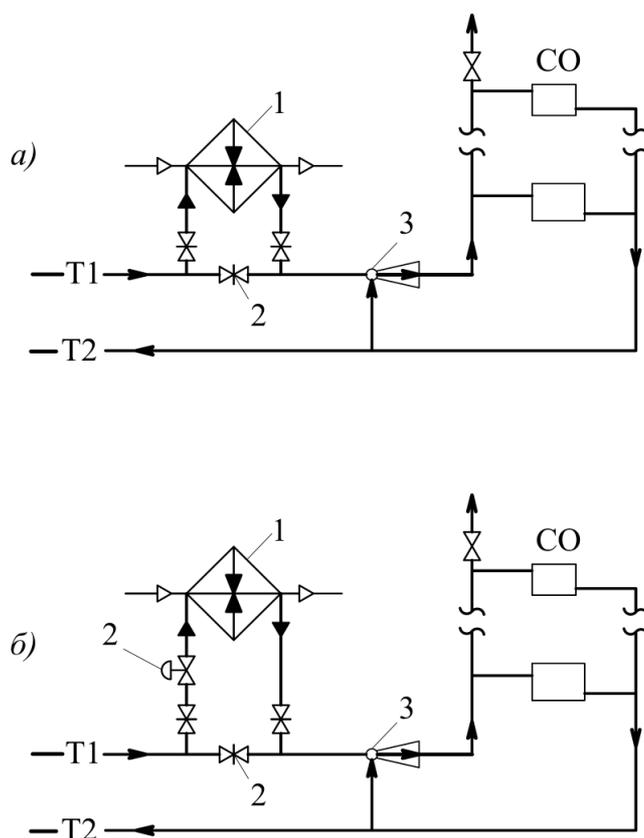


Рис. 2.30. Схемы присоединения рециркуляционных воздухонагревателей к теплопроводам: 1 – воздухонагреватель; 2 – задвижка на обводной трубе (нормально закрыта); 3 – насос; 4 – регулятор расхода воды; T1, T2 – подающая и обратная линии тепловой сети; CO – система отопления

2.15.3. Воздушно-тепловые завесы гражданских и производственных зданий

Воздушные и воздушно-тепловые завесы устраивают для предотвращения поступления холодного воздуха через открытые двери в общественных зданиях и через двери и ворота в промышленных зданиях. В воздушных завесах используется воздух без подогрева, в воздушно-тепловых – воздух подогревается в калориферах. Воздух, подаваемый в канал на завесу, забирается обычно из верхней зоны помещения – обычно под потолком вестибюля – и выходит через щели или отверстия канала, устраиваемые либо внизу дверей или ворот, либо сбоку (односторонние и двусторонние).

Двусторонние боковые завесы по сравнению с односторонними более надежно перекрывают проем при движении или остановке транспорта. Завесы с нижней подачей рекомендуется применять при ширине проема значительно больше, чем высота. Они более надежно предохраняют нижнюю зону помещения от поступления холодного воздуха. Рассмотрим воздушно-тепловую двустороннюю завесу (рис. 2.31), состоящую из калорифера, вентилятора, электродвигателей и раздаточных коробов со щелевыми насадками.

Вентиляционное оборудование располагается внутри помещения на специальных металлических конструкциях.

Воздух рекомендуется выпускать под определенным углом к плоскости ворот, как это показано на рис. 2.31.

По принципу и эффекту действия завесы могут быть шиберующего и смесительного типов. В первом случае завеса максимально или полностью предотвращает поступление воздуха в ограждаемое помещение. Скорость воздуха из щелей или отверстий при этом должна быть до 25 м/с. Шиберующие завесы устраивают при низкой температуре наружного воздуха и частом открывании дверей. В завесах смесительного типа происходит смешивание врывающегося холодного воздуха с нагретым воздухом тепловой завесы. В результате через дверь и завесу в помещение поступает теплый воздух. Температуру

воздуха, подаваемого воздушно-тепловыми завесами, рекомендуется принимать не более 50 °С для наружных дверей и 70 °С для ворот и проемов.

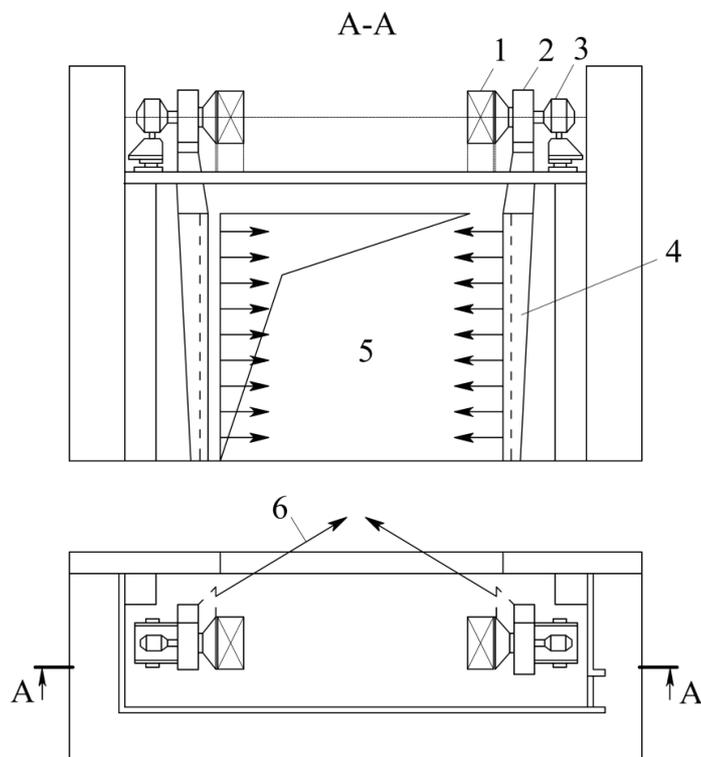


Рис. 2.31. Воздушно-тепловая завеса: 1 – калорифер; 2 – вентилятор; 3 – электродвигатель; 4 – раздаточный короб; 5 – проем; 6 – направление воздушного потока

При проектировании воздушных и воздушно-тепловых завес следует учитывать ветровое давление. Скорость выпуска воздуха из щелей или отверстий воздушно-тепловых завес рекомендуется принимать: у наружных дверей – 8 м/с, у ворот и технологических проемов – 25 м/с.

Согласно СП [6], воздушные и воздушно-тепловые завесы следует предусматривать:

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

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

- у наружных дверей помещений с мокрым режимом;
- при обосновании: у наружных дверей зданий, если к вестибюлю примыкают помещения без тамбура, оборудованные системами кондиционирования воздуха; у ворот, дверей и проемов помещений с кондиционированием воздуха, у проемов во внутренних стенах и перегородках производственных помещений для предотвращения перетекания воздуха из одного помещения в другое.

2.16. Панельно-лучистое отопление

Лучистым называют способ отопления, при котором радиационная температура помещения превышает температуру воздуха. Для лучистого отопления применяют греющие панели – отопительные приборы со сплошной гладкой нагревательной поверхностью.

Греющие панели совместно с теплопроводами образуют систему панельно-лучистого отопления. При использовании такой системы в помещениях создается температурная обстановка, характерная для лучистого способа отопления.

Итак, условиями, определяющими получение лучистого отопления в помещении, служат применение панелей и выполнение неравенства

$$t_R > t_B, \quad (49)$$

где t_R – радиационная температура (осредненная температура поверхности всех ограждений – наружных и внутренних – и отопительных панелей, обращенных в помещение), °С;

t_B – температура воздуха помещения, °С.

При панельно-лучистом отоплении помещение обогревается, главным образом, за счет лучистого теплообмена между отопительными панелями и поверхностью ограждений. Излучение от нагретых панелей, попадая на поверхность ограждений и предметов, частично поглощается, частично отражается. При этом возникает так называемое вторичное излучение, также, в конце концов, поглощаемое предметами и ограждениями помещения. Интенсивность облучения отопительной панелью поверхности различных ограждений помеще-

ния характеризуется данными (табл. 2.8), полученными при замерах освещенности облучаемой поверхности световой моделью панели.

Из таблицы видно, что ограждение, в плоскости которого установлена отопительная панель, получает путем вторичного излучения всего 9...12 % общего лучистого потока. При расположении отопительной панели у наружной стены под окном или под потолком соответственно усиливается облучение пола (26 %) или потолка (42 %) помещения.

Таблица 2.8

Распределение (в долях единицы.) лучистого потока от отопительной панели между ограждениями помещения

Место расположения панели	Наружная стена и окно	Пол	Потолок	Внутренние стены		
				левая	правая	торцевая
У наружной стены: под окном	0,1	0,26	0,18	0,207	0,207	0,046
	0,09	0,153	0,42	0,135	0,135	0,067
У правой внутренней стены	0,32	0,125	0,177	0,15	0,12	0,308

Благодаря лучистому теплообмену повышается температура внутренней поверхности ограждений по сравнению с температурой при конвективном отоплении, и в большинстве случаев она превышает температуру воздуха помещения.

Лучистое отопление может быть устроено при низкой (до 70 °С), средней (от 70 до 250 °С) и высокой (до 900 °С) температуре излучающей поверхности. Система отопления делается при этом *местной* и *центральной*.

К *местной системе* относят отопление панелями и отражательными экранами при средней и высокой температуре их поверхности, если энергоносителями являются электрический ток или горючий газ, а также твердое топливо (при сжигании его в каминах). В настоящее время нормами предусмотрено применение излучателей при температуре их поверхности не выше 250 °С.

В *центральной системе* панельно-лучистого отопления применяются низко- и средне-температурные панели и отражательные экраны с централизован-

ным теплоснабжением при помощи нагретых воды и воздуха, реже пара высокого и низкого давления.

Отопительные приборы размещают в потолке или полу, у потолка или стен помещения. Систему панельно-лучистого отопления, соответственно, называют *потолочной, напольной или стеновой*. Местоположение панелей и отражательных экранов выбирают на основании технологических, гигиенических и технико-экономических соображений.

Теплопередача только излучением возможна лишь в безвоздушном пространстве. В помещении *лучистый* теплообмен всегда сопровождается *конвективным*. Теплоизлучения распределяются по поверхности ограждений неравномерно: по закону Ламберта пропорционально косинусу угла направления излучения к нормали излучающей поверхности. При этом вследствие различия температуры поверхностей возникает движение воздуха в помещении, которое усиливается благодаря развитию нисходящих потоков воздуха у охлаждающихся поверхностей. В результате отопительная панель часть теплоты передает конвекцией воздуху, перемещающемуся у ее поверхности.

Размещение отопительной панели в потолке затрудняет конвективный теплоперенос и в теплопередаче панели теплообмен излучением составляет 70...75 %. Греющая панель в полу активизирует теплоперенос конвекцией и на долю теплообмена излучением приходится всего 30...40 %. Вертикальная панель в стене в зависимости от высоты передает излучением 30...60 % всей теплоты, причем доля теплообмена излучением возрастает с увеличением высоты панели.

Лишь потолочное панельное отопление, во всех случаях передающее в помещение излучением более 50 % теплоты, могло быть названо *лучистым*. При напольном отоплении, а также почти всегда при стеновом в общей теплопередаче панелей преобладает *конвективный* теплоперенос. Однако способ отопления – лучистое оно или конвективное – характеризуется не доминирующим способом теплоотдачи, а температурной обстановкой в помещении.

Действительно, при низкотемпературных (26...38 °С), а, следовательно, развитых по площади потолочных и напольных панелях увеличивается темпе-

ратура поверхности ограждений помещения, и способ обогрева всегда относится к *лучистому*. При стеновых же панелях в зависимости от их размеров и температуры поверхности способ отопления помещения может быть отнесен и к *лучистому*, и к *конвективному* (если радиационная температура окажется ниже температуры воздуха). Однако по общности конструктивной схемы и способа отопления помещений потолочному, напольному и стеновому панельному отоплению дается общее наименование – *панельно-лучистое*.

В системах панельно-лучистого отопления применяют металлические панели с отражательными экранами и бетонные панели.

Металлические панели предназначены для отопления широких производственных помещений, перекрытых фермами, не нуждающихся в активной вентиляции (механические, инструментальные, модельные цехи, ангары, склады и т. п. помещения). Излучающие панели, подвешиваемые в верхней зоне таких помещений, состоят из металлического отражательного экрана с козырьками, к нижней поверхности которого прикреплены греющие трубы, а верхняя поверхность покрыта слоем тепловой изоляции.

Конструкция подвесных панелей должна быть такой, чтобы теплоотдача излучением вниз составляла не менее 60 % общей теплоотдачи. Только тогда достигается равномерность температуры воздуха по высоте помещений и экономится тепловая энергия по сравнению с конвективным отоплением обычного вида, особенно воздушным.

Бетонные панели с замоноличенными греющими трубами применяются в напольных и стеновых системах панельно-лучистого отопления. Бетонные панели используются для отопления жилых, общественных и производственных зданий, особенно, когда к помещениям этих зданий предъявляются повышенные санитарно-гигиенические требования.

В России бетонные греющие панели стали широко использоваться с 1952 г. в связи с переходом к индустриальным методам сооружения зданий.

При отопительных панелях, скрытых в строительных конструкциях, обеспечиваются повышенные санитарно-гигиенические требования, не занима-

ется полезная площадь помещений. Температура поверхности греющих панелей значительно ниже температуры теплоносителя. Уменьшается расход металла по сравнению с расходом на чугунные или стальные радиаторы, на гладкотрубные приборы. Выравнивается температура воздуха по высоте обогреваемых помещений.

К достоинствам систем панельно-лучистого отопления можно также отнести сокращение затрат труда на месте строительства зданий, при заводском изготовлении конструкций перекрытий и полов с замоноличенными греющими элементами. Возможно сокращение теплотрат на отопление помещений при относительном понижении температуры внутреннего воздуха.

Недостатками систем панельно-лучистого отопления являются трудность ремонта замоноличенных греющих элементов, сложность регулирования теплоотдачи отопительных панелей, повышение капитальных вложений (по сравнению с конвективным отоплением) при низкой температуре теплоносителя.

Панельно-лучистое отопление применяют в жилых зданиях, помещениях детских дошкольных учреждений, в операционных, родовых, наркозных и тому подобных помещениях лечебно-профилактических учреждений, в помещениях и вестибюлях (теплые полы) общественных зданий. Отопительные панели используют также для обогрева основных помещений вокзалов, аэропортов, ангаров, высоких цехов производственных зданий, помещений категорий Г и Д (кроме помещений со значительным влаговыведением), применяют в производственных помещениях с особыми требованиями к чистоте (производство пищевых продуктов, сборка точных приборов и т. п.).

2.16.1. Конструкция отопительных панелей

Отопительная панель представляет собой конструкцию, в которой имеются нагревательные элементы для протекания теплоносителя *змеевиковой* или *регистровой* формы (рис. 2.32). При *змеевиковой* форме (рис. 2.32, *а*) обеспечивается последовательное движение всей массы теплоносителя по трубчатым элементам, что способствует удалению из них воздуха. Поэтому *змеевиковая*

форма греющих труб используется преимущественно при горизонтально располагаемых панелях.

При регистровой форме нагревательных элементов (рис. 2.32, б), применяемой в вертикальных панелях, поток теплоносителя делится на части в зависимости от числа параллельно расположенных греющих труб, присоединенных к соединительным колонкам. Достоинством панелей с нагревательными элементами регистровой формы являются незначительные потери давления при протекании теплоносителя.

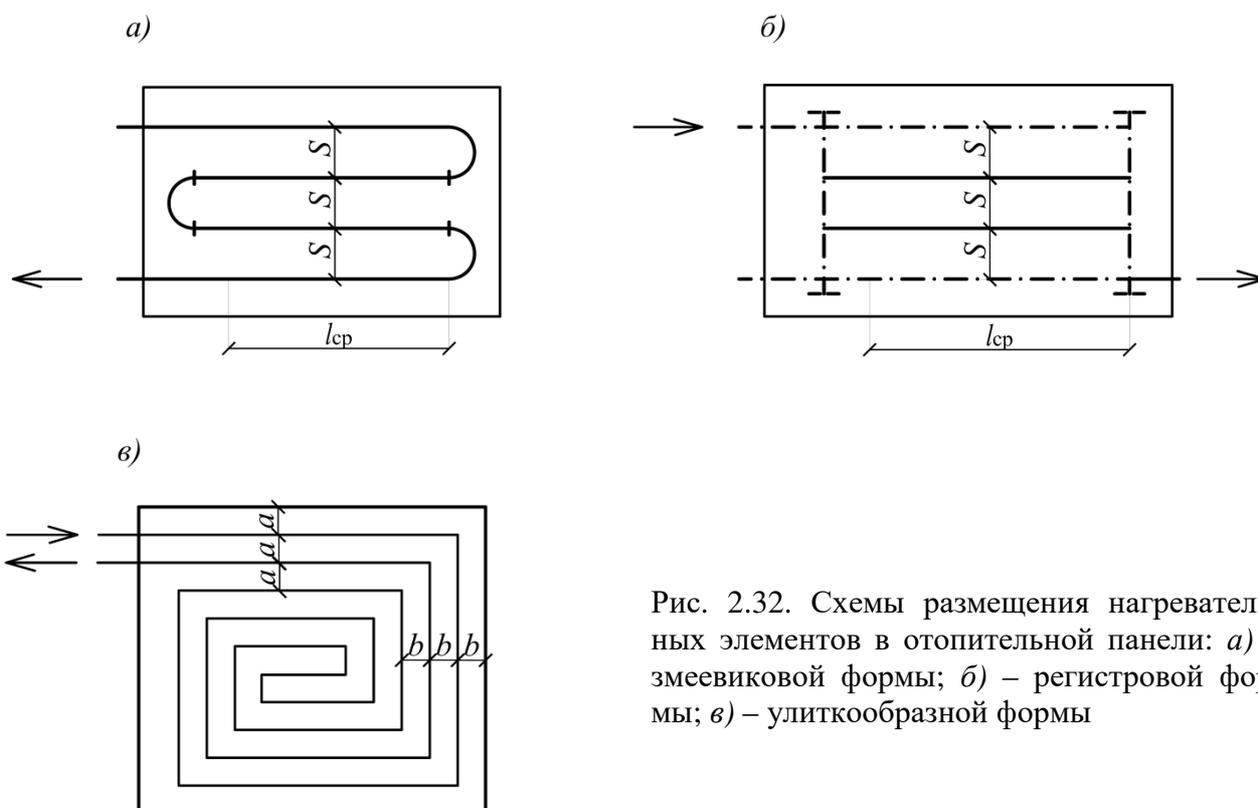


Рис. 2.32. Схемы размещения нагревательных элементов в отопительной панели: а) – змеевиковой формы; б) – регистровой формы; в) – улиткообразной формы

В системах панельно-лучистого отопления зданий встречаются отопительные панели двух видов:

- *совмещенные*, представляющие одно целое с ограждающими конструкциями здания, когда нагревательные элементы для теплоносителя устраивают в наружных стенах, несущих плитах перекрытий и лестничных площадок, во внутренних панельных стенах при их изготовлении;

- *подвесные и приставные*, изготовленные отдельно и смонтированные рядом, в специальных нишах строительных конструкций или под ними.

В подвесных металлических отопительных панелях элементами змеевиковой формы являются стальные трубы $d_y 20$, плотно прижатые к тонкостенному алюминиевому или стальному экрану. При наличии воздушного зазора между греющей трубой и экраном теплоотдача панелей заметно уменьшается. Эти 4...6 греющих труб размещаются по площади панели с шагом $S = 100...200$ мм.

Экран может быть *плоским* или *гофрированным*. Плоский экран (рис. 2.33, а) проще в изготовлении, но не исключает взаимного облучения труб, уменьшающего теплоотдачу излучением.

При экране волнообразной формы (рис. 2.33, б) коэффициент облученности возрастает до 0,63. Следовательно, в этом случае большая доля теплоотдачи панели передается в рабочую зону, а конвективная теплоотдача в верхнюю зону помещения значительно уменьшается (на 20...25 %).

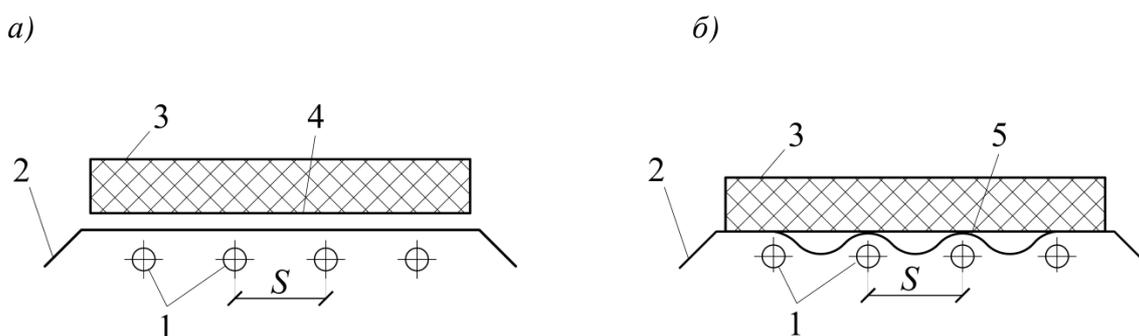


Рис. 2.33. Подвесная металлическая отопительная панель: а) – с плоским экраном; б) – с экраном волнообразной формы; 1 – греющие трубы; 2 – козырек; 3 – плоский экран; 4 – теплоизоляция; 5 – волнообразный экран; S – шаг труб

Металлические отопительные панели обогреваются высокотемпературным теплоносителем – паром высокого давления или водой с параметрами 150/70 °С.

Для изготовления более распространенных бетонных отопительных панелей используют тяжелый бетон, обладающий сравнительно высокой теплопроводностью и плотности в сухом состоянии 2400 кг/м^3 , и коэффициентом линейного расширения $1,15 \cdot 10^{-5} \text{ м/(м} \cdot \text{°С)}$.

Нагревательные элементы чаще всего устраивают из стальных труб, коэффициент линейного расширения которых весьма близок к коэффициенту линейного расширения бетона. Разница между коэффициентами теплового рас-

ширения этих материалов компенсируется в отопительной панели тем, что температура стали (с меньшим значением коэффициента линейного расширения) выше, чем температура бетона.

Заделка труб в бетон дает существенный теплотехнический эффект – теплопередача труб увеличивается в среднем на 60 % по сравнению с открыто проложенными трубами. Это явление закономерно: теплопередача нагретой трубы, изолированной снаружи теплопроводным материалом, возрастает с увеличением толщины слоя покрытия. Возрастание имеет место до некоторого «критического» значения внешнего диаметра $d_{кр}$ изолированной трубы, которое приблизительно можно определить по формуле:

$$d_{кр} = \frac{2\lambda}{\alpha_n}. \quad (50)$$

Для бетонного цилиндра вокруг трубы при теплопроводности бетона $\lambda = 1,28$ Вт/(м · °С) и коэффициенте наружного теплообмена $\alpha_n = 11,6$ Вт/(м² · °С) «критический» диаметр равен 220 мм. Возрастание теплопередачи обетонированной трубы объясняется увеличением внешней теплоотдачей поверхности, которая с ростом диаметра развивается быстрее, чем растет термическое сопротивление слоя бетона. Благодаря повышению теплоотдачи стальных труб, находящихся в бетоне, можно сократить расход металла на отопительные приборы. При применении бетонных отопительных панелей со стальными трубами вместо чугунных радиаторов расход металла на отопительные приборы снижается примерно в 2 раза.

За последние годы достаточно широкое распространение в России нашли современные западные технологии по устройству напольного отопления. Их особенностью является применение в качестве теплопроводов в основном труб из полимерных материалов.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО РАЗДЕЛАМ 1, 2

1. Что называют системой отопления?
2. Когда начинается и заканчивается отопительный сезон?
3. Что называют микроклиматом помещений?
4. Перечислите требования, предъявляемые к системе отопления.
5. Какие виды теплоносителей применяют в системах отопления?
6. Что такое тепловая мощность системы отопления?
7. По какой формуле определяют основные теплопотери здания?
8. Для чего вводят добавочные потери теплоты?
9. В каких случаях определяют затраты теплоты на отопление по укрупненным показателям?
10. Какие теплопритоки в помещения вы знаете?
11. Приведите классификацию систем отопления?
12. Какие виды трубопроводов применяют в системах водяного отопления?
13. Почему нагревательные приборы предпочитают располагать под световыми проемами?
14. Почему состав и цвет краски влияет на теплоотдачу радиаторов, а не конвекторов?
15. Укажите отличительные достоинства каждого из видов отопительных приборов.
16. Изобразите возможные схемы присоединения теплопроводов к отопительным приборам.
17. Охарактеризуйте основные конструктивные различия насосной и гравитационной систем водяного отопления.
18. Где устанавливают запорно-регулирующую арматуру в системе водяного отопления?
19. Назовите основное оборудование паровых систем отопления.

20. Зачем в системе водяного отопления устанавливают расширительный бак?
21. Как осуществляется удаление воздуха из систем отопления?
22. Назовите назначение гидравлического расчета систем отопления.
23. В каких зданиях применяют паровое отопление?
24. Зачем нужны тепловые пункты, где их размещают?
25. Какие схемы применяют в тепловых пунктах для присоединения к тепловым сетям систем отопления?
26. В чем заключается тепловой расчет нагревательных приборов?
27. Назовите преимущества и недостатки паровых систем перед водяными?
28. В чем заключается особенность гидравлического расчета паровых систем отопления?
29. Приведите классификацию воздушных систем отопления.
30. Для чего применяются воздушно-тепловые завесы?
31. Назовите преимущества и недостатки систем панельно-лучистого отопления.
32. Где размещаются отопительные приборы в системах панельно-лучистого отопления?

3. СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ

3.1. Назначение систем вентиляции

Производственные процессы могут сопровождаться выделением в воздух рабочей зоны помещений вредных для человека газов и веществ, количество которых зависит от особенностей технологического процесса и степени герметизации оборудования. Содержание вредных газов и паров в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимой концентрации (ПДК).

Предельно допустимая концентрация – это максимально возможное количество вредного вещества, мг/м³, в единице объема воздуха, которое в течение всего рабочего стажа не вызывает заболеваний или отклонений в состоянии здоровья людей, работающих в данных условиях.

Кроме того, от технологического оборудования может поступать большое количество теплоты как конвективной, так и лучистой, требующей создания определенной подвижности воздуха на рабочих местах, подверженных облучению, а также влаги и пыли. Человек, участвующий в производственном процессе, сам является генератором теплоты, влаги, пыли и углекислого газа. При легкой работе теплоотдача одного рабочего в окружающую среду составляет около 150 Вт, при тяжелой – 300 Вт и более. Каждый час с поверхности тела человека испаряется от 60 до 400 г водяных паров, а от органов дыхания поступает 20...40 л углекислого газа.

Указанные вредности в виде избыточной теплоты, влаги, вредных газов и паров поступают в окружающий воздух, который их ассимилирует, но при этом повышается его температура, увеличиваются влагосодержание, загазованность, запыленность. Происходит изменение химического состава и физических свойств воздуха, что неблагоприятно отражается на самочувствии находящихся в этом помещении людей и отрицательно влияет на ход технологических процессов. Такой воздух должен быть удален из помещения.

Для поддержания в помещениях нормальных условий воздушной среды, соответствующих санитарно-гигиеническим и технологическим требованиям, устраивают вентиляцию, которая создает организованный воздухообмен: удаляет загрязненный воздух и подает вместо него обработанный свежий воздух.

Вентиляция в большинстве случаев может обеспечить в помещениях только допустимые санитарно-гигиенические условия. Параметры воздуха, строго определенные по температуре и относительной влажности, в том числе и оптимальные, обеспечиваются применением систем кондиционирования воздуха.

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения, здания и системы вентиляции подразделяются на категории А, Б, В1, В2, В3, В4, Г, Д и принимаются в соответствии с табл. 3.1. Категории помещений В1, В2, В3, В4 определяются в зависимости от удельной временной пожарной нагрузки на участке, имеющем размер не менее 10 м².

Таблица 3.1

Категории помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов находящихся (обращающихся) в помещении
А (взрывопожаро- опасная)	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки до 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные смеси при воспламенении которых развивается избыточное давление взрыва в помещении более 5 кПа. Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа
Б (взрывопожаро- опасная)	Горючие пыли, волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 °С в таком количестве, что при их воспламенении развивается избыточное давление взрыва в помещении более 5 кПа
В1, В2, В3, В4 (пожароопасная)	Горючие и трудногорючие жидкости и твердые материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом гореть
Г	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистой теплоты, искр, пламени; горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются в качестве топлива
Д	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии

Оборудование, кроме оборудования воздушных и воздушно-тепловых завес, не допускается размещать в обслуживаемых помещениях складов категории А, Б, В1, В2, В3, В4.

3.2. Классификация вентиляционных систем

Вентиляционная система – это совокупность устройств для обработки, подачи или удаления воздуха; она является также средством для создания воздухообмена в помещении [7].

Вентиляционные системы по назначению подразделяются на *приточные*, осуществляющие подачу свежего воздуха в помещения, и *вытяжные*, удаляющие из помещений загрязненный воздух.

Как приточные, так и вытяжные вентиляционные системы могут быть общеобменные и местные. Общеобменные системы предназначены для подачи и удаления воздуха равномерно по обслуживаемому помещению, для создания по всему объему рабочей зоны воздушной среды примерно с одинаковыми параметрами. Местные вытяжные системы удаляют воздух в местах образования вредностей: у ванн, печей и другого технологического оборудования, не позволяя вредностям распространяться по всему объему помещения.

Местные приточные системы подают свежий приточный воздух вблизи рабочих мест, создают воздушный душ – ограниченную зону в помещении, где параметры воздушной среды соответствуют санитарно-гигиеническим требованиям или предотвращают проникновение холодного воздуха через ворота или двери зданий внутрь помещений.

Местная вытяжная вентиляция намного эффективнее общеобменной, так как удаляет воздух у мест образования вредностей с более высокой их концентрацией, не дает вредностям свободно распространяться по всему помещению.

По способу перемещения воздуха все вентиляционные системы бывают либо естественные, либо механические.

В системах *естественной вентиляции* движение воздуха происходит вследствие разности плотностей наружного и внутреннего воздуха.

В системах *механической вентиляции* воздух перемещается вентилятором, приводимым в действие электродвигателем. Механические системы применяются значительно чаще, чем естественные, так как радиус действия механических систем намного больше, а сечения воздуховодов меньше, чем в естественных системах вентиляции той же пропускной способности, за счет более высокой скорости движения воздуха. Так, в воздуховодах естественных систем вентиляции скорость движения воздуха от 0,5 до 1,5 м/с, а в воздуховодах механических систем – от 4 до 13 м/с.

При работе вентиляции любого вида в помещении происходит смена воздуха. Отношение количества, поданного в помещение в течение 1 часа свежего воздуха или удаленного загрязненного воздуха к внутреннему вентилируемому объему помещения, называют *кратностью воздухообмена*.

Помимо организованного воздухообмена, осуществляемого вентиляционными системами, воздух может проникать в помещения через неплотности окон, стен, дверей, ворот вследствие гравитационного давления и за счет ветрового напора. Таким же образом воздух может удаляться из помещения. Такой нерегулируемый воздухообмен называется *неорганизованным*.

Если в помещении нет вредных выделений, то приточные системы вентиляции выполняют таким образом, что часть воздуха они забирают снаружи, а часть – из помещения. Такое вторичное использование воздуха из помещения для приточных систем называется *рециркуляцией*, оно позволяет экономить теплоту зимой.

3.3. Устройство вентиляционных систем

Системы естественной вентиляции отличаются бесшумностью работы, отсутствием каких-либо механизмов, простотой обслуживания. Действие естественной вентиляции обусловлено гравитационным давлением, возникающим

вследствие разности плотностей наружного и внутреннего воздуха. Плотность воздуха в большей степени зависит от температуры. Так, при температуре 0 °С и обычном барометрическом давлении плотность воздуха 1,29 кг/м³, при температуре 16 °С – 1,22 кг/м³, а при температуре 100 °С – всего 0,95 кг/м³. В промышленных цехах воздух, как правило, имеет более высокую температуру, чем наружный воздух, и, следовательно, меньшую плотность. При наличии открытых проемов в наружных ограждениях или вытяжных вентиляционных труб и шахт внутренний менее плотный воздух будет вытесняться наружным. Чем больше разность плотностей и чем больше расстояние между центром входного (нижнего) проема или низом шахты и центром вытяжного (верхнего) либо устьем шахты, тем выше гравитационное давление и интенсивнее действие естественной вентиляции (рис. 3.1).

Естественная вентиляция может быть *бесканальной*, если воздух проходит только через открытые проемы в наружных ограждениях (рис. 3.1, *а*), или *канальной*, когда воздух перемещается по вентиляционным каналам, воздуховодам и шахтам (рис. 3.1, *б*).

Работа естественной вентиляции в значительной степени зависит от действия ветра. Ветер, набегающий на здание, создает на наветренной стороне зону избыточного давления, а на заветренной – зону отрицательного давления. Это явление используется для усиления воздухообмена.

Управляемый естественный воздухообмен в промышленных зданиях называется *аэрацией*. Такие здания обычно оборудуются фонарями со створками, открываемыми вручную или специальными механизмами. Такими же открывающимися створками снабжены проемы в наружных стенах. Открывая их частично или полностью, можно регулировать воздухообмен.

Преимуществом аэрации является то, что воздухообмен создается без помощи вентиляторов, не расходуя электроэнергию. Однако аэрация обеспечивает только общеобменную вентиляцию и не предусматривает очистку приточного и вытяжного воздуха.

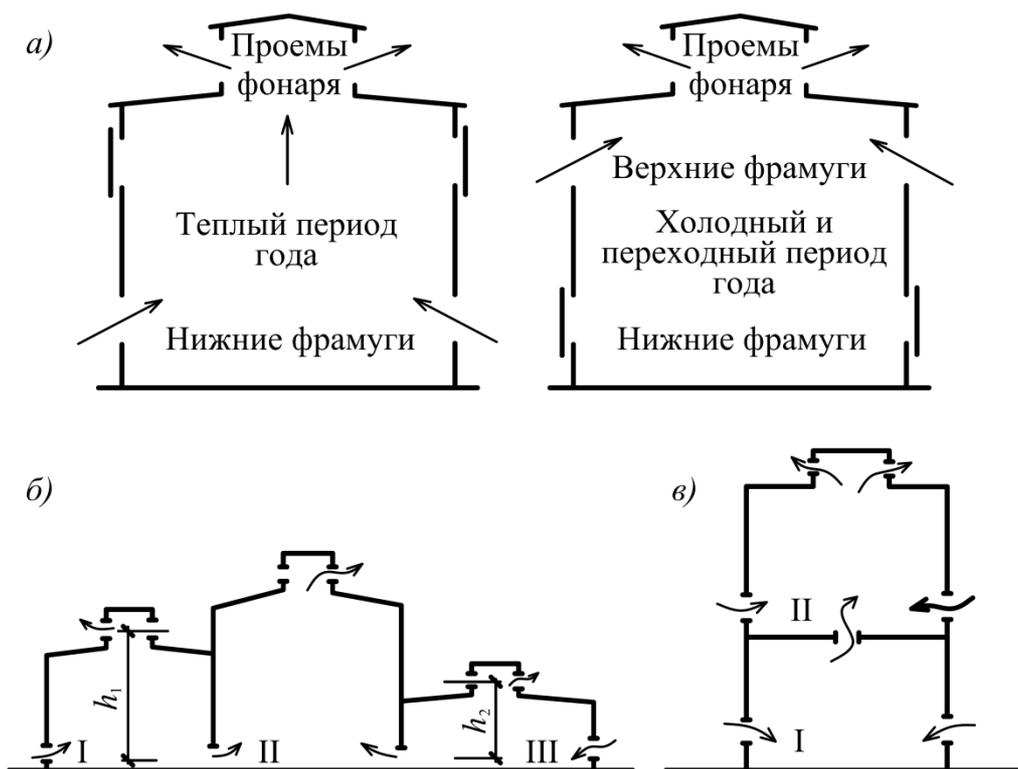


Рис. 3.1. Схемы организации естественного воздухообмена (аэрации): *а* – в однопролетном здании в холодный, переходный и теплый периоды; *б* – в трехпролетном разновысотном здании в теплый период года; *в* – в 2-х этажном здании с аэрационным проемом в перекрытии

Преимуществом аэрации является то, что воздухообмен создается без помощи вентиляторов, не расходуя электроэнергию. Однако аэрация обеспечивает только общеобменную вентиляцию и не предусматривает очистку приточного и вытяжного воздуха.

Системы механической вентиляции получили наибольшее распространение, так как они не подвержены влиянию внешних метеорологических условий, легко поддаются регулированию, обладают значительным радиусом действия.

Приточные системы механической вентиляции подают очищенный (с заданной температурой, а в некоторых случаях и влажностью) воздух в рабочую зону помещения для обеспечения требуемых санитарно-гигиенических условий пребывания людей и работы технологического оборудования. Вытяжные системы механической вентиляции удаляют загрязненный воздух, очищая его в случае необходимости перед выбросом в атмосферу.

Системы механической приточной вентиляции состоят из следующих основных элементов (рис. 3.2): воздухозаборного устройства 1, приточной камеры, а так же сети воздухопроводов и воздухораспределителей 6. При неработающем вентиляторе клапан должен быть закрыт для защиты оборудования приточной камеры от попадания холодного воздуха, который может заморозить воду в трубах воздухонагревателей и вывести их из строя.

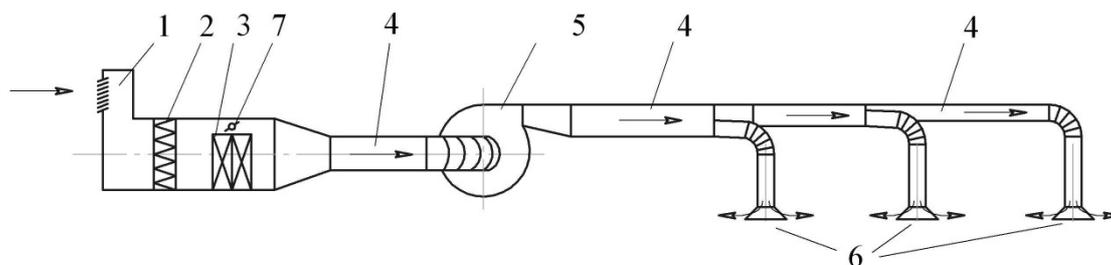


Рис. 3.2. Схема приточной вентиляционной системы: 1 – воздухозаборное устройство; 2 – фильтр; 3 – воздухонагреватель; 4 – воздуховоды; 5 – вентилятор; 6 – воздухораспределитель; 7 – воздушный клапан с ручным или электрическим приводом

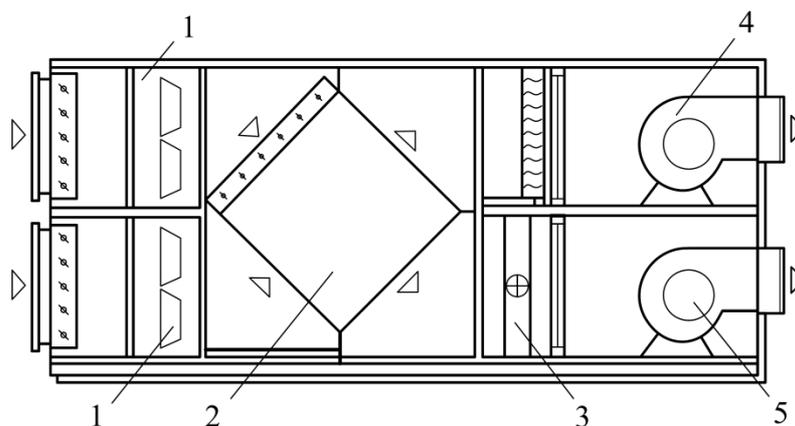


Рис. 3.3. Приточно-вытяжная камера: 1 – воздушный фильтр; 2 – поверхностный теплоутилизатор; 3 – воздухоподогреватель; 4 – вытяжной вентилятор; 5 – приточный вентилятор

Приточно-вытяжная камера (рис. 3.3) состоит из фильтров 1, утепленного клапана, калорифера для нагревания воздуха 3 и вентиляторов 4, 5 с электродвигателем. Вентиляторы соединены с металлическим конфузуром и диффузором сети воздухопроводов с помощью мягких вставок. Раму вентилятора устанавливают на виброизоляторах. Виброизоляторы и мягкие вставки уменьшают уровень шума от вентиляционного оборудования. Герметические двери предназначены для входа в вентиляционную камеру в целях обслуживания калориферов, фильтра,

клапана в процессе эксплуатации. Приточные камеры можно устанавливать на фундаменте или площадке, или даже подвешивать к фермам покрытий помещений. Для этих камер не требуется ограждение из строительных конструкций.

Общеобменные вытяжные системы вентиляции обычно удаляют воздух из верхней, реже из средней или нижней зоны помещений. Перед выбросом в атмосферу воздух в общеобменных вытяжных системах обычно не проходит очистку. Общеобменные вытяжные системы могут быть бесканальными, если воздух удаляется крышными вентиляторами, которые устанавливают на специальных монтажных стаканах перекрытий цехов, и канальными (рис. 3.4).

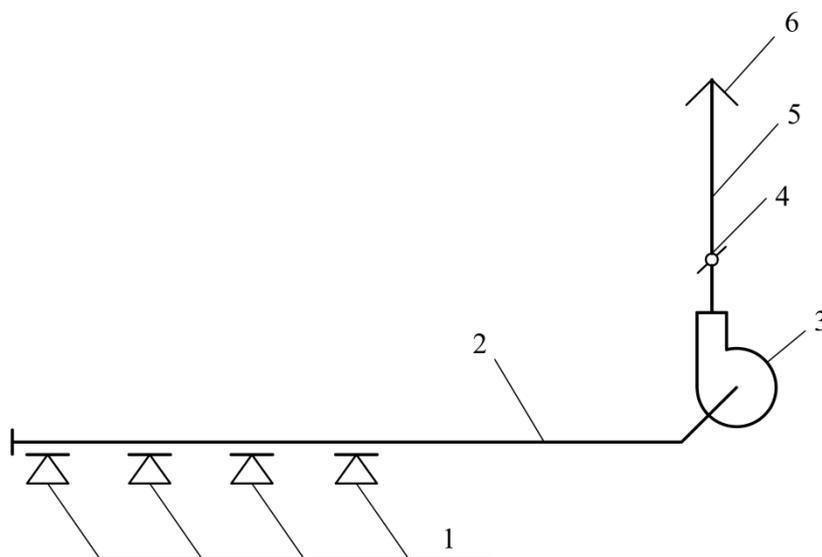


Рис. 3.4. Схема общеобменной вытяжной вентиляционной системы: 1 – воздухоприемные решетки; 2 – воздуховоды; 3 – вентилятор; 4 – дроссель-клапан; 5 – вытяжная шахта; 6 – зонт (флюгарок)

В канальных системах вытяжной вентиляции воздух всасывается в воздухоприемные отверстия или решетки 1, по воздуховодам 2 подается к вентилятору 3 и, пройдя вытяжную шахту 5, попадает в атмосферу. Для защиты вытяжной шахты от атмосферных осадков над ней устанавливают зонт 6, а воздуховоды при неработающем вентиляторе перекрывают заслонкой или обратным клапаном 4.

Местные вытяжные системы вентиляции предназначены для забора вредных выделений у мест их образования с помощью укрытий или местных отсосов, транспортировки загрязненного воздуха, его очистки в фильтрах или пылегазоуловителях и выброса в атмосферу (рис. 3.5). Местные отсосы и укрытия

имеют самую разнообразную конструкцию и форму: это зонты, вытяжные шкафы, полные укрытия, бортовые и кольцевые отсосы у ванн и шахтных печей, отсасывающие панели, воздухоприемники, кожухи и др.

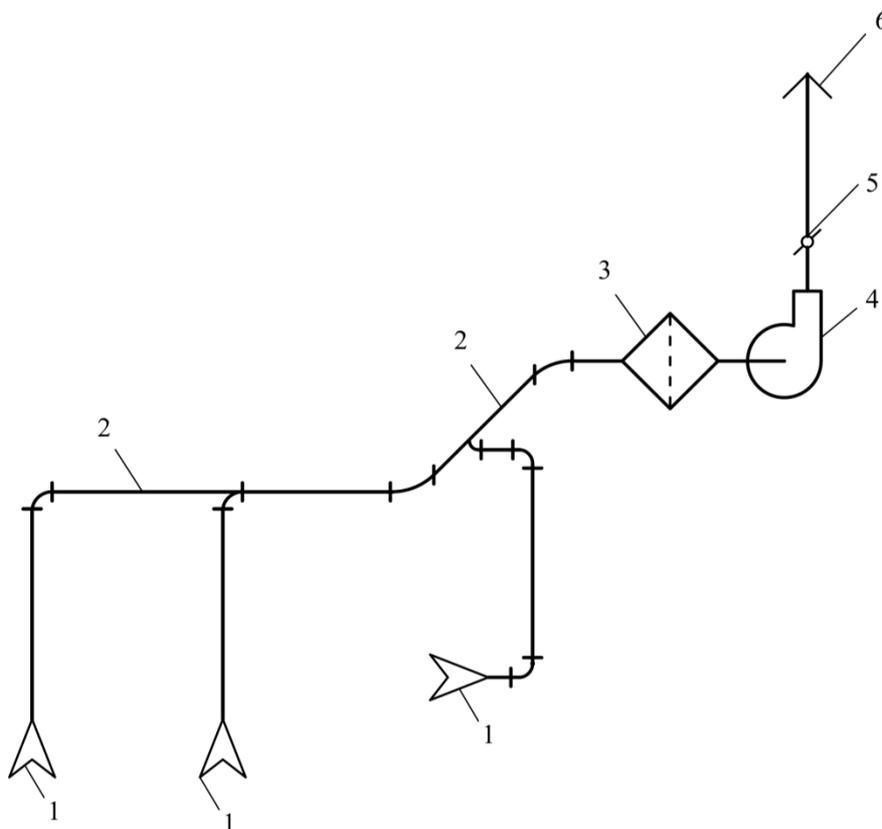


Рис. 3.5. Схема местной вытяжной вентиляционной системы: 1 – местные отсосы; 2 – воздуховоды; 3 – пылеуловитель; 4 – вентилятор; 5 – дроссель-клапан; 6 – факельный выброс

Многие вредности, выделяющиеся при технологических процессах, активно воздействуют на местные отсосы, воздуховоды, вентиляторы, фильтры, вызывая их сильную коррозию, кроме того, они могут быть взрыво- и пожароопасными. В этих случаях устройства, контактирующие с агрессивной средой, изготавливают из материалов, не подверженных интенсивной коррозии перемещаемой средой (коррозионно-стойких легированных сталей, алюминия, титана, металлопласта, полиэтилена и др.), либо применяют специальные покрытия стальных воздуховодов кислото- и щелочестойкими перхлорвиниловыми красителями, эмалями и лаками. В таких системах устанавливают вентиляторы и другое оборудование в коррозионностойком или искрозащищенном исполнении.

К местным вытяжным системам вентиляции относятся системы аспирации и пневматического транспорта. Аспирационные системы удаляют воздух

вместе с взвешенными в нем частицами пыли от аспирируемых укрытий мест пылеобразования порошкообразных и зернистых материалов. В аспирируемых укрытиях поддерживается разрежение, чтобы частицы пыли не проникали в помещение через неплотности. Для очистки воздуха от взвешенных частиц в аспирационных системах используют циклоны, скрубберы, рукавные фильтры и другие пылеотделители.

3.4. Вентиляция жилых зданий

3.4.1. Вентиляция с естественным побуждением

В жилых зданиях в основном проектируют системы естественной вентиляции. В квартирах воздухообмен осуществляется следующим образом: приток свежего воздуха (неорганизованный) – через неплотности в оконных рамах, открывающиеся фрамуги и форточки, через установленные в стенах, оконных рамах или коробках специальные клапаны (в том числе в шумозащитном исполнении). Такой воздухообмен происходит за счет гравитационного давления вследствие разности температур наружного и внутреннего воздуха, а также под воздействием ветра.

Приточный воздух поступает в жилые комнаты и кухню, а через щели между полом и нижней частью дверей (высота щели должны быть 5 см) – в ванную комнату и туалет, нагревается и загрязняется продуктами жизнедеятельности людей. Затем отработанный воздух удаляется из квартиры через вытяжные решетки под потолком помещений, установленные в вентиляционных блоках, каналах или воздуховодах.

Для удаления воздуха проектируют сборные вертикальные каналы с подключаемыми к ним индивидуальными каналами-спутниками, в которых устанавливают вытяжные решетки. Для двух последних этажей, на которых естественная вытяжка через сборный вытяжной канал наименее эффективна, так как располагаемое давление мало вследствие небольшой высоты верхней части

сборного вытяжного канала, проектируют самостоятельные (индивидуальные) вытяжные каналы (вентблоки).

Расчет вытяжной вентиляции производится с учетом условий переходного периода при температуре приточного воздуха +5 °С и отсутствии ветра. Система естественной вентиляции рассчитывается на удаление из каждой квартиры нормативного количества воздуха.

Известно, что аэродинамический режим здания (особенно повышенной этажности) таков, что нижние этажи работают на приток, а верхние – на вытяжку. Кроме того, при определенном направлении и скорости ветра на верхних этажах может возникнуть «опрокидывание тяги» (с заветренной стороны).

Практика эксплуатации жилых зданий повышенной этажности показала, что на двух последних этажах в вентиляционных каналах кухонь и санузлов необходимо устанавливать малогабаритные осевые вентиляторы, рассчитанные на работу в летнее время.

Жилые многоэтажные здания, как правило, проектируют с «теплыми чердаками». Сборные вытяжные каналы выходят на «теплый чердак», где устанавливают общие (для нескольких каналов) вытяжные шахты с зонтами (для предотвращения попадания на чердак и в каналы осадков) или без зонтов, но с поддонами для сбора влаги.

Сборные вертикальные каналы обычно выполняют из поэтажных блоков индустриального изготовления, как правило, гипсобетонных. В кирпичных зданиях сборные каналы и каналы-спутники выполняют, как правило, непосредственно в стене. В зданиях с большой высотой этажа, где применение индустриальных поэтажных блоков невозможно, а также в домах, возводимых по индивидуальным проектам, предусматривают металлические вытяжные воздуховоды с подсоединением к ним воздуховодов-спутников по схеме «через этаж». На воздуховоды наносится противопожарная изоляция пределом огнестойкости 0,5 ч или их обкладывают кирпичом.

Принципиальные схемы естественной вытяжной вентиляции многоэтажных жилых домов приведены на рис. 3.6.

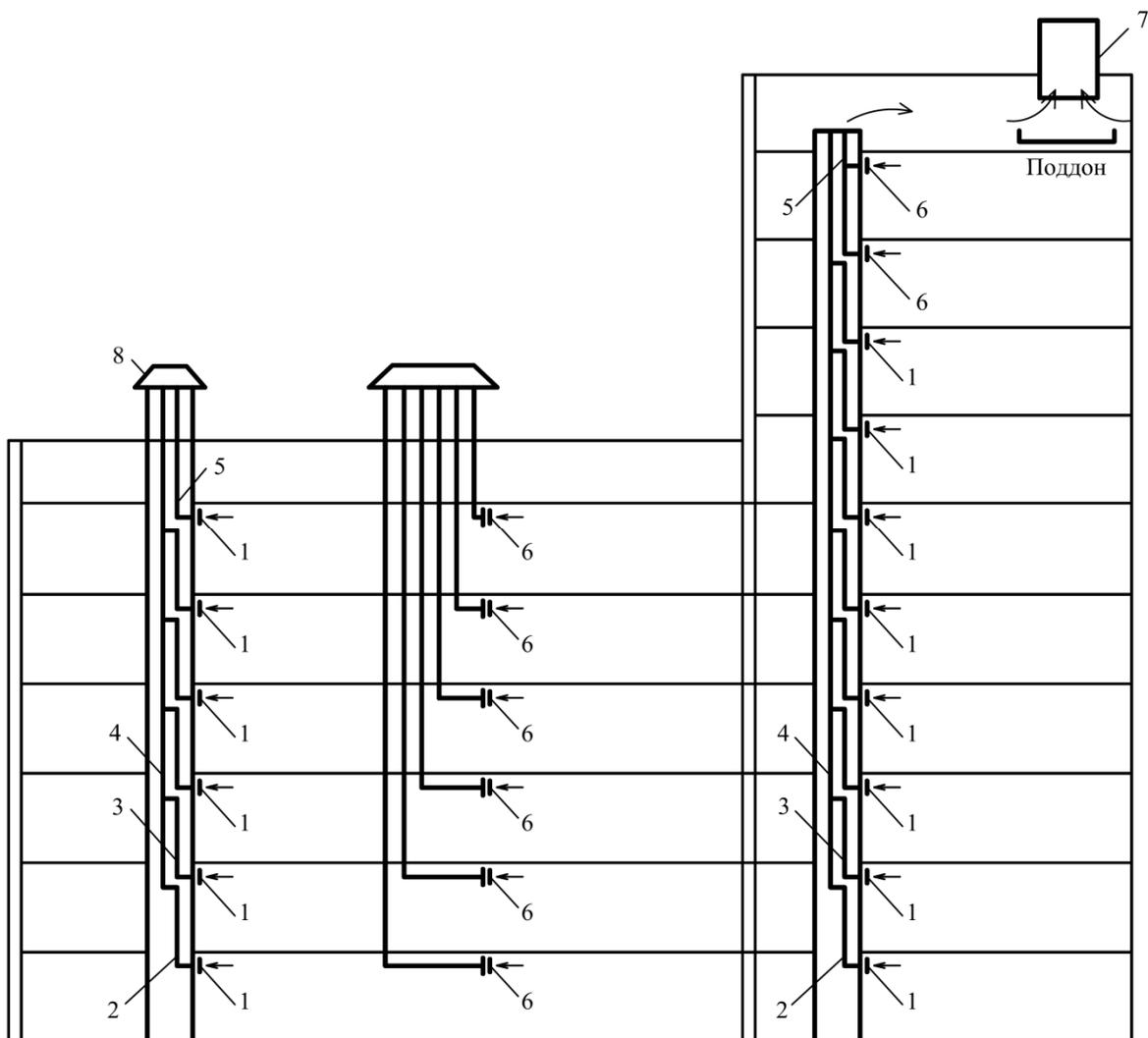


Рис. 3.6. Схемы вытяжной естественной и механической вентиляции: 1 – воздухоприемные устройства; 2 – воздуховод из встроенно-пристроенных помещений; 3 – канал (воздуховод) – спутник с нормируемым пределом огнестойкости; 4 – сборный вертикальный канал (воздуховод с нормируемым пределом огнестойкости); 5 – индивидуальные каналы (воздуховоды) двух последних этажей с нормируемым пределом огнестойкости; 6 – осевой вентилятор; 7 – центральная вытяжная шахта; 8 – крышный вентилятор

Выпуск воздуха из «теплого чердака» в атмосферу происходит через общую вытяжную шахту для всех квартир одной секции дома. Не допускается устройство общей вытяжной шахты для квартир разных секций дома, а также устройство нескольких вытяжных шахт на одну секцию жилого дома.

В домах с холодным чердаком выпуск воздуха из вентблока верхнего этажа в атмосферу осуществляется через самостоятельные вытяжные шахты.

Вытяжка из техподполья должна происходить через самостоятельные вертикальные каналы.

В связи с проектированием в последние годы «теплых домов» с герметичными оконными переплетами и трехслойными стеклопакетами естественная вентиляция становится неэффективной из-за полного отсутствия или ограниченного поступления инфильтрационного воздуха.

Во многих индивидуальных жилых домах по желанию заказчика проектируют системы механической вытяжной, приточной вентиляции и даже кондиционирования воздуха.

3.4.2. Вентиляция с механическим побуждением

В последнее время в связи с необходимостью решения проблемы энергосбережения применение с механической вентиляции стало актуальным. Это вызвано тем, что установка окон с высокими значениями сопротивления воздухопроницанию приводит к снижению воздухопроизводительности естественной вентиляции. Кроме того, дальнейшее повышение показателей энергосбережения возможно только при утилизации теплоты вытяжного воздуха, а для этого необходима приточно-вытяжная механическая вентиляция.

Известен зарубежный опыт использования систем механической вентиляции в жилых домах. Попытки применения механической вентиляции в массовом жилищном строительстве в нашей стране начались и раньше, в частности в отдельных экспериментальных домах при застройке Новых Черемушек, Северного Чертанова и в домах серии И-700А.

Механическую вентиляцию в жилищном строительстве подразделяют на центральную и местную, вытяжную и приточно-вытяжную.

Вытяжные каналы из кухонь и санузлов квартир при центральной механической вытяжной вентиляции выводят на чердак здания, где они объединяются сборными воздуховодами, и подводят к центральной вытяжной герметичной камере.

В вентиляционной камере располагается рабочий и резервный вентиляторы и устройства шумоглушения. Шумоглушители устанавливают также и на

оголовках вытяжных каналов для того, чтобы шумы высокого уровня с чердака не передавались по вытяжным каналам в квартиры.

Для снижения шума в ночные часы один из вентиляторов предусматривается тихоходным и автоматически включается по реле времени. В утренние и вечерние часы также автоматически включается вентилятор с повышенной производительностью. По сигналу пожара оба вентилятора отключаются. Для снижения вибрационных воздействий от работающих вентиляторов последние устанавливают на виброизолированной «плавающей плите».

Приточно-вытяжная вентиляция может быть и квартирной. При этой схеме вытяжной, приточный вентиляторы и теплообменник располагаются в герметичной камере непосредственно в квартире. Если квартира выходит на два фасада, то может быть использована схема утилизации теплоты солнечной радиации помещений, выходящих на освещенный фасад.

Системы механической приточной вентиляции в жилых зданиях могут быть как центральными, так и квартирными. Предпочтение следует отдать квартирным как более экономичным, благодаря возможности использования частичной рециркуляции воздуха.

Отопление осуществляется за счет перегрева приточного воздуха, температура приточного воздуха не должна превышать 45 °С.

Минимальный расход приточного воздуха для воздушного отопления, G_0 , кг/ч, определяется по формуле:

$$G_0 = 3,6 \frac{Q_{т.п}}{c_p (t_{г} - t_{в})}, \quad (51)$$

где G_0 – расход приточного воздуха, кг/ч;

$Q_{т.п}$ – теплотери помещения, Вт;

c_p – удельная массовая теплоемкость воздуха, кДж/(кг · °С);

$t_{г}$ и $t_{в}$ – температуры нагретого внутреннего воздуха в отапливаемом помещении, °С.

Расход приточного воздуха в таких системах должен быть принят по большей величине потребности на нужды отопления и вентиляции с корректировкой (при необходимости) температуры приточного воздуха.

3.5. Приемные устройства наружного воздуха в системах вентиляции

Воздухоприемные устройства следует располагать так, чтобы в них поступал незагрязненный наружный воздух. Воздухоприемные устройства необходимо располагать на расстоянии от 10 до 12 м по горизонтали и 6 м по вертикали от мест загрязнения воздуха (котельных, кухонь, производственных помещений). Воздухозабор как при механической, так и при естественной вентиляции следует осуществлять на высоте не менее 2 м от уровня земли до низа проема; в случае расположения воздухоприемного устройства в зеленой зоне эта высота может быть уменьшена до 1 м.

При заборе воздуха в зоне выше кровли воздухоприемные устройства во избежание попадания в них загрязненного воздуха из вытяжных шахт, располагают не ближе 10 м от последних. Можно забирать наружный воздух и через отверстия, расположенные рядом с вытяжной шахтой, но при этом вытяжная шахта должна быть выведена выше воздухоприемных отверстий не менее чем на 2,5 м.

Общие проемные устройства наружного воздуха не следует проектировать для любых систем, обслуживающих разные пожарные отсеки. Расстояние по горизонтали между проемами для забора воздуха, расположенными в соседних пожарных отсеках, должно быть не менее 3 м.

Общие приемные устройства наружного воздуха допускается предусматривать для систем общеобменной вентиляции (кроме систем, обслуживающих помещения и склады категории А, Б и В1), обслуживающих разные пожарные отсеки, при условии установки противопожарных нормально открытых клапанов на воздуховодах приточных систем общеобменной вентиляции в местах пересечения или ограждения помещения для вентиляционного оборудования.

Приточные воздухоприемные отверстия целесообразно размещать в зданиях со стороны господствующего направления ветра с учетом подпора воздушного потока.

В зависимости от места установки вентиляционного оборудования приточных систем воздухоприемные устройства могут выполняться в виде отдельно стоящих или приставных шахт, в виде отверстий в ограждающих конструкциях, а также на кровле зданий (рис. 3.7).

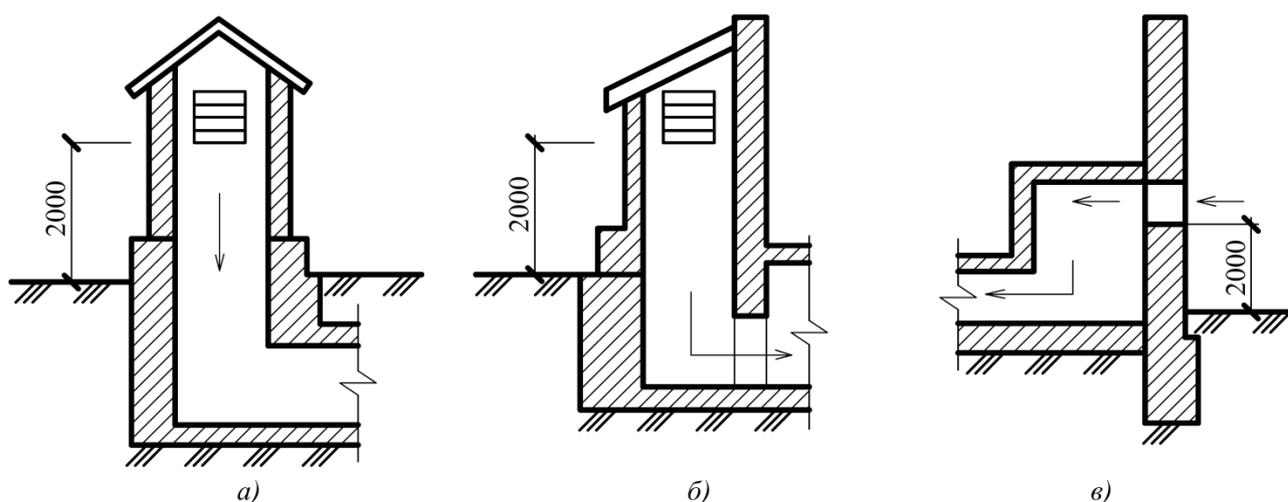


Рис. 3.7. Устройства для забора воздуха: *а* – отдельно стоящая шахта; *б* – приставная шахта; *в* – отверстие в наружной стене

Архитектурное оформление шахт и отверстий должно соответствовать архитектуре здания, особенно для сооружений общественного назначения. Воздухозаборное устройство может состоять из воздухозаборного отверстия с решеткой, приточной шахты с утепленным клапаном и распределительного канала.

Если воздухоприемный канал проходит в толще стен, то он должен иметь теплоизоляцию для предотвращения переохлаждения при транспортировке холодного воздуха.

Шахты выполняют из кирпича, сборного или монолитного железобетона квадратной, прямоугольной, круглой или более сложной формы, оцинкованными, из нержавеющей стали.

При размещении воздухозаборной шахты на расстоянии от здания прокладывается канал под землей с размерами не менее 700 x 1500 мм в свету, чтобы была возможность его периодической очистки и уборки.

Скорость движения воздуха в живом сечении воздухозаборных шахт и каналов при механической вентиляции рекомендуется принимать от 2 до 6 м/с.

Воздухоприемные отверстия заполняются жалюзийными решетками. основные размеры и технические данные штампованных неподвижных жалюзийных решеток приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Технические данные и основные размеры жалюзийных воздухозаборных решеток типа СТД

Тип решетки	Рекомендуемый расход воздуха, м ³ /с	Живое сечение, м ²	Размеры, мм		Масса, кг
			L	H	
СТД 5288	350...1000	0,05	150	490	0,97
СТД 52589	450...1300	0,06	150	580	1,13

При необходимости решетки могут соединяться в панели из нескольких штук. Скорость воздуха в живом сечении жалюзийных решеток рекомендуется принимать не более 6 м/с.

Настенные решетки для забора воздуха изготавливают трех типов любых размеров и их различных материалов:

- тип 1 – черная сталь окрашенная, крепление наружное (на стене);
- тип 2 – оцинкованная сталь, крепление внутренне (в торце);
- тип 3 – нержавеющая сталь, крепление по заказу.

Французские и шведские фирмы изготавливают круглые настенные воздухоприемные решетки из алюминия и оцинкованной стали диаметром от 100 до 1250 мм. Оптимальная скорость в живом сечении решетки от 3 до 5 м/с.

3.6. Выбросы загрязняющего вентиляционного воздуха в атмосферу

Воздух, выбрасываемый в атмосферу из систем местных отсосов и общеобменной вентиляции, содержащий загрязняющие вредные вещества, следует, как правило, очищать. Остаточное количество вредных веществ необходимо

рассеивать в атмосфере. При этом концентрация вредных веществ с учетом фоновых значений не должна превышать предельно допустимых максимальных разовых концентраций, ПДК_{м.р.}, на границе санитарно-защитной зоны и в атмосферном воздухе населенных мест (ближайшей жилой застройки).

В местах массового отдыха населения (санатории, дома отдыха, пансионаты, дачные и садово-огородные участки, парки, городские пляжи, спортивные базы) концентрации вредных веществ с учетом фоновых значений не должны превышать $0,8 \cdot \text{ПДК}_{\text{м.р.}}$. Соблюдение максимально разовых ПДК должно быть обеспечено в период кратковременных подъемов концентраций. При длительном поступлении атмосферных загрязнений в организм должны быть обеспечены среднесуточные ПДК. В проточном воздухе, поступающем в производственные и административно-бытовые помещения, концентрации не должны превышать $0,3$ предельно допустимых концентраций вредных веществ для рабочей зоны.

Выбросы от систем вытяжной вентиляции с загрязняющимися вредными веществами следует размещать по расчету относительно узлов воздухозабора приточных систем или на расстоянии от приемных устройств не менее 10 м по горизонтали или на 6 м по вертикали при горизонтальном расстоянии менее 10 м.

Кроме того, выбросы из систем местных отсосов вредных веществ следует размещать на высоте не менее 2 м под кровлей более высокой части здания, если расстояние до ее выступа менее 10 м.

Выбросы от систем вытяжной вентиляции следует, как правило, предусматривать отдельными, если хотя бы в одной из труб или шахт возможно отложение горючих веществ или возможно при смешении выбросов образование взрывоопасных смесей. Выбросы целесообразно организовывать таким образом, чтобы вредные вещества поступали в атмосферу выше границы низких источников и не попадали в зону аэродинамического следа здания.

3.7. Основное оборудование систем вентиляции

Системы вентиляции включают группы самого разнообразного оборудования:

1. Вентиляторы: осевые; радиальные вентиляторы; диаметральные вентиляторы.
2. Вентиляторные агрегаты: канальные; напольные; крышные.
3. Вентиляционные установки: приточные; вытяжные; приточно-вытяжные, приточно-вытяжные с рециркуляцией.
4. Воздушно-тепловые завесы.
5. Шумоглушители.
6. Воздушные фильтры.
7. Воздухонагреватели: электрические; водяные.
8. Воздуховоды: металлические; металлопластиковые; неметаллические; гибкие и полугибкие.
9. Запорные и регулирующие устройства: воздушные клапаны; диафрагмы; обратные клапаны.
10. Воздухораспределители и регулирующие устройства воздухоудаления: решетки; щелевые воздухораспределительные устройства; плафоны; насадки с форсунками; перфорированные панели.

Типы вентиляторов. В системах механической вентиляции применяют вентиляторы *низкого давления* (до 1 кПа), *среднего давления* (от 1 до 3 кПа) и *высокого давления* (от 3 до 12 кПа). Вентиляторы низкого и среднего давления применяют в вентиляционных установках и установках кондиционирования воздуха, а вентиляторы высокого давления – в технологических установках. В зависимости от условий их эксплуатации вентиляторы изготавливают в *обычном исполнении* – для перемещения чистого или малозапыленного воздуха с температурой до 80 °С; в *антикоррозионном исполнении* (из винипласта и другого материала) – для перемещения воздуха с примесями, разрушающе действующими на обычную сталь; в *искрозащищенном исполнении* – для переме-

щения горючих и взрывоопасных смесей. В последнем случае колеса и входные патрубки во избежание искрения выполняют из более мягкого, чем сталь, материала, например, алюминия. Для перемещения воздуха с содержанием пыли более 100 мг/м^3 применяют *пылевые вентиляторы*, обладающие повышенной износоустойчивостью.

Вентиляторы могут быть *правого вращения*, когда колесо их вращает по часовой стрелке (если смотреть на него со стороны всасывания), и *левого вращения*, когда колесо их вращается против часовой стрелки. Размеры вентиляторов характеризуются присвоенными им номерами, численно выражающими значение диаметра рабочего колеса в дм (например, вентилятор № 5 имеет колесо диаметром 500 мм).

На рис. 3.8 приведен общий вид радиального (центробежного) вентилятора. При вращении рабочего колеса в направлении разворота улиткообразного кожуха воздух всасывается через входное отверстие и под действием центробежной силы выбрасывается через выходное отверстие.

Лопатки колеса могут иметь различную форму (загнутые вперед, радиальные или загнутые назад). Наибольшее давление создается при лопатках, загнутых вперед, но больший КПД у вентиляторов с лопатками, загнутыми назад, и, кроме того, они создают меньший шум.

Радиальные вентиляторы применяют при необходимости преодоления сопротивлений в сети выше 200 Па.

Лучшими аэродинамическими качествами обладают вентиляторы Ц4-70 и Ц4-76. Вентиляторы Ц4-70 12 имеют загнутые назад лопатки.

На рис. 3.9 приведена конструкция осевого вентилятора, представляющего собой лопаточное колесо, расположенное в цилиндрическом кожухе. При вращении колеса поток воздуха проходит через вентилятор вдоль его оси. Отсюда и наименование вентилятора – осевой.

Осевые вентиляторы обычно применяют при относительно малых сопротивлениях сети (примерно до 250 Па). Размеры осевых вентиляторов, как и радиальных характеризуются их номерами.



Рис. 3.8. Радиальный (центробежный) вентилятор (слева) и рабочее колесо радиально-го вентилятора (справа)



Рис. 3.9. Осевой вентилятор (слева) и рабочее колесо осевого вентилятора (справа)

Подбор вентиляторов. Вентиляторы подбирают по их аэродинамическим характеристикам. Эти характеристики выражают зависимость между p и L при различных значениях n и u , где p – полное давление, развиваемое вентилятором; L – подача вентилятора, м³/ч; n – частота вращения колеса вентилятора, мин⁻¹; u – окружная скорость, м/с.

Окружную скорость определяют по формуле:

$$u = \pi dn / 60, \quad (52)$$

где d – диаметр рабочего колеса вентилятора, м.

Определив установочную мощность, подбирают по каталогу тип электродвигателя, который зависит от условий эксплуатации. Значения L , p и N для любого вентилятора зависят от частоты вращения его колеса.

Подача вентилятора прямо пропорциональна частоте вращения колеса:

$$L_1 / L = n_1 / n. \quad (53)$$

Полное давление, создаваемого вентилятором, пропорционально квадрату частоты вращения колеса:

$$p_1 / p = n_1^2 / n^2. \quad (54)$$

Расходуемая мощность пропорциональна кубу частоты вращения колеса:

$$N_1 / N = n_1^3 / n^3. \quad (55)$$

По данным формулам, подбирают размер шкивов при ременной передаче.

3.8. Устройства для нагревания воздуха

Калориферы. В конструктивном отношении различают следующие типы калориферов: смонтированные из радиаторов, гладкотрубные, пластинчатые, оребренные и электрические.

Калориферы, смонтированные из радиаторов, могут быть использованы для нагревания небольших количеств воздуха. При малом сопротивлении движению воздуха они могут быть применены в системах вентиляции без механического побуждения.

Гладкотрубные калориферы (рис. 3.10) изготавливают из трубок диаметром 20...32 мм, располагаемых в шахматном порядке. Трубки вваривают в трубные доски. К последним на сварке или болтах присоединяют крышки со штуцерами. Теплоноситель, поступающий через верхний штуцер в трубки, нагревает их, а затем удаляется через нижний штуцер. Воздух нагревается, проходя между трубками. Недостаток этих калориферов заключается в том, что при больших габаритах они имеют небольшую поверхность нагрева.

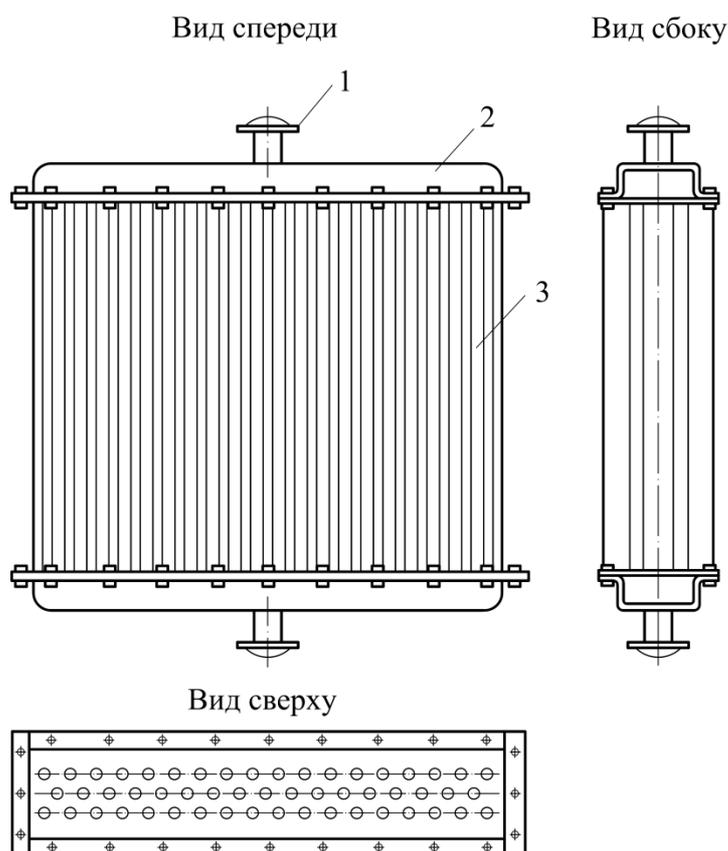


Рис. 3.10. Калорифер из гладких труб

Поверхность нагрева можно увеличить, если надеть на трубки тонкие стальные пластины (*пластинчатые калориферы*, рис. 3.11) или навить на них стальную ленту толщиной 0,5 мм и шириной 10 мм (*оребрённые или спирально-навивные калориферы*, рис. 3.12). При таком конструктивном исполнении достигается хороший контакт ленты с трубками, что весьма важно, так как при плохом контакте теплоотдача калорифера значительно ухудшается. Концы трубок вваривают в трубные доски, соединённые с распределительными коробками. Эти калориферы получили наибольшее распространение благодаря их компактности, удобству монтажа и обслуживания. Они изготавливаются различных размеров и тепловой мощности (по 10...12 типоразмеров каждой марки). Промышленность выпускает калориферы следующих марок: 1) одноходовые пластинчатые – КВБ, КЗПП, К4ПП; 2) одноходовые спирально-навивные – КФСО, КФБО; 3) многоходовые пластинчатые – КВС-П, КВБ-П, КЗВП, К4ВП.

Калориферы бывают двух моделей – средней марки КВБ, КЗПП, КЗВП, КВС-П, КФСО и большой марки К4ПП, К4ВП, КВБ-П, КФБО, имеющих по направлению движения воздуха соответственно три или четыре ряда трубок.

Схемы присоединения калориферов к трубопроводам приведены на рис. 3.13.

Средняя температура теплоносителя при паре принимается равной температуре насыщения при соответствующем давлении пара:

$$t_{\text{ср.т}} = t_{\text{п}}. \quad (56)$$

Средняя температура теплоносителя при воду принимается равной средней арифметической температуре горячей и обратной воды:

$$t_{\text{ср.т}} = \frac{t_{\text{г}} + t_{\text{о}}}{2}. \quad (57)$$



Рис.3.11. Калорифер пластинчатый многоходовой



Рис. 3.12. Калорифер спирально-навивной одноходовой

3.9. Основы расчета воздухообмена в зданиях и сооружениях

Расход приточного воздуха определяется расчетом для теплого, холодного периодов года и переходных условий по избыткам теплоты, избыткам влаги, массе выделяющихся вредных веществ, нормируемой кратности воздухообмена, нормам взрывопожарной безопасности. В качестве расчетного воздухообмена принимается большая величина.

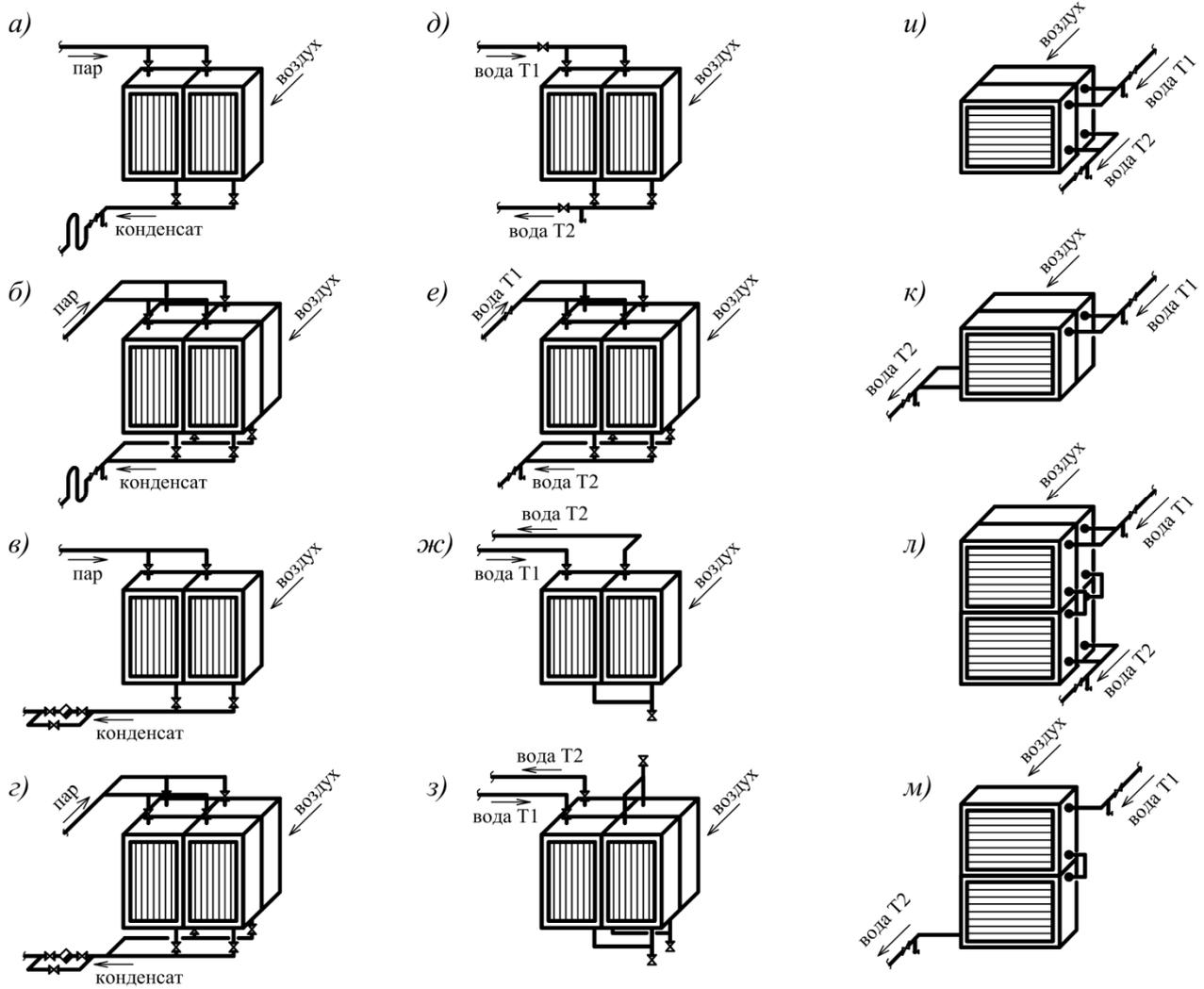


Рис. 3.13. Схемы присоединения калориферов к трубопроводам: а), б) – при теплоносителе «пар» низкого давления с гидрозатвором; в), г) – при теплоносителе «пар» высокого давления с конденсатоотводчиками; д), е), ж), з) – водяных одноходовых; и), к), л), м) – водяных многоходовых

Необходимый воздухообмен, L_G , м³/ч, по газовым вредным выделениям определяется по формуле:

$$L_G = \frac{G_{\text{в.в.}}}{C_{\text{ПДК}} - C_{\text{пр}}}, \quad (58)$$

где $G_{\text{в.в.}}$ – количество выделяющихся вредных выделений, мг/ч;

$C_{\text{ПДК}}$ – предельно допустимая концентрация газов, мг/м³;

$C_{\text{пр}}$ – концентрация вредных выделений в приточном воздухе, мг/м³.

Необходимый воздухообмен, L_w , м³/ч, при наличии только влагоизбытков определяется по формуле:

$$L_w = \frac{W}{(d_{yx} - d_{пр})\rho}, \quad (59)$$

где W – количество избыточной влаги, г/ч;

d_{yx} – влагосодержание уходящего воздуха, г/кг сухого воздуха;

$d_{пр}$ – влагосодержание приточного воздуха, г/кг сухого воздуха;

ρ – плотность приточного воздуха, кг/м³.

По нормативным показателям относительной влажности и температуры с помощью $I-d$ - диаграммы определяют влагосодержание. Для помещений с повышенным содержанием влаги (бани, прачечные, химчистки и т.п.) воздухообмен необходим также для предотвращения разрушения строительных конструкций здания.

Для определения объема вентиляционного воздуха по избыточной теплоте необходимо знать количество теплоты, поступающей в помещение от различных источников, $Q_{пр}$, Вт, и количество теплоты, расходуемой на возмещение потерь через ограждения здания и другие щели, $Q_{расх}$, Вт. Разность между $Q_{пр}$ и $Q_{расх}$, равная $Q_{изб}$, Вт, выражает количество теплоты, которое и должно учитываться при расчете воздухообмена.

Можно считать, что в теплый период года вся теплота, которая поступает в помещение, является избыточной.

Необходимый воздухообмен для борьбы с явными избытками, $L_я$, м³/ч, определяется по формуле [7]:

$$L_я = \frac{Q_{изб}}{c\rho(t_{yx} - t_{пр})}, \quad (60)$$

где $Q_{изб}$ – теплоизбытки в помещении, кДж/ч;

c – массовая удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/(кг·°С);

ρ – плотность воздуха, поступающего в помещение, кг/м³;

t_{yx} , $t_{пр}$ – температура удаляемого и приточного воздуха соответственно, °С.

Температуру приточного воздуха в теплый период года принимают равной средней температуре самого жаркого месяца в 13 ч.

Для определения t_{yx} , °С, можно пользоваться формулой:

$$t_{yx} = t_{p.з} + K(H - 2), \quad (61)$$

где $t_{p.з}$ – расчетная температура воздуха в рабочей зоне, °С;

K – коэффициент нарастания температуры воздуха по высоте помещения, $K = 0,2 \dots 1,5$ °С/м;

H – высота помещения, м.

Воздухообмен по нормируемой кратности воздухообмена, L_k , м³/ч, определяется по формуле:

$$L_k = V_p n, \quad (62)$$

где V_p – объем помещения, м³, для помещений высотой 6 м и более следует принимать:

$$V_p = 6A, \quad (63)$$

где A – площадь помещения, м²;

n – нормативная кратность воздухообмена, ч⁻¹, (значения n приводятся в справочниках и технической литературе).

Если нормативная кратность воздухообмена равна, например, +2 и -3, то это значит, что в это помещение на 1 ч подается двухкратно и удаляется из него трехкратное к объему помещения количество воздуха.

Для жилых комнат квартир воздухообмен, L , м³/ч, определяется по формуле:

$$L = AK, \quad (64)$$

где A – площадь помещения, м²;

K – нормируемый расход приточного воздуха на 1 м² помещения.

Количество удаляемого из помещения жилой комнаты воздуха принимается равным 3 м³/(ч · м²) из расчета разбавления выделяемой человеком углекислоты по ПДК.

В любом случае количество вентиляционного воздуха должно быть не меньше, чем требуется по санитарно-гигиеническим нормам, $L_{с.н.}$, м³/ч:

$$L_{с.н.} = Nm, \quad (65)$$

где N – число людей (посетителей), рабочих мест, чел.;

m – нормируемый удельный расход приточного воздуха на одного человека, м³/ч, на одно рабочее место, на одного посетителя.

3.10. Основные принципы организации воздухообмена

В зданиях и сооружениях, оборудованных механическими системами вентиляции, в холодный период года следует, как правило, обеспечивать баланс между расходом приточного и вытяжного воздуха.

В общественных и административно-бытовых зданиях допускается подавать часть приточного воздуха (в объеме не более 50 % требуемого воздухообмена) в коридоры или смежные помещения. При выборе схем подачи и удаления воздуха в помещении следует руководствоваться следующими основными принципами:

- подача приточного воздуха (общеобменный приток) должна предусматриваться в зону дыхания, приточные струи не должны проходить через загрязненные зоны помещения;

- удаление воздуха целесообразно осуществлять непосредственно от мест образования вредных выделений (бортовые отсосы, зонты, кожухи и другие укрытия систем местной вытяжной вентиляции), тем самым предотвращая распространение вредных веществ по помещению;

- общеобменная вытяжка устраивается из зон помещения с наибольшим загрязнением воздуха;

- соотношение между потоками подаваемого и удаляемого из помещения воздуха выбирают таким, чтобы обеспечить направление и достаточный расход воздуха, протекающего из «чистых» помещений в «загрязненные» смежные помещения.

В помещениях категорий А и Б, а также для производственных помещений, в которых выделяются вредные вещества или резко выраженные неприятные запахи, предусматривается отрицательный дисбаланс.

Для «чистых» помещений и помещений с кондиционированием предусматривается, как правило, положительный дисбаланс, если в них отсутствует выделение вредных веществ. Расход воздуха для обеспечения дисбаланса в помещениях принимается:

- при отсутствии тамбур-шлюза – не менее 100 м³/ч на каждую дверь защищаемого помещения;
- при наличии тамбур-шлюза – равным расходу воздуха, подаваемому в тамбур-шлюз.

В большинстве помещений гражданских зданий для общеобменной вентиляции приточные и вытяжные устройства рекомендуется размещать в верхней зоне помещения.

В помещениях общественного назначения с избытками теплоты высотой более 3 м возможно применение вытесняющей вентиляции (подача приточного охлажденного воздуха с пола через специальные воздухораспределители в обслуживаемую зону и удаление воздуха из верхней зоны помещения).

В помещениях со значительными влаговыведениями целесообразно часть приточного воздуха подавать в зоны возможной конденсации влаги на ограждающих конструкциях здания. В теплый период года предпочтительней подавать приточный свежий воздух в обслуживаемую зону.

В производственные помещения приточный воздух следует подавать в рабочую зону:

- горизонтальными струями, выпускаемыми из воздухораспределителей в пределах или выше рабочей зоны;
- наклонными (вниз) струями, выпускаемыми на высоте 3 м и более от пола;
- вертикальными струями, выпускаемыми на высоте 4 м и более от пола.

При незначительных избытках теплоты приточный воздух допускается подавать в верхнюю зону. В помещениях с выделением пыли приточный воздух следует, как правило, подавать струями, направленными сверху вниз из воздухораспределителей, расположенных в верхней зоне.

Приемные отверстия для удаления воздуха системами общеобменной вытяжной вентиляции из верхней зоны размещаются под потоком или покрытием для удаления избытков теплоты, влаги и вредных газов.

Расположение воздухоприемных отверстий вытяжной общеобменной вентиляции в зависимости от молекулярной массы вредных веществ и удельных теплоизбытков принимается по табл. 3.3.

Для воздухораспределения в помещениях в последние годы применяются воздухораспределители регулируемые и нерегулируемые; круглой, квадратной и прямоугольной форм; металлические и пластмассовые; разработанные как отечественными, так и зарубежными фирмами.

Разнообразие форм воздухораспределителей позволяет подобрать внешний вид устройств так, чтобы он хорошо сочетался с интерьером помещения.

Как правило, это устройства небольшой воздухопроизводительности, предназначенные для размещения на потолке, создающие веерные или конические струи дисковыми и многодиффузорными плафонами, а также с закруткой потока приточного воздуха; щелевые воздухораспределители, вентиляционные решетки с подвижными жалюзи и перфорированные панели круглого и прямоугольного сечения, предназначенные для потолочной, настенной и напольной установки, в том числе и в нижней части по периметру помещения, чтобы рабочее место оказалось «заполненным» значительными объемами приточного воздуха без активного перемешивания с окружающим воздухом.

Таблица 3.3

Рекомендуемые зоны удаления загрязненного воздуха

Характеристика выделений	Зона удаления, %	Побуждение
Легкие газы (кроме аммиака) со значительными избытками теплоты и водород	Верхняя 100	Естественное или механическое
Тяжелые газы с незначительными избытками теплоты	Нижняя 60...80 Верхняя 40...20	Механическое или естественное
Легкие газы с незначительными и тяжелые газы со значительными избытками теплоты и аммиак	Нижняя 40 Верхняя 60	Механическое
Пыль	Нижняя 100	Механическое

3.11. Проектирование воздуховодов

Воздуховоды и каналы следует проектировать в соответствии с требованиями [5]. Для зданий, отнесенных по пожарной опасности к категориям А, Б, В, необходимо учитывать требования соответствующих нормативных документов. В зависимости от характеристики транспортируемой среды в [5] приведены материалы, из которых рекомендуется изготавливать воздуховоды.

Круглые воздуховоды применяют, прежде всего, в производственных зданиях. Для административно-бытовых и общественных зданий по конструктивным, архитектурным и эстетическим соображениям целесообразно применять воздуховоды прямоугольного сечения, так как они занимают меньше места и лучше вписываются в ограниченные пространства помещений.

В жилых и общественных зданиях вертикальные каналы можно устраивать во внутренних стенах, в виде приставных каналов у внутренних стен и перегородок. Не рекомендуется устройство каналов в толще стен помещений, имеющих повышенную влажность воздуха, не разрешается размещение каналов в наружных стенах во избежание конденсации водяных паров.

Минимальное сечение вентиляционных каналов, устраиваемых во внутренних кирпичных стенах, должно составлять полкирпича на полкирпича (140 x 140 мм), толщина стенок каналов и толщина простенков между одноименными каналами – не менее размера полкирпича (140 мм), а толщина простенком между разноименными каналами – не менее размера кирпича (250 мм). Каналы во внутренних стенах разрешается устраивать на расстоянии не менее 380 мм от дверных проемов и стыков стен.

Приставные или подпольные вентиляционные каналы выполняются из кирпича, шлакогипсовых, шлакобетонных, железобетонных, пеноглинистых, пеностеклянных плит толщиной 35 мм, а во влажных помещениях – толщиной 40 мм. Приставные каналы располагают у внутренних стен, перегородок, а при необходимости у наружных стен. В последнем случае между стеной и каналом устраивают воздушную прослойку толщиной не менее 50 мм или утепление.

Внутреннюю поверхность подпольных каналов при необходимости покрывают противокоррозийным покрытием. При прокладке в каналах стальных воздухопроводов последние перекрываются съемными плитами.

На рис. 3.14 приведены конструкции вентиляционных каналов.

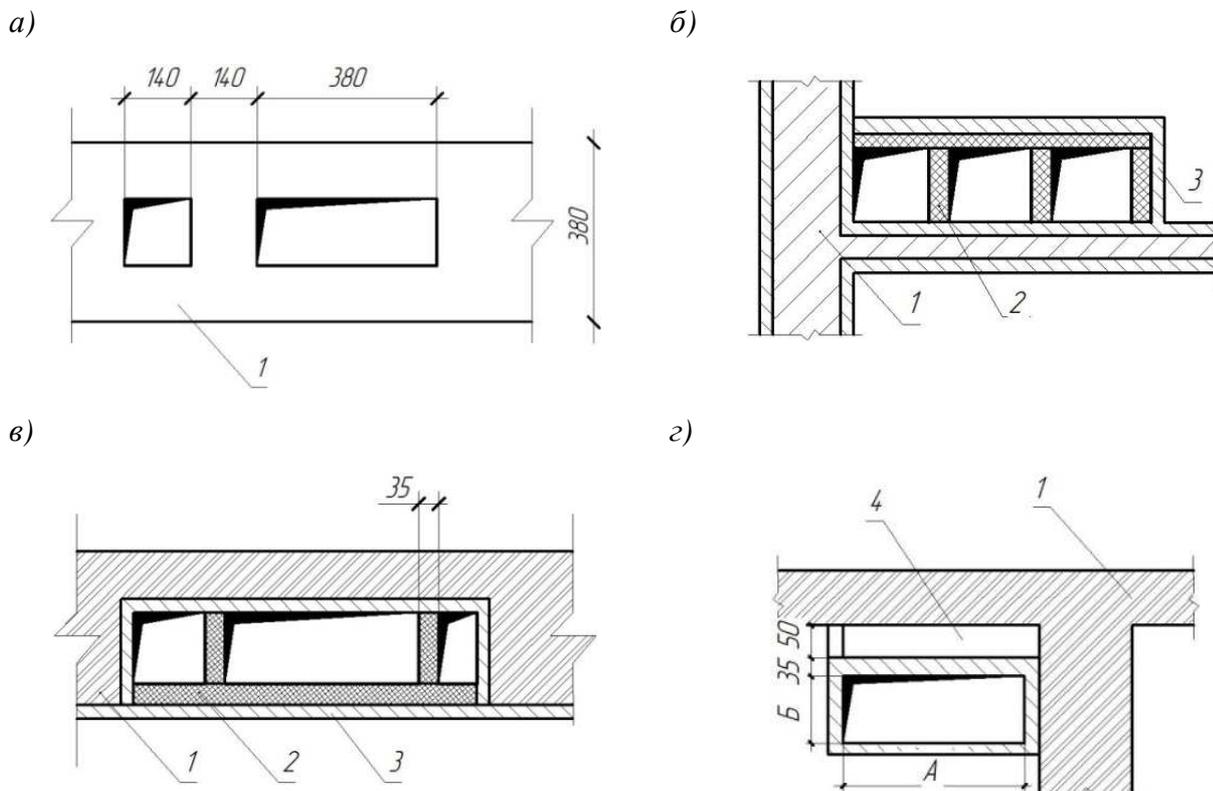


Рис. 3.14. Варианты исполнения вентиляционных каналов: *а* – в кирпичной стене; *б* – приставные (пристенные) вертикальные каналы; *в* – в борозде стены, закрытые плитой; *з* – канал приставной у наружной стены; *1* – кирпичная стена; *2* – шлакогипсовая плита; *3* – штукатурка; *4* – герметичная воздушная прослойка (или слой утеплителя).

В промышленных зданиях применяют стальные воздухопроводы круглого и прямоугольного сечения из унифицированных деталей вентиляционных сетей.

Для систем аспирации и пневмотранспорта кроме указанных в [7] используются следующие воздухопроводы:

- круглые диаметром: 80, 110, 140, 180, 225, 280 мм;
- прямоугольные с размерами поперечного сечения: 80 х 100, 100 х 160, 100 х 200, 160 х 160, 160 х 200, 200 х 200, 200 х 250, 200 х 400 мм.

Толщину листовой стали для воздухопроводов круглого сечения диаметром 200, 250...450, 500...800, 900...1250, 1400...1600, 1800...2000 мм рекомендуется применять соответственно: 0,5; 0,6; 0,7; 1,0; 1,2; 1,5 мм.

Для воздуховодов прямоугольного сечения в зависимости от размеров большей стороны (до 250, 300...1000, 1250...2000 мм) следует соответственно принимать 0,5; 0,7; 0,9 мм, для больших типоразмеров 1,4 мм.

3.11.1. Классификация воздуховодов по плотности

В соответствии с [5] для транзитных участков систем общеобменной вентиляции и воздушного отопления при статическом давлении у вентилятора более 1400 Па и не зависимо от давления для транзитных участков систем местных отсосов и кондиционирования, а также систем, обслуживающих помещения категорий А и Б, следует применять воздуховоды класса П (плотные).

Кроме перечисленных случаев воздуховоды класса П должны проектироваться для участков вытяжных (ненапорных) воздуховодов, расположенных во встроенно-пристроенных помещениях и прокладываемых в лестнично-лифтовых холлах жилой части зданий, когда по этим воздуховодам транспортируется воздух с примесями вредных или пахучих веществ. В остальных случаях проектируются воздуховоды класса Н (нормальные).

Потери и подсосы воздуха через неплотности воздуховодов (P , м³/ч на 1 м² площади воздуховода) не должны превышать величин, приведенных в табл. 3.4.

Условия прокладки и предел огнестойкости транзитных воздуховодов и коллекторов приведены в нормативных документах, где также указывается, что на поэтажных сборных воздуховодах в местах присоединения их к вертикальному или горизонтальному коллектору для жилых, общественных и административно-бытовых помещений предусматриваются противопожарные клапаны.

Противопожарные нормально открытые клапаны допускается устраивать на воздуховода, обслуживающих помещения, склады категорий А, Б, В1, В2 или В3 и кладовые горючих материалов.

Транзитные воздуховоды, прокладываемые через чердак и подполье, проектируются с пределом огнестойкости EI30. Места прохода транзитных воздуховодов через стены, перегородки и перекрытия зданий уплотняются негорючими материалами.

Таблица 3.4

Удельные потери или подсосы воздуха в воздуховодах, м³/ч, на 1 м² площади воздуховода

Класс воздуховода	Избыточное статическое давление в воздуховоде на расстоянии до 1 м от вентилятора, кПа														
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
Н	3,6	5,8	7,6	9,2	10,7	12,1	13,4	-	-	-	-	-	-	-	-
П	1,2	1,9	2,5	3,0	3,5	4,0	4,4	4,9	5,3	5,7	6,6	7,5	8,2	9,1	9,9

Транзитные воздуховоды, прокладываемые через чердак и подполье, проектируются с пределом огнестойкости EI30. Места прохода транзитных воздуховодов через стены, перегородки и перекрытия зданий уплотняются негорючими материалами.

3.11.2. Классификация воздуховодов по скорости потока воздуха и рабочему давлению

По *скорости потока* воздуха системы сети воздушных коммуникаций подразделяются на низкоскоростные (менее 13 м/с) и высокоскоростные (более 13 м/с, но менее 25 м/с); по *рабочему давлению* – на низкого давления до 1000 Па, среднего – 1000...3000 Па и высокого – 3000...12000. Допустимые скорости движения воздуха в воздуховодах, жалюзийных решетках приточных и вытяжных систем общего назначения приведены в табл. 3.5.

3.11.3. Классификация воздуховодов по материалам и конструктивному исполнению

В системах вентиляции и кондиционирования воздуха, как правило, применяют металлические воздуховоды круглого или прямоугольного сечения из листовой оцинкованной или нержавеющей стали или черной стали с грунтовкой и окраской таких воздуховодов.

Из всех конструкций круглых воздуховодов наибольшее распространение получили прямошовные и спирально-навивные воздуховоды.

Таблица 3.5

Допускаемые скорости движения воздуха в воздуховодах, жалюзийных решетках приточных и вытяжных систем общего назначения

Элемент системы	Скорость движения воздуха, м/с
<i>Естественное движение воздуха</i>	
Воздуховоды горизонтальные приточные, вытяжные	Не более 1,5
Жалюзийные решетки:	
приточные у пола	0,2...0,5
приточные у потолка	0,5...1,0
вытяжные	0,5...1,0
<i>Механическое побуждение</i>	
Воздуховоды в производственных зданиях:	
магистральные	До 12
ответвления	До 6
Воздуховоды в общественных и вспомогательных зданиях:	
магистральные	До 8
ответвления	До 5

Из всех конструкций круглых воздуховодов наибольшее распространение получили прямошовные и спирально-навивные воздуховоды.

Спирально-замковые воздуховоды изготавливают из стальной холоднокатаной черной или оцинкованной ленты толщиной 0,5...1 мм, шириной от 125 до 135 мм. Преимущества воздуховодов этой конструкции: повышенная жесткость по сравнению с прямошовными; неограниченная длина, что очень важно при монтаже протяженных систем с большими объемами транспортируемого воздуха; высокая плотность шва и хороший внешний вид. Недостаток в том, что 12...15 % металла расходуется на формирование фальцевого шва.

Спирально-сварные воздуховоды изготавливают из стальной горячекатаной ленты шириной от 400 до 750 мм, толщиной от 1,4 до 2,2 мм. Стык круглого воздуховода сваривают нахлесточным швом. Преимущества таких воздуховодов заключаются в использовании недефицитной стальной ленты; в меньшем расходе металла на образование сварного шва по сравнению с прямошовными и спирально-замковыми воздуховодами. Недостаток – невозможность изготовления воздуховодов из металла толщиной менее 0,8 мм.

При фланцевом соединении воздухопроводов между металлическими фланцами прокладывают уплотнительный материал (резину, асбестовый шнур, картон и прочее) и затем соединяют и крепят болтами.

Из бесфланцевых соединений наибольшее распространение получили соединения на бандажах.

Для удобства и ускорения монтажа воздухопроводов применяются фланцы с «европрофилем», обеспечивающим высокую плотность соединения.

Соединения воздухопроводов и фасонных деталей к ним на сварке используют редко, так как это сложно, трудоемко, а неразъемные соединения затрудняют проведение профилактических работ.

Металлопластиковые воздухопроводы. Металлопластиковые воздухопроводы изготавливают из листовых панелей, представляющих собой жесткий вспененный пластик толщиной 20 мм, плотностью от 46 до 48 кг/м³, проложенный между двумя слоями термообработанного гофрированного алюминия толщиной 80 мм.

Гибкие воздухопроводы. Гибкие гофрированные воздухопроводы изготавливают из многослойной ламинированной алюминиевой фольги и полиэфирной пленки. Такие воздухопроводы можно многократно изгибать благодаря заключенному в них спиральному проволочному стальному каркасу.

При фланцевом соединении воздухопроводов между металлическими фланцами прокладывают уплотнительный материал (резину, асбестовый шнур, картон и прочее) и затем соединяют и крепят болтами.

Из бесфланцевых соединений наибольшее распространение получили соединения на бандажах.

Неметаллические воздухопроводы. Неметаллические воздухопроводы изготавливают из синтетических материалов (полиэтилен, стеклопластик, винипласт, стеклоткань и др.), воздухопроводы из полиэтиленовой пленки изготавливают сваркой двух полос и применяют в системах приточной вентиляции для подачи воздуха в помещение. При включении вентилятора рукав наполняется воздухом и принимает форму круглого воздухопровода.

Воздуховоды из стеклоткани выполняются на металлическом каркасе и применяются в качестве гибких вставок для подсоединения вентилятора к воздуховоду, а также воздухораспределителей к магистралям. Основное достоинство – возможность их изгиба под любым углом и в любой плоскости.

Огнестойкие воздуховоды. В соответствии с требованиями [5] воздуховоды вентиляционных систем из негорючих материалов проектируются:

- для транзитных участков или коллекторов систем кондиционирования воздуха и воздушного отопления;
- для прокладки в пределах помещений вентиляционного оборудования, а также в технических этажах, чердаках и подвалах;
- для помещений и кладовых категорий А, Б и В.

3.12. Принципы аэродинамического расчета вентиляционных систем

Аэродинамический расчет воздуховодов обычно сводится к определению размеров их поперечного сечения, а также потерь давления на отдельных участках и в системе в целом. Можно определить расходы воздуха при данных размерах воздуховодов и известном перепаде давления в системе.

При движении воздуха по воздуховоду в любом поперечном сечении потока различают три вида давления: статическое, динамическое и полное.

Статическое давление, $P_{ст}$, определяет потенциальную энергию 1 м³ воздуха в рассматриваемом сечении ($P_{ст}$ равно давлению на стенки воздуховода).

Динамическое давление, $P_{д}$, – это кинетическая энергия потока, отнесенная к 1 м³ воздуха, определяют по формуле:

$$P_{д} = \frac{\rho v^2}{2}, \quad (66)$$

где ρ – плотность воздуха, кг/м³;

v – скорость движения воздуха в сечении, м/с.

Полное давление, $P_{п}$, равно сумме статического и динамического давлений и определяется по зависимости:

$$P_{\text{п}} = P_{\text{ст}} + P_{\text{д}}, \quad (67)$$

Потери давления (полные) в системе вентиляции складываются из потерь на трение и потерь в местных сопротивлениях.

Потери давления на трение, $\Delta P_{\text{тр}}$, Па, определяется по формуле Дарси:

$$\Delta P_{\text{тр}} = \lambda_{\text{тр}} \frac{1}{d} \frac{\rho v^2}{2}, \quad (68)$$

где $\lambda_{\text{тр}}$ – коэффициент сопротивления трению.

При инженерных расчетах потери давления на трение $\Delta P_{\text{тр}}$, Па, в воздуховоде длиной l , м, определяются по формуле:

$$\Delta P_{\text{тр}} = Rl, \quad (69)$$

где R – потери давления на 1 м длины воздуховода, Па/м.

Для определения R составлены таблицы и номограммы. Номограммы построены для условий: форма сечения воздуховода – круг диаметром d , давление воздуха 98 кПа, температура 20 °С, шероховатость, r , равная 0,1 мм.

Для расчета воздухопроводов и каналов прямоугольного сечения пользуются таблицами и номограммами для круглых воздухопроводов, находя при этом эквивалентный диаметр прямоугольного воздуховода, при котором потери давления на трение в круглом и прямоугольном воздуховодах равны. В практике проектирования получил наибольшее распространение эквивалентный диаметр, d_v , м, определяемый при равенстве скоростей v и $v_{\text{пр}}$ по формуле:

$$d_v = \frac{2ab}{(a+b)}. \quad (70)$$

При расчете воздухопроводов с шероховатостью стенок, отличающейся от предусмотренной в номограммах, дают поправку $\beta_{\text{ш}}$ к табличному значению удельных потерь давления потерь на трение, $R_{\text{ш}}$, Па/м:

$$R_{\text{ш}} = R\beta_{\text{ш}}. \quad (71)$$

Потери давления в местном сопротивлении, $\Delta P_{\text{м.с.}}$, Па, определяется по формуле:

$$\Delta P_{\text{м.с.}} = \xi \frac{\rho v^2}{2}, \quad (72)$$

где ξ – коэффициент местного сопротивления.

Коэффициент ξ относится к наибольшей скорости в суженном сечении участка или скорости в сечении участка с меньшим расходом.

Потери давления в местных сопротивлениях участка Z , Па, рассчитываются по формуле:

$$Z = \sum \xi P_d, \quad (73)$$

где $\sum \xi$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений на участке.

Общие потери давления на участке воздуховода, $\Delta P_{\text{уч}}$, Па, длиной l , м, при наличии местных сопротивлений определяется по формуле:

$$\Delta P_{\text{уч}} = R\beta_{\text{ш}} l + Z, \quad (74)$$

где $R\beta_{\text{ш}}$ – потери давления на 1 м длины воздуховода;

Z – потери давления в местных сопротивлениях участка.

Расчетное гравитационное давление, ΔP , Па, в системах естественной вентиляции определяют по формуле:

$$\Delta P = gh(\rho_n - \rho_v), \quad (75)$$

где h – вертикальное расстояние от центра вытяжной решетки на входе воздуха в расчетное ответвление до устья вытяжной шахты, м;

ρ_n, ρ_v – плотность наружного и внутреннего воздуха, кг/м³.

Расчетное давление в системах механической вентиляции, $\Delta P_{\text{мех}}$, Па, определяют по формуле:

$$\Delta P_{\text{мех}} = 1,1 \sum (R\beta_{\text{ш}} l + Z) + P_{\text{об}}, \quad (76)$$

где $\sum (R\beta_{\text{ш}} l + Z)$ – потери давления на трение и в местных сопротивлениях в наиболее протяженной ветви воздуховодов, Па;

$\Delta P_{\text{об}}$ – потери давления в оборудовании, Па.

При расчете сети воздуховодов должен быть обеспечен запас давления в пределах 5...10 % на непредвиденные сопротивления.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО РАЗДЕЛУ 3

1. Дайте определение понятию вентиляция воздуха?
2. Перечислите классификацию систем вентиляции.
3. Что такое ПДК?
4. Какие условия обеспечивает вентиляция?
5. Назовите основные элементы приточной системы вентиляции.
6. Назовите основные элементы вытяжной системы вентиляции.
7. Как организовать воздухообмен в помещениях жилых зданий?
8. Что такое аэрация?
9. Какую задачу выполняет общеобменная вентиляция?
10. Какую задачу выполняет местная вентиляция?
11. Какие устройства в системе вентиляции применяют для устранения вибрации от оборудования?
12. Для чего выполняется аэродинамический расчет систем вентиляции?
13. Для чего в системах вентиляции устанавливают шумоглушитель, из чего он состоит?
14. Как осуществляется нагрев воздуха в приточных системах вентиляции?

4. СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

4.1. Назначение и классификация систем кондиционирования воздуха

Кондиционирование воздуха – это создание и автоматическое поддержание (регулирование) в закрытых помещениях всех или отдельных его параметров (температуры, влажности, чистоты, скорости движения воздуха) на определенном уровне в целях обеспечения заданных метеорологических условий, наиболее благоприятных для самочувствия людей или ведения технологического процесса.

Кондиционирование воздуха осуществляется комплексом технических средств, называемым системой кондиционирования воздуха. В состав системы кондиционирования воздуха входят технические средства забора воздуха, подготовки, т. е. придания необходимых кондиций (фильтры, теплообменники, увлажнители или осушители воздуха), перемещения (вентиляторы) и его распределения, а также средства хладо- и теплоснабжения, автоматики, дистанционного управления и контроля (рис. 4.1). Системы кондиционирования воздуха больших общественных, административных и производственных зданий обслуживаются, как правило, комплексными автоматизированными системами управления.

Автоматизированная система кондиционирования поддерживает заданное состояние воздуха в помещении независимо от колебаний параметров окружающей среды (атмосферных условий).

Основное оборудование системы кондиционирования для подготовки и перемещения воздуха агрегируется в аппарат, называемый кондиционером. Во многих случаях все технические средства для кондиционирования воздуха скомпонованы в одном блоке или в двух блоках и тогда понятия «система кондиционирования воздуха» и «кондиционер» однозначны.

Системы кондиционирования воздуха классифицируются по следующим признакам:

- по основному назначению – комфортные и технологические;
- принципу расположения кондиционера по отношению к обслуживаемому помещению – центральные и местные;
- наличию собственного источника теплоты и холода – автономные и неавтономные;
- принципу действия – прямоточные, рециркуляционные и комбинированные;
- способу регулирования выходных параметров кондиционированного воздуха – с качественным и количественным регулированием;
- степени обеспечения метеорологических условий в обслуживаемом помещении – первого, второго и третьего класса;
- количеству обслуживаемых помещений – однозональные и многозональные;
- по давлению, развиваемому вентиляторами кондиционеров – низкого, среднего и высокого давления.

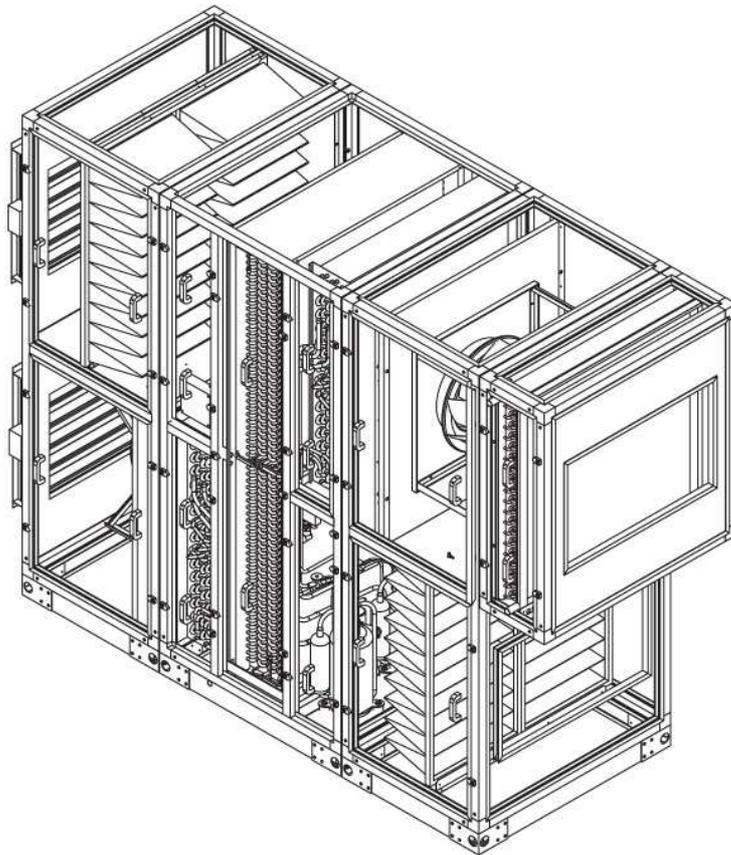


Рис. 4.1. Внутреннее устройство центральной установки кондиционирования воздуха

Помимо приведенной классификации существуют разнообразные системы кондиционирования воздуха, обслуживающие специальные технологические процессы, включая системы с изменяющимися во времени метеорологическими параметрами.

Комфортные системы кондиционирования воздуха предназначены для создания и автоматического поддержания температуры, относительной влажности, чистоты и скорости движения воздуха, отвечающих оптимальным санитарно-гигиеническим требованиям для жилых, общественных и административно-бытовых зданий или помещений.

Технологические системы кондиционирования воздуха предназначены для обеспечения параметров воздуха, в максимальной степени отвечающих требованиям производства. Технологическое кондиционирование в помещениях, где находятся люди, осуществляется с учетом санитарно-технических требований к состоянию воздушной среды.

Центральные системы кондиционирования воздуха снабжаются извне холодом (доставляемым холодной водой или хладагентом), теплотой (доставляемым горячей водой, паром или электричеством) и электрической энергией для привода электродвигателей вентиляторов, насосов и пр.

Центральные системы кондиционирования воздуха расположены вне обслуживаемых помещений, нескольких зон такого помещения или многих отдельных помещений. Иногда несколько центральных кондиционеров обслуживают одно помещение больших размеров (производственное помещение, театральный зал, закрытый стадион, каток и т. п.). Центральные системы кондиционирования воздуха оборудуются центральными неавтономными кондиционерами, которые изготавливаются по базовым (типовым) схемам компоновки оборудования и их модификациям.

Центральные системы кондиционирования воздуха обладают следующими преимуществами:

- возможность эффективного поддержания заданной температуры и относительной влажности воздуха в помещениях;

- сосредоточение оборудования, требующего систематического обслуживания и ремонта, как правило, в одном месте (подсобном помещении, техническом этаже);

- возможность обеспечения эффективного шумо- и виброгашения.

Несмотря на ряд достоинств центральных систем кондиционирования воздуха надо отметить, что крупные габариты и проведение сложных монтажно-строительных работ по установке кондиционеров, прокладке воздухопроводов и трубопроводов нередко приводят к невозможности применения этих систем в существующих реконструируемых зданий.

Местные системы кондиционирования воздуха разрабатывают на базе автономных и неавтономных кондиционеров, которые устанавливаются непосредственно в обслуживаемых помещениях. Достоинством местных систем кондиционирования воздуха является простота установки и монтажа. Такая система может применяться в большом ряде случаев:

- в существующих жилых и административных зданиях для поддержания теплового микроклимата в отдельных офисных помещениях или в жилых комнатах;

- вновь строящихся зданиях для отдельных комнат, режим потребления холода в которых резко отличается от такого режима в большинстве других помещений, например в серверных и других насыщенных тепловыделяющей техникой комнатах административных зданий. Подача свежего воздуха и удаление вытяжного воздуха при этом выполняется, как правило, центральными системами приточно-вытяжной вентиляции;

- вновь строящихся зданиях, если поддержание оптимальных тепловых условий требуется в небольшом числе помещений, например в ограниченном числе номеров «люкс» небольшой гостиницы;

- больших помещениях как существуют, так и вновь строящихся зданий (кафе, ресторанах, магазинах, проектных залах, аудиториях и т. п.).

Автономные системы кондиционирования воздуха снабжаются извне только электрической энергией. Такие кондиционеры имеют встроенные ком-

прессионные холодильные машины. Автономные системы охлаждают и осушают воздух, для чего вентилятор продувает рециркуляционный воздух через поверхностные воздухоохладители, которыми являются испарители холодильных машин. В переходный и холодный период года они могут производить подогрев воздуха с помощью электрических подогревателей или путем реверсирования работы холодильной машины по циклу так называемого теплового насоса.

Неавтономные системы кондиционирования воздуха подразделяются на следующие:

- воздушные, при использовании которых в обслуживаемое помещение подается только воздух, например мини-центральные кондиционеры, центральные кондиционеры;

- водовоздушные, при использовании которых в кондиционируемые помещения подводятся воздух и вода, несущие теплоту или холод, либо то и другое вместе, например система «чиллер-фэнкойл», центральные кондиционеры с местными доводчиками и т. п.

Однозональные центральные системы кондиционирования воздуха применяются для обслуживания больших помещений с относительно равномерным распределением теплоты, влаговыделений, например больших залов кинотеатров, аудиторий и т. п. Такие системы кондиционирования воздуха, как правило, комплектуются устройствами для утилизации теплоты (теплоутилизаторами) или смесительными камерами для использования в обслуживаемых помещениях рециркуляции воздуха.

Многозональные центральные системы кондиционирования воздуха применяются для обслуживания больших помещений, в которых оборудование размещено неравномерно, а также для обслуживания ряда сравнительно небольших помещений.

Прямоточные системы кондиционирования воздуха полностью работают на наружном воздухе, который обрабатывается в кондиционере, а затем подается в помещение.

Рециркуляционные системы кондиционирования воздуха, работают без притока или с частичной подачей (до 40 %) наружного воздуха или на рециркуляционном воздухе (от 60 до 100 %), который набирается из помещения и после его обработки в кондиционере вновь подается в это же помещение.

Классификация систем кондиционирования воздуха по принципу действия на проточные и рециркуляционные обуславливается главным образом, требованиями к комфортности, условиями технологического процесса производства либо технико-экономическими соображениями.

Центральные системы кондиционирования воздуха с *качественным регулированием* метеорологических параметров представляют собой широкий ряд наиболее распространенных, так называемых одноканальных систем, в которых весь обработанный воздух при заданных кондициях выходит из кондиционера по одному каналу и поступает далее в одно или несколько помещений. При этом регулирующей сигнал от терморегулятора, установленного в обслуживаемом помещении, поступает непосредственно на центральный кондиционер.

Системы кондиционирования воздуха с *количественным регулированием* подают в одно или несколько помещений холодный и подогретый воздух по двум параллельным каналам. Температура в каждом помещении регулируется комнатным терморегулятором, воздействующим на местные смесители (воздушные клапаны), которые изменяют соотношение расходов холодного и подогретого воздуха в подаваемой смеси. Двухканальные системы используются очень редко из-за сложности регулирования, хотя и обладают некоторыми преимуществами, в частности отсутствием в обслуживаемых помещениях теплообменников, трубопроводов тепло-холодоносителя; возможностью совместной работы с системой отопления, что особенно важно для существующих зданий, системы отопления которых при устройстве двухканальных систем могут быть сохранены. Недостатком таких систем являются повышенные затраты на тепловую изоляцию параллельных воздухопроводов, подводимых к каждому обслуживаемому помещению. Двухканальные системы, так же как и одноканальные, могут быть проточными и рециркуляционными.

Кондиционирование воздуха, по степени обеспечения метеорологических условий подразделяется на три класса:

- первый класс – обеспечение требуемых для технологического процесса параметров в соответствии с нормативными документами;

- второй класс – обеспечение оптимальных санитарно-гигиенических норм или требуемых технологических норм;

- третий класс – обеспечение допустимых норм, если они не могут быть обеспечены вентиляцией в теплый период года без применения искусственного охлаждения воздуха.

Основные санитарно-гигиенические требования к системам кондиционирования воздуха регламентируются ГОСТ [1], а также строительными нормами и правилами на высшие учебные заведения, предприятия общественного питания, санатории, больницы и поликлиники, гостиницы, магазины, спортивные сооружения, театры, кинотеатры, здания административных учреждений, проектных организаций, архивов, вспомогательные здания и помещения промышленных предприятий, животноводческие и птицеводческие здания и сооружения, здания и сооружения для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, теплицы и парники. Кроме того, указания по проектированию систем кондиционирования духа приведены в строительных нормах на производственные здания с герметизированным помещениями (для точных производств), здания и сооружения легкой промышленности, здания пищевой, мясной, рыбной и молочной промышленности и холодильников. Во всех случаях оборудование и каналы системы кондиционирования воздуха должны занимать возможно меньшую площадь как в обслуживаемых, так и во вспомогательных помещениях. Внешние формы и отделка оборудования, располагаемого в кондиционируемых помещениях, должны соответствовать архитектурному облику последних.

В проектах необходимо предусматривать возможность ввода систем кондиционирования воздуха в эксплуатацию по частям здания и этажам, а иногда и по отдельным помещениям.

Помимо этого, необходимо предусматривать:

- возможность быстрого переключения систем с режима обогрева на режим охлаждения в переходное время года, а также при резких переменах температуры наружного воздуха и теплопоступлений;
- взаимную блокировку кондиционеров, заключающуюся в том, чтобы при выключении одного кондиционера можно было подавать воздух из соседних кондиционеров, хотя бы и в меньшем количестве;
- обеспечение индивидуального регулирования температуры и относительной влажности воздуха в каждом отдельном помещении;
- возможность отопления одних помещений при одновременном охлаждении других помещений, обслуживаемых той же системой;
- сосредоточение оборудования, требующего систематического обслуживания, в минимальном числе мест;
- простоту и удобство обслуживания и ремонта;
- возможность частичной перепланировки помещений в процессе эксплуатации без переустройства систем кондиционирования воздуха, что имеет большое значение, например, для зданий с быстро меняющейся технологией производства.

4.2. Холодильные агенты

С помощью холодильного агента осуществляется холодильный цикл. Это возможно благодаря тому, что хладагент при одном и том же давлении может изменять свою температуру за счет изменения агрегатного состояния.

Испаряясь в испарителе, хладагент отбирает теплоту из охлаждаемого объема, затем после сжатия компрессором и перехода в жидкое состояние отдает теплоту окружающей среде.

Для создания эффективного холодильного цикла хладагент должен обладать следующими термодинамическими свойствами:

- иметь высокую удельную энтальпию, так как холодопроизводительность холодильной машины прямо пропорциональна энтальпии;

- при атмосферном давлении иметь температуру кипения, обеспечивающую требуемую температуру в охлаждаемом объеме;

- иметь высокую теплопроводность, небольшую плотность и вязкость. В этом случае гидравлические потери на трение, местные сопротивления и затраты энергии на циркуляцию хладагента в холодильном контуре будут малы;

- хорошо растворяться в масле, обеспечивая смазку компрессора и возврат масла из холодильного контура;

- не быть электропроводным;

- быть экологически чистым;

- для получения высоких значений холодильного коэффициента необходимо, чтобы потребляемая мощность компрессора была как можно меньше, а это значит, что давление конденсации должно быть как можно ниже;

- эксплуатационные расходы должны быть небольшими. Это зависит от следующих параметров хладагента: термохимической стабильности, технологичности эксплуатации, степени горючести и взрывоопасности, стоимости.

В системах кондиционирования воздуха применяются хладагенты (рис. 4.2):

- хладагент *R123* – в холодильных машинах с температурой кипения до -20 °С, промышленных кондиционерах, турбокомпрессорах средних и больших мощностей, а также для промывки холодильных машин;

- хладагент *R134A* – для получения средних температур в бытовых холодильниках, торговом холодильном оборудовании;

- хладагент *R404A* – в низкотемпературных холодильных установках;

- хладагент *R410A* и *R407* – в холодильных установках, кондиционерах, тепловых насосах;

В промышленных установках применяются хладагенты:

- хладагент *R717* (аммиак);

- хладагент *R744* – дешевый нетоксичный негорючий хладагент, совместимый с минеральными маслами, электроизоляционными и конструкционными материалами;
- хладагент *R728* (азот) – в низкотемпературных, двухкаскадных холодильных установках;
- хладагент *R290* (пропан) – с низкой стоимостью, совместим с минеральными маслами, электроизоляционными и конструктивными материалами.



Рис. 4.2. Различные типы хладагентов, используемых в системах кондиционирования воздуха и холодоснабжении

4.3. Климатическое оборудование систем кондиционирования воздуха

База климатического оборудования включает в себя следующее:

- компрессоры холодильных машин – поршневые, роторные, спиральные, винтовые;
- теплообменные аппараты систем кондиционирования воздуха – пластинчатые рекуперативные, рекуперативные, регенеративные теплообменники;
- распределители жидкого хладагента – регуляторы подачи жидкого хладагента, капиллярное расширительное устройство, терморегулирующий вентиль, электронный регулирующий вентиль;
- электродвигатели – синхронные электрические машины, коллекторные электрические машины, однофазные асинхронные электродвигатели с пусковой обмоткой, конденсаторные электродвигатели;
- четырехходовой клапан обращения цикла;

- вспомогательные элементы холодильного контура – жидкостный ресивер, докипатель жидкого хладагента, глушитель, маслоотделитель, обратные клапаны, фильтры-осушители, смотровые стекла.

4.3.1. Компрессоры холодильных машин

Компрессором называется механизм, предназначенный для сжатия газов за счет механической энергии. Механическую энергию компрессор получает от привода, как правило, электрического. Компрессор вместе с электроприводом называется компрессорным агрегатом.

Компрессорные агрегаты подразделяются на две группы: объемные и динамические.

В компрессоре *объемного типа* хладагент всасывается в результате увеличения объема компрессионной камеры и сжимается в результате уменьшения этого объема, после чего нагнетается в трубопровод.

В компрессоре *динамического типа* повышение давления достигается за счет преобразования кинетической энергии потока в потенциальную энергию давления. При этом магистраль всасывания и нагнетания постоянно соединены между собой. К компрессорам динамического типа относятся лопаточные, осевые, центробежные и струйные.

В компрессорах в основном используются объемные компрессоры четырех видов: поршневые, ротационные, спиральные и винтовые.

Поршневой компрессор – компрессор объемного типа, содержащий один или несколько поршней, перемещающихся прямолинейно и возвратно-поступательно в цилиндрах.

Поршневые компрессоры подразделяются на прямоточные, у которых всасывающий и нагнетательные клапаны расположены в крышке цилиндра, и противоточные, всасывающий клапан которых установлен на дне поршня. Это компрессоры простого действия, в которых процесс осуществляется при движении поршня в обе

Центробежные компрессоры подразделяются на:

- одноступенчатые; стороны (рис. 4.3);
- многоступенчатые.

Корпус компрессора делается составным из нескольких частей с плоскостями разъема, перпендикулярными оси вала. Отдельные части центрируются между собой на посадочных поясках и соединяются с помощью шпилек или болтов (рис. 4.4).



Рис. 4.3. Многоступенчатый поршневой компрессор в разрезе

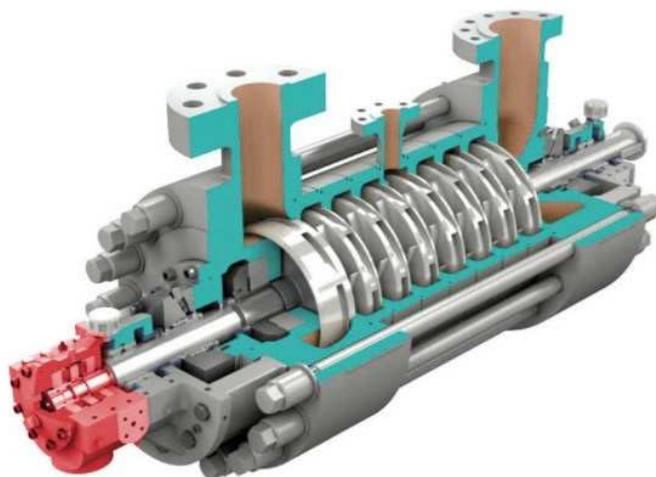


Рис. 4.4. Многоступенчатый центробежный компрессор в разрезе

Спиральные компрессоры состоят из двух спиралей, одна из которых неподвижна, а другая подвижна и совершает колебательные движения. Если спиральные элементы вставить друг в друга, то образуются ячейки, размеры кото-

рых изменяются при движении подвижной спирали. Благодаря этому происходит сжатие рабочего тела (рис. 4.5).

Спиральные компрессоры могут быть:

- с вертикально или горизонтально расположенным валом;
- с различными формами спиралей.

Основные преимущества спиральных компрессоров – высокая энергетическая эффективность, высокая надежность и долговечность, хорошая уравновешенность, малый момент на валу компрессора, небольшие скорости движения газа, низкий уровень шума, быстроходность, число оборотов от 1000 до 13000 мин⁻¹, отсутствие мертвого хода, малая доля перетечек, высокий индикаторный коэффициент полезного действия, отсутствие клапанов всасывания.



Рис. 4.5. Спиральный компрессор в разрезе

Недостатками спиральных компрессоров являются сложность конструкции и изготовления спиралей.

Спиральные компрессоры нашли применение во всех основных системах воздушного кондиционирования, включая сплит- и мультисплит-модели, в чиллерах, крышных кондиционерах и тепловых насосах.

В *винтовых компрессорах* рабочее вещество сжимается двумя винтами, на одном из которых нарезаны выпуклые, а на другом – вогнутые зубья. Роль цилиндра выполняют полости (впадины между зубьями винтов). Повышение давления газа в них достигается за счет уменьшения замкнутого объема газа

(рис. 4.6). Винтовые компрессоры быстроходные, они не имеют всасывающих и нагнетающих клапанов.

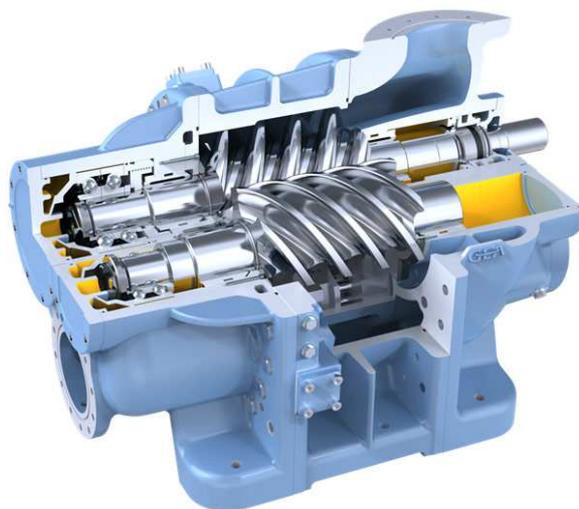


Рис. 4.6. Винтовой компрессор в разрезе

4.3.2. Теплообменные аппараты системы кондиционирования воздуха

В холодильных машинах теплообмен осуществляется теплообменными аппаратами, состоящими из теплообменников и вентиляторов. Применяются два вида теплообменников: испарители и конденсаторы.

Испаритель – теплообменник, в котором теплота передается от охлаждаемой среды к охлаждающему веществу, циркулирующему в холодильном контуре.

Охлаждающее вещество – жидкость или газ, которые могут быть в виде:

- хладагента, если необходимо получить низкие положительные или отрицательные температуры;
- рассола – для получения низких температур;
- воды (или другой незамерзающей жидкости) – для охлаждения до температур положительных, но близких к 0 °С.

Конденсатор – теплообменник, в котором обмен теплом осуществляется между хладагентом и охлаждающей средой, которая может быть жидкой или газообразной. Как правило, в конденсаторе происходят процессы охлаждения перегретого пара, конденсации и переохлаждения. Тепловая энергия, отдаваемая конденсатором, складывается из теплоты, поглощенной испарителем, и

теплоты, вырабатываемой компрессором при сжатии хладагента. Теплота, выделяемая конденсатором, больше производительности холодильной машины примерно на величину 30...35 %.

К основным техническим характеристикам теплообменных аппаратов относятся: производительность при заданном температурном напоре, Вт; площадь теплопередающей поверхности, м²; масса, кг; габаритные размеры, м; уровень шума (с учетом шума вентиляторов), дБ; надежность.

Эффективность теплообменных аппаратов оценивают с помощью следующих показателей: коэффициент теплопередачи, Вт/(м² · °С); удельная тепловая нагрузка, Вт/м²; гидравлическое сопротивление, Па; удельная материалоемкость, кг/Вт; удельный габаритный объем (отношение произведения габаритных размеров к производительности), м³/кВт.

По процессам, происходящим внутри испарителя, подразделяют испарители с перегревом и затопленные испарители.

В *испарителях с перегревом* испарение хладагента происходит таким образом, что количество жидкого хладагента, подаваемое в этот испаритель, в точности соответствует тому количеству, которое может в нем испариться. Регулировка количества хладагента в испарителе производится терморегулирующим вентилем по величине перегрева хладагента на выходе испарителя. В испарителях с перегревом в каждой трубке всасывающего коллектора или во фреоновой магистрали непосредственно на выходе испарителя необходимо устанавливать маслоподъемную петлю.

В *затопленных испарителях* всегда находится такое количество хладагента, которое необходимо, чтобы поверхность теплообмена постоянно была в контакте с жидким хладагентом.

4.4. Центральные системы кондиционирования воздуха

4.4.1. Общие сведения о центральных системах кондиционирования воздуха

Центральные системы кондиционирования воздуха с кондиционерами, расположенными вне обслуживаемых помещений, обслуживают много помещений или одно большое помещение. Иногда несколько центральных систем обслуживают одно помещение больших размеров – театральный зал, закрытый стадион или каток. Современные центральные кондиционеры выпускаются в секционном исполнении и состоят из унифицированных типовых секций, предназначенных для регулирования, смешивания, нагревания, охлаждения, очистки, осушки, увлажнения и перемещения воздуха (рис. 4.7).



Рис. 4.7. Внешний вид центрального кондиционера фирмы «Вега»

Основные классы центральных кондиционеров могут подразделяться:

- по напору встроенных вентиляторов – низкого давления (до 1000 Па), среднего давления (1000...3000 Па), высокого давления (свыше 3000 Па);
- времени работы – сезонные и круглогодичные.

Воздух из центральных кондиционеров разводится, как правило, по стальным изолированным воздуховодам, прокладываемым внутри помещений. При подземной прокладке эти воздуховоды рекомендуется укладывать в каналы.

В центральных системах кондиционирования воздуха, предназначенных для круглогодичной и круглосуточной эксплуатации при отсутствии резервного отопления помещений, следует устанавливать не менее двух кондиционеров производительностью по 50 % общей производительности системы, при этом калориферы второго и местного подогрева должны иметь производительность, достаточную для нормального отопления помещений.

Центральные системы кондиционирования воздуха, работающие с рециркуляцией, рекомендуется рассчитывать на подачу переменных объемов рециркуляционного воздуха в зависимости от параметров наружного воздуха, применяя для рециркуляции отдельный вентилятор. Размещенные в пределах одного здания системы кондиционирования воздуха следует для взаимозаменяемости объединять попарно (или по три) по приточным и рециркуляционным воздуховодам. В калориферы второго и местного подогрева следует подавать теплоноситель с постоянными параметрами. В кондиционерах большой производительности в результате процессов смешения, нагревания и охлаждения воздуха наблюдается существенный градиент температуры и влагосодержания.

Таким образом:

- первая рециркуляция представляет собой подмешивание рециркуляционного воздуха к наружному перед теплообменником первого подогрева, что значительно снижает потребление теплоты на первый подогрев;

- вторая рециркуляция представляет собой подмешивание рециркуляционного воздуха к наружному воздуху, прошедшему обработку в воздухоохладителе или камере орошения перед вентилятором. При этом отпадает необходимость включения в работу теплообменника второго подогрева в летний период.

Кондиционер с теплоутилизацией – это прямоточный кондиционер с центральным теплоутилизатором, в котором нет смешения потоков наружного и рециркуляционного воздуха, а передача теплоты от удаляемого воздуха к наружному происходит в специальном теплообменнике.

Обводные автоматические клапаны (заслонки), предназначенные для регулирования калориферов первого, второго и местного подогрева, необходимо устанавливать только при питании калориферов паром. При питании калориферов водой следует, как правило, применять секции подогрева, выполненные без обводных каналов.

Оросительные форсуночные камеры являются экономичными и эффективными тепломассообменными аппаратами. Однако в ряде случаев они заменяются поверхностными орошаемыми воздухоохладителями, а частично и неорошаемыми поверхностными воздухоохладителями, работающими непосредственно на хладагенте или с промежуточным холодоносителем, что существенно упрощает систему холодоснабжения.

Фильтры для очистки воздуха следует устанавливать в тех частях кондиционеров, через которые проходит весь обрабатываемый воздух, в целях защиты от пыли возможно большего числа секций кондиционеров. Воздушные фильтры должны быть легкодоступны для очистки и обслуживания. Устанавливать их следует на участках с выравненными потоками воздуха.

При совместной работе систем кондиционирования воздуха и отопления последние необходимо рассчитывать на обеспечение температуры воздуха от 2 до 4 °С ниже заданной для данного помещения.

4.4.2. Центральные однозональные системы кондиционирования воздуха

Центральные однозональные системы кондиционирования воздуха (рис. 4.8) применяются для обслуживания больших помещений с равномерными тепло- и влаговыделениями, например залов собраний, театров, аудиторий и производственных помещений. Поскольку в последние годы значительно возросли требования к экономичности, системы кондиционирования воздуха теперь должны комплектоваться устройствами для использования выбросной теплоты. Процессы нагревания, увлажнения, охлаждения и осушения воздуха в камере орошения регулируются изменением температуры и количества воды, разбрызгиваемой форсунками.

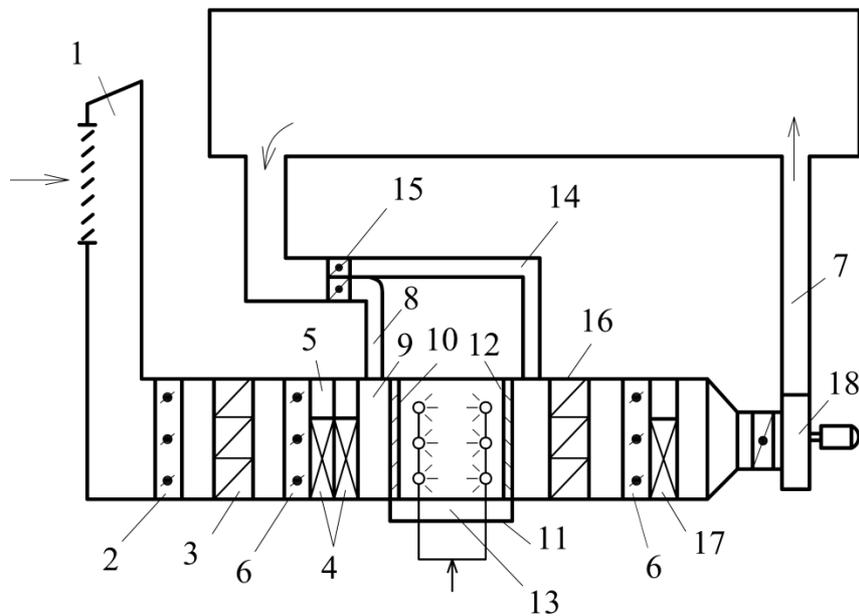


Рис. 4.8. Принципиальная схема центральной однозональной системы кондиционирования воздуха: 1 – воздухозаборная шахта; 2 – воздушная заслонка; 3 – фильтр; 4 – воздухонагреватель 1-го подогрева; 5 – байпас; 6 – регулирующая заслонка; 7 – приточный воздуховод; 8 – воздуховод 1-ой рециркуляции; 9 – камера смешения; 10, 12 – камера орошения; 11 – поддон для сбора воды; 13 – отработанная вода; 14 – воздуховод 2-ой рециркуляции; 15 – регулирующая заслонка; 16 – каплеуловитель; 17 – воздухонагреватель 2-го подогрева; 18 – приточный вентилятор

Существуют различные схемы тепловлажностной обработки воздуха, используемые для центральных кондиционеров. В зависимости от примененной схемы бывают обрабатывающие исключительно наружный воздух, приточные кондиционеры, кондиционеры с одной или двумя рециркуляциями (обрабатывают смесь наружного и рециркуляционного воздуха).

Наружный воздух в приточной системе кондиционирования поступает в промежуточную секцию через открытый утепленный клапан. Затем в фильтрах он проходит очистку от пыли и в холодное время года нагревается в секциях первого порядка. Потом очищенный воздух обрабатывается в камере орошения и подогревается в секциях второго порядка (при необходимости). Полностью обработанный воздух направляется в помещение с помощью вентилятора. В секциях подогрева есть калорифер со сдвоенным клапаном, который еще называют двухпроходным. Этот клапан дает возможность регулировать теплосъем с калорифера за счет изменения расхода воздуха через байпас в обход калорифера и сам калорифер.

4.4.3. Центральные многозональные системы кондиционирования воздуха

Центральные многозональные системы кондиционирования воздуха применяются для обслуживания больших помещений, на площади которых неравномерно размещено оборудование, а также для обслуживания нескольких сравнительно мелких помещений. Хотя многозональные системы экономичнее однозональных, но при них не может быть достигнута такая же высокая степень точности поддержания одного из двух заданных параметров (относительная влажность или температура).

Если рециркуляция воздуха недопустима, то применяют центральную приточную многозональную систему кондиционирования воздуха, которая в теплый период года в точках установки датчиков может поддерживать температуры воздуха с минимальными отклонениями от заданных величин. При этом энтальпия, влагосодержание и относительная влажность могут существенно отклоняться от заданных значений при изменении количества влаги, поступающей в воздух помещения.

В тех случаях, когда допустима рециркуляция, применяют центральные многозональные системы, работающие, как правило, по двухвентиляторной схеме с переменными объемами наружного и рециркуляционного воздуха, с одним или двумя рециркуляционными каналами.

В многоэтажных зданиях устройство общей рециркуляции нередко неосуществимо в связи с недостатком площади для прокладки каналов или невозможно по акустическим и санитарно-гигиеническим соображениям. В таких случаях применяют многозональные системы с поэтажными вентиляторными доводчиками, с помощью которых производится рециркуляция воздуха в пределах группы помещений или в пределах этажа.

В состав многозональных систем входят местные подогреватели МП, устанавливаемые по числу обслуживаемых зон, помещений или комплексов одинаковых помещений.

4.4.4. Системы кондиционирования воздуха с количественным и количественно-качественным регулированием

В однозональных и многозональных системах с количественным и количественно-качественным регулированием уменьшение охладительного эффекта воздуха в калориферах второго или местного подогрева осуществляется плавно или ступенчато с частичным или полным сокращением количества воздуха, вводимого в помещение.

Системы с количественно-качественным регулированием после предельного сокращения подачи притока регулируются с помощью калориферов второго или местного подогрева, т. е. системы переключаются с количественного регулирования на качественное. Системы кондиционирования воздуха с количественным и количественно-качественным регулированием требуют экономичного автоматического регулирования производительности приточных и рециркуляционно-вытяжных вентиляторов. Возможны четыре способа регулирования производительности вентиляторов:

- клапаном на магистральном воздуховоде;
- направляющим аппаратом во всасывающем отверстии вентилятора;
- числом оборотов вентилятора с помощью гидромuffты или электрической индукторной мuffты скольжения;
- вариатором привода ременной передачи при передаваемой мощности до 15 кВт.

Направляющие аппараты регулируют производительность вентилятора, изменяя его аэродинамическую характеристику вследствие закручивания воздушного потока на входе воздуха в вентилятор. Направляющие аппараты могут управляться вручную, дистанционно или автоматически. Дистанционный контроль можно производить по углу поворота лопаток направляющего аппарата с помощью реостата обратной связи исполнительного механизма. Дроссельные клапаны весьма неэкономично регулируют производительность вентиляторов, поэтому применять их для этой цели не рекомендуется.

4.4.5. Центральные водовоздушные системы

Водовоздушные системы применяются для многоквартирных зданий. В каждое помещение вводится наружный воздух, приготовленный в центральном кондиционере. Перед выпуском в помещение он смешивается с воздухом данного помещения, предварительно охлажденным или нагретым в теплообменниках кондиционеров-доводчиков, снабжаемых холодной и горячей водой. В центральном кондиционере наружный воздух обрабатывается по схеме, описанной для одноканальной системы, и при расчетных условиях для теплого периода года подводится к доводчикам, имея температуру от 7 до 11 °С ниже поддерживаемой в помещении.

Водовоздушные системы кондиционирования воздуха проектируются по четырем схемам:

- схема 1 – одноканальная двухтрубная с вводом в эжекционные доводчики (ЭКД) или вентиляторные доводчики (КД): холодного первичного воздуха и горячей воды; теплого первичного воздуха и холодной воды (в холодный период в нерабочее время вместо холодной подается горячая вода для отопления); посезонно холодного или теплого первичного воздуха и горячей и холодной воды;
- схема 2 – одноканальная трехтрубная с вводом в ЭКД или в КД холодного первичного воздуха, горячей и холодной воды;
- схема 3 – одноканальная четырехтрубная с вводом в ЭКД или в КД холодного первичного воздуха, горячей и холодной воды;
- схема 4 – двухканальная с вводом в ЭКД или в КД теплого и холодного первичного воздуха и холодной воды.

4.4.6. Назначение, конструктивные особенности и принцип работы основных секций центрального кондиционера

Центральный кондиционер состоит из отдельных типовых секций, герметично соединенных между собой. Корпус кондиционера выполнен на базе каркаса из алюминиевых профилей, к которым крепятся постоянные и съемные

(для доступа к агрегатам) панели.

Панели состоят из наружного и внутреннего оцинкованных листов, между которыми устанавливается минераловатная теплоизоляционная прокладка. В целях облегчения подхода к узлам установки предусмотрены открываемые смотровые двери или съемные панели со стороны обслуживания. Требования к параметрам кондиционируемого воздуха лежат в основе технологической компоновки, поэтому набор секций может быть весьма разнообразен.

Секции могут быть скомпонованы в двухъярусном исполнении или с учетом рельефов помещений, в которых устанавливается кондиционер. Кроме стандартных типовых компоновок существует возможность создания собственной уникальной компоновки кондиционера. Размеры секций унифицированы и зависят, как правило, от расхода и скорости обрабатываемого в кондиционере воздуха. Центральные кондиционеры включают в себя различные типы секций.

Секция охлаждения представляет собой водяной или фреоновый теплообменник-воздухоохладитель, изготовленный из медных трубок (от 4 до 8 рядов) с алюминиевыми ребрами. В качестве хладагента могут быть охлажденная вода, смесь воды и гликоля, фреон. Хладагент в зависимости от типа рабочей среды может поступать от чиллера, градирни или артезианской скважины. Коллекторы выполнены из стальной оцинкованной трубы. Входные и выходные патрубки коллектора имеют наружную резьбу. Стандартно коллекторы оснащаются дополнительными патрубками для спуска хладагента и отведения воздуха. Распределительный и обратный коллектор фреоновых теплообменников изготавливают из медных трубок.

Патрубки коллекторов выведены наружу секции. Воздухоохладитель имеет кожух из оцинкованной стали. Кожух может быть оборудован специальными транспортными держателями, облегчающими демонтаж и транспортировку. Оребрение трубок воздухоохладителя производится, как правило, пластинчатыми ребрами, что обеспечивает высокую теплоотдачу при низком аэродинамическом сопротивлении теплообменника. Число рядов трубок и расстояние между ребрами в зависимости от типоразмера секции может быть различным.

Стандартно в секцию охлаждения устанавливается поддон для конденсатной воды, сделанный из нержавеющей листовой стали и оснащенный выведенным наружу сливным патрубком, к которому присоединяется переливной сифон, водяной затвор. Водяные воздухоохладители оснащаются противозамораживающими термостатами.

За секцией охлаждения в центральном кондиционере устанавливаются, как правило, при скоростях обрабатываемого воздуха выше 2,5 м/с эффективные сепараторы (каплеуловители). Скорость воздуха должна находиться в диапазоне 2,5...5,0 м/с. Потери давления при этом составят до 16 Па.

В секции воздухонагревания могут использоваться водяные, паровые или электрические нагреватели. Конструктивно воздухонагреватели выполнены, как и воздухоохладители, из медных трубок с алюминиевым оребрением. Коллекторы и патрубки диаметром до 25 мм выполнены из медных трубок, диаметром более 32 мм – из стальных трубок с антикоррозийным покрытием. Стандартно коллекторы оснащаются дополнительными патрубками с резьбой, предназначенными для спуска воды и отвода воздуха. Патрубки коллекторов выведены наружу. Концы патрубков подающего и обратного коллектора также имеют резьбу. Кожух теплообменников имеет специальные транспортные держатели, облегчающие демонтаж и транспортировку. Оребрение трубок воздухонагревателя произведено пластинчатыми ребрами, с шагом от 1,6 до 4,0 мм. В качестве теплоносителя могут быть использованы вода или водяной пар.

Электрические нагреватели выполнены в форме прямоугольного параллелепипеда с укрепленными в корпусе греющими элементами в виде спирали или оребренных ТЭНов. Электрические нагреватели подключаются в электрической сети: 380 В/50 Гц. Такая конструкция позволяет легко демонтировать нагреватель из секции для осмотра и ремонта. Элементы нагревателя укреплены вертикально, а контакты выведены к клеммовой панели на боковой стенке корпуса нагревателя. Каждый элемент отдельно выведен к клеммовой панели, однако для ступенчатого регулирования их соединяют блоками по три штуки. Нагреватель имеет термостат безопасности, ограничивающий чрезмерный рост

температуры внутри системы, а также отключение нагревателей в случае прекращения подачи воздуха.

Увлажнение воздуха в центральном кондиционере осуществляется в секции оросительного увлажнения водой (форсуночной камере) или секции парового увлажнения. Камера орошения состоит из корпуса, в который установлены трубные гребенки, поддон и насос. В форсуночной камере происходит адиабатическое увлажнение воздуха циркуляционной водой, которая поступает из поддона. Воздух вступает в непосредственный контакт с поверхностью капель воды, распыляемой с помощью форсунок. Распыляясь, вода превращается в густой туман мелких капель, сквозь который движется воздух, поглощая водяные пары. Производительность форсунок зависит от диаметра выходного отверстия, давления и температуры воды перед форсункой. Установка форсунок в поперечном сечении форсуночной камеры выполняется на трубных гребенках, к которым циркуляционным насосом подается вода из поддона. Распыливающие форсунки выполнены так, чтобы снизить загрязнение отложениями.

Поддон выполняет функции резервуара запасной емкости воды, обеспечивающего плавную работу насоса. Поддон оснащен водосливом с поплавковым клапаном для спуска оборотной воды, а также водяным вводом для пополнения выпаренной воды.

Циркуляционный насос размещен возле поддона на кронштейне. На всасывающем патрубке насоса расположен сетчатый фильтр.

Конструкцию форсуночной камеры дополняют два сепаратора-каплеуловителя, предотвращающие унос капель воды к последующим секциям центрального кондиционера. Один работает на выходе из секции как сепаратор, другой является направляющим для выравнивания потока воздуха на входе. Эти сепараторы являются высокоэффективными элементами оборудования. Сепараторы изготовлены из пластмассовых профилей, они имеют несущую конструкцию из нержавеющей стали.

Вследствие уноса воды с воздухом в процессе увлажнения необходимо восполнять потери воды. Подпитка водой регулируется с помощью поплавка,

который помещен на питательном патрубке, а циркуляционная выпускается ручным шаровым клапаном, размещенным на нагнетательной стороне насоса.

Кожух секции увлажнения изготавливается из нержавеющей стали, что полностью исключает коррозию, имеет окно для контроля и освещения внутреннего объема.

Эффективность увлажнения в секции такого типа составляет около 90 %.

В состав секции парового увлажнения входят кожух секции, сепаратор пара, термодинамический конденсатоотводчик, фильтр, инжекционное сопло, серводвигатель в стандартном исполнении, напряжением питания 220 В и сигналом управления от 0 до 10 В.

Тип парогенератора подбирается в зависимости от необходимого расхода пара. В конструкцию секции входит также распределительная паровая труба из нержавеющей стали с инжекционными соплами, фильтр пара, термодинамический конденсатоотводчик, а также электронные устройства регулирования уровня воды и автоматической продувки.

Увлажнение воздуха сухим перегретым паром имеет следующие преимущества:

- быстрое смешивание водяных паров с воздухом и легко регулируемое количество впрыскиваемого пара позволяет очень точно регулировать влажность воздуха;
- сухой перегретый пар не содержит минеральных частиц и бактерий;
- минимальные эксплуатационные расходы;
- консервация парового увлажнителя сведена к минимуму.

Количество и размеры фильтрующих элементов, применяемых в установке, зависят от ее модели. Фильтрующие элементы корзинок фильтров закреплены в рамках с помощью пружинных прихватов, обеспечивающих герметичность, а также легкую и быструю смену.

Фильтрующая ткань исполнена из очень тонких синтетических волокон, не гигроскопичных, кислотоустойчивых и стойких к большинству органических растворителей.

Все фильтры могут работать при температуре до 60 °С.

Секция шумоглушения предназначена для снижения уровня шума, создаваемого центральным кондиционером. Если по условиям технологической компоновки непосредственно перед секцией шумоглушения необходимо установить вентиляторную секцию, то требуется применять специальную секцию с рассекателями воздуха, позволяющую выровнять скорость и направление потоков воздуха в поперечном сечении секции шумоглушения.

Вентиляторная секция предназначена для транспорта воздуха в центральный кондиционер и его подачи в обслуживаемые помещения.

В кондиционерах применяются радиальные вентиляторы одностороннего и двухстороннего всасывания низкого и среднего давления. В зависимости от требуемой производительности и напора используются вентиляторы с рабочими лопатками, загнутыми вперед, или с лопатками, загнутыми назад, что обеспечивает легкое регулирование параметров сети. Вентиляторная секция имеет два исполнения:

- нагнетательный патрубок является выходом из кондиционера;
- промежуточная секция.

Производительность вентиляторной секции соответствует мощности центрального кондиционера.

Максимальная температура работы вентилятора 80 °С, максимальная температура работы стандартного двигателя 40 °С, диапазон рабочих (эксплуатационных) температур – 30... +80 °С. Напор вентилятора 200...2500 Па. Возможна поставка вентиляторной группы во взрывобезопасном исполнении.

При проектировании систем вентиляции и кондиционирования для экономии теплоты и холода целесообразно использовать тепловые вторичные энергетические ресурсы:

- теплота воздуха, удаляемого системами общеобменной вентиляции, кондиционирования воздуха и местных отсосов, когда рециркуляция воздуха не допустима;
- теплота и холод технологических установок, пригодные для вентиляции

и кондиционирования воздуха.

Для использования теплоты удаляемого из помещений воздуха применяются теплоутилизаторы, которые подразделяются на три типа:

- перекрестноточные (рекуперативные) теплообменники;
- вращающиеся (регенеративные) теплообменники;
- система с промежуточным теплоносителем, из двух теплообменников.

Тип теплоутилизатора определяет и тип соответствующей секции центрального кондиционера.

Регулирование количества воздуха (наружного и рециркуляционного), поступающего в центральный кондиционер, осуществляется воздушными клапанами. Регулирование осуществляется с помощью электропривода, устанавливаемого на клапане.

4.4.7. Системы кондиционирования воздуха с чиллерами и фэнкойлами

Чиллером называется холодильная машина, используемая в центральных системах кондиционирования. Она охлаждает или подогревает хладотеплоноситель и подает его по системе трубопроводов в фэнкойлы или другие теплообменники (рис. 4.9). *Фэнкойлами* называются теплообменники с вентиляторами. Они забирают или отдают теплоту хладотеплоносителю и нагревают или охлаждают помещение.

Система «чиллер-фэнкойл» имеет значительные преимущества при кондиционировании объектов с большим количеством помещений, так как к одному чиллеру можно присоединить большое количество фэнкойлов. При этом можно задать не только общий тепловой режим всей системы, но и регулировать режим работы каждого фэнкойла с пульта, смонтированного на нем, поддерживая при этом в каждом помещении необходимую температуру. Расстояние между чиллером и фэнкойлами не лимитируется.

Основные параметры чиллера: холодопроизводительность (от единиц кВт до тысяч кВт); при наличии теплового насоса – теплопроизводительность (кВт).

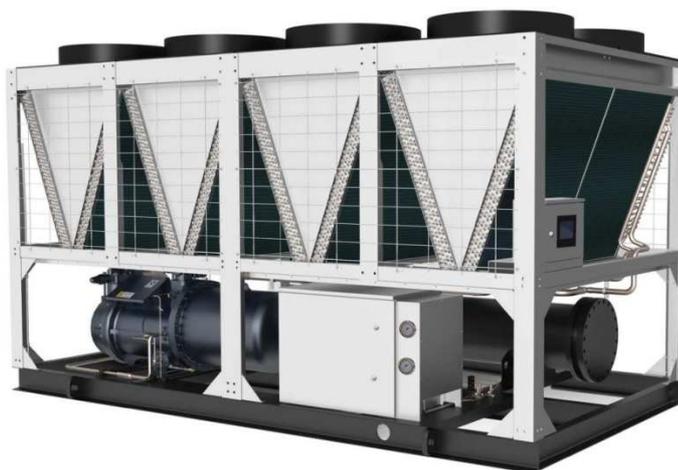


Рис. 4.9. Внешний вид воздушного чиллера со встроенным конденсатором

Основные характеристики фэнкойлов: холодопроизводительность (от единиц до десятков кВт); производительность по воздуху ($\text{м}^3/\text{ч}$).

Чиллеры можно подразделить на два типа: с воздушным охлаждением конденсатора; с водяным охлаждением конденсатора.

Фэнкойлы производятся с одним или двумя теплообменниками.

В соответствии с этим система может быть: двухтрубная – в ней используются фэнкойлы с одним теплообменником, в который поступает холодный или горячий хладотеплоноситель (от чиллера с тепловым насосом или от системы центрального теплоснабжения); четырехтрубная – фэнкойлы с двумя теплообменниками. В один при этом подается хладотеплоноситель от чиллера, а в другой – горячая вода из системы центрального теплоснабжения. При использовании четырехтрубной системы фэнкойлы зимой работают как радиаторы центрального отопления (поэтому их надо устанавливать под окнами).

Конструктивными элементами чиллеров являются компрессоры, которые могут быть спиральными или поршневыми, теплообменники.

Насосные станции, которые обеспечивают подачу необходимого количества теплоносителя к потребителям, представляют собой законченный агрегат, включающий в себя циркуляционные насосы, расширительный бак, запорную арматуру и необходимую автоматику.

Производительность фэнкойлов можно повысить, увеличивая расход воды, однако при этом необходимо ставить более мощную насосную станцию,

что также увеличивает ее стоимость и эксплуатационные расходы.

Оптимальное значение температуры жидкости на выходе чиллера находится в пределах 5...8 °С, а на входе – 10...12 °С.

4.5. Автономные системы кондиционирования воздуха

4.5.1. Кондиционеры типа сплит-системы

Для кондиционирования воздуха в жилых и общественных помещениях наибольшее распространение получили кондиционеры сплит-систем (рис. 4.10).

Кондиционеры сплит-систем состоят из внешнего блока (компрессорно-конденсаторного агрегата) и внутреннего блока (испарительного). Во внешнем блоке находятся компрессор, конденсатор и вентилятор.



Рис. 4.10. Внешний вид сплит-системы кондиционирования воздуха «AUX», состоящей из наружного блока, внутреннего настенного блока и дистанционного пульта управления

Внешний блок может быть установлен на стене здания, крыше или чердаке, в подсобном помещении или на балконе, т. е. в таком месте, где горячий конденсатор может продуваться атмосферным воздухом более низкой температуры. Внутренний блок устанавливается непосредственно в кондиционируемом помещении, он предназначен для охлаждения или нагревания воздуха, его фильтрации и создания необходимой подвижности воздуха в помещении. Блоки соединены между собой двумя тонкими медными трубками в теплоизоляции, которые проводятся, как правило, в подвесных потолках, за панелями и закрываются декоративными пластиковыми коробами.

Конструктивное и дизайнерское исполнение внутренних блоков весьма разнообразно, что позволяет решать практически любые задачи по кондиционированию помещений от 15 до 140 м², учитывая при этом интерьер помещений и индивидуальные требования потребителя.

Основным преимуществом кондиционеров сплит-систем является относительная простота конструкции, позволяющая получить достаточно низкую стоимость кондиционера при быстрой и легкой установке.

Недостатком таких кондиционеров можно считать невозможность подачи в помещение свежего воздуха. Только модели большой мощности и настенно-потолочного типа позволяют организовывать подмес небольшого количества свежего воздуха (до 10 %).

4.5.2. Мульти-сплит системы

Мульти-сплит системой называется такой кондиционер, в котором с одним внешним блоком работают сразу несколько внутренних (рис. 4.11).

Данные системы идеальны для использования в больших жилых помещениях, группе соседних офисов или магазинов. Такой тип кондиционирования предпочтителен, когда размещение большого количества наружных блоков на фасаде здания нежелательно в силу эстетических соображений. Внешний блок мульти-сплит систем может быть соединён с внутренними блоками сразу нескольких типов, например, напольными, потолочными или кассетными. Комбинирование разных видов блоков позволяет оптимальным образом вписать их в интерьер любого помещения. Каждый внутренний блок может работать в собственном режиме, на основе заданных ему параметров.

В состав мульти-сплит систем входит либо один, либо несколько компрессоров. Электроника внешнего блока однокомпрессорного оборудования получает информацию от внутренних блоков по цифровому каналу и после ее обработки определяет режим работы инверторного компрессора. Многокомпрессорные мульти-сплит системы могут быть оснащены как инверторными, так и неинверторными компрессорами. Их внешний блок включает в себя два

(или три) комплекта оборудования (компрессоры, конденсаторы, клапаны, капиллярные трубки) и один вентилятор. Контроллер внешнего блока многокомпрессорных систем пересчитывает сигналы и анализирует поведение внутренних блоков, на основании чего реализует свой алгоритм управления вентилятором и компрессорами.

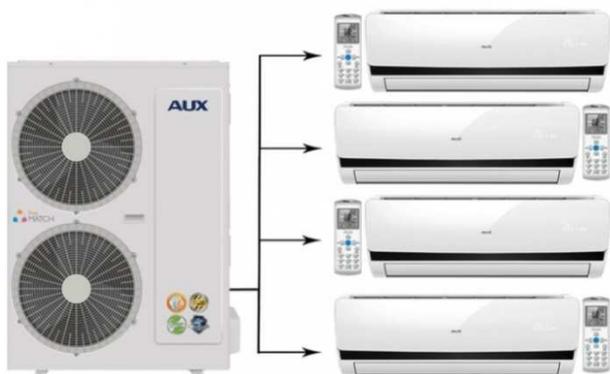


Рис. 4.11. Внешний вид мульти-сплит системы кондиционирования воздуха «AUX», состоящей из наружного блока и нескольких внутренних настенных блоков

На сегодняшний день в большинстве мульти-сплит систем используется инверторный компрессор, что положительно влияет на экономию электроэнергии и срок износа самого компрессора. Так как инверторный компрессор работает на постоянном токе, в процессе его функционирования нагрузка по количеству пусковых токов сведена к минимуму. В зависимости от производителя, максимальное количество внутренних блоков в мульти-сплит системах составляет от двух до восьми. Наибольшей популярностью пользуются мульти-сплит системы, имеющие два-четыре внутренних блока.

4.5.3. Многозональные системы кондиционирования воздуха

Для кондиционирования зданий, имеющих большое количество помещений с разными характеристиками, применимы многозональные (мультизональные) системы с изменением расхода хладагента (рис. 4.12).

В работу мультизональной системы (системы *VRF* или *VRV*) заложены 3 основополагающих принципа, которые отличают ее от других систем кондиционирования. В первую очередь – это применение разветвителей, которые позволяют более равномерно распределять холодильный агент по внутренним блокам. Типоразмер разветвителя подбирается по суммарной производительности

внутренних блоков, перед которыми он устанавливается. Разветвители, предназначенные для газообразного холодильного агента, устанавливаются на линию низкого давления, для жидкого – на линию высокого давления, они отличаются габаритными размерами и они не взаимозаменяемы.

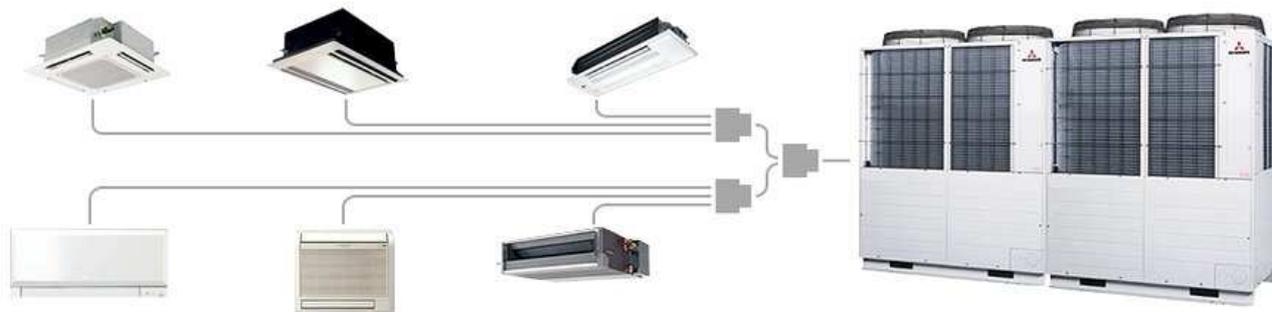


Рис. 4.12. Внешний вид мультizonальной системы кондиционирования воздуха фирмы «Mitsubishi», состоящей из наружного блока, и различных типов внутренних блоков

Вторым явным отличием в работе мультizonальной системы является то, что всей ее работой управляет микропроцессорная система автоматики, построенная на основе сложной программы управления, обеспечивающей поддержание большого количества параметров, и управление любым элементом системы с целью оптимального и эффективного функционирования всех ее элементов.

Последним отличием служит использование в качестве дросселирующего устройства только ЭРВ (электронный расширительный вентиль). Такой ЭРВ встроен или устанавливается в непосредственной близости перед каждым внутренним блоком, его работой управляет микропроцессорный контроллер внутреннего блока. Все эти три особенности позволяют к одному внешнему блоку подключить одновременно до 100 внутренних блоков; обеспечить общую длину трубопроводов до 1000 м; максимальная длина труб между внешним и внутренним блоком – до 200 м; перепад высот между внутренними блоками составляет до 30 м.

Это лишь несколько преимуществ из всего множества положительных моментов *VRF* систем. Один или несколько компрессоров, расположенных во внешнем блоке, сжимают холодильный агент и в парообразной фазе, с температурой +60...+100 °С, подают по системе фреоновых трубопроводов в теплообменник конденсатора. Чаще всего применяется конденсатор воздушного охла-

ждения (намного реже – водяного охлаждения). Теплообменник воздушного охлаждения находится во внешнем блоке и обдувается мощными осевыми вентиляторами. По мере движения холодильного агента по трубопроводам теплообменника он охлаждается, потом конденсируется и немного переохлаждается (на $+5\dots+8$ °С). После конденсатора жидкий холодильный агент, но все еще не холодный ($+30\dots+40$ °С), по трубопроводам выходит за пределы наружного блока и далее по ним же через разветвители подается на каждый внутренний блок. На входе в блок холодильный агент дросселируется в ЭРВ и с определенным расходом поступает в теплообменник внутреннего блока. Агрегатное состояние холодильного агента на входе во внутренний блок, примерно: 85 % жидкий и 15 % парообразный. Оно сильно зависит от температурного режима воздуха, который необходимо поддерживать в помещении, где установлен данный блок. Температура холодильного агента может составлять $0\dots+15$ °С, причем это не граничные значения возможной температуры. Теплообменник внутреннего блока обдувается воздухом, который находится в помещении и холодильный агент, находящийся внутри трубок теплообменника, кипит, превращаясь в парообразный, и немного перегревается на $5\dots8$ °С. Далее холодильный агент поступает в компрессор на всасывание, и цикл повторяется.

В схему холодильного контура дополнительно устанавливаются и множество других элементов, обеспечивающих надежную, эффективную работу *VRF* системы. Следует упомянуть, что мультизональные системы бывают двухтрубные – внутренние блоки которых одновременно работают только на охлаждение или на тепло, и трехтрубные – часть внутренних блоков работают на охлаждение, а другая, в это же время, работает на тепло. Последние *VRF* системы менее востребованы из-за стоимости и более сложной системы работы. Каждый год мультизональные системы совершенствуются и все больше и больше завоевывают рынок кондиционирования воздуха.

4.5.4. Бытовые кондиционеры

Бытовые кондиционеры, предназначенные для установки в жилых домах, офисах, на дачах т. п., должны отвечать следующим требованиям:

- напряжение питания должно быть однофазным. Величина напряжения и частота определяются стандартами страны, в которой устанавливается кондиционер;

- потребляемая мощность не должна превышать 3,0 кВт. Это та самая мощность, которую допускается потреблять от стандартной бытовой однофазной розетки;

- так как потребляемая мощность бытового кондиционера не должна превышать 3 кВт, а холодильный коэффициент бытового кондиционера составляет от 2,3 до 2,5, то производительность не может быть больше, чем 7,5 кВт.

Бытовые кондиционеры в основном предназначены для работы в теплый период в режиме охлаждения. В режиме нагревания бытовые кондиционеры используют только в переходный период года, когда центральное или местное отопление еще не включено. Поэтому диапазон температур окружающей среды, при которой целесообразно использовать бытовой кондиционер, составляет – 5... +35 °С.

Настенные кондиционеры. Настенный тип кондиционеров (рис. 4.10, 4.11) является наиболее распространенным для офисных, жилых зданий, коттеджей, небольших торговых центров и других помещений. Внутренний блок настенного кондиционера состоит из корпуса, теплообменника, электронного узла управления и пульта. Пульт может быть дистанционным или настенным. Корпус устанавливается на стену с помощью монтажной пластины.

Напольные и потолочные кондиционеры Потолочные и кассетные (рис. 4.13) кондиционеры устанавливаются под потолком помещения. Такие кондиционеры хорошо вписываются в интерьер как новых, так и старых зданий, удачно сочетаясь с интерьерами многоярусных квартир.

Напольные кондиционеры (рис. 4.13) устанавливаются в помещениях различного назначения: жилых домах, административных и производственных

помещениях, предприятиях общественного питания, медицинских учреждениях и прочих помещениях. Места установки – непосредственно на полу, под окнами и в нишах.



Рис. 4.13. Внешний вид напольного (слева) и кассетного (справа) внутренних блоков системы кондиционирования

Современные модели кондиционеров, в том числе и реверсивные, могут быть адаптированы для работы при низких температурах наружного воздуха (до $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$) в режиме «охлаждение».

Основной особенностью при работе кондиционеров является мощная нисходящая струя воздуха в режиме нагревания:

- оптимальная температура в нижней зоне жилого помещения;
- отсутствие непосредственного воздействия струи воздуха на людей, находящихся в помещении;
- повышенная комфортность кондиционирования, предотвращение неоправданных тепловых потерь.

При этом горизонтальная струя воздуха в режиме охлаждения обеспечивает:

- дальнобойность струи воздуха;
- отсутствие непосредственного воздействия струи воздуха на людей, находящихся в помещении;
- равномерное, без избыточной подвижности, распределение приточного воздуха за счет постепенного смешения тяжелой холодной струи с теплым воздухом помещения.

4.5.5. Крышные кондиционеры

Крышные кондиционеры (рис. 4.14) представляют собой холодильную машину, конструктивно выполненную в виде моноблока, предназначенного для установки на плоских кровлях зданий. Если крыша имеет наклон, то кондиционер устанавливается на специальных рамах.

Применение крышных кондиционеров (руфтопов) является альтернативой применению систем кондиционирования. Выгода достигается за счет применения моноблочной конструкции руфтопа, являющейся автономным устройством, которое разрешает использование одновременно нескольких функций комплексного применения поступающего воздуха. В обработку воздуха входит его нагрев, охлаждение, фильтрация.



Рис. 4.14. Внешний вид крышного кондиционера (руфтопа) фирмы «AERMEC»

Для монтажа агрегата не требуется конструирование и применение специального трубопровода для хладагента. Установка выполняется в самой высокой точке крыши здания, (отсюда и его название крышный кондиционер) или в его боковой части. Подача воздуха осуществляется при помощи канальных систем или посредством воздухопроводов.

Непременными составляющими крышных кондиционеров являются:

- холодильный контур замкнутого типа;
- спиральный компрессор;
- система защиты, функционирующая в автоматическом режиме;

- теплообменник для нагрева воздуха и терморасширительный вентиль;
- камеры подмеса свежего наружного воздуха, в конструкцию которых включена воздушная заслонка.

Принцип работы таких кондиционеров заключается в следующем. Поток свежего воздуха с улицы захватывается через решетку в камеру смешивания, где он соединяется с рециркуляционным воздухом, через фильтр следует по теплообменнику в помещение. Постоянно перемещающиеся воздушные заслонки создают необходимую пропорцию подачи смешенного воздуха. Чтобы нагреть холодный воздух в холодное время используется секция нагрева, нагрев может осуществляться при помощи газа, электричества или воды. Конденсатор охлаждается нагнетаемым воздухом.

Обычно рифтопы применяются для кондиционирования и вентиляции больших супермаркетов, спортивных сооружений, конференц-залов, т. е. больших открытых залов с общей крышей. Крышные кондиционеры характеризуются широким диапазоном мощностей: 8...140 кВт по холоду и теплоте – и соответствующими расходами воздуха: 1500...25000 м³/ч.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО РАЗДЕЛУ 4

1. Назовите принципиальные отличия систем кондиционирования воздуха от систем вентиляции.
2. Перечислите основное оборудование, входящее в систему центрального кондиционирования воздуха.
3. Для чего нужна $I-d$ – диаграмма влажного воздуха?
4. Перечислите основные виды теплоносителя, используемого для охлаждения воздуха в системах кондиционирования.
5. В чем отличие центральных систем кондиционирования воздуха от автономных кондиционеров?
6. Назовите отличия однозональных систем кондиционирования воздуха от многозональных. В зданиях какого назначения многозональные системы нашли применение?
7. Перечислите основные виды автономных систем кондиционирования воздуха. Где они применяются?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: Стандартинформ, 2005. – 48 с.
2. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях / Госстрой России. – М.: ГУН ЦПП, 2004. – 7 с.
3. СанПиН 2.1.2.1002-00. Санитарно-эпидемиологические требования к жилым зданиям и помещениям. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2001. – 23 с.
4. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. – М.: Минрегион России, 2012. – 77 с.
5. СП 60.13330.2016. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – М.: Минрегион России, 2016. – 95 с.
6. Богословский, В.Н. Внутренние санитарно-технические устройства: ч.1. Отопление / В.Н. Богословский [и др.]: отв. ред. И.Г. Староверов, Ю.П. Шиллер; 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1990. – 344 с.
7. Каменев, П.Н. Вентиляция: учеб. пос. / П.Н. Каменев, Е.И. Тертичник. – М.: Изд-во АСВ, 2008. – 624 с.
8. Махов, Л.М. Отопление: учеб. для вузов. 2-е изд. Исправленное и дополненное. – М.: Изд-во АСВ, 2015. – 400 с.
9. Полосин, И.И. Инженерные системы зданий и сооружений: учеб. пособие для студ. / И.И. Полосин, В.Ю. Хузин, М.Н. Жерлыкина. – М.: Академия, 2012. – 304 с.
10. Сухов, В.В. Отопление и вентиляция гражданского здания: учеб. пос. для вузов / В.В. Сухов, М.С. Морозов; под общ. ред. В.В. Сухова; Нижегород. гос. архитектур. - строит. ун - т – Н. Новгород: ННГАСУ, 2017. – 71 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. МИКРОКЛИМАТ ПОМЕЩЕНИЙ И СИСТЕМЫ ЕГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ.....	4
2. СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ.....	8
2.1. Классификация систем отопления.....	9
2.2. Теплоносители в системах отопления.....	10
2.3. Техничко-экономическое сравнение основных систем отопления.....	11
2.4. Расчетная тепловая мощность систем отопления.....	15
2.5. Теплопотери через ограждающие конструкции.....	18
2.6. Затраты теплоты для нагревания инфильтрующегося воздуха.....	25
2.7. Затраты теплоты на нагревание холодных материалов и транспорта.....	26
2.8. Теплопоступления в помещение от бытовых, производственных источников и от солнечной радиации.....	29
2.9. Системы водяного отопления.....	30
2.9.1. Устройство, принцип действия и классификация систем водяного отопления.....	30
2.9.2. Теплопроводы систем отопления.....	37
2.9.3. Отопительные приборы.....	40
2.9.4. Расширительный бак.....	44
2.9.5. Область применения различных систем водяного отопления.....	48
2.10. Основные принципы гидравлического расчета теплопроводов систем водяного отопления.....	51
2.10.1. Методика гидравлического расчета теплопровода систем водяного отопления.....	53
2.11. Автоматизированные узлы управления систем водяного отопления.....	56
2.11.1. Необходимость создания тепловых пунктов.....	56
2.11.2. Схемы узла управления при присоединении систем отопления к тепловым сетям по зависимой схеме.....	59
2.11.3. Автоматизированные узлы управления системами отопления, подключенные к тепловым сетям по зависимой схеме.....	60
2.11.4. Автоматизированные узлы управления системами отопления, подключенные к тепловым сетям по независимой схеме.....	63
2.12. Системы пароводяного и водо-водяного отопления.....	66
2.12.1. Понятие о системах отопления зданий повышенной этажности.....	66
2.13. Тепловой расчет отопительных приборов.....	69
2.14. Системы парового отопления.....	72
2.14.1. Область применения систем парового отопления.....	72
2.14.2. Классификация, схемы и оборудование систем парового отопления....	73
2.14.3. Особенности гидравлического расчета систем парового отопления низкого и высокого давления.....	77
2.15. Системы воздушного отопления.....	80
2.15.1. Классификация систем воздушного отопления.....	80
2.15.2. Рециркуляционные воздухонагреватели.....	84
2.15.3. Воздушно-тепловые завесы гражданских и производственных зданий.....	86
2.16. Панельно-лучистое отопление.....	88
2.16.1. Конструкция отопительных панелей.....	92
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО РАЗДЕЛАМ 1, 2.....	96
3. СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ.....	98
3.1. Назначение систем вентиляции.....	98

3.2. Классификация вентиляционных систем.....	100
3.3. Устройство вентиляционных систем.....	101
3.4. Вентиляция жилых зданий.....	107
3.4.1. Вентиляция с естественным побуждением.....	107
3.4.2. Вентиляция с механическим побуждением.....	110
3.5. Приемные устройства наружного воздуха в системах вентиляции.....	112
3.6. Выбросы загрязняющего вентиляционного воздуха в атмосферу.....	114
3.7. Основное оборудование систем вентиляции.....	116
3.8. Устройства для нагревания воздуха.....	119
3.9. Основы расчета воздухообмена в зданиях и сооружениях.....	121
3.10. Основные принципы организации воздухообмена.....	125
3.11. Проектирование воздуховодов.....	128
3.11.1. Классификация воздуховодов по плотности.....	130
3.11.2. Классификация воздуховодов по скорости потока воздуха и рабочему давлению.....	131
3.11.3. Классификация воздуховодов по материалам и конструктивному исполнению.....	131
3.12. Принципы аэродинамического расчета вентиляционных систем.....	134
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО РАЗДЕЛУ 3.....	137
4. СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА.....	138
4.1. Назначение и классификация систем кондиционирования воздуха.....	138
4.2. Холодильные агенты.....	145
4.3. Климатическое оборудование систем кондиционирования воздуха.....	147
4.3.1. Компрессоры холодильных машин.....	148
4.3.2. Теплообменные аппараты системы кондиционирования воздуха.....	151
4.4. Центральные системы кондиционирования воздуха.....	153
4.4.1. Общие сведения о центральных системах кондиционирования воздуха..	153
4.4.2. Центральные однозональные системы кондиционирования воздуха.....	155
4.4.3. Центральные многозональные системы кондиционирования воздуха....	157
4.4.4. Системы кондиционирования воздуха с количественным и количественно-качественным регулированием.....	158
4.4.5. Центральные водовоздушные системы.....	159
4.4.6. Назначение, конструктивные особенности и принцип работы основных секций центрального кондиционера.....	159
4.4.7. Системы кондиционирования воздуха с чиллерами и фэнкойлами.....	165
4.5. Автономные системы кондиционирования воздуха.....	167
4.5.1. Кондиционеры типа сплит-системы.....	167
4.5.2. Мульти-сплит системы.....	168
4.5.3. Многозональные системы кондиционирования воздуха.....	169
4.5.4. Бытовые кондиционеры.....	172
4.5.5. Крышные кондиционеры.....	174
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО РАЗДЕЛУ 4.....	176
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	177

Сухов Вячеслав Васильевич

Морозов Максим Сергеевич

Инженерные сети

Учебное пособие

Редактор:

Н.В. Викулова

Подписано в печать 12.02.2020г. Формат 60x90 1/8. Бумага газетная. Печать трафаретная.
Уч. изд. л. 21,8. Усл. печ. л.22,3. Тираж 300 экз. Заказ №

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
603950, Нижний Новгород, ул. Ильинская, 65.
Полиграфический центр ННГАСУ, 603950, Н.Новгород, Ильинская, 65
<http://www.nngasu.ru>, srec@nngasu.ru