ПРИДНЕСТРОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. Т.Г. ШЕВЧЕНКО
БЕНДЕРСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ФИЛИАЛ

Кафедра теплогазоснабжения и вентиляции

ОТОПЛЕНИЕ

Курс лекций

Бендеры, 2018

ББК 38.762.1
УДК 697.1
О-85

Составитель
Н.А. Поперешнюк, старший преподаватель

Рецензенты:
Т.И. Лохвинская, доцент кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция» БПФ ГОУ «ПГУ им. Т.Г. Шевченко»
О.М. Ищенко, начальник внутридомовых инженерных сетей теплоснабжения МГУП «Тирастеплоэнерго»

О-85 Отопление: Курс лекций / сост. Н.А. Поперешнюк / – Бендеры, 2018. – 118 с.

Курс лекций по разделам дисциплины «Отопление» предназначен для студентов дневной и заочной форм обучения направления Строительство, профиля «Теплогазоснабжение и вентиляция».

Курс лекций содержит основную информацию по разделам дисциплины, контрольные вопросы для самопроверки и список рекомендуемой литературы.

Основной задачей курса лекций является освоение теоретических знаний по дисциплине «Отопление» в соответствии с требованиями ФГОС ВПО.

ББК 38.762.1
УДК 697.1
О-85

Рекомендовано
НМС ПГУ им. Т.Г. Шевченко

© Поперешнюк Н.А., составление, 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ…… 4
1 РАЗДЕЛ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ…….. 5
2 РАЗДЕЛ. ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ..……. 11
2.1. Отопительные приборы…….. 11
2.2. Теплопроводы систем отопления…….. 25
2.3. Перемещение и удаление воздуха из систем отопления……. 34
2.4. Запорно-регулирующая арматура систем отопления…….. 40
3 РАЗДЕЛ. ВОДЯНОЕ ОТОПЛЕНИЕ…… 47
3.1. Схемы присоединения систем водяного отопления к наружным тепловым сетям…….. 47
3.2. Смесительная установка системы водяного отопления…….. 53
3.3. Циркуляционный насос системы водяного отопления……... 59
3.4. Расширительный бак системы водяного отопления…… 63
3.5. Расчетное давление в системе водяного отопления…… 69
4 РАЗДЕЛ. ВОЗДУШНОЕ ОТОПЛЕНИЕ…….. 74
5 РАЗДЕЛ. ПАРОВОЕ ОТОПЛЕНИЕ……..…….. 84
6 РАЗДЕЛ. ПАНЕЛЬНО-ЛУЧИСТОЕ ОТОПЛЕНИЕ……... 88
7 РАЗДЕЛ. МЕСТНЫЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ……...……... 100
7.1. Печное отопление……... 100
7.2. Газовое отопление…….. 105
7.3. Электрическое отопление……. 108
8 РАЗДЕЛ. ЭФФЕКТИВНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ……..… 110
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА……. 117
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК……..……... 118

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Отопление» является одной из профилирующих при подготовке студентов по направлению Строительство, профилю «Теплогазоснабжение и вентиляция».

Целью изучения дисциплины является получение знаний по конструкциям, принципам действия и характерным свойствам различных систем отопления (водяных, паровых, воздушных, панельно-лучистых и др.), используемых в современной отопительной технике.

Задачами изучения дисциплины является научить студентов умению и навыкам в выборе, принципах конструирования и расчета, приемам проектирования, особенностям технологии монтажа и эксплуатации различных систем отопления; ознакомить с путями повышения технической и экономической эффективности и совершенствования различных способов отопления.

Курс лекций содержит основную информацию по разделам дисциплины «Отопление» в соответствии с рабочей программой, вопросы для самопроверки и список рекомендуемой литературы.

Основной задачей курса лекций является освоение теоретических знаний по дисциплине «Отопление» в соответствии с требованиями ФГОС ВО. Данный курс лекций также может быть полезен для самостоятельного изучения дисциплины и при подготовке к государственной итоговой аттестации.

1 РАЗДЕЛ
ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ

ПЛАН:

1. **Основные понятия**
2. **Требования, предъявляемые к системам отопления**
3. **Теплоносители систем отопления**
4. **Классификация систем отопления**

1. Основные понятия

Отопление зданий необходимо для обеспечения теплового комфорта для находящихся в помещениях людей или выполнения требований технологических процессов, в зависимости от назначения помещений. Данное условие выполняется при поддержании в отапливаемых помещениях оптимальных параметров внутреннего воздуха.

Согласно нормативных данных, установлены следующие оптимальные метеорологические условия в помещениях для холодного периода и переходных условий в обслуживаемой зоне жилых, общественных и административно-бытовых помещений при постоянном пребывании (более 2-х часов) в них людей: температура воздуха 20-22°С, относительная влажность воздуха 30-45 %, скорость движения воздуха не более 0,2 м/с.

Отопление можно рассматривать, как отрасль строительной техники. Это объясняется тем, что монтаж систем отопления проводится в процессе возведения зданий, их элементы при проектировании увязываются со строительными конструкциями и сочетаются с планировкой и интерьером помещений (это регламентируется архитектурно-строительными требованиями).

Вместе с тем, отопление – один из видов технологического оборудования. Так как параметры работы системы отопления должны учитывать теплофизические особенности конструктивных элементов здания и быть увязаны с работой других инженерных систем, прежде всего, с рабочими

параметрами систем вентиляции и кондиционирования воздуха. Комплексная работа данных систем создает требуемые санитарно-гигиенические условия, что способствует снижению числа заболеваний людей, улучшению их самочувствия, повышению производительности труда и качества продукции.

Отопление зданий начинается с устойчивого (в течении 5-ти суток) понижения среднесуточной температуры наружного воздуха до +8°С и ниже, и заканчивается при ее устойчивом повышении выше +8°С. Данный период времени в течении года называется **отопительным периодом (сезоном)**. Его длительность, в каждом отдельном регионе, зависит от конкретных климатических условий и устанавливается на основании многолетних наблюдений как среднее число дней в году с устойчивой среднесуточной температурой наружного воздуха ≤ 8°С. Продолжительность и среднюю температуру отопительного периода для конкретного региона (города) можно определить по СНиП [1].

Система отопления представляет собой совокупность конструктивных элементов со связями между ними, предназначенных для получения, переноса и передачи необходимого количества теплоты в обогреваемые помещения.

К основным конструктивным элементам системы отопления относятся:

1. **теплоисточник** (теплообменник или отопительный котел) – элемент, необходимый для получения теплоты;
2. **теплопровод** – элемент, необходимый для переноса теплоты от теплоисточника к отопительным приборам;
3. **отопительные приборы** – элемент, необходимый для непосредственной передачи необходимого количества теплоты в отапливаемое помещение.

Система отопления, для выполнения возложенной на нее задачи, должна обладать определенной тепловой мощностью. **Расчетная тепловая мощность** системы отопления выявляется в результате составления теплового баланса в обогреваемых помещениях при расчетной температуре наружного воздуха. За

расчетную наружную температуру воздуха, принимается температура наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью 0,92 [1]. Методика определения расчетной тепловой мощности системы отопления представлена в методических указаниях [8].

2. Требования, предъявляемые к системам отопления

К системам отопления предъявляется ряд **требований,** которые можно условно разделить на пять основных групп:

1. *санитарно-гигиенические* – поддержание равномерной температуры воздуха в помещении при ограниченной температуре нагревательной поверхности отопительных приборов и возможность их очистки;
2. *экономические* – невысокие капитальные вложения и эксплуатационные затраты;
3. *архитектурно-строительные* — соответствие интерьеру помещения, компактность, увязка со строительными конструкциями, согласование со сроком строительства здания;
4. *производственно-монтажные* – унификация узлов и деталей, механизация их изготовления, сокращение трудовых затрат;
5. *эксплуатационные* — работоспособность (безотказность, долговечность), простота и удобство управления и ремонта.

Наиболее важными, являются санитарно-гигиенические и эксплуатационные требования, которые обуславливаются необходимостью поддержания заданной температуры внутреннего воздуха в отапливаемых помещениях в течение отопительного сезона и всего срока службы системы отопления.

3. Теплоносители систем отопления

Теплоноситель – это среда (жидкая или газообразная), движущаяся в системе отопления, которая аккумулирует теплоту и затем передает ее в обогреваемые помещения.

В качестве теплоносителя в настоящее время применяют преимущественно воду и воздух, реже водяной пар и нагретые газы.

Газы, образующиеся при сжигании твердого, жидкого или газообразного органического топлива, имеют сравнительно высокую температуру и применимы в тех случаях, когда в соответствии с санитарно-гигиеническими требованиями удается ограничить температуру теплоотдающей поверхности отопительных приборов. При использовании в качестве теплоносителя *газов*, отопление может осуществляться выпуском их непосредственно в обогреваемые помещения, но при этом ухудшается состояние воздушной среды помещения, что в большинстве случаев *недопустимо*! А при удалении продуктов сгорания наружу по каналам усложняется конструкция и снижается КПД отопительной установки.

Таким образом, область применения горячих газов в качестве теплоносителя ограничивается отопительными печами, газовыми калориферами и другими местными отопительными установками.

В отличие от горячих газов **вода, воздух и пар** используются многократно в режиме циркуляции и без загрязнения окружающей здание среды.

Сравнивая эти три теплоносителя по показателям, важным для выполнения требований, предъявляемым к системе отопления, можно выделить их основные преимущества и недостатки.

При использовании **воды:**

Преимущества: - равномерная температура отапливаемых помещений;

- возможность ограничения температуры поверхности отопительных приборов;

- сокращение по сравнению с другими теплоносителями площади поперечного сечения труб;

- бесшумность движения в теплопроводах.

Недостатки: - значительный расход металла;

- большое гидростатическое давление в системах отопления;

- тепловая инерция воды замедляет регулирование теплопередачи приборов.

При использовании **пара:**

Преимущества: - сокращение расхода металла за счет уменьшения площади приборов и поперечного сечения конденсатопроводов;

- быстрое прогревание приборов и отапливаемых помещений;

- минимальное гидростатическое давление пара в вертикальных трубах по сравнению с водой.

Недостатки: - не отвечает санитарно-гигиеническим требованиям;

- температура пара высока и постоянна при данном давлении, что делает невозможным регулирование теплопередачи отопительных приборов;

- движение пара в трубах сопровождается шумом.

При использовании **воздуха:**

Преимущества: - возможность обеспечить быстрое изменение и равномерность температуры помещений;

- отсутствие отопительных приборов в отапливаемых помещениях;

- возможность совмещения отопления и вентиляции помещений;

- бесшумность движения в воздуховодах и каналах.

Недостатки: - малая теплоаккумулирующая способность;

- большое понижение температуры по длине воздуховодов;

- значительные площадь поперечного сечения и расход металла на воздуховоды.

4. Классификация систем отопления

Системы отопления, в общем случае, классифицируются по следующим признакам:

1. *По расположению основных конструктивных элементов* системы отопления бывают:

- *местные* – когда все три конструктивных элемента объединены в одной установке (отопительная печь или газовоздушный отопительный агрегат),

- *центральные* – системы, предназначенные для отопления группы помещений из единого теплового центра.

2. *По виду теплоносителя* бывают:

- *водяные,*

- *паровые,*
- *воздушные,*
- *газовые.*

3. *По способу перемещения теплоносителя* системы отопления могут быть:

- *водяные и воздушные:* - *с естественной циркуляцией (гравитационные)* – движение теплоносителя происходит за счет разности плотностей горячего и охлажденного теплоносителя, - *с искусственной циркуляцией* – с помощью насоса или вентилятора.

- *паровые:* - *субатмосферные,* - *вакуум-паровые,* - *низкого давления,* - *высокого давления.*

4. *По температуре теплоносителя* системы отопления делятся на:

- *низкотемпературные (при tг <70˚С),*
- *среднетемпературные (при tг 70-100˚С),*
- *высокотемпературные (при tг >100˚С).*

Где *tг* – температура горячего теплоносителя, подаваемого в систему отопления. Для систем водяного отопления максимальное значение температуры горячей воды в настоящее время ограничено 150˚С.

Каждая отдельная система отопления, в зависимости от вида теплоносителя, классифицируется по ряду конструктивных особенностей. Данная классификация представлена в соответствующих разделах методических указаний.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое отопительный период? Как определяется его длительность?
2. Как определяется расчетная тепловая мощность системы отопления?
3. Определите климатические характеристики холодного периода года для вашего города (региона).
4. Перечислите основные конструктивные элементы системы отопления.
5. Перечислите требования, предъявляемые к системам отопления. Выделите наиболее важные из них.

6. По каким основным признакам классифицируются системы отопления?

7. Проведите сравнительную характеристику основных видов теплоносителей.

2 РАЗДЕЛ
ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

2.1. ОТОПИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

ПЛАН:

1. **Требования, предъявляемые к отопительным приборам.**
2. **Классификация отопительных приборов. Основные виды.**
3. **Выбор и размещение отопительных приборов. Схемы присоединения к теплопроводам.**
4. **Теплопередача отопительных приборов.**

1. Требования, предъявляемые к отопительным приборам

Отопительный прибор – один из основных конструктивных элементов системы отопления, предназначенный для передачи необходимого количества тепла от теплоносителя в обогреваемые помещения для поддержания в них необходимой температуры внутреннего воздуха в холодный период года. Т.е. отопительный прибор, установленный в отапливаемом помещении, должен компенсировать теплопотребность данного помещения ($Q_п$) за счет своей теплоотдачи ($Q_{пр}$) и теплоотдачи открыто проложенных труб ($Q_{тр}$).

Суммарная теплоотдача отопительного прибора и открыто проложенных труб, расположенных в помещении, называется **тепловой нагрузкой отопительного прибора** и выражается следующей величиной:

$$Q_п = Q_{пр} + Q_{тр} \quad (1)$$

Каждый отопительный прибор должен иметь определенную *площадь теплоотдающей поверхности* $А_{пр}$, м^2 или *номинальный требуемый тепловой поток* $Q_{н.т.}$, Вт, рассчитанные в соответствии с требуемой теплоотдачей

прибора. Данные величины определяются в процессе теплового расчета отопительных приборов, представленного в методических указаниях [8].

К отопительным приборам, предъявляются **требования**, дополняющие и уточняющие требования к системам отопления:

1. *Санитарно-гигиенические* - относительно пониженная температура поверхности отопительных приборов; ограничение площади горизонтальной поверхности приборов для уменьшения отложения пыли; доступность и удобство очистки от пыли поверхности отопительных приборов и пространства вокруг них.

2. *Экономические* - оптимальная стоимость самого прибора, работ по введению его в эксплуатацию и непосредственно эксплуатацию; минимально возможный расход материалов на изготовление прибора.

3. *Архитектурно-строительные* - соответствие внешнего вида отопительных приборов интерьеру помещений; сокращение площади помещений, занимаемой приборами (т.е. небольшие габариты).

4. *Производственно-монтажные* - механизация изготовления и монтажа приборов для повышения производительности труда. Достаточная механическая прочность приборов.

5. *Эксплуатационные* - возможность регулировать теплоотдачу отопительных приборов; температурная устойчивость и водонепроницаемость стенок в заданных пределах гидростатического давления (т.е. прочность).

6. *Теплотехнические* - обеспечение наибольшего теплового потока от теплоносителя в помещения через единицу площади отопительного прибора. Для выполнения данного требования прибор должен обладать повышенным значением коэффициента теплопередачи $k_{пр}$ и величины теплового потока.

Всем перечисленным требованиям удовлетворить одновременно невозможно и этим объясняется рыночное разнообразие видов отопительных приборов.

2. Классификация отопительных приборов. Основные виды.

Отопительные приборы классифицируются по ряду признаков.

1. *По преобладающему способу теплоотдачи* бывают:

- *Радиационные приборы*, которые передают не менее 50% общего теплового потока излучением (к этой группе относятся потолочные отопительные панели и излучатели).

- *Конвективно-радиационные приборы*, передающие конвекцией от 50 до 75 % общего теплового потока (радиаторы секционные и панельные, гладкотрубные приборы, напольные отопительные панели).

- *Конвективные приборы*, передающие конвекцией не менее 75 % общего теплового потока (конвекторы и ребристые трубы).

2. *В зависимости от материала изготовления* отопительные приборы бывают:

- *Металлические* приборы (из стали, чугуна, алюминия или меди) *и биметаллические* (из 2-х металлов).

- *Неметаллические* отопительные приборы (керамические или фарфоровые радиаторы, представляющие собой панель, вылитую из фарфора или керамики с вертикальными или горизонтальными каналами). Применяют такие радиаторы очень редко в помещениях, предъявляющих повышенные санитарно-гигиенические требования к отопительным приборам. Они очень дорогие, процесс их изготовления трудоемкий, недолговечны, подвержены механическому воздействию, сложно осуществить подключение таких приборов к металлическим теплопроводам.

- *Комбинированные,* изготавливаемые из нескольких различных материалов (например, бетонные или керамические отопительные панели, где в качестве греющего элемента используется металлические или пластиковые трубы, а теплоотдающая поверхность изготовлена из бетона или керамики).

3. *По высоте* приборы бывают:

- *Высокие:* > 650 мм.

- *Средней высоты:* 400 - 650 мм.

- *Малой высоты:* 200-400 мм.

- *Плинтусные:* < 200 мм.

4. *По глубине* приборы бывают:

- *Малой глубины:* < 120 мм.

- *Средней глубины:* 120 - 200 мм.

- *Большой глубины:* > 200 мм.

5. *По величине тепловой инерции* (инерция – это свойство прибора аккумулировать теплоту некоторое время после его отключения):

- *Малой тепловой инерции* (с греющими трубами малого диаметра, например, конвекторы).

- *Большой тепловой инерции* (панель бетонная, чугунные радиаторы, гладкотрубные приборы и др.)

Существуют следующие **основные виды отопительных приборов** (*Рис.1*): радиаторы секционные, панельные, гладкотрубные приборы, конвекторы, ребристые трубы.

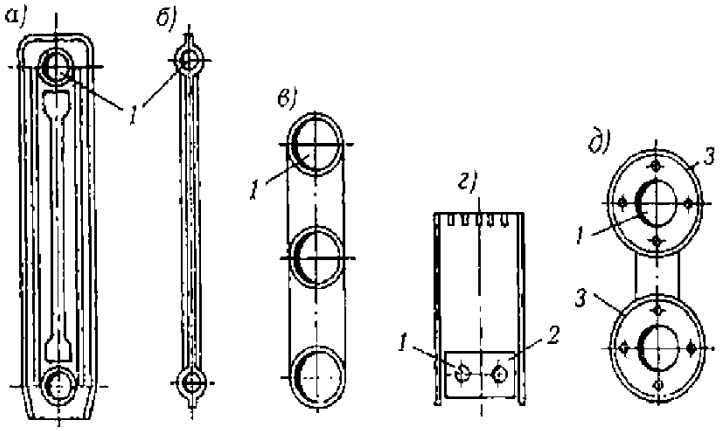

Рис. 1. Схемы (в разрезе) основных видов отопительных приборов
а – радиатора чугунного секционного, б – радиатора стального панельного, в – регистра из гладких труб, г – конвектора с кожухом, д – ребристых труб:
1 – канал для теплоносителя, 2 – стальная пластина, 3 – чугунный фланец.

Радиатором принято называть конвективно-радиационный отопительный прибор, состоящий либо из отдельных колончатых элементов - секций с каналами круглой или эллипсообразной формы (секционные), либо из плоских блоков с каналами колончатой или змеевиковой формы (панельные).

Секционные радиаторы выпускают чугунные, алюминиевые, биметаллические.

Чугунные радиаторы представляют собой двухколончатые приборы средней высоты (монтажная высота $h_м$ = 500 мм), при этом секции изготавливают различной строительной глубины с различной длиной одной секции. Значение этих данных указывается в марке радиатора. Так, например чугунный секционный радиатор марки МС-140-108 имеет строительную глубину 140 мм, длина одной секции при этом составляет 108 мм.

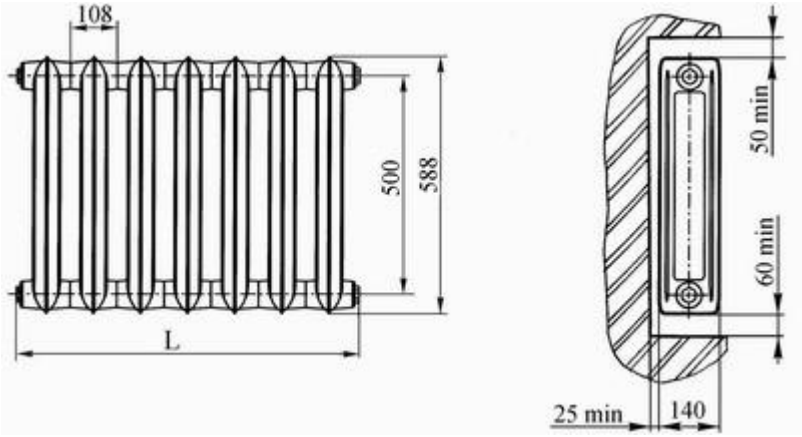

Рис. 2 Общий вид и вид сбоку чугунных секционных радиаторов марки МС-140-108

Преимущества данных радиаторов – компактность; повышенные теплотехнические показатели; стойкость к коррозии.

Недостатки – металлоёмкость (громоздкие, тяжелые), в связи с чем, затруднено изготовление и монтаж; непривлекательный внешний вид; сложность очистки от пыли.

Современные **алюминиевые и биметаллические радиаторы** состоят из разводящих коллекторов и теплопроводных каналов с внешним оребрением. За счет чего увеличивается площадь теплоотдающей поверхности радиаторов.

Внешне они мало чем отличаются. Алюминиевые радиаторы полностью изготовлены из алюминия и могут быть при этом литые цельные или секционные (в зависимости от способа изготовления). Биметаллические радиаторы изготавливают из двух металлов (стали и алюминия). При этом,

внутренние трубки, непосредственно контактирующие с теплоносителем, изготавливают из стали, а корпус из алюминия. Данное мероприятие повышает устойчивость радиаторов к коррозии.

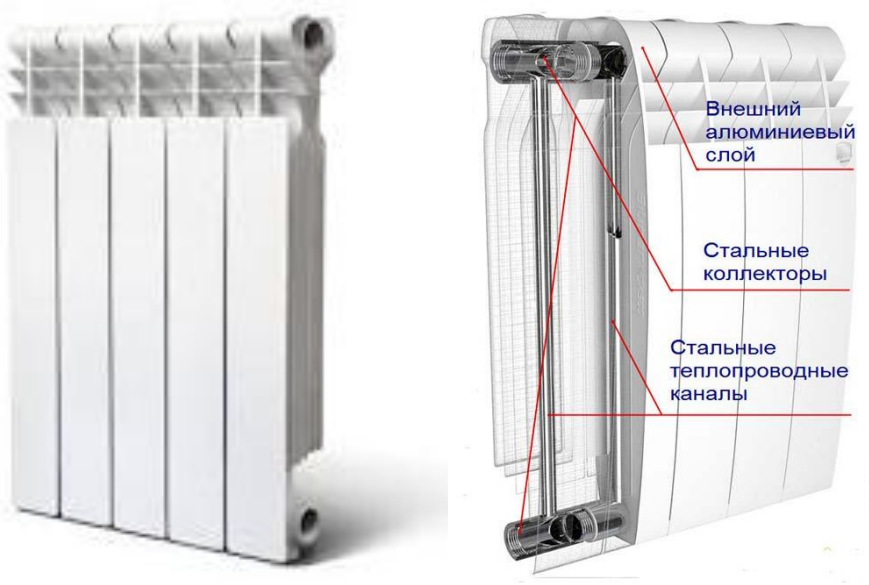

Рис. 3 Общий вид и разрез алюминиевых и биметаллических радиаторов

К положительным качествам алюминиевых и биметаллических радиаторов можно отнести легкость; компактность; высокие теплотехнические показатели; привлекательный внешний вид; высокое рабочее давление (пригодны для применения в централизованных системах отопления); биметаллические при этом в меньшей степени подвержены коррозии.

Основным недостатком алюминиевых радиаторов является коррозия алюминия в водной среде; малая тепловая инерция.

Стальной панельный радиатор представляет собой плоские блоки, свариваемые из двух штампованных стальных листов (толщина листа 1,4...1,5 мм), образующие приборы малой глубины и различной длины. Внутренние каналы панельных радиаторов (*Рис.4*) могут быть вертикальными колончатой формы, горизонтальными регистровой формы, или последовательно соединенными змеевиковой формы. Наружная поверхность такого радиатора может быть абсолютно гладкой или рельефной, что увеличивает площадь теплоотдающей поверхности отопительного прибора.

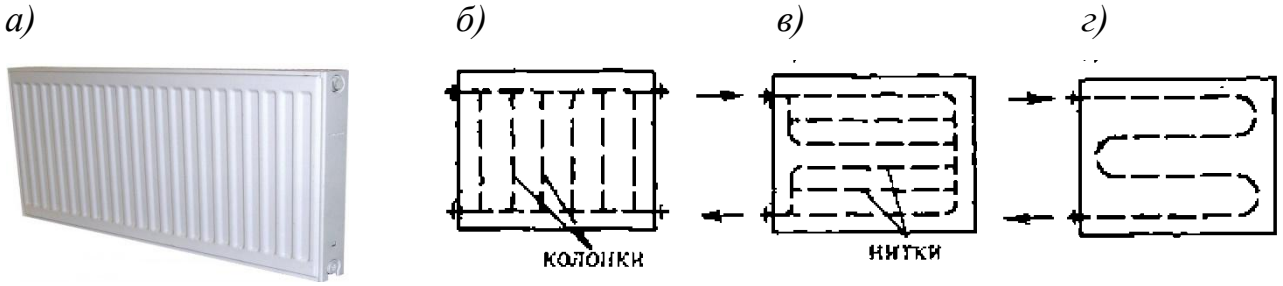

Рис. 4 Общий вид и схемы сечения каналов стального панельного радиатора а) стальной панельный радиатор (внешний вид), б)- каналы колончатой формы, в) - каналы регистровой формы, г) - каналы змеевиковой формы.

Панельный радиатор может состоять из одного, двух и трех параллельных блоков. Для увеличения конвективной составляющей теплоотдачи прибора между блоками может размещаться дополнительное оребрение. Количество плоских блоков и рядов оребрения в современной конструкции панельного радиатора, изготовленного по европейскому стандарту, указывается в его марке (соответственно марки 11, 22, 33).

К преимуществам стальных панельных радиаторов можно отнести - небольшую массу; увеличение излучательной способности; соответствие интерьеру отапливаемых помещений; легкость очистки от пыли; облегченный монтаж; механизацию производство.

К *недостаткам* - подверженность внутренней и внешней коррозии (в связи с чем, область их применения ограничена системами отопления с деаэрированной водой и помещениями с неагрессивной воздушной средой); небольшое рабочее давление; чувствительность к гидравлическим ударам.

В связи с перечисленными выше преимуществами и недостатками, панельные радиаторы рекомендуется использовать в индивидуальном и малоэтажном строительстве, а при наличии индивидуального теплового пункта — в зданиях любой этажности.

Панельные отопительные приборы также могут быть **бетонными,** тогда в качестве нагревательных элементов применяют металлические и неметаллические трубы, а сама бетонная поверхность является теплоотдающей.

Данный вид отопительных приборов рассмотрим подробнее в разделе Панельно-лучистое отопление.

Гладкотрубным называют конвективно-радиационный отопительный прибор, состоящий из нескольких соединенных вместе стальных труб, образующих каналы для теплоносителя змеевиковой или регистровой формы (*Рис.5*).

В регистре при параллельном соединении горизонтальных труб поток теплоносителя делится с уменьшением скорости его движения. В змеевике трубы соединены последовательно, и скорость движения теплоносителя не изменяется по всей длине прибора.

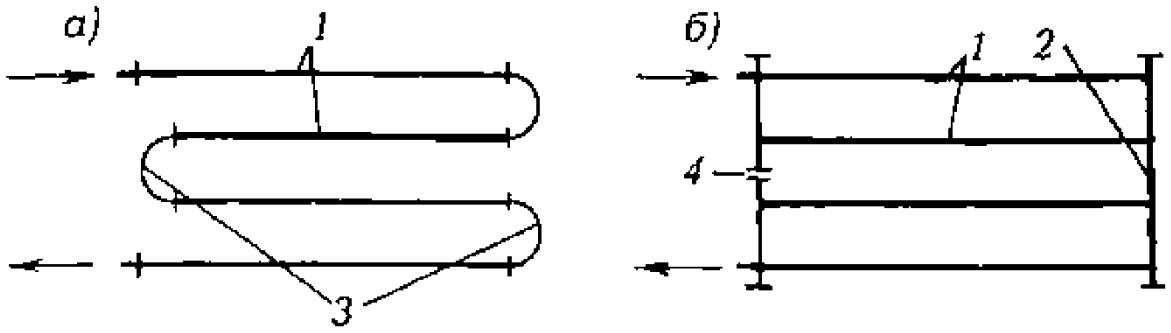

Рис. 5. Формы соединения труб в гладкотрубных отопительных приборах:
а - змеевиковая форма; б - регистровая форма;
1 - нитки; 2 - колонка; 3 - калачи; 4 – заглушка.

Преимущества гладкотрубных приборов - высокое значение коэффициента теплопередачи; легкость очистки от пыли.

Недостатки - тяжелые и громоздкие; занимают много места; внешний вид не соответствует современным требованиям, предъявляемым к интерьеру помещений.

Их применяют в тех случаях, когда не могут быть использованы отопительные приборы других видов (например, для обогревания производственных помещений, особенно, при значительном выделении пыли, гаражей и т.д.).

Конвектор – отопительный прибор, состоящий из двух элементов: трубчато-ребристого нагревателя и кожуха (*Рис.6*).

Кожух декорирует нагреватель и способствует повышению теплопередачи благодаря увеличению подвижности воздуха у поверхности нагревателя. Конвектор с кожухом передает в помещение конвекцией 90...95 % общего теплового потока. Прибор, в котором функции кожуха выполняет оребрение нагревателя, называют конвектором без кожуха. Нагреватель выполняют из стали, меди, алюминия и других металлов, кожух — из листовой стали.

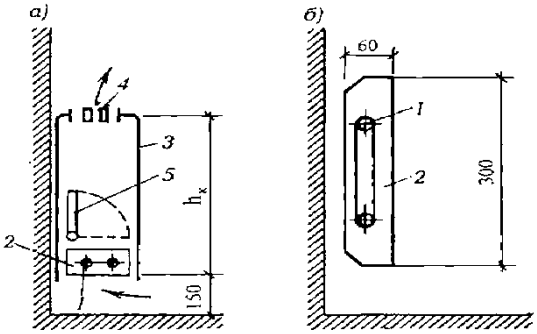

Рис. 6. Конструкция конвекторов: а - с кожухом; б- без кожуха;
1 - канал для теплоносителя; 2 - оребрение; 3 - кожух; 4 - решетка;
5 - воздушный клапан.

Преимущества конвекторов - простота изготовления; механизация и автоматизация их производства; сокращение трудовых затрат при монтаже; малая металлоемкость; конвекторы без кожуха занимают мало места по глубине помещений.

Недостатки - низкие теплотехнические показатели, вследствие чего необходимо устанавливать приборы в два ряда для получения необходимой площади нагревательной поверхности, что не соответствует архитектурно-строительным требованиям; не применяются при повышенных санитарно-гигиенических требованиях к отапливаемым помещениям.

Ребристой трубой называют конвективный прибор, представляющий собой фланцевую чугунную трубу, наружная поверхность которой покрыта

совместно отлитыми тонкими ребрами (*Рис.7*). Применяются ребристые трубы в основном во вспомогательных помещениях производственных зданий.

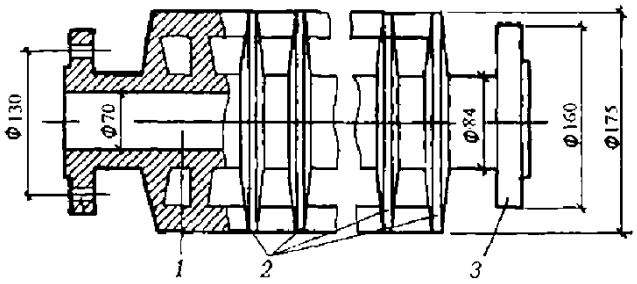

Рис. 7. Ребристая чугунная труба:
1 - канал для теплоносителя; 2 - ребра; 3 - соединительный фланец.

К их преимуществам можно отнести – компактность, по сравнению с гладкотрубным прибором; пониженную температуру поверхности ребер при использовании высокотемпературного теплоносителя; невысокую стоимость.

К недостаткам – малую эффективность в теплотехническом отношении; металлоемкость; неэстетичный внешний вид; малую механическую прочность ребер; трудность очистки от пыли.

3. Выбор и размещение отопительных приборов. Схемы присоединения к теплопроводам.

При выборе вида отопительного прибора следует прежде всего учитывать назначение помещения, особенности теплового режима помещения и соответствие санитарно-гигиенических показателей прибора предъявляемым требованиям, а также давление в системе отопления, качество теплоносителя, состав воздушной среды, архитектурно-технологическую планировку зданий.

При повышенных санитарно-гигиенических, а также противопожарных и противовзрывных требованиях к помещениям, рекомендуется выбирать отопительные приборы с гладкой поверхностью (радиаторы секционные или панельные, бетонные панели и гладкотрубные приборы). При обычных санитарно-гигиенических требованиях к помещениям можно использовать приборы как с гладкой, так и ребристой поверхностью.

В помещениях с кратковременным пребыванием людей (менее 2 часов), можно использовать отопительные приборы любого вида, но преимущественно с повышенными теплотехническими показателями.

В одной системе отопления допускается использование отопительных приборов различных видов, как правило, не более двух.

Размещать отопительные приборы рекомендуется у наружных стен под световыми проемами. При этом длина прибора должна составлять не менее 50-75 % длины оконного проема. Отопительные приборы всех типов устанавливаются на расстоянии не менее: - от пола – 60 мм, - от нижней поверхности подоконных досок (при их отсутствии – от низа оконного проема) – 50-100 мм, - от поверхности стены – 25-30 мм (*Рис. 8*).

При наличии в помещении двух и более наружных стен, отопительные приборы рекомендуется размещать у каждой из них для ликвидации нисходящего на пол потока холодного воздуха. Во всех случаях отопительные приборы должны быть расположены в местах, доступных для осмотра, ремонта и очистки.

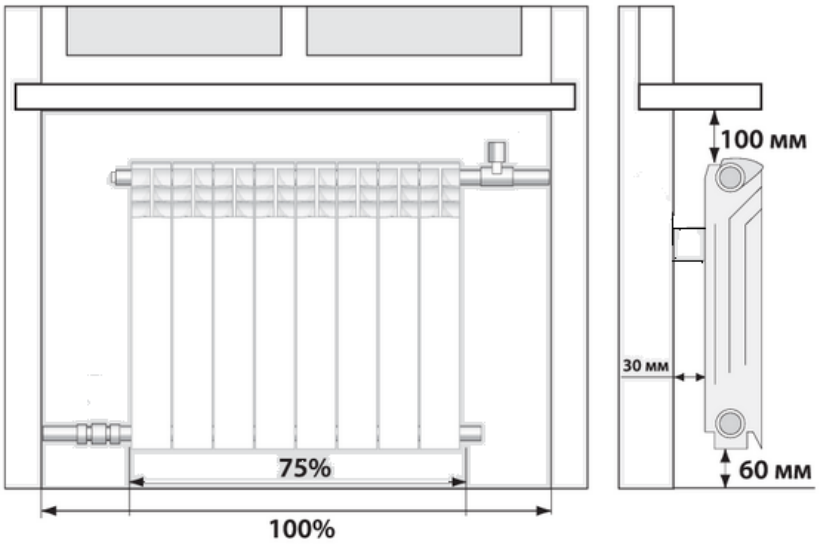

Рис. 8 Схема размещения отопительного прибора под световым проемом.

В лестничных клетках зданий до 12 этажей отопительные приборы можно размещать только на первом этаже на уровне входных дверей. В редких случаях часть приборов (до 20% в двухэтажных, до 30% в трехэтажных зданиях)

переносят на промежуточную лестничную площадку между первым и вторым этажами. Тип прибора при этом выбирают как для отопления основных помещений здания. Установка отопительных приборов и прокладка теплопроводов в объеме тамбура не допускается.

В зданиях лечебных, детских дошкольных и школьных учреждений отопительные приборы на лестничных клетках рекомендуется устанавливать на каждом этаже.

Отопление лестничных клеток не следует проектировать для зданий, оборудуемых системами квартирного отопления, а также для зданий с любыми системами отопления в районах с расчетной температурой наружного воздуха для холодного периода года минус 5 °С и выше.

Схемой присоединения отопительных приборов к теплопроводам называют способ соединения приборов или их нагревательных элементов с трубами, изменяющий условия подачи, растекания, внутренней циркуляции, слияния и отведения потоков теплоносителя.

В зависимости от способа подводки труб к отопительным приборам, схемы присоединения бывают:

1. *Односторонние.* При этом по схеме питания отопительного прибора односторонняя подводка бывает:

- сверху-вниз (в одно- и двухтрубной системе отопления с верхней разводкой);
- снизу-вверх (в однотрубной системе отопления с нижней разводкой);
- снизу-вниз (в горизонтальных системах отопления).

Преимущества: эстетичный внешний вид, меньший расход металла.

Недостатки: при большой длине прибора (для секционных радиаторов при количестве секций более 20 секций) плохое прогревание отдаленных от теплопровода участков.

2. *Разносторонние* - по схеме питания отопительного прибора бывает:

- сверху-вниз;
- снизу-вверх;

- снизу-вниз.

Преимущества: возрастает теплоотдача отопительных приборов (*Рис.9*), что особенно важно при большой длине отопительных приборов.

3. *На сцепке*. Присоединение приборов на сцепке позволяет уменьшить число стояков. Такое присоединение допускается в пределах одного помещения, или в случаях, когда присоединенный прибор находится на кухне, в коридоре, санузле или другом вспомогательном помещении.

Соединять «на сцепке» можно не более двух приборов. Приборы, соединенные «на сцепке» в теплотехнических и гидравлических расчетах рассматриваются как один прибор.

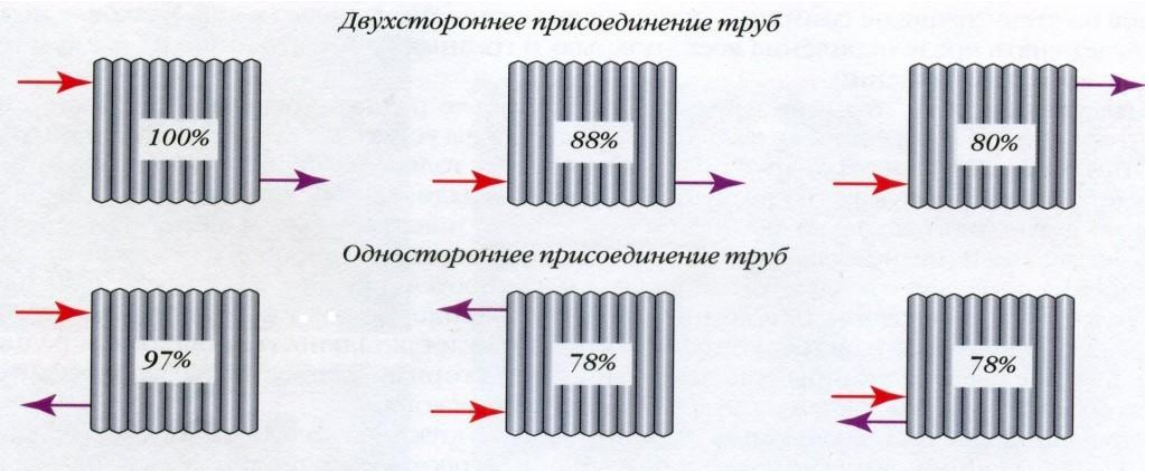

Рис.9 Изменение величины теплоотдачи отопительных приборов в зависимости от схемы присоединения к ним труб.

4. Теплопередача отопительных приборов

Процесс переноса необходимого количества тепла от теплоносителя в помещение осуществляется: от теплоносителя к стенке прибора конвекцией и теплопроводностью → через стенку – теплопроводностью → от стенки в помещение – конвекцией или излучением. Основным способом теплопередачи в большинстве случаев является преимущественно конвекция.

Интенсивность теплопередачи отопительного прибора характеризуется **коэффициентом теплопередачи $k_{пр}$**, который является основной теплотехнической характеристикой отопительных приборов и выражает

плотность теплового потока на внешней поверхности стенки, отнесенную к разности температур теплоносителя и воздуха отапливаемого помещения.

Основными факторами, определяющими величину коэффициента теплопередачи являются:

- тип отопительного прибора и его конструктивные особенности;
- температурный напор.

Тип отопительного прибора позволяет заранее определить возможную величину коэффициента теплопередачи. На рис. 10 показана область значений коэффициентов теплопередачи основных типов отопительных приборов при равном температурном напоре ($t_{ср} – t_в$ = 70°С).

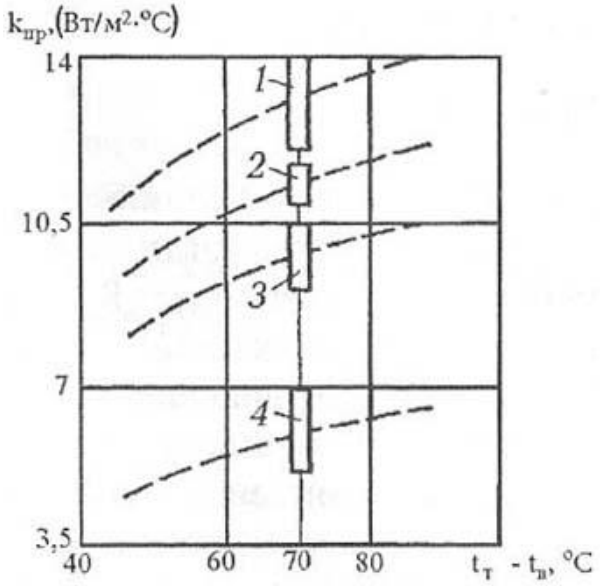

Рис.10 Области значений коэффициента теплопередачи основных типов отопительных приборов: 1- гладкотрубные приборы, 2 – радиаторы панельные, 3 – радиаторы секционные, 4 – конвекторы и ребристые трубы.

Второй основной фактор, определяющий величину коэффициента передачи в эксплуатационных условиях, - температурный напор $\Delta t_{ср}$, т.е. разность средней температуры теплоносителя в приборе $t_{ср}$ и температуры воздуха, окружающего прибор $t_в$:

$$\Delta t_{ср} = t_{ср} – t_в \qquad (2)$$

При этом наибольшему температурному напору соответствует наивысшее значение коэффициента теплопередачи (пунктирные линии на рис. 10).

К второстепенным факторам, влияющим на коэффициент теплопередачи отопительного прибора системы водяного отопления, относят:

- расход теплоносителя в приборе $G_{пр}$, от величины которого изменяются скорость движения и режим течения воды в приборе, т.е. условия теплоотдачи на его внутренней поверхности;

- схемы присоединения отопительных приборов с трубами (рис. 9);

- место размещения отопительного прибора в помещении;

- конструкция ограждения прибора (декоративные ограждения значительно снижают величину коэффициента теплопередачи);

- окраска прибора (состав и цвет краски могут изменять коэффициент теплопередачи в среднем на ±10%).

Вопросы для самопроверки

1. Перечислите требования, предъявляемые к отопительным приборам. Выделите наиболее важные из них.

2. По каким основным признакам классифицируются отопительные приборы?

3. Перечислите основные виды отопительных приборов. Выделите наиболее эффективные в теплотехническом отношении.

4. От чего зависит выбор и размещение отопительных приборов в отапливаемом помещении?

5. Какие существуют схемы присоединения отопительных приборов к теплопроводам системы отопления?

6. От каких факторов зависит величина коэффициента теплопередачи отопительных приборов?

2.2. ТЕПЛОПРОВОДЫ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ

План:

1. **Классификация теплопроводов систем отопления**
2. **Размещение теплопроводов в отапливаемом здании**

1. Классификация теплопроводов систем отопления

Трубы системы отопления – **теплопроводы** – предназначены для подачи в отопительные приборы и отвода из них необходимого количества теплоносителя.

В зависимости от материала изготовления теплопроводы бывают:

- *металлические (стальные, медные и др.),*

- *неметаллические (пластмассовые, стеклянные)*

Из **металлических** труб наиболее часто применяют стальные шовные (сварные) и реже стальные бесшовные (цельнотянутые) трубы.

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 строительные конструкции.

В системах отопления используют неоцинкованные (черные) стальные сварные водогазопроводные трубы (ГОСТ 3262-75*) Dy = 10-50 мм трех типов: легкие, обыкновенные и усиленные (в зависимости от толщины стенки). Усиленные толстостенные трубы применяют редко в уникальных долговременных 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. И стальные электросварные трубы (ГОСТ 10704-91*).

Медные трубы отличаются значительной коррозионной стойкостью и долговечностью, но они менее прочные и дороже стальных (поэтому применяются, в основном, в индивидуальном строительстве). Медные трубы выпускаются в виде прямых отрезков длиной 2-6 м или в бухтах длиной до 50

м, что значительно снижает стоимость монтажных работ и сроки монтажа систем отопления. Соединяются медные трубы методом сварки и пайки.

Пластмассовые трубы (изготовленные из полимерных материалов) отличаются стойкостью к коррозии и долговечностью (до 50 лет) с сохранением их первоначальных гидравлических свойств (шероховатости внутренней стенки и внутреннего диаметра). Также к преимуществам данных труб можно отнести их легкость (в 6-7 раз легче стальных), высокие шумопоглащающие свойства и пластичность. Пластмассовые трубы поставляются в бухтах и, в зависимости от фирмы-изготовителя, соединяются механическим обжимом, пайкой, сваркой, склейкой. Многолетняя практика использования труб из полимерных материалов в системах отопления выявила их существенный недостаток – высокую воздухопроницаемость стенок и насыщение теплоносителя кислородом, что отрицательно сказывается на работоспособности систем. Данного недостатки лишены **металлополимерные** (металлопластиковые) трубы, в стенках которых расположен защитный слой из тонкой алюминиевой фольги.

Трубы из малощелочного термостойкого стекла используют редко вследствие его хрупкости и ненадежности мест их соединений с отопительными приборами и арматурой.

В зависимости от назначения и месторасположения теплопроводы системы отопления разделяют на:

- *магистрали,*
- *стояки,*
- *подводки,*
- *горизонтальные ветви.*

В зависимости от места прокладки магистралей различают системы:

- *с верхней разводкой*, когда подающая (разводящая теплоноситель) магистраль (Т1) расположена выше отопительных приборов;
- *с нижней разводкой*, когда и подающая (Т1), и обратная (Т2) магистрали проложены ниже приборов.

Движение теплоносителя в подающих (разводящих) и обратных (сборных) магистралях может совпадать по направлению или быть встречным. *В зависимости от этого системы отопления называют:*

- *системами с тупиковым (встречным)*
- *и попутным движением воды в магистралях.*

Соединение теплопроводов между собой, с отопительными приборами и арматурой может быть:

- неразборным - сварным
- и разборным - резьбовым и фланцевым (болтовым).

Резьбовое разборное соединение предусматривают в основном у отопительных приборов и арматуры для их демонтажа в случае необходимости. Фланцевая арматура крупного размера и чугунные ребристые трубы соединяются болтами с фланцами, привариваемыми к концам стальных труб.

2. Размещение теплопроводов в отапливаемом здании

Прокладка отопительных труб в здании может быть открытой и скрытой. В основном применяется открытая прокладка, и в этом случае поверхность труб используется как нагревательная при тепловом расчете отопительных приборов.

По технологическим, гигиеническим или архитектурно-планировочным требованиям прокладка труб может быть скрытой: магистрали переносят в техническое помещение, стояки и подводки к отопительным приборам размещают в специально предусмотренных шахтах и каналах (штробах) в строительных конструкциях или наглухо заделывают (замоноличивают) в них. Замоноличенная (как правило, в заводских условиях) подводка или стояк играет роль бетонного отопительного прибора. При этом в местах расположения разборных соединений и арматуры устраивают лючки. Теплоотдача в помещение труб, проложенных в глухих бороздках стен, значительно меньше (примерно вдвое) теплоотдачи открытых теплопроводов.

При прокладке теплопроводов необходимо учитывать их температурное удлинение в процессе эксплуатации системы отопления. В среднем

установлено, что 1 м подающей стальной трубы предельно удлиняется при низкотемпературном теплоносители на 1 мм, обратной трубы – на 0,8 мм, а при высокотемпературном теплоносителе – на 1,75 мм. Поэтому, при размещении теплопроводов, особенно при применении высокотемпературного теплоносителя, необходимо предусматривать компенсацию удлинения труб.

Размещение подводки — соединительной трубы между стояком и прибором — зависит от вида отопительного прибора и положения стояка в системе отопления.

Для большинства отопительных приборов подающую подводку, по которой горячая вода или пар подаются в прибор, и обратную подводку, по которой охлажденная вода или конденсат отводятся из прибора, прокладывают горизонтально (при длине до 500 мм) или с некоторым уклоном (5—10 мм на всю длину) для удаления воздуха и спуска воды из прибора (при опорожнении стояка).

В горизонтальных проточных однотрубных системах отопления подводки к отопительным приборам выполняют одновременно функции стояка.

Компенсацию удлинения труб в горизонтальных ветвях однотрубных систем предусматривают путем изгиба подводок (добавлением «уток»). В ветвях между каждыми пятью-шестью приборами вставляют П-образные компенсаторы, которые рационально размещать в местах пересечения разводящей трубы внутренних стен и перегородок помещений.

Размещение стояка — соединительной трубы между магистралью и подводками — зависит от положения магистралей в системе отопления и размещения подводок к отопительным приборам. Это общее положение дополняется рядом условий, связанных с технико-экономическими и эксплуатационными показателями системы отопления,

Так, при размещении стояков в здании необходимо учитывать следующие рекомендации: располагать стояки в наружных углах помещений, обособлять стояки для отопления лестничных клеток, сокращать

протяженность стояков и расход металла на них, а также предусматривать повышение гидравлической устойчивости и тепловой надежности системы.

Стояки, как и отопительные приборы, располагают преимущественно у наружных стен — открыто, на расстоянии 35 мм от поверхности стен до оси труб. При скрытой прокладке стояков бесполезная потеря тепла больше, чем при открытой прокладке, поэтому обычно принимаются меры для уменьшения потери тепла. Так стояки в каналах (штробах) наружных стен рекомендуется покрывать тепловой изоляцией в зависимости от местных условий и конструкции стен. Главные стояки в шахтах или каналах всегда покрывают тепловой изоляцией, за исключением тех случаев, когда попутно передающееся через их стенки тепло может стать полезным для отопления помещений.

Двухтрубные стояки размещают на расстоянии 80 мм между осями труб, причем подающие стояки располагают справа (при взгляде из помещения). В местах пересечения стояков и подводок огибающие скобы устраивают на стояках (а не на подводках), причем изгиб обращают в сторону помещения.

Компенсацию удлинения стояков в малоэтажных зданиях обеспечивают естественными изгибами в местах присоединения к подающим магистралям (рис. 11 а). В более высоких зданиях (4-7 этажей) однотрубные стояки изгибают и в местах присоединения к обратной магистрали (рис. 11 б, в). В зданиях с числом этажей более 7, применяют дополнительные изгибы с выносом отопительных приборов от оси стояка или П-образные компенсаторы.

В местах пересечения междуэтажных перекрытий трубы заключают в футляр для предупреждения от механических повреждений и их свободного перемещения.

Горизонтальные однотрубные ветви – распределительные поэтажные трубы систем водяного отопления – размещают под отопительными приборами у пола на таком же расстоянии от поверхности стен, как и стояки, без уклона, при обеспечении скорости движения воды в них не менее 0,25 м/с.

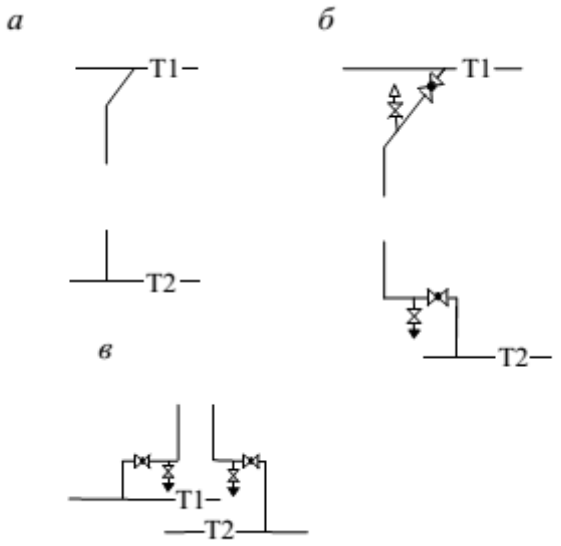

Рис. 11 Схемы присоединения стояков к магистралям систем отопления: а - малоэтажных зданий, б - многоэтажных зданий до семи этажей при верхней разводке, в – то же при нижней разводке.

Размещение магистрали — соединительной трубы между местным тепловым центром и стояками — зависит от назначения и ширины здания, вида принятой системы центрального отопления.

В промышленных зданиях магистрали целесообразно прокладывать в пределах рабочих помещений (если этому не препятствует технология производства) — под потолком, в средней зоне или у пола. В необходимых по технологии и конструкции здания случаях магистрали выносят в технические этажи и каналы.

В гражданских зданиях и вспомогательных зданиях промышленных предприятий магистрали систем отопления, как правило, размещают в чердачных и подвальных или технических помещениях.

В сравнительно узких гражданских зданиях (шириной до 9 м) магистрали можно прокладывать вдоль их продольной оси (рис. 12 а): одна магистраль для стояков у противоположных сторон узкого здания не вызывает перерасхода труб при соединении ее с каждым стояком. Так же размещают магистрали при стояках, находящихся у внутренних стен здания

В более широких гражданских зданиях (шириной более 9 м) рационально использовать две разводящие магистрали — вдоль каждой фасадной стены, в связи с чем не только сокращается протяженность труб, но и представляется возможным эксплуатационное регулирование теплоподачи отдельно для каждой стороны здания — пофасадное регулирование (рис. 12 б).

В чердачном помещении магистрали подвешивают на некотором расстоянии (1—1,5 м) от наружных стен (рис.12 б, в) для удобства монтажа и ремонта и для обеспечения при изгибе стояка естественной компенсации его температурного удлинения. В рабочих и подвальном помещениях, в техническом этаже и техническом подполье для экономии места магистрали укрепляют на их стенах.

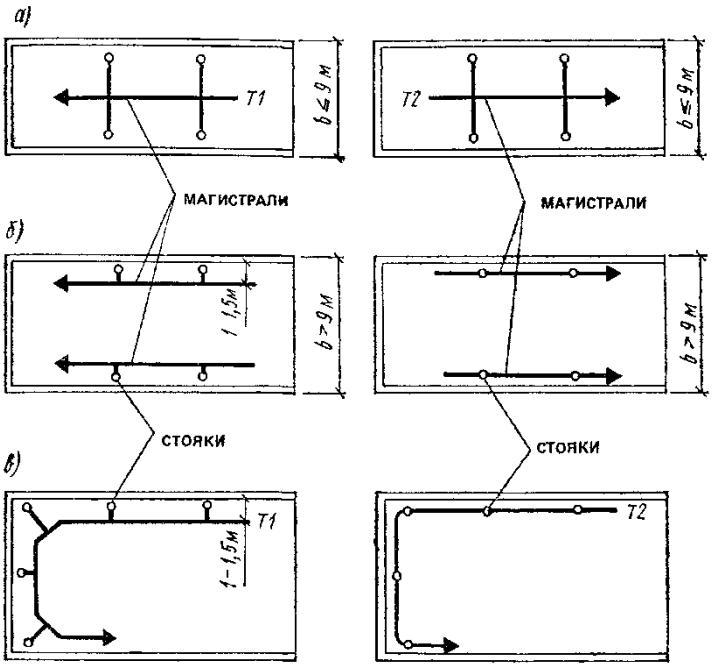

Рис. 12. Размещение магистралей систем отопления в чердачных (слева), подвальных и технических помещениях (справа) зданий: а - шириной до 9 м включительно, б - шириной более 9 м при тупиковом, в - и попутном движении теплоносителя в трубах.

Компенсация удлинений магистралей выполняется естественными изгибами, связанными с планировкой здания, на прямых участках значительной длины, особенно при применении высокотемпературного теплоносителя, устройством П-образных компенсаторов. При применении компенсаторов

необходимо размещение между ними неподвижных опор таким образом, чтобы тепловое удлинение участков магистралей между опорами не превышало 50 мм.

Магистрали систем водяного и парового отопления монтируются с определенным уклоном. В системах водяного отопления уклон необходим для отвода в процессе эксплуатации скоплений воздуха (в верхней части системы) и самотечного спуска воды из труб при опорожнении системы (в нижней части системы). В системах парового отопления уклон магистралей необходим для самотечного удаления конденсата как при эксплуатации, так и при опорожнении системы.

Магистрали систем водяного отопления при верхней разводке монтируются с уклоном против направления движения воды, для использования подъемной силы совместно с силой течения воды для удаления воздуха. В гравитационных системах допускается прокладка с уклоном по направлению движения воды.

Паропроводы рекомендуется прокладывать с уклоном по направлению движения пара, самотечные конденсатопроводы – в сторону движения конденсата, напорным конденсатопроводам уклон придается в любом направлении.

Рекомендуемый нормальный уклон (i) водяных магистралей в насосных системах, паровых и напорных конденсатных магистралей – 0,003, но не менее 0,002 в отдельных случаях. Минимальный уклон водяных подающих магистралей гравитационных систем, самотечных конденсатных магистралей – 0,005.

Вопросы для самопроверки

1. По каким признакам классифицируются теплопроводы систем отопления?

2. Сравните теплопроводы из различных материалов по эксплуатационным характеристикам.

3. Какие мероприятия применяют для компенсации температурных удлинений?

4. Перечислите основные принципы размещения подводок, стояков и магистралей в отапливаемом здании.

5. Каково назначение уклона магистралей в различных системах отопления? Каково минимальное значение?

2.3. ПЕРЕМЕЩЕНИЕ И УДАЛЕНИЕ ВОЗДУХА ИЗ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ

ПЛАН:

1. **Пути попадания воздуха в систему отопления**
2. **Мероприятия для сбора и удаления воздуха**

1. Пути попадания воздуха в систему отопления

В системах центрального отопления, особенно водяного, скопления воздуха (точнее газов) нарушают циркуляцию теплоносителя и вызывают шум и коррозию.

Воздух в системы отопления попадает различными путями:

- частично остается в свободном состоянии при заполнении их теплоносителем,

- подсасывается в процессе эксплуатации неправильно сконструированной системы,

- вносится водой при заполнении и эксплуатации в растворенном (точнее, в поглощенном, абсорбированном) виде.

В системе с деаэрированной водой возможно появление водорода с примесью других газов.

Количество свободного воздуха, остающегося в трубах и приборах при их заполнении, не поддается учету, но этот воздух в правильно сконструированных системах удаляется в течение нескольких дней эксплуатации.

Количество растворенного воздуха, вводимого в системы при периодических добавках воды в процессе эксплуатации (подпитках), определяется в зависимости от содержания воздуха в подпиточной воде. Холодная водопроводная вода может содержать свыше 30 г воздуха в 1 т воды, подпиточная деаэрированная вода из теплофикационной сети – менее 1 г. Поэтому всегда следует стремиться к заполнению и подпитке систем отопления деаэрированной водой.

Количество растворенного воздуха, переходящего в свободное состояние, зависит от температуры и давления воды в системе отопления.

Приведем зависимость растворимости кислорода воздуха от температуры чистой воды при атмосферном давлении (98,1 кПа):

Температура воды, ºС	5	30	50	70	90	95
Растворимость кислорода воздуха $\rho_а$, г/т	33	20	15	11	5	3

Следовательно, повышение температуры воды сопровождается значительным понижением содержания в ней растворенного кислорода, а также других газов, и в тех местах систем водяного отопления, где горячая вода находится под давлением, близким к атмосферному, из растворенного в свободное состояние переходит наибольшее количество газов.

Воздух в свободном состоянии занимает в системах водяного отопления значительный объем. Например, в системе отопления вместимостью $V_с$ = 7 м^3 воды воздух, выделяющийся при нагревании воды из водопровода от $t_{хол}$ = 5 ºС (растворимость кислорода воздуха соответственно $\rho_{а.хол}$ = 33 г/т) до $t_г$ = 95 ºС ($\rho_{а.гор}$ = 3 г/т, плотность воздуха при этом $\rho_г$==1,29 кг/м^3), будет иметь следующий объем:

$$V_{возд} = V_с ((\rho_{а.хол} - \rho_{а.гор}) / (10^3 \rho_г))\cdot((273 + t_г) / 273) =$$

$$= 7\cdot((33 - 3) / (10^3 \cdot 1{,}29))\cdot((273 + 95) / 273) = 0{,}22 \text{ м}^3$$

Такой объем воздуха может образовать «пробку» в трубе $D_у$50 протяженностью около 100 м, что нарушит циркуляцию теплоносителя.

2. Мероприятия для сбора и удаления воздуха

Существует *ряд мероприятий для сбора и удаления газов* из систем водяного отопления.

В системах отопления с верхней разводкой необходимо обеспечивать движение свободных газов к точкам их сбора. Точки сбора газов (и удаления их в атмосферу) следует назначать в наиболее высоко расположенных местах систем. Скорость движения воды в точках сбора должна быть менее 0,1 м/с, а длина пути движения воды с пониженной скоростью выбрана с учетом всплывания пузырьков и скопления газов для последующего их удаления. С этой целью подающие магистральные трубопроводы прокладывают с подъемом от главного к наиболее удаленному стояку, чтобы направление движения воды и воздуха (стремящегося к высшей точке системы) совпадало, и устанавливают в этих точках проточные воздухосборники (рис. 13) вертикальные или горизонтальные. В воздухосборнике, благодаря резкому понижению скорости, происходит отделение от воды мелких пузырьков воздуха, устремляющихся вверх и затем удаляющихся в атмосферу.

Минимально необходимый внутренний диаметр, $d_в$, мм, воздухосборника определяют исходя из скорости движения воды в нем менее 0,1 м/с, при которой пузырьки воздуха не будут уноситься из него потоком воды, по формуле:

$$d_в = 2G^{0,5} \qquad (3)$$

где G - расход воды, кг/ч.

Выбранный диаметр воздухосборника должен превышать диаметр магистрали, по крайней мере, в два раза. Длину горизонтального воздухосборника делают в 2...2,5 раза больше его диаметра.

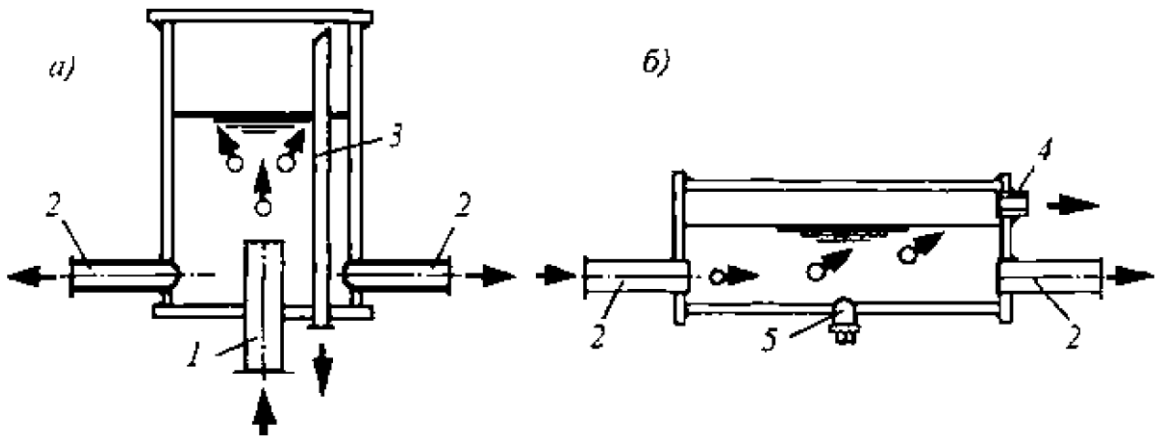

Рис. 13. Проточные воздухосборники:

а – вертикальный, на главном стояке, б – горизонтальный, на верхней подающей магистрали,

1 - главный стояк, 2 – магистрали, 3 - труба Dy15 (с краном) для выпуска воздуха, 4 - муфта Dy15 для воздуховыпускной трубы, 5 - муфта Dy15 с пробкой для удаления грязи.

Из воздухосборников газы удаляются в атмосферу периодически при помощи ручных спускных кранов или автоматических воздухоотводчиков (рис. 14).

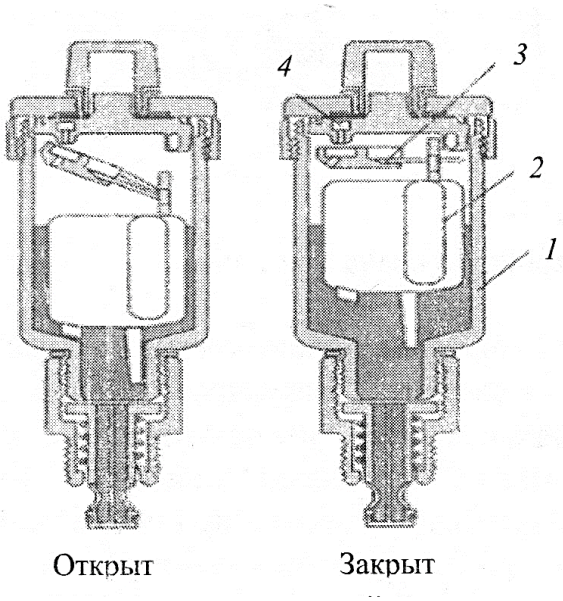

Рис. 14. Конструкция и принцип действия автоматического воздухоотводчика:

1 – латунный корпус, 2 – поплавок, 3 – рычаг, 4 – выпускной клапан.

Внутренний объем вохдухоотводчика спроектирован так, что при отсутствии воздуха поплавок держит выпускной клапан закрытым, но по мере накопления воздуха в поплавковой камере он опускается, открывая выпускной клапан. После удаления воздуха поплавок вновь поднимается, воздействуя на рычаг, закрывающий выпускной клапан.

Воздухоотводчик снабжен винтовыми запорными колпачками для предотвращения утечки воды в случае поломки.

В коллекторной системе отопления автоматические воздухоотводчики устанавливаются поэтажно на каждом коллекторе подающей линии системы отопления и водяного теплого пола как на самой высокой точке данного этажа.

Необходимо предусматривать выпуск воздуха из всех предполагаемых мест скопления: стояков, гребенок и сепараторов; а также из каждого отдельного отопительного прибора в системах отопления с нижней разводкой обеих магистралей, устанавливая в верхней точке прибора ручной воздухоотводчик – кран Маевского либо автоматический угловой воздухоотводчик (рис. 16 а, б, в).

В системах водяного отопления с нижней разводкой удаление воздуха также может происходить централизованно через специальные воздушные трубы (рис. 16 г, д, е)

Ручные воздухоотводчики (краны Маевского) (рис. 15) имеют латунный корпус. Их устройство характеризуется предельной простотой: канал сброса газа или воздуха открывается и закрывается вручную с помощью отвертки, посредством перемещения регулятора игольчатого типа. Встречаются также конструкции с использованием металлического шарика вместо игольчатого штока, который может фиксироваться в неподвижном положении, перекрывая канал сброса газа.

При централизованном удалении газов воздушные трубы стояков соединяются горизонтальной воздушной линией с петлей для устранения циркуляции воды в воздушной линии (рис. 16 г, д, е). Для периодического выпуска воздуха в воздушной петле помещают вертикальные воздухосборник

со спускным краном (рис. 16 д). Для непрерывного удаления воздуха воздушную петлю присоединяют к соединительной трубе открытого расширительного бака (рис. 16 е).

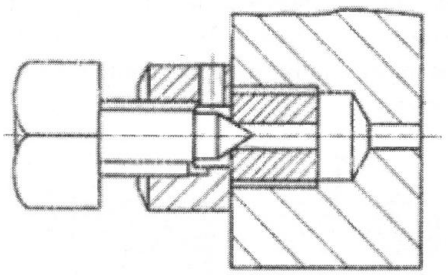

Рис. 15. Устройство крана Маевского

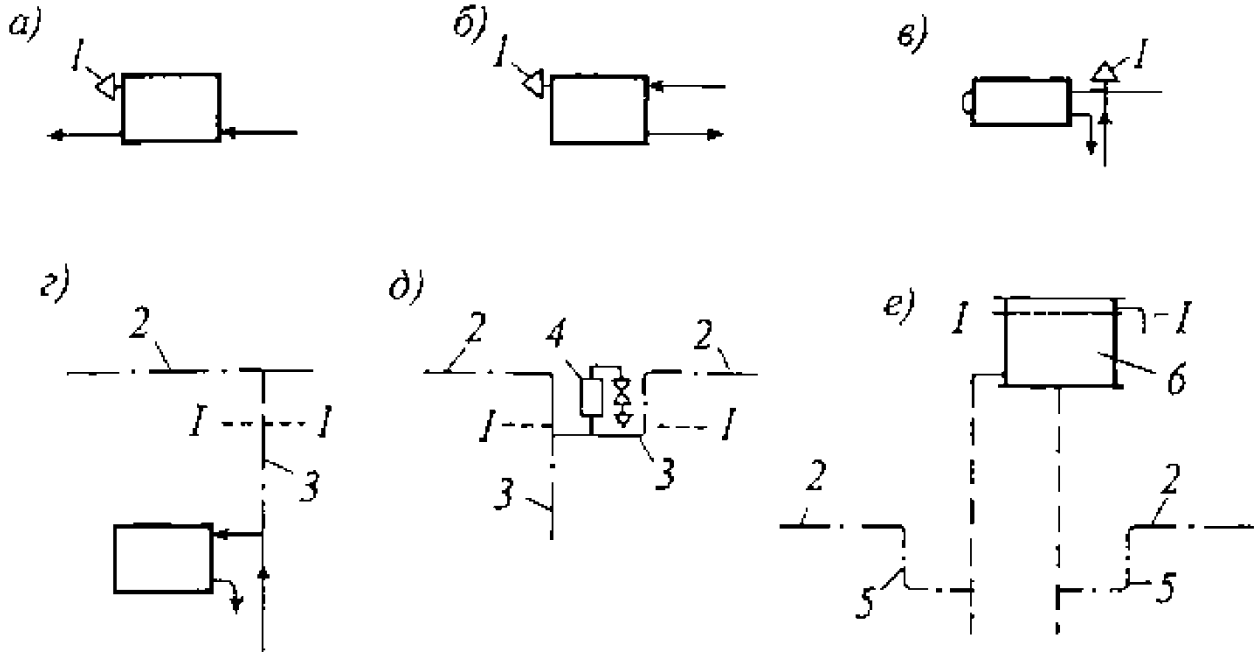

Рис. 16. Способы удаления воздуха из систем водяного отопления с нижней разводкой: а, б - через воздушный ручной или автоматический кран 1, установленный в верхней пробке с отверстием секционного или панельного радиатора; в - через кран 1, установленный на верхней подводке к конвектору; г, д - через воздушные трубы 2 и 3 с петлей 5 и непроточный воздухосборник 4; е - через открытый расширительный бак 6; I-I верхний уровень воды в стояках и расширительном баке

Вопросы для самопроверки

1. Каким образом наличие воздуха в системе отопления влияет на ее работу?
2. Какие мероприятия применяют для удаления воздуха из системы отопления?
3. Объясните принцип действия автоматического воздухоотводчика.

2.4. ЗАПОРНО-РЕГУЛИРУЮЩАЯ АРМАТУРА СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ

ПЛАН:

1. **Назначение и классификация запорно-регулирующей арматуры**
2. **Выбор и размещение запорно-регулирующей арматуры**

1. Назначение и классификация запорно-регулирующей арматуры

Арматура, устанавливаемая в системах отопления, в зависимости от своего *функционального назначения* подразделяется на следующие основные классы:

- *запорная* - предназначена для перекрытия потока рабочей среды с определенной герметичностью (цикл работы «открыто-закрыто»);
- *регулирующая* - предназначена для регулирования расхода путем изменения количества протекающей по трубопроводу рабочей среды;
- *запорно-регулирующая* совмещает в себе функции перекрытия и регулирования потоками;
- *защитная (отсечная)* предназначенная для автоматической защиты оборудования и трубопроводов от недопустимых или непредусмотренных технологическим процессом изменений параметров или направления потока рабочей среды, а также для отсечения потока.

По способу соединения с теплопроводами запорно-регулирующую арматуру систем центрального отопления разделяют на *муфтовую и фланцевую.*

Муфтовую арматуру (с резьбой на концах) устанавливают на трубах малого диаметра ($D_y \leq 40$ мм), фланцевую арматуру (с фланцами на концах) – на трубах большого диаметра (при $D_y \geq 50$ мм).

В зависимости от месторасположения в системе отопления запорно-регулирующую арматуру делят на:

- *арматуру в тепловом пункте*;
- *трубопроводную арматуру*, которую устанавливают на стояках, горизонтальных ветвях и магистралях систем отопления;
- *радиаторную арматуру*, устанавливаемую вплотную к приборам отопления (на подводках).

Для центральной и местной регулировки систем центрального отопления используют следующую запорно-регулирующую арматуру: параллельные задвижки, вентили, пробковые и шаровые краны, обратные клапаны и др.

2. Выбор и размещение запорно-регулирующей арматуры

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

Устанавливают задвижки на главных подающих и обратных магистралях, до и после (по ходу движения теплоносителя) теплообменников, циркуляционных и смесительных насосов, водоструйных элеваторов и других аппаратов, а также на обводных линиях.

Если кроме рабочего насоса установлен второй – резервный насос, то после каждого из них кроме запорных кранов или задвижек устанавливают обратные клапаны, которые предназначены для пропуска теплоносителя в одну сторону (рис. 17). Т.к. резервный насос должен находится при открытых кранах (задвижках), то обратный клапан предотвращает обратное движение воды через него к всасывающему патрубку работающего насоса. Помимо этого, обратный клапан устанавливается на тех трубных участках теплового пункта, где в процессе работы по каким-либо причинам может возникнуть нежелательный

противоток теплоносителя (например, на подпиточной линии или подмешивающей перемычке).

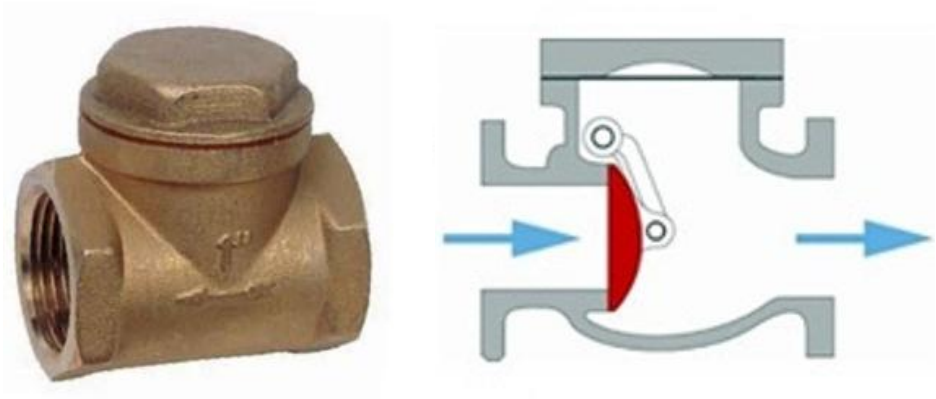

Рис. 17. Общий вид и схема работы обратного клапана системы отопления

Основная запорная арматура в тепловом пункте дополняется воздушными и спускными кранами в его повышенных и пониженных местах.

Трубопроводная арматура устанавливается на магистралях, стояках и горизонтальных ветвях системы отопления.

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 на трубах большого диаметра ($D_y \geq 50$ мм). В нижних местах на магистралях устанавливают спускные краны, в верхних местах водяных магистралей - воздушные краны или воздухосборники.

Арматура на стояках предназначена для полного отключения отдельных стояков, если требуется проводить ремонтные и другие работы во время отопительного 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 (пробковые) или шаровые краны и вентили. В настоящее время больше распространены шаровые краны различного диаметра, объясняется это их высокой надежностью (безотказностью в работе и долговечностью). Краны используют при температуре теплоносителя до 115ºС и небольшом гидростатическом давлении в системе. В высоких зданиях при гидростатическом давлении выше 1 МПа в нижней части стояков, вместо кранов используют более прочные и надежные в работе вентили (рис. 18). Вентили также используют на стояках при использовании в качестве теплоносителя пара или высокотемпературной воды. Предпочтительно применение вентилей с наклонным шпинделем («косых» вентилей), создающих меньшие гидравлические потери давления и шум по сравнению с «прямыми» вентилями.

а) *б)*

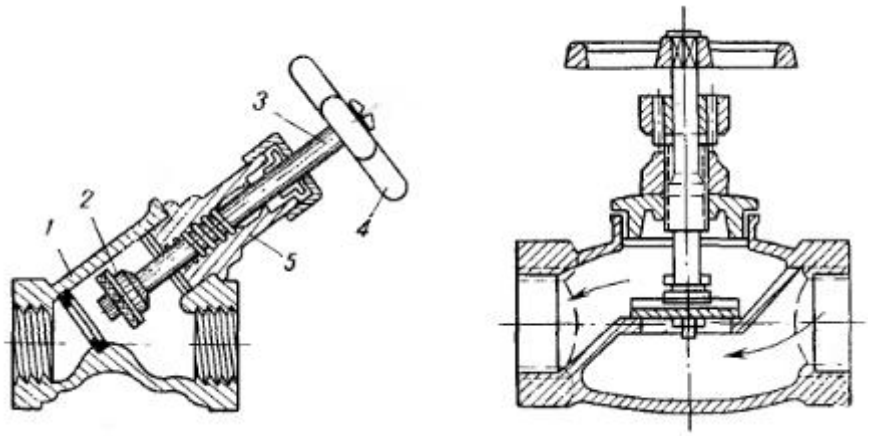

Рис. 19. Устройство вентиля:

а) с косым шпинделем, б) с прямым шпинделем

1 – корпус, 2 – золотник, 3 – шпиндель, 4 – маховик, 5 – крышка корпуса

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 (вентилями) размещают спускные проходные или шаровые краны (внизу стояков со штуцером для присоединения гибкого шланга).

Радиаторная арматура устанавливается непосредственно на подходах к отопительным приборам или на самих приборах. Радиаторная арматура предназначается для того, чтобы регулировать поток тепла в отопительные приборы посредством регулирования интенсивности потока теплоносителя.

В состав радиаторной арматуры входят:

- регулировочные краны;
- термостаты, терморегуляторы (термостатические клапаны);
- нижняя арматура, которая позволяет подсоединять прибор отопления к трубопроводу;
- сливные и запорные клапаны, которые позволяют отключать отдельный отопительный прибор без необходимости спускать воду из всей отопительной системы;
- воздухоотводчики (краны Маевского).

В двухтрубных система отопления применяют краны с повышенным гидравлическим сопротивлением, в однотрубных – с пониженным. Это необходимо для равномерности распределения воды по отопительным приборам в первом случае, и обеспечения затекания большего количества воды в приборы – во втором, что повышает среднюю температуру теплоносителя в приборах.

Установка регулирующей арматуры на подводка не всегда целесообразна. Ее не применяют во вспомогательных помещениях и в лестничных клетках зданий, вблизи дверей и ворот и др. местах, где существует опасность замерзания воды в труба и приборах.

На подводках двухтрубных систем отопления устанавливают краны двойной регулировки типа КРД (рис. 20 в), обычные - в малоэтажных зданиях, и дроссельные (с повышенным гидравлическим сопротивлением) – в многоэтажных.

У приборов однотрубных систем водяного отопления устанавливают два вида кранов: проходные краны типа КРП и трехходовые типа КРТ.

Если приборные узлы делаются с постоянно проточными замыкающими участками (рис. 20 а), то применяются краны типа КРП. Если приборные узлы делаются с обходными участками (рис. 20 б), предназначенными для частичного или полного выключения отопительных приборов, то применяются краны типа КРТ.

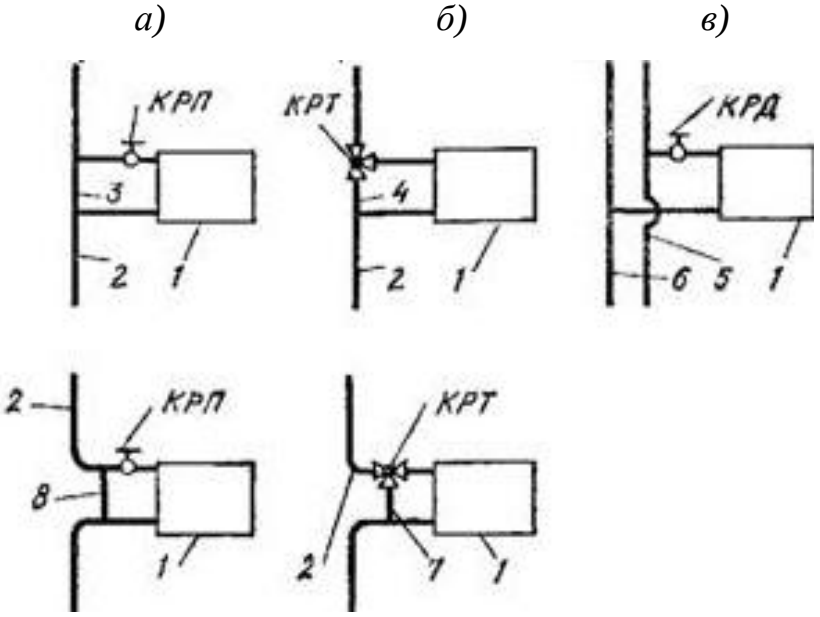

Рис. 20. Схема установки кранов на подводках к отопительным приборам: а, б, - однотрубная система отопления; в - двухтрубная система отопления; 1 - отопительные приборы; 2 - однотрубные стояки; 3 и 4 - осевые замыкающий и обходной участки; 5 и 6 - подающий и обратный стояки; 7 и 8 - смещенные обходной и замыкающий участки

В настоящее время для индивидуального регулирования теплоотдачи отопительных приборов систем водяного отопления применяют терморегуляторы (термоклапаны), обеспечивающие автоматическое изменение расхода теплоносителя через прибор. Терморегулятор состоит из регулирующего крана и специальной термоголовки (рис. 21). Основным управляющим элементом является термоголовка, которая устанавливается и фиксируется на клапане вместо снятого колпачка. Имея в своей конструкции сильфон, заполненный рабочей средой, реагирующей на изменение температуры, расширяясь или сжимаясь он способствует перемещению

клапана, таким образом изменяя количество теплоносителя, поступающего в отопительный прибор.

Терморегуляторы выпускаются с пониженным (для однотрубных систем отопления) и повышенным (для двухтрубных) гидравлическим сопротивлением.

Рис. 21. Терморегулятор с автоматическим регулированием:
1 – регулирующий кран; 2 - термоголовка;
3 - защитный колпачок

Вопросы для самопроверки

1. Как классифицируется арматура, устанавливаемая в системах отопления?

2. В каких местах и для чего в системах отопления устанавливают обратные клапаны?

3. Чем отличается радиаторная арматура, применяемая в однотрубных и двухтрубных системах отопления?

4. На чем основан выбор арматуры, устанавливаемой на стояках системы отопления?

5. Объясните принцип действия автоматического терморегулятора.

3 РАЗДЕЛ
ВОДЯНОЕ ОТОПЛЕНИЕ

3.1. СХЕМЫ ПРИСОЕДИНЕНИЯ СИСТЕМ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ К НАРУЖНЫМ ТЕПЛОВЫМ СЕТЯМ

ПЛАН:

1. **Общие положения**
2. **Зависимая прямоточная (без смешения) схема присоединения**
3. **Зависимая схема присоединения со смешением**
4. **Независимая схема присоединения**

1. Общие положения

В качестве источника теплоснабжения для системы отопления может служить местная (локальная) котельная (местное теплоснабжение) или районная котельная или ТЭЦ (централизованное теплоснабжение). В зависимости от этого изменяются оборудование местного теплового пункта системы отопления и ее принципиальная схема.

При централизованном теплоснабжении применяют три схемы (способа) присоединения местной системы водяного отопления к наружным тепловым сетям:

- зависимую прямоточную (без смешения воды);
- зависимую со смешением воды;
- независимую.

Выбор определенной схемы присоединения зависит от многих факторов:

- температуры воды в тепловой сети;
- давления в магистралях тепловой сети, зависящего от давления, развиваемого сетевыми насосами (на ТЭЦ или котельной);
- от протяженности сети, рельефа местности и других особых условий;
- перепада давлений в подающей и обратной магистралях тепловой сети и т. д.

Рассмотрим подробнее принципиальные схемы присоединения системы

водяного отопления к наружным тепловым сетям тремя различными способами.

2. Зависимая прямоточная (без смешения) схема присоединения

При зависимых схемах присоединения систем отопления они работают под давлением, близким к давлению в обратном трубопроводе тепловой сети. Циркуляция обеспечивается за счет перепада давлений в подающем и обратном трубопроводах. Этот перепад ΔP должен быть достаточен для преодоления сопротивления системы отопления и теплового узла с одной стороны, и не превышать предел прочности элементов системы отопления с другой.

Самой простой является *зависимая схема присоединения без смешения теплоносителя (рис. 22)*.

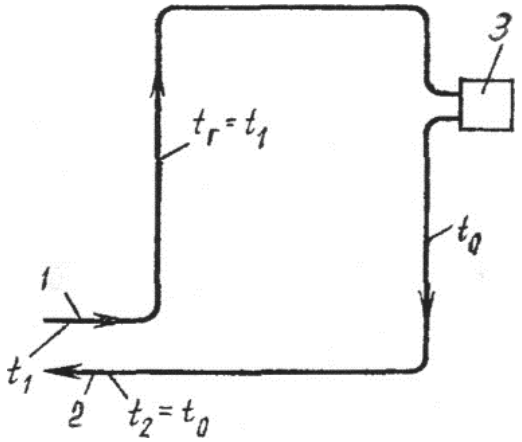

Рис. 22. Зависимая схема присоединения системы отопления к наружным тепловым сетям (без смешения):

1 - наружный подающий теплопровод, 2 - наружный обратный теплопровод, 3 - отопительный прибор.

При такой схеме присоединения теплоноситель из теплосети без снижения температуры (без смешения) подают потребителю, т.е. температура теплоносителя в системе отопления $t_г$ и в системе теплоснабжения t_1 совпадают, как правило, это значение не должно превышать значения 95-105°С (в зависимости от назначения здания).

Такое присоединение чаще всего применяют при маломощных котельных, предназначенных для зданий промпредприятий или небольшого населенного пункта без наличия ГВС.

При зависимой схеме без смешения теплоносителя используют наиболее простое и дешевое оборудование теплового пункта (устанавливают запорную арматуру и КИП, другого специального оборудования не требуется). Кроме того, благодаря максимальному использованию температурного перепада сетевой воды в отопительных приборах снижается расход воды на тепловом пункте и сокращается стоимость тепловой сети за счет уменьшения диаметров теплопроводов.

Однако в этой схеме давление сетевой воды передается на отопительные приборы. Данная схема приемлема, если давление в сети не превышает допустимого давления отопительных приборов по механической прочности (0,6— 0,9 МПа для чугунных радиаторов и 1,0 МПа для стальных конвекторов).

Основными недостатками зависимой прямоточной схемы являются невозможность местного регулирования температуры теплоносителя, а следовательно, зависимость теплового режима здания от температуры теплоносителя в наружном подающем теплопроводе. Высота зданий, в которых используют высокотемпературную воду, ограничена вследствие необходимости сохранить в системе гидростатическое давление, достаточно высокое для предотвращения вскипания воды.

3. Зависимая схема присоединения со смешением

Подавляющее большинство зданий присоединены по зависимой схеме со смешением теплоносителя (рис. 23) для понижения его температуры до значения $t_г<t_1$ допустимого в системе отопления с помощью смесительной установки, в качестве которой может применяться водоструйный элеватор или смесительный насос.

Схемы присоединения с элеватором широко распространены, так как они просты в конструктивном исполнении и безотказны в работе.

Для нормальной работы элеватора необходимо, чтобы разность давлений в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети на вводе в здание $\Delta p_{т.с.}$ была достаточна для преодоления гидравлических сопротивлений элеватора и системы отопления (обычно $\Delta p_{т.с.}$ = 0,08-0,12 МПа).

Такие схемы применяется для жилых и общественных зданий до 12 этажей.

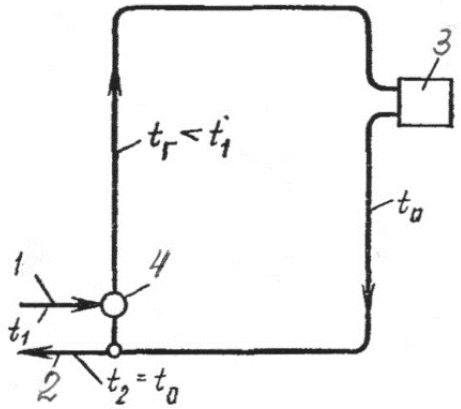

Рис.23 Зависимая схема присоединения системы отопления к наружным тепловым сетям (со смешением воды):

1 - наружный подающий теплопровод, 2 - наружный обратный теплопровод, 3 - отопительный прибор, 4 - смесительная установка.

Элеватор характеризуется постоянством коэффициента смешения и работает при постоянном гидравлическом режиме (т.е. работает при постоянном расходе, давлении и температуре теплоносителя), отсюда невозможность местного регулирования системы. Поэтому, в современных системах отопления, применение схем присоединения с элеватором нецелесообразно. Т.к. современные системы делают регулируемыми с установкой термостатов у отопительных приборов (для регулирования температуры) и балансировочных клапанов на стояках или горизонтальных ветвях (для регулирования перепада давления и расхода теплоносителя). Следовательно, гидравлический режим таких систем отопления будет переменным (что не совместимо с работой элеватора) и присоединять их следует к тепловой сети через смесительный насос.

Преимущества и недостатки данной схемы присоединения зависят от используемой смесительной установки.

Преимущества: небольшие капитальные вложения за счет меньшего набора оборудования, при использовании смесительного насоса – возможность местного регулирования.

Недостатки: прекращение циркуляции теплоносителя при отключении системы отопления от тепловых сетей, постоянство гидравлического режима при смешении через элеватор, т.е. невозможность регулирования, незащищенность системы отопления от повышения в ней гидростатического давления, передающегося через обратный теплопровод, до значения, опасного для целостности отопительных приборов и арматуры.

4. Независимая схема присоединения

Особого подхода в обеспечении работоспособности требуют инженерные системы высотных зданий и зданий, расположенных на возвышенности. Преимущественным способом является независимое подключение абонента, гидравлически отсоединяющее систему отопления от теплосети и минимизирующее аварийные ситуации.

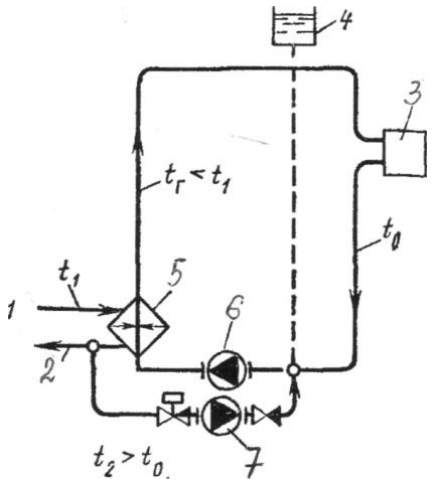

Рис.24 Независимая схема присоединения системы отопления к наружным тепловым сетям:

1,2- наружный подающий и обратный теплопровод, 3 - отопительный прибор, 4 - расширительный бак, 5 - теплообменник, 6 - циркуляционный насос, 7 - подпиточный насос.

Независимое присоединение системы отопления (рис. 24) применяют для создания местного теплогидравлического режима при $t_г<t_1$. Гидравлическое разделение теплосети от системы отопления осуществляют поверхностным теплообменником. Принимают такое решение при превышении давления в теплосети над допустимым давлением для системы отопления либо наоборот -

когда статическое давление системы превышает допустимый предел для теплосети. Кроме того, в обосновании выбора независимого присоединения все чаще становятся эксплуатационные требования работоспособности современных систем отопления. Условия эксплуатации насосов, поквартирных расходомеров, автоматических регуляторов, теплогидравлических параметров теплоносителя, терморегуляторов, штампованных стальных радиаторов в большинстве своем требуют применения качественного теплоносителя (без твердых примесей, без спуска воды из системы в теплый период года). Обеспечить такие условия возможно лишь при независимом подключении к теплосети.

Преимущества: собственный теплогидравлический режим, возможность регулирования, сохранение циркуляции теплоносителя при отключении системы отопления от тепловых сетей.

Недостатки: большие капитальные вложения при монтаже за счет многочисленного набора оборудования.

Общим условием применения зависимых и независимых схем присоединения является использование в системе отопления деаэрированной воды. Это не только упрощает удаление воздуха из системы отопления, но и увеличивает срок ее службы.

Вопросы для самопроверки

1. Какие существуют схемы присоединения систем отопления к наружным тепловым сетям? В чем их существенное различие?

2. С помощью какого оборудования осуществляется независимое присоединение системы отопления к тепловым сетям?

3. Какое оборудование используют в качестве смесительной установки? Чем обоснован выбор конкретного оборудования?

4. Какая из представленных схем присоединения является самой дешевой по набору оборудования?

5. Какая из представленных схем присоединения является самой надежной в эксплуатации? Объясните свой ответ.

3.2. СМЕСИТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

ПЛАН:

1. **Назначение смесительной установки, коэффициент смешения**
2. **Схемы применения смесительных насосов**
3. **Применение водоструйного элеватора**

1. Назначение смесительной установки, коэффициент смешения

Смесительную установку (смесительный насос или водоструйный элеватор) применяют в системе отопления для понижения температуры теплоносителя, поступающего из наружного подающего теплопровода, до температуры, допустимой в системе отопления $t_г$. Понижение температуры происходит при смешении высокотемпературной воды (при температуре t_1) с обратной (охлажденной до температуры t_o) водой местной системы отопления.

Высокотемпературная вода подается в точку смешения под давлением в наружном теплопроводе, созданным сетевым циркуляционным насосом на источнике тепла. Количество высокотемпературной воды G_1, кг, при известной тепловой мощности системы отопления Q_c, Вт, будет тем меньше, чем выше температура t_1.

——— (4)

где t_1, t_o – температура воды в наружном подающем теплопроводе и обратном теплопроводе системы отопления соответственно, °С,

с – теплоемкость воды, равная 4,2 кДж/кг°С.

Поток охлажденной воды, возвращающейся из местной системы отопления, делится на два: первый в количестве G_o направляется к точке смешения, второй в количестве G_2 в наружный обратный теплопровод. Соотношение масс двух смешиваемых потоков воды: охлажденной G_o и высокотемпературной G_l называют **коэффициентом смешения:**

$$u = \frac{G_o}{G_1} \tag{5}$$

Коэффициент смешения может быть выражен через температуру воды следующим образом:

$$u = \frac{t_1 - t_г}{t_г - t_o} \tag{6}$$

Смешение происходит в результате совместного действия двух аппаратов: циркуляционного сетевого насоса на тепловой станции и смесительной установки (насоса или водоструйного элеватора) в отапливаемом здании.

2. Схемы применения смесительных насосов

Смесительный насос можно включать в перемычку Б-А между обратной и подающей магистралями (рис. 25 а), в обратную (рис. 25 б) или подающую магистраль (рис. 25 в) системы отопления.

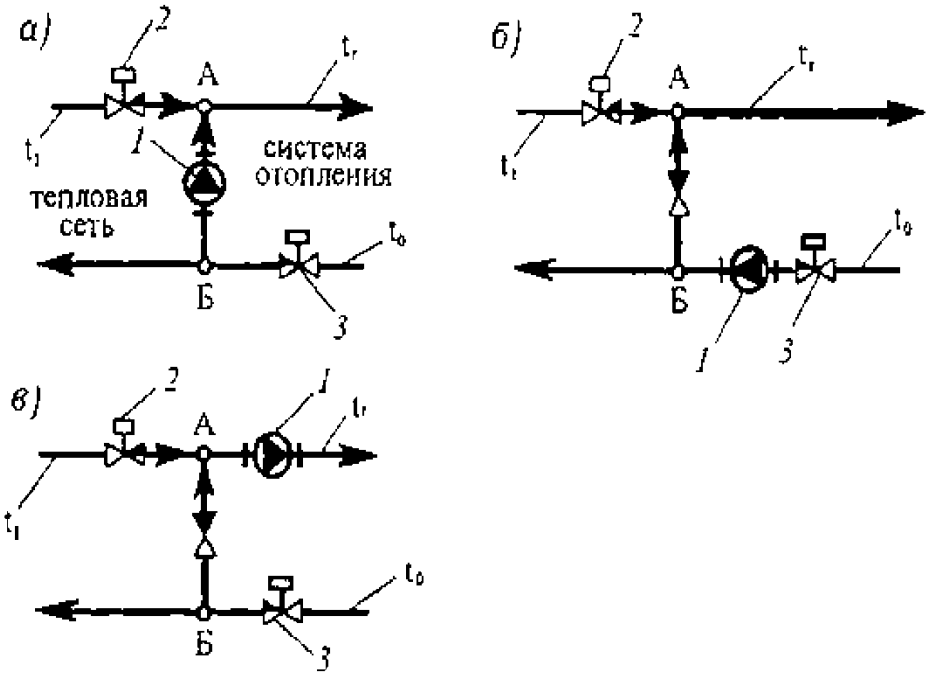

Рис. 25 Схемы смесительной установки с насосом:

а - насос на перемычке между магистралями; б - насос на обратной магистрали; в - насос на подающей магистрали;

1 - насос; 2 - регулятор температуры; 3 - регулятор расхода воды в системе отопления

Смесительный насос, включенный в перемычку, подает в точку смешения А воду, повышая ее давление до давления высокотемпературной воды. Таким образом, в точку смешения поступают два потока воды в результате действия двух различных насосов сетевого (на теплоисточнике) и местного (смесительного), включенных параллельно. Насос на перемычке действует в благоприятных температурных условиях (при температуре t_o<70 °С) и перемещает меньшее количество воды, чем насос на обратной или подающей магистрали (G_o<G_c),

где: $G_o = G_н = G_c - G_1$ – расход насоса,

G_c – расход системы отопления.

Насос на перемычке, обеспечивая смешение, не влияет на величину циркуляционного давления для местной системы отопления, которая определяется разностью давления в точках присоединения системы к наружным теплопроводам.

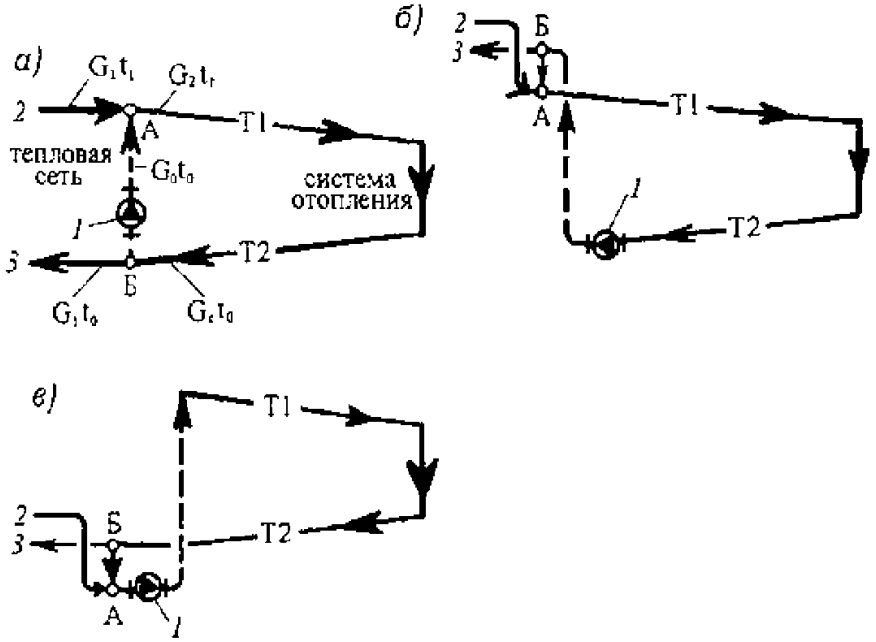

Рис. 26 Изменение давления в теплопроводах смесительной установки с насосом: а - насос на перемычке между магистралями;
б - насос на обратной магистрали; в - насос на подающей магистрали;
1 - насос; 2 и 3 - давление в наружных, соответственно,
подающем и обратном теплопроводах; А и Б - точки, соответственно,
смешения и деления потоков воды

Эпюра изменения давления в системе и в перемычке Б-А между магистралями в этом случае изображена на рис. 26 а. Где показано постепенное (условно равномерное) понижение давления в направлении движения воды в подающей (наклонная линия Т1) и обратной (наклонная линия Т2) магистралях, падение давления в системе отопления (сплошная вертикальная линия) и его возрастание под действием насоса в перемычке (пунктирная линия) до давления в точке А.

Смесительный насос включают непосредственно в магистрали системы отопления, когда разность давления в наружных теплопроводах недостаточна для обеспечения расчетного расхода воды в системе. Насос при этом, обеспечивая помимо смешения необходимую циркуляцию воды, становится циркуляционно-смесительным.

Насос на обратной или подающей магистрали (рис. 25 б, в) перемещает всю воду, циркулирующую в системе ($G_н$=G_c, при температуре t_o или $t_г$).

Включение насоса в общую магистраль системы отопления позволяет увеличить циркуляционное давление в ней до необходимой величины независимо от разности давления в наружных теплопроводах. Условия смешения воды аналогичны: в точку А поступают два потока воды (G_1 и G_o) также в результате действия двух насосов сетевого и местного с той лишь разницей, что насосы включаются последовательно (по направлению движения воды).

Изменение циркуляционного давления при действии системы отопления с циркуляционно-смесительным насосом, включенным в общую обратную магистраль, показано на рис. 26 б. Как видно, давление в системе ниже давления в наружных теплопроводах. Насос повышает давление воды до давления в наружном обратном теплопроводе. Давление в точке смешения А должно быть ниже давления в точке Б.

Насос, включаемый в общую подающую магистраль, предназначен не только для смешения и циркуляции, но и для подъема воды в верхнюю часть системы отопления высотного здания. Смесительный насос в этом случае

становится еще и циркуляционно-повысительным. Изменение гидравлического давления в этом случае изображено на рис. 26 в.

Смесительных насосов устанавливают обычно два с параллельным включением в теплопровод. Действует всегда один из насосов, второй резервный.

3. Применение водоструйного элеватора

Смешение воды может осуществляться и без местного насоса. В этом случае смесительная установка оборудуется водоструйным элеватором.

Водоструйный элеватор получил распространение как дешевый, простой и надежный в эксплуатации аппарат. Он сконструирован так, что подсасывает охлажденную воду для смешения с высокотемпературной водой и передает часть давления, создаваемого сетевым насосом на тепловой станции, в систему отопления для обеспечения циркуляции воды.

Водоструйный элеватор (рис. 27) состоит из конусообразного сопла, через которое со значительной скоростью протекает высокотемпературная вода при температуре t_1 в количестве G_1, камеры всасывания, куда поступает охлажденная вода при температуре t_o в количестве G_o, камеры смешения со смесительным конусом и горловины, где происходит смешение и выравнивание скорости движения воды, и диффузора.

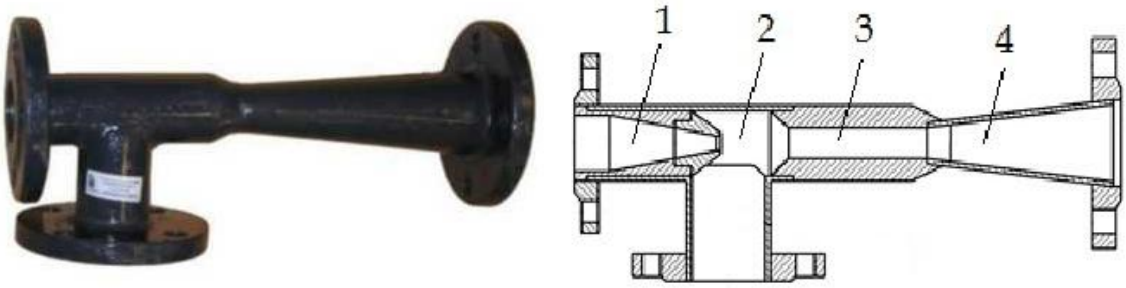

Рис. 27 Водоструйный элеватор:

1 - сопло; 2 - камера смешения; 3 - горловина; 4 – диффузор

Вокруг струи воды, вытекающей из отверстия сопла с высокой скоростью, создается зона пониженного давления, благодаря чему охлажденная вода перемещается из обратной магистрали системы в камеру всасывания. В

горловине струя смешанной воды двигается с меньшей, чем в отверстии сопла, но еще со значительной скоростью. В диффузоре при постепенном увеличении площади поперечного сечения по его длине гидродинамическое (скоростное) давление падает, а гидростатическое нарастает. За счет разности гидростатического давления в конце диффузора и в камере всасывания элеватора создается циркуляционное давление, необходимое для действия системы отопления.

Несмотря на широкое распространение, у элеватора есть ряд *недостатков*.

1. Низкий КПД. Достигая наивысшего значения (43 %) при малом коэффициенте смешения и особой форме камеры всасывания, КПД стандартного элеватора при высокотемпературной воде практически близок к 10 %. Следовательно, в этом случае разность давления в наружных теплопроводах на вводе в здание должна не менее, чем в 10 раз превышать циркуляционное давление ΔP_{co}, необходимое для циркуляции воды в системе отопления. Это условие значительно ограничивает давление, передаваемое водоструйным элеватором в систему из наружной тепловой сети.

2. Прекращение циркуляции воды в системе отопления при аварии в наружной тепловой сети, что ускоряет охлаждение отапливаемых помещений и замерзание воды в системе.

3. Постоянство коэффициента смешения, исключающее местное качественное регулирование (изменение температуры $t_г$) системы отопления.

Подбор элеватора осуществляют по диаметру камеры смешения $d_к$, мм, и диаметру сопла d_c, мм.

Вопросы для самопроверки

1. Каково назначение смесительной установки?
2. От чего зависит выбор места установки смесительного насоса?
3. Объясните принцип работы водоструйного элеватора.
4. Перечислите преимущества и недостатки водоструйного элеватора.

5. Что бы вы установили в качестве смесительной установки в системе отопления с терморегуляторами? Объясните свой выбор.

3.3. ЦИРКУЛЯЦИОННЫЙ НАСОС СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

ПЛАН:

1. **Общие сведения**
2. **Основные технические характеристики**
3. **Схемы установки на теплопроводах системы отопления**

1. Общие сведения

Циркуляционный насос – это насос, действующий в замкнутых кольцах систем водяного отопления, обеспечивая перемещение теплоносителя, создавая его циркуляцию, не обеспечивая при этом подъем воды.

В отличие от циркуляционного, насос в системе водоснабжения перемещает воду, поднимая ее к точкам разбора и называется **повысительным**.

В процессе заполнения и возмещения утечек воды в системе отопления используют специальные **подпиточные насосы**.

Также для обеспечения смешения теплоносителя в системах отопления при зависимом присоединении к наружным тепловым сетям используют **смесительные насосы**, рассматриваемые в п. 3.2.

Циркуляционные насос обычно включают в обратную магистраль системы отопления. Это не влияет на величину давления, создаваемого насосом, но увеличивает срок его службы, т.к. насос работает при более низких температурах. При необходимости немного понизить гидравлическое давление в теплообменнике или котле, циркуляционный насос можно включить и в подающую магистраль, если его конструкция рассчитана на перемещение более горячей воды.

В зависимости от развиваемого давления и количества теплоносителя, перемещаемого насосом, в системах отопления могут использовать бесшумные бесфундаментные насосы различной конструкции и фирм производителей (рис. 28 а) и высоконапорные центробежные насосы общепромышленного назначения, устанавливаемые на фундамент (рис. 28 б).

а) *б)*

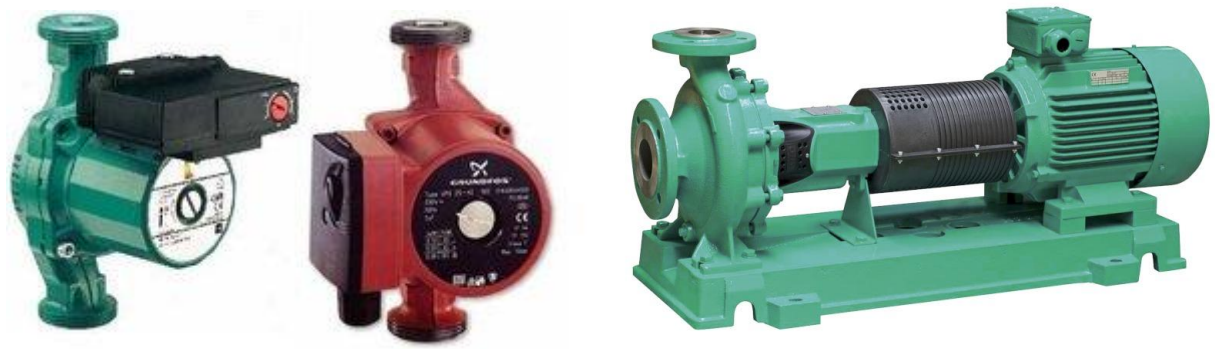

Рис. 28 Насосы циркуляционные для систем отопления:
а) бесфундаментные, б) общепромышленные

Высоконапорные насосы общепромышленного назначения имеют ряд недостатков по сравнению с бесфундаментными по монтажным и эксплуатационным показателям. Их необходимо устанавливать на фундамент, они создают излишний шум и вибрацию труб и строительных конструкций, а также потребляют большое количество электроэнергии.

В систему отопления обычно включают не менее двух одинаковых циркуляционных насосов, действующих попеременно: при работе одного из них, второй находится в резерве.

2. Основные технические характеристики

Циркуляционный насос подбирают по каталогам производителей с помощью номограмм или таблиц по основным техническим характеристикам.

К основными техническими характеристиками циркуляционного насоса относится мощность, которая определяется количеством перемещаемой воды и развиваемым при этом давлении, а также КПД насоса.

Количество воды, подаваемой насосом за определенный промежуток времени, отнесенное к этому промежутку (обычно к 1 часу), называют **подачей** насоса $L_н$, $м^3$/ч. В технике отопления объемную подачу насосом горячей воды называют **расходом** $G_н$, кг/ч:

$$G_н = \rho L_н, \quad (7)$$

где ρ – средняя плотность воды в системе отопления, кг/$м^3$.

Для циркуляционного насоса, включенного в общую магистраль, расход перемещаемой воды $G_н$равен общему расходу воды в системе отопления G_c, кг/ч, определяемый по формуле:

$$G_c = \frac{3{,}6 \cdot Q_c}{c \cdot (t_г - t_o)} \quad (8)$$

где: Q_c – тепловая мощность системы отопления, Вт;

с – удельная теплоемкость воды, равная 4,19 кДж/(кг·°С);

$t_г$ и t_o – температуры теплоносителя в подающем и обратном теплопроводе системы отопления, °С.

Циркуляционным давлением насоса $\Delta P_н$, Па, называют создаваемое насосом повышение давления в потоке воды, необходимое для преодоления сопротивления ее движению в системе отопления, в которую он включен. Циркуляционное давление насоса также называют **напором** Н и выражают в м вод. ст.

Практически циркуляционное давление насоса считают равным разности гидростатического давления в нагнетательном и всасывающем патрубках, Па:

$$\Delta P_н = P_{наг} - P_{вс}, \quad (9)$$

где: $P_{наг}$ и $P_{вс}$ – гидростатическое давление в потоке воде соответственно в нагнетательном и всасывающем патрубках, Па.

В вертикальных системах насосного водяного отопления кроме давления, создаваемого насосом, действует еще естественное циркуляционное давление $\Delta P_е$ (см. п. 3.5). Тогда, если известны потери давления при циркуляции воды в системе отопления ΔP_c, необходимое циркуляционное давление насоса $\Delta P_н$ можно выразить следующим образом:

$$\Delta P_н = \Delta P_с - \Delta P_е. \quad (10)$$

При этом, возможны *три случая* определения необходимого значения циркуляционного давления насоса.

Первый случай, когда потери давления в системе отопления $\Delta P_с$ определяются по итогам гидравлического расчета (см. методические указания [8]).

Второй – когда можно заранее выбрать типоразмер насоса, и тогда к значению его циркуляционного давления $\Delta P_н$ прибавить естественное циркуляционное давление $\Delta P_е$, и получившуюся сумму давлений использовать как исходное расчетное значение давления для проведения гидравлического расчета.

Третий – используемый при зависимых схемах присоединения систем отопления. В этом случае значение $\Delta P_н$ фактически задается как разность давлений в наружных теплопроводах в точках присоединения к ним системы отопления.

3. Схемы установки на теплопроводах системы отопления

Присоединение труб к циркуляционным насосам различно для бесфундаментных (рис. 29 а) и общепромышленных (рис. 29 б) насосов.

Установка общепромышленных насосов осуществляется на фундаменте, кроме этого необходимо дополнительное оборудование: обводная труба 6 с задвижкой, нормально закрытой, виброизолирующие вставки 5 (резиновые длиной около 1м, армированные спиральной проволокой), неподвижные опоры 4, препятствующие осевому растяжению резиновых вставок. Фундаменты общепромышленных насосов и электродвигателей также снабжают виброизолирующими прокладками и опорами.

На рисунке показана установка двух насосов: рабочего и резервного. В обоих случаях, задвижки до и после обоих насосов должны быть постоянно открыты, особенно если предусмотрено автоматическое переключение насосов (например, после непрерывного суточного действия). Обратный клапан препятствует циркуляции воды через бездействующий насос.

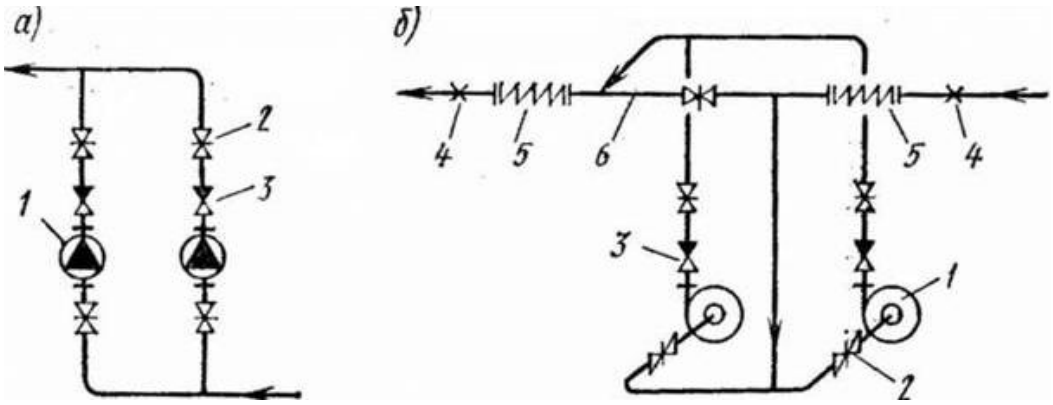

Рис. 29. Схемы присоединения труб к циркуляционным

а) бесфундаментным и б) общепромышленным насосам:

1 — насос, 2 — задвижка, 3 - обратный клапан, 4 — неподвижные опоры, 5 — виброизолирующие вставки, 6 — обводная труба с задвижкой.

Вопросы для самопроверки

1. Какие существуют виды насосов в зависимости от их назначения?
2. Чем отличаются бесфундаментные и общепромышленные насосы?
3. Что относится к основным техническим характеристикам насоса?
4. Как производится подбор циркуляционных насосов?

3.4. РАСШИРИТЕЛЬНЫЙ БАК СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

ПЛАН:

1. **Назначение и область применения расширительных баков**
2. **Открытые расширительные баки**
3. **Закрытые расширительные баки**

1. Назначение и область применения расширительных баков

Расширительный бак – это элемент системы водяного отопления, необходимый для компенсации избыточного объема и давления, возникающих при нагреве теплоносителя.

Существует два вида расширительных баков: открытые и закрытые.

Кроме принятия излишков теплоносителя, открытый расширительный бак, также выполняет следующие функции:

- служит для контроля за уровнем воды в системе отопления;
- для подпитки системы отопления в процессе эксплуатации;
- для удаления воздуха из системы отопления.

Кроме центральных и местных систем отопления, расширительные баки также применяются в системах охлаждения, в системах холодного и горячего водоснабжения.

2. Открытые расширительные баки

Открытые расширительные баки как правило применяют в системах отопления с естественной циркуляцией воды, т.е. в системах с низким рабочим давлением, но также они могут применятся и в насосных системах отопления. Их преимуществами являются экономическая доступность, долговечность и работоспособность.

Открытый расширительный бак устанавливается в самой верхней точке системы отопления (как правило на чердаке или лестничной клетке), и требует нанесения тепловой изоляции для компенсации бесполезных теплопотерь.

В связи с этим можно выделить следующие недостатки открытых расширительных баков:

- испарение теплоносителя в процессе эксплуатации из-за открытой конструкции, в связи с чем необходимо регулярно контролировать уровень воды в баке;
- при переохлаждении бесполезные теплопотери и подсос воздуха, что вызывает нарушения в работе системы отопления и внутреннюю коррозию элементов системы отопления.

Открытый расширительный бак изготавливается из листовой стали и бывает цилиндрической или прямоугольной формы. В корпусе бака имеется несколько патрубков (рис. 30). Расширительный патрубок служит для присоединения бака к обратной магистрали системы отопления.

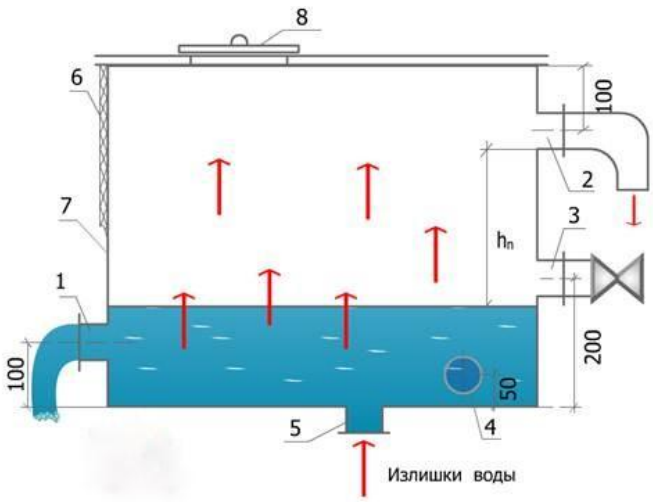

Рис. 30. Конструкция открытого расширительного бака

1, 2, 3, 4 – патрубки для присоединения соответственно, расширительной, переливной, контрольной и циркуляционной труб; 5 – патрубок с пробкой для слива воды; 6 – тепловая изоляция; 7 – корпус бака; 8 – крышка бака.

Циркуляционный патрубок служит для обеспечения циркуляции воды в баке, через которую отводится охлажденная вода в систему отопления и присоединяется так же к обратной магистрали системы отопления. Переливной патрубок служит для присоединения с переливной трубой, сообщающейся с атмосферой. Контрольный патрубок служит для присоединения с контрольной трубой, выведенной к раковину в тепловом пункте, с помощью которой проверяется наличие воды в баке. Контрольная труба снабжается краном.

В насосной системе отопления расширительную и циркуляционную трубы присоединяют к общей обратной магистрали перед всасывающей стороной циркуляционного насоса на расстоянии не менее 2 метров для надежной циркуляции воды в баке.

Полезный объем $V_{пол}$, м^3(л), открытого расширенного бака ограниченной высотой $h_п$ (рис. 30) должен соответствовать приросту объема воды при ее нагревании и определяется по формуле:

$$V_{пол} = kV_{с.о}, \qquad (11)$$

где: k – коэффициент объемного расширения воды определяется по таблицам или рассчитывается по формуле:

$$k = \beta\Delta t \qquad (12)$$

где: β – среднее значение коэффициента объемного расширения воды (β=0,0006 1/°С);

Δt – изменение температуры воды от начальной до средней расчетной, °С.

$V_{с.о.}$ – общий объем воды в системе отопления, $м^3$(л), при начальной температуре определяется по формуле:

$$V_{с.о.} = \Sigma V_i Q_{с.о}, \qquad (13)$$

Где ΣV_i - суммарный объем воды в отдельных элементах системы отопления (отопительных приборах, трубах, источнике тепла), $м^3$/кВт

$Q_{с.о.}$ – расчетная тепловая мощность системы отопления, кВт.

Если объем теплоносителя в системе отопления неизвестен, то можно посчитать приближенно 15 л на каждый 1 кВт мощности системы.

3. Закрытые расширительные баки

В настоящее время более распространенными являются **закрытые расширительные баки** с воздушной (газовой) камерой, находящийся под переменным, но строго ограниченным избыточным давлением. Такие расширительные баки применяются в закрытых системах отопления с насосной циркуляцией и как правило устанавливаются непосредственно в помещении котельной или теплового пункта. Наиболее правильным местом установки закрытого расширительного бака является обратная магистраль со стороны всасывания циркуляционного насоса.

Главным элементом закрытого расширительного бака является мембрана, разделяющая газовую и водяную часть бака, и предназначенная для компенсации давления при расширении теплоносителя во время его нагрева.

Мембрана закрытого расширительного бака может быть двух видов: в виде диафрагмы или в виде баллона (рис. 31).

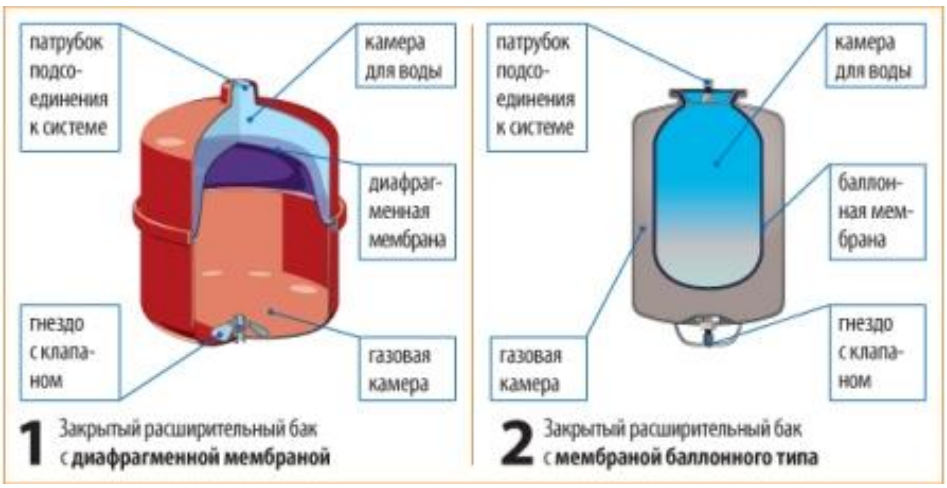

Рис. 31. Устройство закрытого расширительного бака

Принцип работы закрытого расширительного бака показан на рис. 32. С повышением температуры излишки расширяющегося теплоносителя попадают в камеру для воды. Объём воздушной камеры при этом уменьшается, а давление в ней увеличивается за счет сжатия, что компенсирует высокое давление в системе. При снижении температуры теплоносителя наблюдается обратный процесс. При достижении максимально допустимого значения давления срабатывает предохранительный клапан.

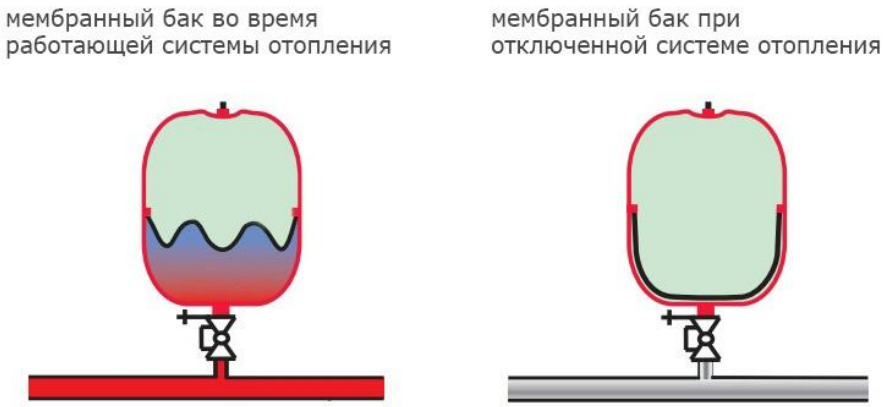

Рис. 32. Принцип работы закрытого расширительного бака

Закрытые расширительные баки отличаются от открытых следующими преимуществами:

- исключается контакт теплоносителя с воздухом, что значительно уменьшает процесс внутренней коррозии системы отопления;

- удобство размещения и меньшие размеры;

- простота монтажа в сравнении с баком открытого типа;

- меньший расход труб, в связи с установкой непосредственно в котельной (тепловом пункте);

- исключается дополнительное утепление и снижается бесполезная потеря тепла;

- герметичность бака исключает испарение теплоносителя.

В связи с данными преимуществами, при правильной подборе и установке закрытого расширительного бака мембранного типа значительно повышается экономичность и надежность системы отопления.

Объем закрытого расширительного бака, $м^3$ (л), определяется по формуле:

$$V_{з.б.} = (kV_{с.о.})/q, \quad (14)$$

где: k и $V_{с.о.}$ – то же, что в формуле (11);

q — коэффициент эффективности мембранного бака, может быть указан производителем, или определяется по следующей формуле:

$$q = (P_{max} — P_{нач})/P_{max} \quad (15)$$

где: P_{max} – это максимально допустимое давление в системе в месте установки расширительного бака (для автономных систем отопления это значение обычно не превышает 3 бар);

$P_{нач}$ — это начальное давление мембранного бака при закачке газа. Рассчитывается исходя из 1,0 бар на каждые 10 метров системы (расчетное значение округляется в большую сторону от статистической высоты системы отопления с кратностью 0,5 бар).

Для правильной работы системы отопления расчет объема расширительного бака должен производиться с допустимым приближением. Для этого рекомендуется применять коэффициент безопасности, равный 25%.

Вопросы для самопроверки

1. Каково основное назначение расширительного бака?

2. В чем принципиальное отличие открытого и закрытого расширительного бака?

3. Объясните принцип работы закрытого расширительного бака.

4. По какому параметру производится подбор расширительного бака?

3.5. РАСЧЕТНОЕ ДАВЛЕНИЕ В СИСТЕМЕ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

ПЛАН:

1. **Динамика давления в системе водяного отопления**
2. **Естественное циркуляционное давление**
3. **Расчетное циркуляционное давление в системе насосного водяного отопления**

1. Динамика давления в системе водяного отопления

Давление в каждой точке замкнутых циркуляционных колец системы отопления в течение отопительного сезона непрерывно изменяется вследствие непостоянства плотности воды и циркуляционного давления.

Исходное значение давления соответствует гидростатическому давлению в каждой точке системы в состоянии покоя. Наибольшие изменения давления в системе происходят при циркуляции максимального количества воды, температура которой достигает предельного значения при расчетной температуре наружного воздуха. Сравнивая крайние значения при этих двух гидравлических режимах, можно судить о динамике давления в каждой точке при действии системы отопления в течение отопительного сезона.

Изменение давления в горизонтальных и вертикальных трубах системы водяного отопления различны. Так, **в горизонтальной трубе** при движении воды происходит изменение давления в потоке только за счет потерь давления на трение. **В вертикальной трубе** при движении воды **сверху-вниз** происходит изменение гидростатического давления как за счет потерь давления на трение, так и в следствии изменения положения сечений потока по отношению к свободной поверхности воды, таким образом гидростатическое давление возрастает. **В вертикальной трубе** при движении воды **снизу-вверх**

гидростатическое давление уменьшается в результате уменьшения вертикального расстояния сечений потока от свободной поверхности воды и потерь давления на трение.

Изменение давления в системе отопления рассматривают для выявления мест, с чрезмерно низким или высоким давлением, вызывающим нарушение циркуляции воды или разрушение отдельных элементов системы. Это позволяет предусматривать мероприятия, обеспечивающие нормальное функционирование системы в течение всего отопительного сезона.

Одним из таких мероприятий является гидравлический расчет системы отопления. Правильный гидравлический расчет предопределяет работоспособность системы отопления.

Гидравлический расчет производят с целью определения оптимального диаметра труб, достаточного для подачи необходимого количества теплоносителя в отопительные приборы и преодоления гидравлического сопротивления системы отопления.

Гидравлическое сопротивление системы должно при этом соответствовать действующей разности давления, а в расчетных условиях циркуляции воды расчетному располагаемому давлению системы отопления.

2. Естественное циркуляционное давление

Естественное циркуляционное давление является одним из составляющих расчетного циркуляционного давления в системе водяного отопления. Причиной его возникновения является разница величины плотности воды в двух вертикальных столбах жидкости равной высоты h, соединенных в единое циркуляционное кольцо. Естественное давление возникает при разной температуре воды (горячей и охлажденной) в этих столбах, что и определяет разницу их плотности.

Таким образом, величину естественного циркуляционного давления ΔP_e, Па, можно определить по следующей формуле:

$$\Delta P_e = \rho_o gh - \rho_г gh = gh(\rho_o - \rho_г) \qquad (16)$$

где: $\rho_о$, $\rho_г$ – плотность охлажденного и горячего теплоносителя, кг/м^3, соответственно;

g – ускорение свободного падения, 9,81 м/с^2;

h – высота вертикального столба жидкости, м.

из данного уравнения видно, что естественное циркуляционное давление может возникать только в вертикальных кольцах циркуляции, а в горизонтально расположенных системах отопления это давление отсутствует, т.к. h = 0.

Охлаждение воды в системе отопления происходит непрерывно по мере удаления от теплоисточника, на выходе из которого температура воды имеет максимальное значение, и заканчивается при возвращении ее обратно к теплоисточнику. Постепенное остывание воды в теплопроводах сменяется быстрым охлаждением ее в отопительных приборах. Поэтому общее естественное циркуляционное давление, возникающее в системе, можно рассматривать как сумму двух величин: давления $\Delta P_{е.пр}$, образующегося вследствие охлаждения воды в отопительных приборах, и давления $\Delta P_{е.тр}$, вызываемого охлаждением воды в трубах:

$$\Delta P_е = \Delta P_{е.пр} + \Delta P_{е.тр} \quad (17)$$

В большинстве случаев — в системах отопления многоэтажных зданий — первое слагаемое является основным по значению, второе — дополнительным. В частном случае — в одноэтажных зданиях — основным является $\Delta P_{е.тр}$.

Определение естественного циркуляционного давления, возникающего вследствие охлаждения воды в приборах $\Delta P_{е.пр}$ связано с видом системы отопления и ее конструктивных схем.

При определении естественного циркуляционного давления, вызываемого охлаждением воды в трубах $\Delta P_{е.тр}$, исходят из того, что вода охлаждается при теплопередаче только через стенки труб.

3. Расчетное циркуляционное давление в системе насосного водяного отопления

Под расчетным, понимают то значение общего циркуляционного давления, которое необходимо для поддержания расчетного гидравлического режима в системе отопления. **Расчетное циркуляционное давление** выражает располагаемую разность давления (насосного и естественного), которая в расчетных условиях может быть израсходована на преодоление гидравлического сопротивления движению воды в системе отопления.

Разность давления, создаваемая насосом (насосное циркуляционное давление), постоянна в определенной рабочей точке системы. Естественная разность давления (естественное циркуляционное давление) переменна и подвержена непрерывному изменению в течение отопительного сезона из-за возрастания или убывания различия в плотности воды в разных частях системы.

Следовательно, общее циркуляционное давление также переменно, и задачей является выбор его значения в качестве расчетного.

Расчетное циркуляционное давление $\Delta P_Р$, Па, в системе водяного отопления в общем виде можно определить по формулам:

$$\Delta P_р = \Delta P_н + Б \Delta P_е \qquad (18)$$

или

$$\Delta P_р = \Delta P_н + Б(\Delta P_{е.пр} + \Delta P_{е.тр}) \qquad (19)$$

где: $\Delta P_н$ – циркуляционное давление, создаваемое насосом или передаваемое в систему отопления через смесительную установку,

Б – поправочный коэффициент, учитывающий значение естественного циркуляционного давления в период поддержания расчетного гидравлического режима в системе (Б≤1).

Воздействие переменного естественного циркуляционного давления вызывает отклонение от расчетного гидравлического режима системы, что отражается на количестве протекающей воды и в итоге на теплопередаче приборов.

По характеру воздействия естественного циркуляционного давления на расход воды все насосные системы отопления многоэтажных зданий можно разделить на две группы:

- вертикальные однотрубные и бифилярные;

- горизонтальные однотрубные и бифилярные, двухтрубные системы.

Расчетный гидравлический режим в этих группах систем приурочен к различным периодам отопительного сезона.

Для вертикальных однотрубных и бифилярных насосных систем (а также для любого вида систем отопления с естественной циркуляцией воды) этот период соответствует температуре наружного воздуха $t_{н.}$, расчетной для отопления зданий в данной местности. При этой температуре естественное циркуляционное давление в системах достигает своего максимального значения (Б=l). Тогда формула (18) для определения расчетного циркуляционного давления в системах отопления первой группы принимает следующий вид:

$$\Delta P_р=\Delta P_н+\Delta P_е \qquad (20)$$

Для горизонтальных однотрубных и бифилярных, двухтрубных насосных систем отопления расчетный гидравлический режим отнесен к периоду наиболее длительного стояния одной и той же температуры наружного воздуха (чаще всего эта температура близка к средней температуре отопительного сезона). При этой температуре наружного воздуха в системе отопления возникает естественное циркуляционное давление, составляющее около 40 % максимального его значения. Поэтому для второй группы насосных систем отопления Б=0,4 и следовательно:

$$\Delta P_р=\Delta P_н+0{,}4\Delta P_е \qquad (21)$$

Вопросы для самопроверки

1. Для чего необходимо рассматривать изменение давления в системе отопления?

2. Каково назначение гидравлического расчета труб системы отопления?

3. От чего зависит величина естественного циркуляционного давления в системах водяного отопления различных конструкций?

4. Как определяют величину расчетного располагаемого давления в системе насосного водяного отопления и для чего?

4 РАЗДЕЛ
ВОЗДУШНОЕ ОТОПЛЕНИЕ

ПЛАН

1. **Общие сведения, классификация**
2. **Схемы систем воздушного отопления**
3. **Количество и температура воздуха для отопления**
4. **Воздушно-тепловые завесы**

1. Общие сведения, классификация

Воздушное отопление — это способ обогрева помещений, подачей в них нагретого воздуха.

Для воздушного отопления характерно повышение санитарно-гигиенических показателей воздушной среды помещения. Могут быть обеспечены подвижность воздуха, благоприятная для нормального самочувствия людей, равномерность температуры помещений, а также смена, очистка и увлажнение воздуха.

К основным конструктивным элементам системы воздушного отопления относятся:

1. *Теплоисточник* – главный элемент системы отопления (воздухонагреватель газовый или электрический, водяной калорифер);
2. *Воздуховоды* – необходимые для подачи воздуха в помещения, а при необходимости и для его удаления;
3. *Воздухораспределительные решетки,* выполняющие роль отопительных приборов.

Воздушное отопление по сравнению с другими способами отопления имеет ряд существенных *преимуществ:*

- обеспечение быстрого изменения и равномерности температуры помещения;

- отсутствует необходимость в установке отопительных приборов;

- возможность совмещать систему отопления и систему вентиляции;

- возможность отопления помещений в прерывистом режиме;

- отсутствие эксплуатационных затрат на водоподготовку, содержание операторов котельной;

- отсутствие опасности разморозки системы.

Но при этом воздушное отопление имеет и *недостатки:*

- малая теплоемкость воздуха, в связи с чем большое понижение температуры воздуха по длине воздуховода;

- большая площадь поперечного сечения воздуховодов, следовательно, большой расход металла на них;

- возможность перемещения вредных выделений вместе с движущимся воздухом;

- шум при работе вентиляционных установок;

- большой расход электроэнергии.

Воздушное отопление дает максимальный эффект в помещениях большого объема — складских, автотранспортных, производственных, на предприятиях сельского хозяйства (в теплицах, птицефермах и др.), спортзалах, торговых залах и развлекательных комплексах. В настоящее время, согласно рекомендаций СНиП 41-01-2011, может также применяться и жилых, общественных и административно-бытовых помещениях.

Системы воздушного отопления классифицируются по следующим признакам:

1. По радиусу действия:

- *местные* (канальные и бесканальные) – для отопления одного помещения;

- *центральные* (канальные) – для отопления здания.

2. По способу циркуляции:

- *с естественной циркуляцией* (местные);

- *с искусственной циркуляцией* (местные и центральные).

3. По способу нагрева теплоносителя:

- *«вода-воздух»* - с помощью водяных калориферов;

- *«воздух-воздух»* - с помощью воздухонагревателей.

4. По принципу работы схемы систем отопления могут быть:

- *с полной рециркуляцией;*

- *с частичной рециркуляцией;*

- *прямоточные системы;*

- *рекуперативные системы.*

2. Схемы систем воздушного отопления

Система воздушного отопления **с полной рециркуляцией** *(чисто отопительная)* отличается меньшими эксплуатационными затратами. Система может применяться, если в помещении не требуется искусственная приточная вентиляция, таким образом, достигается значительная экономия энергоресурсов, как на нагреве циркуляционного воздуха, так и на его перемещении. Нагретый воздух все время остается в помещении, не удаляясь через системы естественной или принудительной вытяжной вентиляции. Местная рециркуляционная система может быть бесканальной (рис. 33 а) и канальной (рис. 33 б). При бесканальной системе внутренний воздух, имеющий температуру $t_в$, нагревается первичным теплоносителем в калорифере до температуры $t_г$ и перемещается вентилятором. Наличие вертикального канала для горячего воздуха вызывает естественную циркуляцию внутреннего воздуха через помещение и калорифер. Центральная рециркуляционная система работает по тому же принципу, но при этом нагретый воздух по специальным каналам распределяется по помещениям, а охлажденный воздух по другим каналам возвращается к теплоисточнику для повторного нагревания (рис. 34 а).

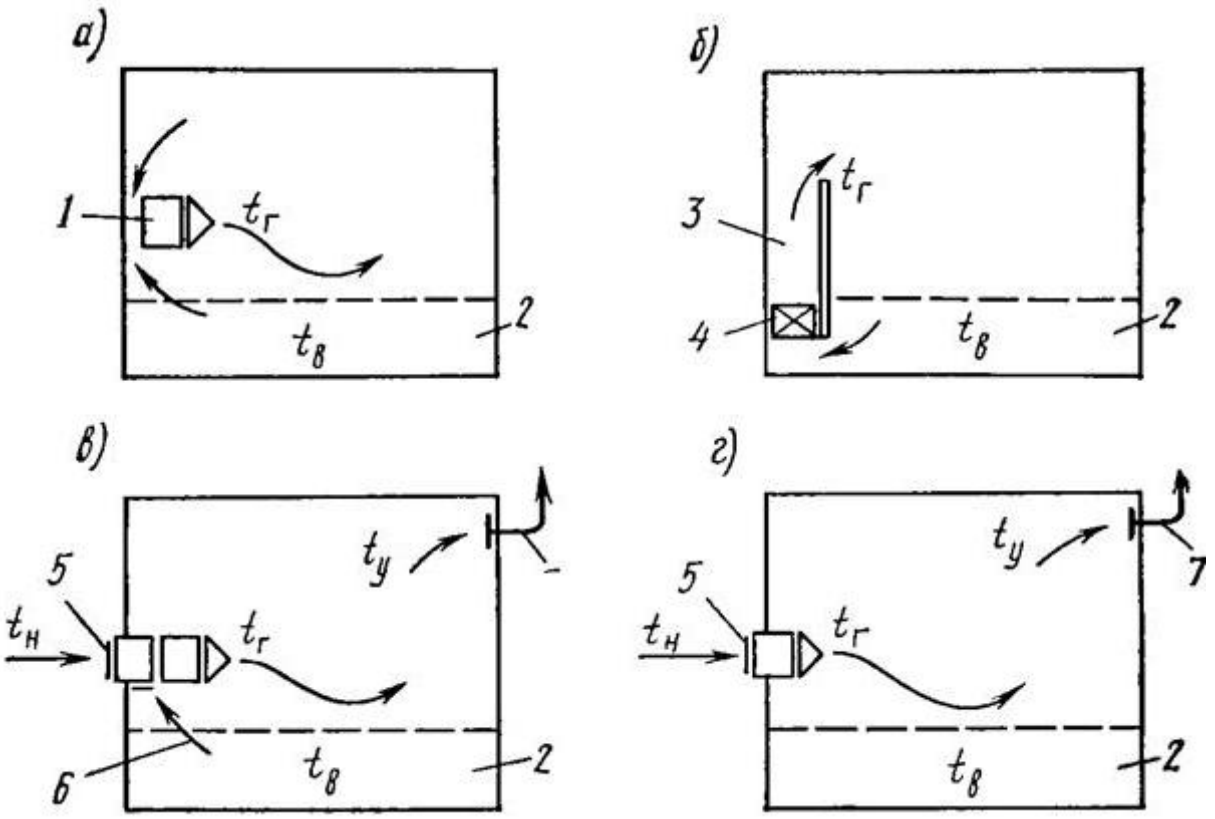

Рис. 33. Принципиальные схемы местной системы воздушного отопления а, б — полностью рециркуляционные; в — частично рециркуляционная; г - прямоточная; 1 — отопительный агрегат; 2 — рабочая зона; 3 — канал нагретого воздуха; 4 — теплообменник-калорифер; 5 — воздухозабор; 6 — рециркулирующий воздух; 7 — канал вытяжной вентиляции

Система воздушного отопления **с частичной рециркуляцией** совмещается с приточно-вытяжной вентиляцией помещения. По схемам на рис. 33 в и 34 б, часть воздуха забирается снаружи, другая часть внутреннего воздуха подмешивается к наружному (осуществляется частичная рециркуляция воздуха). Смешанный воздух догревается в калорифере и подается вентилятором в помещение. Помещение обогревается всем поступающим в него воздухом, а вентилируется только той его частью, которая забирается снаружи. Эта часть воздуха удаляется из помещения в таком количестве в атмосферу с помощью системы вытяжной вентиляции. Данная схема является гибкой. Она может действовать в различных режимах; в помещениях может осуществляться полная рециркуляция воздуха (если закрыть систему вытяжной

вентиляции), частичная рециркуляция, а также полный приток наружного воздуха. При этих 3-х режимах система работает как *чисто отопительная, отопительно-вентиляционная или чисто вентиляционная.* Выбор режима зависит как от температуры окружающего воздуха, так и от необходимой кратности воздухообмена. При выборе данной системы надо просчитывать ее с запасом по мощности – вплоть до возможности использования в режиме полного притока.

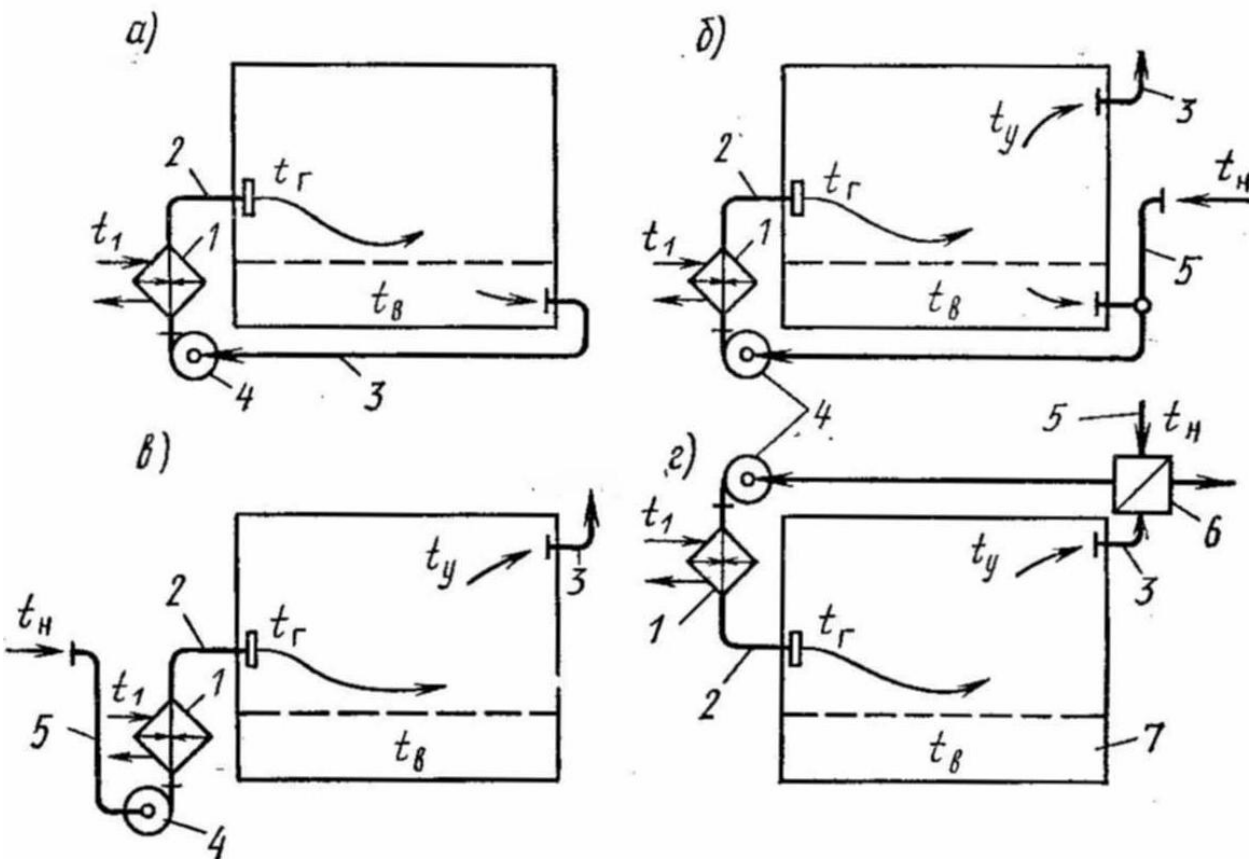

Рис. 34. Принципиальные схемы центральной системы воздушного отопления: а – полностью рециркуляционная; б – частично рециркуляционная; в – прямоточная; г – рекуперативная; 1 — теплообменник-калорифер; 2 — канал нагретого воздуха с воздухораспределителем на конце; 3 — канал внутреннего воздуха; 4 — вентилятор; 5 — канал наружного воздуха: 6 — воздухо-воздушный теплообменник; 7 — рабочая зона

Прямоточная система воздушного отопления (рис. 33 г, 34 в) отличается самыми высокими эксплуатационными и первоначальными затратами. Ее

применяют тогда, когда требуется вентиляция помещений в объеме не меньшем, чем объем воздуха для отопления (например, в помещениях категорий А и Б, где выделяются вещества, взрывоопасные и пожароопасные, а также вредные для здоровья людей, обладающие неприятным запахом). При данной схеме наружный воздух в количестве, необходимом для вентиляции помещения, дополнительно нагревается для отопления, а после охлаждения до температуры помещения удаляется в таком же количестве в атмосферу. Для уменьшения теплозатрат в прямоточной системе при сохранении ее основного преимущества – полной вентиляции помещений – можно использовать систему **с рекуперацией** (рис. 34 г), где дополнительно применяется воздухо-воздушный теплообменник, позволяющий утилизировать часть теплоты уходящего воздуха для нагревания приточного наружного воздуха.

3. Количество и температура воздуха для отопления

Воздух для отопления подается в помещение нагретым до такой температуры $t_г$, чтобы в результате его смешения с внутренним воздухом и теплообмена с поверхностью ограждений поддерживалась заданная температура помещения $t_в$. Следовательно, количество аккумулированной воздухом теплоты должно быть равно $Q_п$ - максимальной теплопотребности помещения для поддержания в нем расчетной температуры $t_в$:

(22)

Отсюда расход нагретого воздуха $G_{от}$, кг/с, для отопления помещения равен:

——— (23)

где с - удельная массовая теплоемкость воздуха, равная 1005 Дж/(кг К).

Для получения расхода воздуха в кг/ч теплопотребность помещения в Вт (Дж/с) следует выразить в Дж/ч, т.е. умножить на 3600 с.

Объем подаваемого воздуха $L_{от}$, м^3/ч, при температуре $t_г$ нагретого воздуха равен:

— (24)

Воздухообмен в помещении L_n, м^3/ч, несколько отличается от $L_{от}$, так как определяется при температуре внутреннего воздуха $t_в$:

— (25)

где $\rho_г$ и $\rho_в$ - плотность воздуха, кг/м^3, при его температуре $t_г$ и $t_в$ соответственно.

Температура воздуха $t_г$ должна быть возможно более высокой для уменьшения, как это видно из уравнения (22), количества подаваемого воздуха. В связи с этим, соответственно, сокращаются размеры каналов, а также снижается расход электроэнергии при механическом побуждении движения воздуха.

Однако правилами гигиены устанавливается определенный верхний предел температуры - воздух не следует нагревать выше 60˚С, чтобы он не терял своих свойств как среда, вдыхаемая людьми. Эта температура и принимается, как предельная для систем воздушного отопления помещений с постоянным или длительным (более 2 ч) пребыванием людей. Отклонения от этого общего правила делают для воздушно тепловых завес. Для завес у внешних ворот и технологических проемов, выходящих наружу, допускается повышение температуры подаваемого воздуха до 70˚С, а для завес у наружных входных дверей - до 50˚С.

Конкретные значения температуры воздуха при воздушном отоплении связаны со способами его подачи из воздухораспределителей и зависят от того, подается ли воздух вертикально сверху вниз, наклонно в направлении рабочей (обслуживаемой) зоны или горизонтально в верхней зоне помещения. В пределе, если люди подвергаются длительному непосредственному влиянию струи нагретого воздуха, его температуру рекомендуется понижать до 25˚С.

По формуле (22) определяют количество воздуха, подаваемого в помещение только с целью его отопления, и систему устраивают рециркуляционной. Когда же воздушная система отопления является одновременно и системой вентиляции, количество подаваемого в помещение воздуха устанавливают следующим образом:

- если $G_{от} \geq G_{вент}$ (количество воздуха для отопления оказывается равным количеству воздуха, необходимому для вентиляции, или превышает его), то сохраняют количество и температуру отопительного воздуха, а систему выбирают прямоточной или с частичной рециркуляцией;

- если $G_{вент}>G_{от}$ (количество вентиляционного воздуха превышает количество воздуха, которое необходимо для отопления), то принимают количество воздуха, необходимое для вентиляции, систему делают прямоточной, а температуру подаваемого воздуха определяют по формуле:

—— (26)

Количество воздуха для отопления помещения или его температуру уменьшают, если в помещении имеются постоянные тепловыделения.

При центральной отопительно-вентиляционной системе температура нагретого воздуха, определяемая по формуле (26), может оказаться для каждого помещения различной. Подача в отдельные помещения воздуха при различной температуре технически осуществима. Однако проще подавать во все помещения воздух при одинаковой температуре. В этом случае общую температуру нагретого воздуха принимают равной низшей из расчетных для отдельных помещений, а количество подаваемого воздуха пересчитывают по формуле (22).

После уточнения воздухообмена определяют теплозатраты на нагревание воздуха по формулам:

- для *рециркуляционной* системы воздушного отопления:

$$Q=G_{от}c(t_г-t_в) \quad (27)$$

- для *частично рециркуляционной* отопительно-вентиляционной системы:

$$Q=G_{от}c(t_г-t_в)+G_{вент}c(t_в-t_н) \quad (28)$$

- для *прямоточной* отопительно-вентиляционной системы:

$$Q=G_{вент}c(t_г-t_н) \quad (29)$$

где $G_{от}$ и $G_{вент}$ — расход воздуха, кг/с, для целей отопления и вентиляции;

$t_н$ — температура наружного воздуха для проектирования отопления.

В формуле (28) количество рециркуляционного воздуха $G_{рец} = G_{от} - G_{вент}$, так как $G_{от}$ выражает количество смешанного воздуха, нагретого до температуры $t_г$ с целью отопления.

4. Воздушно-тепловые завесы

Воздушно-тепловые завесы:

- представляют собой установку, которая подает струю воздуха со значительной скоростью (для производственных зданий - до 25 м/с, общественных и административно-бытовых – до 8 м/с) под углом 30...45° к плоскости входных дверей (ворот);

- предназначены для защиты отапливаемых помещений от холодного воздуха, попадающего внутрь через открытые двери (ворота);

- может быть полезна и летом, если в помещении работает кондиционер, для удержания прохладного воздуха и защиты от попадания внутрь уличной пыли и насекомых.

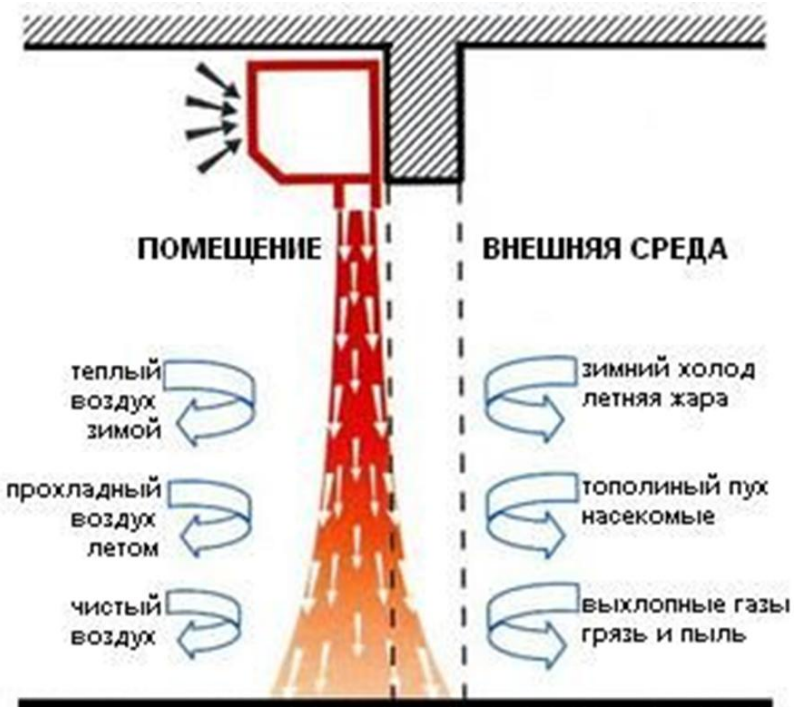

Рис. 35. Принцип работы воздушно-тепловой завесы, установленной у входной двери.

Тепловые завесы используются в магазинах, кафе, складских помещениях, т.е. там, где большой поток посетителей (транспорта) приводит к частому открыванию входных дверей.

По способу нагрева, воздушно-тепловые завесы бывают:

- *с электрическим подогревом* (в качестве нагревательного элемента используют ТЭНы со специально подобранной длинной, мощностью и скоростью их обдува) – относятся к местным установкам;

- *с водяным подогревом* (источником тепла является горячая вода, подаваемая в калорифер) – относятся к центральным установкам.

По способу установки бывают:

- *подвесные горизонтальные;*

- *вертикальные (при одностороннем и двухстороннем расположении);*

- *встраиваемые* (состоят из двух частей: модуля воздушно-тепловой завесы и специальной декоративной решетки, через которую осуществляется забор и подача воздуха).

Вопросы для самопроверки

1. Что относится к основным конструктивным элементам системы воздушного отопления?

2. Какие существуют схемы систем воздушного отопления? Обозначьте область применения каждой из них.

3. В чем заключается особенность (гибкость) системы воздушного отопления с частичной рециркуляцией?

4. Какие мероприятия применяют для снижения энергозатрат в прямоточной системе воздушного отопления?

5. При каких температурах осуществляется подача горячего воздуха для отопления помещения?

6. Что представляет собой воздушно-тепловая завеса?

5 РАЗДЕЛ
ПАРОВОЕ ОТОПЛЕНИЕ

ПЛАН:

1. **Общие сведения**
2. **Схемы систем парового отопления**

1. Общие сведения

Система парового отопления – это система отопления, теплоносителем в которой является пар, состоящий из смеси сухого насыщенного пара и капелек воды, т.е. находящийся во влажном состоянии. При движении пара по трубам происходит попутная конденсация части пара вследствие теплопередачи через стенки труб и отопительных приборов в отапливаемые помещения, т.е по паропроводам системы перемещается пароконденсатная смесь.

Системы парового отопления *классифицируются* по следующим признакам.

1. В зависимости *от абсолютного давления пара* бывают:

- *субатмосферные* – при абсолютном движении пара < 0,1 МПа;
- *вакуум-паровые* – < 0,11 МПа;
- *низкого давления* – 0,105-0,17 МПа;
- *высокого давления* – 0,17-0,27 МПа.

При определенном значении давления пара, его температура остается постоянной, что исключает возможность регулирования теплоотдачи отопительных приборов.

2. В зависимости *от конструктивных особенностей и трассировки трубопроводов* подразделяются на:

- *двухтрубные и однотрубные;*
- *вертикальные и горизонтальные;*
- *с верхней, нижней или средней разводкой* магистрального паропровода;
- *тупиковым и попутным движением пара и конденсата*.

3. *По способу возврата конденсата* в котел или наружные тепловые сети могут быть:

- *замкнутыми*, в которых конденсат перемещается за счет гидростатического давления или специально предусмотренного остаточного давления пара в системе;

- *разомкнутыми*, когда конденсат перекачивается насосом из промежуточного конденсатного бака.

4. *По способу сообщения с атмосферой* бывают:

- *открытыми* - непосредственно сообщающиеся с атмосферой для выпуска из них воздуха;

- *закрытыми* - не сообщающимися с атмосферой.

Теплопроводы систем парового отопления делятся на *паропроводы и конденсатопроводы.*

Конденсатопроводы в свою очередь бывают:

- с*ухими* – частично заполненными конденсатом, а частично воздухом;

- *мокрыми* – полностью заполненными конденсатом.

Мокрые конденсатопроводы делятся на:

- *безнапорные (самотечные)*, по которым конденсат перемещается самотеком обратно в котел или конденсатный бак;

- *напорные*, по которым конденсат перемещается с помощью насоса либо за счет остаточного давления пара.

Преимущества систем парового отопления:

- быстрый прогрев отапливаемых помещений при пуске системы и столь же быстрое их охлаждение при выключении подачи пара;

- сокращение капитальных вложений и расхода металла вследствие уменьшения площади поверхности отопительных приборов и диаметров труб;

- возможность отопления зданий любой этажности из-за незначительного гидростатического давления в нижней части системы.

Недостатки:

- сокращение срока службы трубопроводов в результате интенсивной коррозии (особенно при периодической работе системы);

- невозможность регулирования теплоотдачи отопительных приборов путем изменения температуры теплоносителя;

- частичное разложение органической пыли на поверхности отопительных приборов, постоянно нагретых до 100°С и более;

- повышенные теплопотери паропроводами при их прокладке в необогреваемых помещениях;

- возникновения шума, особенно при возобновлении работы системы при ее периодическом действии.

Исходя из перечисленных преимуществ и недостатков, можно сделать следующие выводы:

- паровое отопление более пригодно, в сравнении с водяным, для периодического обозревания помещений;

- паровое отопление не допускается к применению в жилых, общественных и административно-бытовых зданиях, а также в производственных помещениях с повышенными требованиями к чистоте воздуха из-за не соответствия санитарно-гигиеническим требованиям;

- паровое отопление может устраиваться в производственных помещениях без выделения пыли и аэрозолей или с выделением негорючей и неядовитой пыли, негорючих и не поддерживающих горение газов и паров, со значительными влаговыделениями, а также для обогревания лестничных клеток, пешеходных переходов, вестибюлей зданий.

- во всех случаях паровое отопление допускается применять при обосновании (например, при избытке пара, используемого в технологическом процессе производства).

2. Схемы систем парового отопления

Рассмотрим принципиальные схемы замкнутой и разомкнутой систем парового отопления.

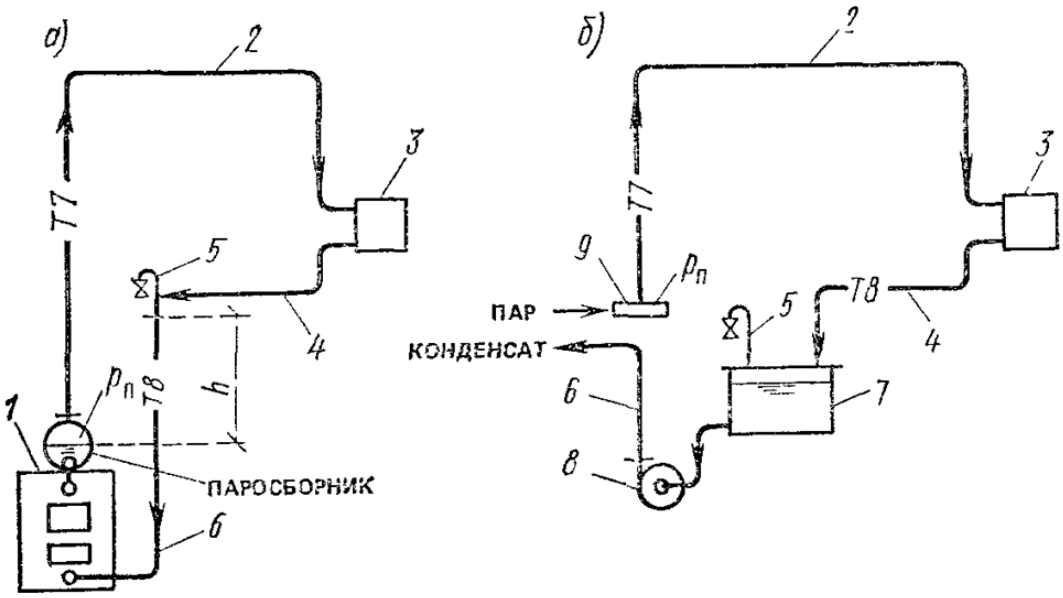

Рис. 36. Принципиальные схемы

а) замкнутой и б) разомкнутой систем парового отопления

1 - паровой котел с паросборником; 2 - паропровод; 3 - отопительный прибор; 4 и 6 - самотечный и напорный конденсатопроводы;

5 – воздуховыпускная труба; 7- конденсатный бак; 8 - конденсатный насос; 9 - парораспределительный коллектор.

Замкнутая система парового отопления перед пуском заполняется водой, до нижней точки высоты h (рис. 36 а). После нагревания воды до температуры кипения в котле образуется пар, собирающийся в паросборнике. Затем пар по паропроводам поступает в отопительные приборы, где конденсируется при остывании. В замкнутой системе конденсат непрерывно поступает в котлы под действием разности давления, выраженного столбом конденсата высотой h и давления пара $P_п$ в котлах. Поэтому отопительные приборы должны находиться достаточно высоко над паросборниками котлов (в зависимости от давления пара в них). Удаление воздуха происходит через воздушную трубу, расположенную в нижней части системы. Воздушная труба также служит для впуска воздуха с целью ликвидации разрежения, возникающего при конденсации пара во время прекращения работы системы.

В разомкнутой системе парового отопления (рис. 36 б) конденсат из отопительных приборов непрерывно поступает в конденсатный бак и по мере

накопления периодически перекачивается конденсатным насосом в котлы на тепловой станции. Конденсатные баки при этом делаются открытыми, сообщающимися с атмосферой, и закрытыми, находящимися под небольшим избыточным давление. Открытые баки применяют в системах низкого давления с самотечными конденсатопроводами, закрытые – в системах высокого давления. Во всех случаях расположение бака должно обеспечивать стекание конденсата из нижнего отопительного прибора в бак, а давление пара в котлах преодолевается давлением насоса. Конденсатные насосы (рабочий и резервный) устанавливают ниже уровня дна конденсатного бака на 0,4-0,5 м во избежание вскипания конденсата, нарушающего работу насоса.

Вопросы для самопроверки

1. Чем объясняется невозможность применения систем парового отопления в жилых и общественных зданиях?
2. Какие существуют схемы систем парового отопления?
3. Перечислите основные преимущества и недостатки систем парового отопления.
4. Объясните принцип действия замкнутой и разомкнутой систем парового отопления.

6 РАЗДЕЛ
ПАНЕЛЬНО-ЛУЧИСТОЕ ОТОПЛЕНИЕ

ПЛАН:

1. **Общие сведения, классификация, преимущества и недостатки**
2. **Конструкции отопительных панелей**
3. **Система отопления – «теплый пол»**

1. Общие сведения, классификация, преимущества и недостатки

Панельно-лучистое отопление – это способ отопления помещений отопительными панелями, при котором радиационная температура помещения превышает температуру его воздуха ($t_R > t_в$).

Т.е., при лучистом отоплении повышается температура внутренней поверхности ограждений по сравнению с их температурой при конвективном отоплении, и она должна превышать температуру внутреннего воздуха.

Для панельно-лучистого отопления необходимо наличие двух факторов:

1 – необходимый, но не достаточный – наличие панелей;

2 – передача теплоты в помещение излучением.

Т.к. при панельно-лучистом отоплении температура каждой поверхности ограждений, участвующих в лучистом теплообмене, повышается, то в помещении создается температурная обстановка, более благоприятная для человека. Кроме того, уменьшается подвижность воздуха. При этом, нормативную температуру воздуха в помещениях можно снизить до допустимого значения, т.е. на 1-3 °С, что соответственно приведет к снижению мощности системы отопления.

Панельно-лучистое отопление *классифицируется* по ряду признаков.

1. *По температуре излучающей поверхности* может быть:

- *низкотемпературное – до 70 °с;*
- *среднетемпературное – от 70 до 250 °с;*
- *высокотемпературное – до 900 °С.*

2. В зависимости от *расположения основных конструктивных элементов*:

Местное – к нему 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.*

Центральное – это отопление помещений низко и среднетемпературными панелями и отражательными экранами с централизованным теплоснабжением при помощи нагретых воды или воздуха, реже пара высокого или низкого давления.

3. *По виду теплоносителя* панельно-лучистое отопление может быть:

- *водяное* – при использовании подогретой воды;

- *паровое* – при использовании водяного пара;

- *воздушное* – при использовании подогретого воздуха;

- *газовоздушное* – при использовании смеси продуктов сгорания газа и воздуха;

- *газовое* – при использовании продуктов сгорания природного или искусственного газа;

- *электрическое* – при использовании электрической энергии.

4. В зависимости *от месторасположения отопительных панелей* различают панельно-лучистое отопление:

- *потолочное;*

- *напольное;*

- *стеновое;*

- *потолочно-напольное.*

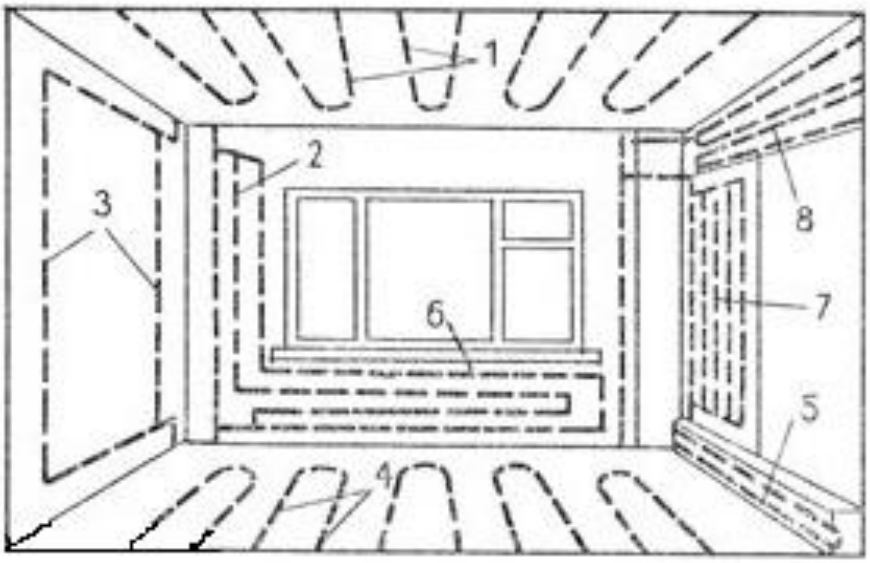

Рис. 37 Панельно-лучистое отопление:

1 – потолочное, 2 – стеновое, 3 – контурное, 4 – напольное, 5 – плинтусное, 6 – подоконное, 7 – перегородочное, 8 – ригельное.

Стеновое водяное панельно-лучистое отопление, в своею очередь, имеет следующие разновидности (рис. 37) в зависимости от размещения отопительных панелей:

- *подоконное* – под окнами (возможно также их размещение в простенках между окнами);

- *перегородочное* – в перегородках у наружных стен;

- *контурное* – по периметру перегородок;

- *ригельное* – в ригелях под потолком;

- *плинтусное* – в плинтусах.

2. Конструкции отопительных панелей

В системах панельно-лучистого отопления применяют *металлические панели* с отражательными экранами и *бетонные панели*. При этом они являются:

- **совмещенными**, представляющими одно целое с ограждающими конструкциями здания – *бетонные*;

- **подвесными или приставными** – изготовленные отдельно и смонтированные рядом со строительными конструкциями или под ними – *металлические и бетонные*.

Во всех типах панелей нагревательный элемент может быть *змеевиковой или регистровой формы*.

При змеевиковой форме обеспечивается последовательное движение всей массы теплоносителя по греющим трубам, что способствует качественному удалению воздуха. Такую форму используют преимущественно при горизонтально расположенных панелях.

При регистровой форме нагревательных элементов, чаще всего применяемой в вертикальных панелях, поток теплоносителя делится на части в зависимости от числа параллельно расположенных греющих труб, что обеспечивает незначительные потери давления при протекании теплоносителя.

Также существует *спиральная форма* размещения труб в греющей панели, которая обеспечивает наиболее равномерное распределение температуры на ее поверхности. Такая форма наиболее часто применяется в напольном отоплении.

В качестве нагревательных элементов используют трубы из различных материалов (стальные, медные, полимерные), также могут использовать электрический кабель.

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 (рис. 38).

Отражательный экран может быть плоским или волнообразным. Плоский – проще в изготовлении, но не исключает взаимного облучения труб, уменьшая теплоотдачу излучением в помещение. При волнообразной форме экрана большая часть теплоотдачи панели передается в рабочую зону помещения (до 80%).

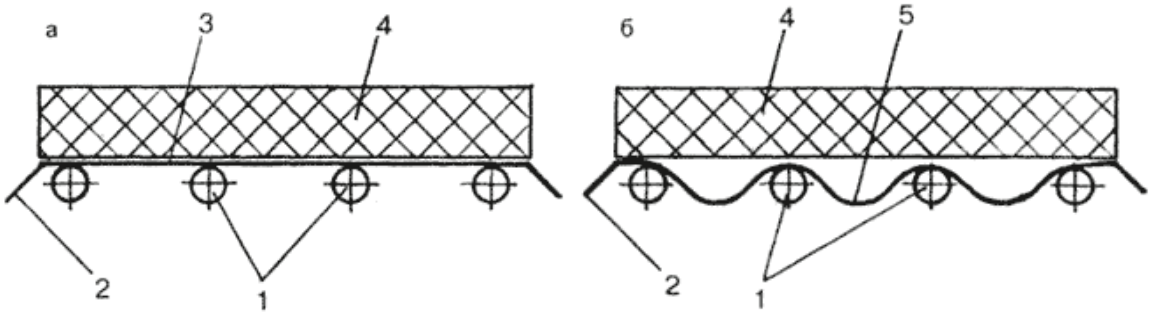

Рис. 38. Конструкция металлической подвесной отопительной панели:
а) с плоским экраном, б) с экраном волнообразной формы,
1- греющие трубы, 2 – козырек, 3 – плоский экран, 4 - тепловая изоляция,
5 – волнообразный экран

Бетонные панели представляет собой конструкцию с замоноличенными нагревательными элементами для протекания теплоносителя и применяются

чаще всего 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.

Для изготовления бетонных панелей используют тяжелый бетон, обладающий высокой теплопроводностью и коэффициентом линейного расширения близким к коэффициенту линейного расширения стальных труб. Заделка труб в бетон дает существенный теплотехнический эффект – теплопередача труб увеличивается в среднем на 60% по сравнению с открыто проложенными. В связи с этим сокращается расход металла на отопительные приборы примерно в 2 раза. А также увеличивается срок службы замоноличенных стальных труб.

При применении бетонных отопительных панелей, средняя температура их поверхности, в соответствии со СНиП [2], должна быть не выше, °С:

- для наружных стен от уровня пола до 1 м	95
- то же, от 2,5 м и выше	принимать как для потолков
- для полов помещений с постоянным пребыванием людей	26
- то же, с временным пребыванием людей и для обходных дорожек, скамей крытых плавательных бассейнов	31
- для потолков при высоте помещения, м:	
от 2,5 до 2,8	28
от 2,8 до 3	30
от 3 до 3,5	33
от 3,5 до 4	36
выше 4	38

На основании выше изложенного можно выделить преимущества и недостатки панельно-лучистого отопления.

Преимущества:

- удовлетворение повышенных требований к тепловому режиму обогреваемых помещений;

- уменьшение запыленности помещения;

- уменьшение теплопотерь, вследствие допустимого понижения температуры помещения на 1-3 °С в рабочей зоне;

- соответствие интерьеру помещения при скрытых отопительных панелях, при этом не занимается полезная площадь помещений;

- сокращение расхода металла вследствие увеличения теплоотдачи обетонированных труб и отсутствия металлических отопительных приборов.

Недостатки:

- повышенные теплопотери при стеновых и подвесных панелях у наружных ограждений;

- трудность ремонта замоноличенных греющих элементов;

- повышенная тепловая инерция бетонных отопительных панелей, затрудняющая регулирование их теплоотдачи;

- необходимость соблюдения специальных требований к составу бетона и качеству бетонирования при изготовлении отопительных панелей.

3. Система отопления – «теплый пол»

«Теплый пол» – одна из разновидностей системы панельно-лучистого отопления, которая в последнее время получает все большее распространение.

«Теплый пол» создает идеальный температурный режим: от 24-26°С на полу до 18°С на уровне 2 м от пола, сохраняя при этом естественную влажность воздуха и обеспечивая отсутствие сквозняков.

От традиционных способов отопления, где тепло передается конвекционным способом, «теплый пол» отличается рядом *преимуществ*:

- нагревательная часть системы спрятана в конструкции пола,

- площадь теплоотдающей поверхности пола гораздо больше, чем площадь поверхности традиционных отопительных приборов (радиаторов,

конвекторов и т. д.), следовательно, помещение будет нагреваться быстрее и равномернее,

- комфортный и благоприятный микроклимат в помещении, за счет повышения температуры в нижней части помещения, плюс при отсутствии прямого контакта с атмосферой теплый пол не высушивает воздух в помещении,

- «теплые полы» более гигиеничны, т.к. при минимальных тепловых потоках пыль в помещении практически не циркулирует.

Система отопления «теплый пол» может быть двух типов:

- **водяной**, где в качестве нагревательного элемента используются трубы, подключенные к водяному отоплению,

- **электрической**, в которой в качестве нагревательного элемента используются электрические кабели.

Разводка нагревательного элемента при устройстве «теплого пола» должна производиться с учетом в каждом помещении расположения мебели, окон, дверей. То есть мест, которые не нужно подогревать и наиболее холодных мест помещения.

Водяной «теплый пол» представляет собой следующую конструкцию (рис. 39):

- на пол обогреваемого помещения укладываются тепло- и гидроизоляция;

- далее армирующая сетка;

- греющие трубы с постоянным шагом, при котором достигается оптимальное распределение тепла в помещении;

- по краям помещения монтируется демпферная лента, компенсирующая тепловое расширение;

- поверх труб делается бетонная стяжка, толщиной не менее 5 см (при этом не менее 3 см от поверхности труб), которая является теплопередающим элементом;

- затем устраивается чистое покрытие пола, в качестве которого могут использоваться керамическая плитка, линолеум, ламинат, паркет, ковролин.

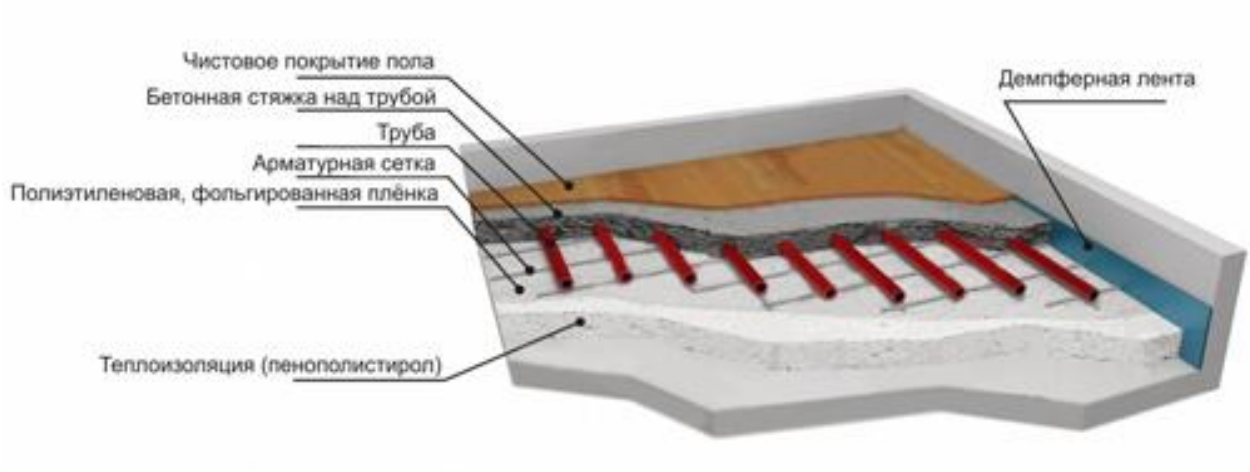

Рис. 39. Конструкция водяного «теплого пола»

Схема укладки труб при монтаже водяного «теплого пола» может быть в виде простой или двойной змейки, или в виде спирали (рис. 40). Первая предполагает больший подогрев левой и дальней части помещения, вторая и третья - равномерный подогрев пола в помещении, за счет чередования труб прямого и обратного потока теплоносителя. Также может применяться сдвоенная спирать при больших площадях обогрева, или при необходимости создания зонального отопления большой мощности (например: у наружных дверей, под окнами).

Рис. 40. Схема укладки труб при монтаже водяного «теплого пола»

Водяные теплые полы надежны и долговечны, могут работать как от систем центрального отопления, так и от местных отопительных котлов. При этом максимальная температура теплоносителя не должна превышать

70°С, а максимально допустимая скорость потока воды не должна быть больше 1 м/с. Теплоотдача квадратного метра такого пола достигает 70-100 Вт.

В одном контуре допускается потеря давления до 20 кПа. Поэтому общую длину труб контура следует принимать не более 100 м, и одним контуром обогревают, как правило, не более 20 м^2 площади пола с максимальным размером стороны 8 м.

Шаг укладки труб – расстояние между соседними трубами греющего контура, следует принимать равным от 0,10 до 0,35 м. Расстояние от наружных стен до труб греющего контура должно быть равно шагу укладки труб.

Циркуляция теплоносителя в контуре «теплого пола» осуществляется с помощью насоса. Если «теплый пол» работает напрямую от отопительного котла, то насос располагается в котельной, а распределение теплоносителя по контурам осуществляется через распределительную гребенку. Если же «теплый пол» работает от системы центрального отопления, то его следует подключать через насосно-смесительный узел, который кроме циркуляции теплоносителя, будет обеспечивать снижение его температуры до допустимых значений. Рекомендуемый температурный график в контуре водяного «теплого пола» составляет: 50-40°С; 45-35°С; 40-30°С.

В электрических «теплых полах» тепловая энергия при помощи нагревательных элементов передается напрямую напольному покрытию, что является одновременно и преимуществом, и недостатком. В отличие от водяных систем, где теплоноситель постоянно перемещается и нагрев передается по пути наименьшего сопротивления, у электрических систем элементы нагревают поверхность все время одинаково. С одной стороны, это хорошо. Однако на практике данный факт накладывает множество ограничений на возможность использования электрического «теплого пола» в сочетании с разнообразными напольными покрытиями и даже с особенностями расстановки мебели.

В зависимости от особенностей конструкции, электрические «теплые полы» могут быть *кабельными и пленочными*.

В конструкцию **кабельного** «теплого пола» входят (рис. 41):

- теплоизоляционный слой;

- нагревательный элемент – одно- или двужильные электрические кабели, имеющие два слоя изоляции и надежные соединительные муфты, «холодные концы» которых выводят на стену для соединения с терморегулятором;

- датчик температуры, устанавливаемый между двумя нитками нагревательного кабеля в гофрированной трубке и подключаемый к терморегулятору;

- терморегулятор;

- цементно-песчаная стяжка, толщина не менее 3 см;

- чистое покрытие пола.

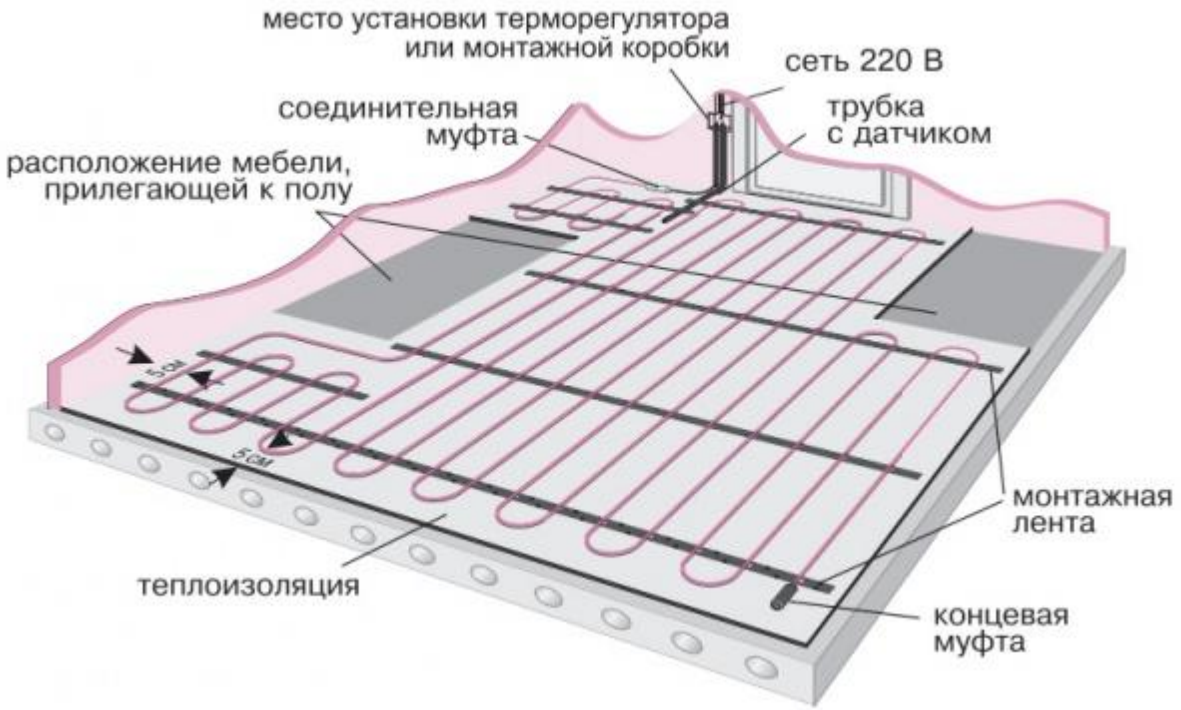

Рис. 41. Устройство электрического теплого пола

Нагревательные секции рекомендуется укладывать таким образом, чтобы впоследствии над ними не стояла мебель без ножек. Если теплый пол используется как основное отопление, площадь, на которой уложены

нагревательные секции, должна составлять не менее 70% от общей площади обогреваемого помещения.

Нагревательные секции укладываются на поверхность равномерно, с постоянным шагом 0,1-0,2 м сантиметров, не доходя примерно 5 см до стен.

Пленочные «теплые полы» применяются в помещениях, где уже сделана цементно-песчаная стяжка, или нет возможности ее уложить. Эта нагревательная система представляет собой электрический кабель диаметром 3 мм, закрепленный с постоянным шагом 5 см на несущей стеклосетке шириной 50 см (рис. 42). Нагревательные маты представляют собой готовую конструкцию, исключающую процедуру кладки и крепления нагревательного кабеля, поэтому их монтаж отличается чрезвычайной простотой. Мат можно разрезать на фрагменты (не нарушая целостности нагревательного кабеля), что позволяет разложить его на обогреваемой площади любой конфигурации. В качестве изоляции под пленочные «теплые полы» чаще всего используется вспененный полиэтилен с фольгированной поверхностью.

Рис.42. Пленочный «теплый пол»

Вопросы для самопроверки

1. В чем заключается особенность панельно-лучистого отопления?

2. Объясните возможность понижения температуры внутреннего воздуха на 1-3 °С при панельно-лучистом отоплении по сравнению с конвективным.

3. Перечислите преимущества и недостатки панельно-лучистого отопления.

3. Какие виды панелей применяют при панельно-лучистом отоплении?

4. Перечислите общие принципы конструирования «теплого пола».

5. В чем принципиальное отличие водяного и электрического «теплого пола»?

7 РАЗДЕЛ
МЕСТНЫЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

7.1. ПЕЧНОЕ ОТОПЛЕНИЕ

ПЛАН:

1. **Общие сведения**
2. **Особенности конструирования печного отопления**

1. Общие сведения

Печное отопление относится к местной системе отопления, в которой получение, перенос и передача теплоты сконцентрированы в одном устройстве – отопительной печи, расположенном непосредственно в отапливаемом помещении. При этом, для печного отопления, из-за периодической топки и колебаний теплоотдачи, характерен нестационарный тепловой режим отапливаемых помещений.

В соответствии со СНиП [2] печное отопление может быть использовано для отопления в жилых и административных зданиях высотой до двух этажей, в одноэтажных зданиях сельских школ при числе мест не более 80, детских дошкольных учреждений с дневным пребыванием детей при числе мест не более 50, лечебно-профилактических учреждений, зрелищных предприятий с

числом мест не более 100, столовых и вокзалов с вместимостью не более 50 человек.

Установка печей в зданиях городов и населенных пунктов должна специально обосновываться. Устройство печного отопления запрещено в производственных помещениях категорий А, Б и В.

К преимуществам печного отопления можно отнести:

- относительную простоту конструкции и возможность сооружения из местных строительных материалов;

- возможность использования любого типа топлива.

Недостатки:

- пожароопасность;

- возможность отравления угарным газом;

- необходимость постоянной очистки от золы и сажи.

Печи, предназначенные для отопления зданий, *классифицируются* по величине теплоемкости. Под **теплоемкостью печи** понимают то количество теплоты, которое накапливается в массиве печи во время топки и передается в помещение печью до начала следующей топки. При этом, время от конца одной топки до начала следующей называется **сроком остывания печи**.

По теплоемкости различают:

- **Нетеплоемкие печи** – которые не аккумулируют теплоту и требуют непрерывной топки или топки с небольшими перерывами (типа «буржуйки»). Срок остывания ($t_{ост}$) таких печей – от нескольких минут до 1-2 часов, т.е. $t_{ост} \leq$ 2 ч.

- **Теплоемкие печи** – требующие периодической топки и имеющие большой теплоаккумулирующий объем. В зависимости от срока остывания теплоемкие печи делятся на:

- печи *большой теплоемкости* - $t_{ост}$ = 8-12 ч;

- печи *средней теплоемкости* - $t_{ост}$ = 3-8 ч;

- печи *малой теплоемкости* - $t_{ост}$ = 3-4 ч.

В зависимости от срока остывания определяется необходимое количество топок в сутки, которое определяется допустимым колебанием температуры внутреннего воздуха в течении суток (±3 ºС).

Нетеплоемкие печи применяют для отопления временных зданий и сооружений, а также зданий с временным пребыванием людей. Теплоемкие печи используют для отопления помещений жилых и общественных зданий, тепловая аккумуляция таких печей должна компенсировать теплопотери помещений в срок остывания печи. Считается, что новая топка должна быть начата в тот момент, когда средняя температура внешней поверхности печи будет на 10 ºС выше температуры воздуха в помещении.

Существует еще ряд признаков, по которым *классифицируются печи*.

По схеме движения дымовых газов печи бывают:

- *канальные*, в которых дымовые газы перемещаются по специальным каналам - газоходам;

- *бесканальные*, в которых отсутствуют каналы;

- *комбинированные*, в которых дымовые газы частично перемещаются по каналам, частично без каналов.

В зависимости от *температуры нагрева стенок*:

- *умеренного прогрева*, при температуре в отдельных точках на теплоотдающей поверхности не более 90 °С (для детских дошкольных и лечебно-профилактических учреждений);

- *повышенного прогрева*, при температуре в отдельных точках не более 120 °С (для остальных помещений с постоянным пребыванием людей);

- *высокого прогрева*, при температуре в отдельных точках более 120 °С (для помещений с временным пребыванием людей).

По форме в плане отопительные печи могут быть:

- *прямоугольные;*

- *квадратные;*

- *круглые;*

- *треугольные (угловые).*

По материалу и характеру отделки теплоотдающей поверхности:

- *кирпичные изразцовые;*
- *кирпичные оштукатуренные;*
- *кирпичные в металлических футлярах;* -
 блочные из жаростойкого бетона;
- *стальные с внутренней футеровкой огнеупорным кирпичом;*
- *чугунные без футеровки.*

2. Особенности конструирования печного отопления

Основными элементами любой печи являются **топливник, газоходы и дымовая труба.**

Топливник (топочное пространство печи) представляет собой камеру для сгорания топлива с устройством дверец для подвода топлива и воздуха, а также отвода продуктов сгорания в газоходы. Нижняя часть топливника называется **подом**, он может быть перекрыт колосниковой решеткой, и тогда под топливником устраивают **поддувало** (**зольник** при твердом топливе), через которое из помещения поступает воздух для горения топлива.

Дымовые газы, образующиеся в результате сгорания топлива, из топливника отводятся через газоходы в дымовую трубу.

Все теплоемкие печи должны иметь объем нагреваемого массива, называемый *активным объемом*, не менее 0,2 м^3, а стенки топливника печи – толщину не менее 0,06 м. Нетеплоемкие печи имеют активный объем менее 0,2 м^3, а толщину стенок топливника – менее 0,04 м.

Для отопления трех помещений, расположенных на одном этаже, можно использовать одну печь. В двухэтажных зданиях можно применять двухъярусные печи с обособленными топливниками и дымоходами для каждого этажа, а в двухъярусных помещениях – одной топкой на первом этаже.

В зданиях общеобразовательных школ, детских дошкольных и лечебно-профилактических учреждений, клубов, домов отдыха и гостиниц печи следует размещать так, чтобы топливники обслуживались из подсобных помещений

или коридоров, имеющих окна с форточками и вытяжную вентиляцию с естественным побуждением.

Располагать печи, как правило, следует у внутренних стен и перегородок из негорючих материалов, предусматривая использование их для размещения дымовых каналов. Каналы для удаления дыма можно выполнять также в наружных стенах из негорючих материалов, утепленных при необходимости с наружной стороны для исключения конденсации из отводимых газов. Если стены, в которых могут быть размещены каналы, отсутствуют, то для отвода дыма следует применять насадные или корневые дымовые трубы.

В зданиях с печным отоплением *не допускается*:

- устройство вытяжной вентиляции и механическим побуждением, не компенсированной притоком с механическим побуждением;
- отвод дыма в вытяжные каналы;
- установка вентиляционных решеток на дымовых каналах.

При применении печного отопления строительные конструкции зданий обязательно следует защищать от возгорания нанесением негорючих строительных материалов.

Вопросы для самопроверки

1. В каких зданиях допустимо применение печного отопления?
2. Объясните понятия «теплоемкость печи» и «срок остывания печи».
3. По каким основным признакам классифицируются печи?
4. Что является основными конструктивными элементами любой печи?
5. Какие противопожарные мероприятия следует предусматривать при устройстве печного отопления?

7.2. ГАЗОВОЕ ОТОПЛЕНИЕ

ПЛАН:

1. **Общие сведения**
2. **Газовое отопительное оборудование**

1. Общие сведения

Газовое отопление – это отопление зданий, при котором в качестве энергоносителя (топлива) используется природный или сжиженный газ.

Повсеместное широкое распространение газового отопления обусловлено его *преимуществами*:

- экологичность по сравнению с твердым и жидким топливом;
- высокий КПД газовых отопительных установок;
- небольшие эксплуатационные затраты;
- возможность автоматизации процесса горения и отпуска теплоты.

При этом газовое топлива имеет два существенных *недостатка*: взрывоопасность газовоздушной смеси и токсичность самого газа, и особенно продуктов его сгорания. В связи с чем необходимо соблюдать требования по безопасной эксплуатации газовых отопительных установок.

Для отопления газ используют в различных установках: обычных или специальных котлах, комнатных печах, приборах квартирного или местного отопления, в газовых отопительно-вентиляционных агрегатах. Таким образом, под термином «**газовое отопление**» понимают системы отопления с:

- газовыми отопительными печами и каминами;
- газовыми водонагревателями;
- газовыми воздухонагревателями;
- газовоздушными теплообменниками;
- газовоздушными излучателями;
- газовыми горелками инфракрасного излучения.

Первый и третий виды систем газового отопления местные, остальные могут устраиваться как центральными (для отопления всего здания), так и местными (для отопления одного помещения).

2. Газовое отопительное оборудование

Рассмотрим газовое отопительное оборудование, применяемое преимущественно в качестве местных отопительных установок.

Газовые отопительные печи отличаются высокими теплотехническими показателями и значительной экономичностью по сравнению с другими видами отопительных печей. КПД газовых печей примерно в 1,3 раза выше КПД печей, работающих на твердом топливе. Отличительной особенностью газовых отопительных печей является равномерность нагрева внешней поверхности по периметру печи. Работа их может быть полностью автоматизирована.

Различают печи, работающие на газе для дома и уличных условий. Последние очень часто используют на открытых площадках кафе и ресторанов в сырую и холодную погоду.

Газовые камины используют в жилых помещениях в качестве дополнительного источника теплоты в системах отопления зданий. Газовые камины могут быть радиационного и конвективного действия различной тепловой мощности с КПД в пределах 80-85%.

Газовые воздухонагреватели используют в системах воздушного отопления зданий, а также в качестве дополнительных или аварийных источников теплоты в сочетании с другими системами. В газовых воздухонагревателях теплота сгорания газа через продукты сгорания передается полностью или частично холодному воздуху, нагреваемому через стенки теплообменника либо с помощью смешения газовоздушной смеси.

При теплопередачи через стенки теплообменника КПД прямоточных или рециркуляционных газовых воздухонагревателей достигает 70-90%, а у смесительных аппаратов – до 100%.

В смесительных воздухонагревателях горючий газ может сжигаться в потоке нагреваемого воздуха или в специальной камере, после чего продукты

сгорания в обоих случаях смешиваются с нагретым воздухом, подаваемым в помещение, что ухудшает его санитарно-гигиеническое сосотояние.

Газовые инфракрасные излучатели (ГИИ) являются отопительными приборами газового лучистого отопления и предназначены для локального обогрева отдельных рабочих мест в помещении, мест размещения молодняка в животноводческих комплексах, а также открытых и сборочных площадок.

ГИИ представляют собой горелки эжекционного типа для газа низкого давления с полным предварительным смешением газа и воздуха. Их тепловая мощность составляет 3,7-4,5 кВт. Они могут быть различны по конструкции, но при этом одинаковые по принципу действия.

Важным условием безопасности использования ГИИ является обеспечение допустимых значений радиационного воздействия лучистого отопления (для локального отопления допустимые значения плотности облучения составляют 70-350 Вт/м^2). Для уменьшения радиационного воздействия может быть использован метод воздушного душирования, заключающийся в подаче наружного воздуха в места локального обогрева.

Размещение горелок (число рядов, расстояние между горелками в ряду, высоту их подвески над полом, угол наклона горелок) определяют исходя из норм облученности и в зависимости от типа горелок.

Вопросы для самопроверки

1. Чем объясняется широкое использование газового отопления?
2. Какие газовые отопительные установки используют для местного отопления?
3. В чем заключается принцип действия газовых воздухонагревателей?
4. На чем основано ограничение использования газовых инфракрасных излучателей?

7.3. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОТОПЛЕНИЕ

ПЛАН:

1. **Общие сведения**
2. **Электрические отопительные приборы**

1. Общие сведения

При **электрическом отоплении** получение теплоты связано с преобразованием электрической энергии в тепловую.

По способу получения теплоты электрическое отопление может быть:

- *с прямым преобразованием* электрической энергии в тепловую;

- и *с трансформацией* электричества в теплоту *в специальных устройствах* – тепловых насосах.

По степени использования электроэнергии для отопления различают системы:

- *с полным покрытием тепловой нагрузки*;

- и *с частичным покрытием* (комбинированное отопление).

По способу передачи теплоты электрическое отопление может быть:

- *лучистым;*

- *и лучисто-конвективным.*

Лучистое электрическое отопление обеспечивается инфракрасными электроизлучателями, лучисто-конвективное – электрическими отопительными приборами, применяемыми в жилых и административно-бытовых зданиях.

К *преимуществам* электрического отопления можно отнести:

- высокие гигиенические показатели;

- простоту монтажа и конструкции;

- управляемость и высокая степень автоматизации;

- экологичность.

Недостатки:

- высокая стоимость электроэнергии;

- высокая температура греющих элементов;

- повышенная пожароопасность.

Электрические системы отопления рекомендуется применять в зданиях и сооружениях, где отсутствуют другие источники тепловой энергии или при технико-экономическом обосновании в сравнении в другими способами отопления.

2. Электрические отопительные приборы

Электрические отопительные приборы могут быть стационарными и переносными; безынерционные и с аккумуляцией теплоты; нерегулируемыми и регулируемыми (ступенчата, бесступенчато, автоматически).

Электрические отопительные приборы с прямым преобразованием электрической энергии в тепловую разделяются на:

- *высокотемпературные* – с температурой греющей поверхности более 100 ºС;

- *низкотемпературные* - с температурой греющей поверхности 25-70 ºС.

К таким приборам относятся: масляные радиаторы, электрокамины, подвесные панели, греющие обои и другие приборы, выполненные из огнеупорных материалов с заделанными в массив спиралями и другими греющими элементами проводников.

Широкое использование в системах электрического отопления получили электроаккумулирующие приборы, особенно **теплоаккумулирующие печи**. Под **теплоаккумулированием печи** понимают ее зарядку, которая происходит в основном в ночное время. Продолжительность зарядки зависит от температуры воздуха в помещении и остаточной теплоты в приборах. Материалом, аккумулирующим теплоту в печах, может быть бетон, шамот, чугун или магнезит.

Теплоаккумулирующие печи могут быть *трех типов*: нерегулируемые; аккумулирующие конвекторы и динамические теплоаккумуляторы.

Нерегулируемые теплоаккумулирующие печи наиболее простые по конструкции, но при их применении возникают значительные колебания температуры воздуха в помещении.

Аккумулирующие конвекторы благодаря своей конструкции более совершенны в эксплуатации и могут поддерживать ровную температуру в помещении в течение суток.

Динамические теплоаккумкляторы являются наиболее эффективными в поддержании стабильной температуры воздуха помещения.

Инфракрасные обогреватели используются в системах отопления в качестве дополнительных источников отопления для непосредственного обогрева отдельных зон отапливаемых помещений или в неотапливаемых помещениях при производстве временных работ. Также применяются при аварийно-ремонтных работах на наружных коммуникациях систем тепло-водоснабжения и др. сетей.

Наиболее широко используются инфракрасные обогреватели в сельском хозяйстве для локального обогрева помещений, содержащих молодняк животных и птиц.

Условия применения электрических инфракрасных излучателе такие же как и газовых инфракрасных излучателей.

Вопросы для самопроверки

1. В чем заключается сущность электрического отопления?
2. По каким признакам классифицируют электрическое отопление?
3. Перечислите существующие электрические отопительные приборы и область их применения?

8 РАЗДЕЛ
ЭФФЕКТИВНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ

ПЛАН:

1. **Свойства систем отопления, определяющие их эффективность**
2. **Режимы регулирования систем отопления**
3. **Автоматизация систем отопления и тепловых пунктов**

1. Свойства систем отопления, определяющие их эффективность

Эффективность отопления здания связана с поддержанием заданной температуры помещений в течение всего отопительного периода при нормальных условиях эксплуатации.

Заданная температура помещений может быть обеспечена только при строгом соответствии теплоотдачи отопительных приборов расчетным значениям в течение всего отопительного периода. Поддержание расчетных параметров теплоносителя (температура, расход) при этом обеспечивает максимально возможную теплоотдачу элементов системы отопления, соответствующую теплопотребности обогреваемых помещений при расчетных условиях наружного воздуха. Подобные условия на территории нашей республики наблюдаются в течение короткого периода времени. Большую часть отопительного периода климатические условия характеризуются показателями, при которых теплопотребность систем отопления ниже расчетных значений.

Эффективность систем отопления обусловливается, прежде всего, их **надежностью**, т.е **безотказностью, ремонтопригодностью и долговечностью.** Но, исходя из выше изложенного, надежная система отопления должна обладать **тепловой устойчивостью -** свойством пропорционально изменять теплоотдачу всех отопительных приборов при изменении какого-либо параметра или их сочетания в течение отопительного сезона. При этом структура системы отопления не должна нарушаться (не проводятся отключения частей, изменения площади приборов и т.п.).

Часто тепловую устойчивость систем отопления связывают их с **гидравлической устойчивостью** – свойством пропорционально изменять расход теплоносителя во всех элементах системы отопления при централизованном изменении его количества.

2. Режимы регулирования систем отопления

Под **регулированием системы отопления** понимают комплекс мероприятий, направленных на максимальное приближение теплоотдачи ее

элементов к текущей переменной теплопотребности отапливаемых помещений в течение отопительного сезона для поддержания расчетной температуры помещений.

Различают **пусковое (монтажное) и эксплуатационное** регулирование систем отопления. Эти виды регулирования имеют свои особенности для водяной, воздушной и паровой систем отопления.

Пусковое регулирование, *при присоединении систем отопления к центральным тепловым сетям*, обеспечивает распределение теплоносителя по отдельным зданиям пропорционально их расчетной теплопотребности. Обычно такое регулирование проводят в центральных тепловых пунктах и во внутриквартальных тепловых сетях.

Независимо от применяемого в системе отопления теплоносителя необходимость пускового регулирования объясняется тем, что в смонтированной системе может не обеспечиваться требуемая теплоотдача нагревательных элементов. Происходит это вследствие некоторого отличия фактических теплотехнических и гидравлических характеристик элементов от расчетных, неточности гидравлического расчета, отклонений от расчетных размеров теплопроводов, допущенных при монтажных работах.

При пуске системы водяного отопления здания устанавливают соответствие расхода и температуры теплоносителя в индивидуальном тепловом пункте расчетным показателям при данной температуре наружного воздуха. В процессе пуска указанные параметры контролируют по показаниям контрольно-измерительных приборов (термометров, манометров, тепломеров, расходомеров) в местном тепловом пункте или при их отсутствии расчетным путем.

Устойчивость работы системы водяного отопления в целом оценивают, как и для любого элемента системы, по температуре воды t_o, возвращающейся из системы. Повышенное значение этой температуры свидетельствует о преувеличении ее суммарной теплоподачи в здание и, следовательно, о перегреве отапливаемых помещений, и наоборот.

Пусковое регулирование *элементов и узлов системы отопления* связано с обеспечением в них расчетного расхода теплоносителя. Требуемое распределение теплоносителя осуществляют при помощи запорно-регулирующей арматуры, установленной на стояках и отдельных ответвлениях системы.

Пусковое регулирование *местного воздушного отопления* связано с обеспечением необходимого распределения теплоносителя (воды или пара) по калориферам агрегатов с проверкой расчетной подачи вентиляторов. Струйная подача воздуха в помещение может привести к превышению допустимых температуры и скорости движения воздуха в рабочей зоне. Проверка этих параметров в ходе испытания предопределяет выбор способа подачи воздуха (наклонной или сосредоточенной струей).

В ходе регулирования *воздушно-тепловых завес* проверяют соответствие подачи вентилятора проектному значению, скорость и температуру воздушной струи, а также уровень шума от работающего агрегата.

Регулирование *центральной системы воздушного отопления* в основном связано с обеспечением проектного расхода воздуха в ответвлениях системы и воздухораздающих устройствах и наладкой воздухонагревателей. В ходе пусковой проверки такой системы следует убедиться, что охлаждение воздуха при его движении по каналам и воздуховодам находится в допустимых пределах.

Систему парового отопления после окончания монтажных работ тщательно промывают и продувают паром. Перед пуском системы отопления необходимо проверить работу редукционных клапанов, предохранительных устройств, конденсатоотводчиков. Регулирование расхода пара в отдельных ответвлениях и частях системы парового отопления проводят с помощью вентилей или путем установки дросселирующих шайб, обеспечивая полную конденсацию пара в отопительных приборах.

Эксплуатационное регулирование систем отопления проводят с целью обеспечения подачи тепла в отапливаемые помещения соответствующей их текущей теплопотребности.

При этом, в зависимости от того, какой конкретно параметр будет изменяться, различают **количественное и качественное** регулирование.

Количественное регулирование осуществляется путем изменения количества теплоносителя, подаваемого в систему отопления или ее отдельные элементы.

Качественное регулирование достигается изменением температуры теплоносителя, подаваемого в систему отопления.

В зависимости от места проведения регулирования различают: **центральное, групповое, местное и индивидуальное регулирование.**

Центральное регулирование осуществляется на ТЭЦ или котельной по отопительному графику, устанавливающему связь между параметрами теплоносителя и температурой наружного воздуха. **Групповое регулирование** осуществляется в центральном тепловом пункте, **местное** – в индивидуальном тепловом пункте. **Индивидуальное регулирование** осуществляется у каждого отопительного прибора и обеспечивает независимое изменение температурной обстановки в данном помещении.

Эксплуатационное регулирование систем отопления может быть **автоматическим и ручным. Ручное регулирование** осуществляется с помощью ручной запорно-регулирующей арматуры**. Автоматическое –** с помощью регуляторов температуры прямого и косвенного действия. При этом, **местное автоматическое регулирование** проводят, ориентируясь на изменение температуры наружного воздуха (этот способ регулирования называют **«по возмущению»**), **индивидуальное автоматическое регулирование** – по отклонению температуры воздуха в помещении от заданного значения (регулирование **«по отклонению»**).

Большой экономический эффект достигают при прерывистом отоплении зданий с переменным режимом работы со снижением температуры внутреннего

воздуха в нерабочий период времени или в ночные часы. Регулирование при этом осуществляют, используя одну систему отопления или две системы (например, водяную и воздушную), когда одна из них действует постоянно, а вторая включается периодически.

3. Автоматизация систем отопления и тепловых пунктов

Для управления работой систем отопления, их снабжают контрольно-измерительными приборами, сигнальными устройствами, а также устраивают централизованное управление запорно-регулирующей арматурой и отопительными установками.

Контрольно-измерительные приборы (КИП) позволяют измерять и устанавливать соответствие работы систем действительным теплопотребностям. Дистанционная сигнализация обеспечивает передачу показаний КИП в центр управления (диспетчерский пункт), где происходят обработка данных наблюдений и принятие решений по проведению регулирования. Из диспетчерского пункта осуществляется управление исполнительными механизмами.

Наиболее совершенным решением является **автоматизированная система управления (АСУ)** отоплением здания по заданной программе. При применении АСУ уменьшается численность обслуживающего персонала, улучшаются условия его работы, снижаются энергозатраты на отопление.

В крупных зданиях и сооружениях принято проектировать автоматизацию и диспетчеризацию работы систем отопления, основанные на следующих принципах:

- автоматическое регулирование узлов, в которых требуется постоянное в данный момент времени поддержание регулируемой величины, а также автоматическая защита от аварий (например, при превышении рабочего давления);

- дистанционное управление из диспетчерского пункта – для удаленных отопительных установок;

- ручное управление (пуск, остановка, переключение) в местах нахождения обслуживающего персонала или редко переключаемых узла.

Наиболее полно реализуются перечисленные принципы при автоматизации работы систем водяного отопления, и прежде всего с целью экономии тепловой энергии.

Системы проектируют с автоматическим регулированием теплового потока по зданию в целом или по каждому фасаду. Кроме того, предусматривают контроль и автоматизацию работы следующих основных узлов систем отопления:

- измерения и регистрации температуры воды в основных магистралях систем отопления, температуры воздуха в контрольных помещениях;
- измерения и регистрации теплозатрат на отопление;
- контроля и регулирования давления воды в наружных теплопроводах;
- управления работой циркуляционных и подпиточных насосов;
- контроля работы насосов, агрегатов воздушного отопления, воздушно-тепловых завес, уровня воды в расширительном баке.

Вопросы для самопроверки

1. Какие свойства системы отопления, определяют ее эффективность?
2. Чем отличаются тепловая и гидравлическая устойчивость систем отопления?
3. Перечислите существующие режимы регулирования систем отопления?
4. На чем основан принцип индивидуального регулирования систем отопления?
5. Что представляет собой автоматизированная система управления отоплением здания?

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП ПМР 41-01-2011. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Тирасполь, 2011.

2. Сканави А. Н., Махов Л. М. Отопление: Учебник для вузов. – М.: Изд-во АСВ, 2002.

3. Махов Л. М. Отопление: Учебник для вузов. 2-е изд., исправленное и дополненное. – М.: Изд-во АСВ, 2015.

4. Сибикин Ю.Д. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: Учеб. пособие. -М.: Издательский центр «Академия», 2004.

5. Свистунов В.М., Пушняков Н.К. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха объектов аграрнопромышленного комплекса и жилищно-коммунального хозяйтва: Учебник для вузов.- 2-е изд.- СПб.: политехника, 2007.

6. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3-х ч. Ч.1. Отопление / Под ред. И. Г. Староверова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1990.

7. Отопление жилого здания: Методические указания / сост. Н.А. Поперешнюк. – Бендеры, 2016.

8. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование. /Под ред. проф. Б.М. Хрусталева. – М.: Изд-во АСВ, 2005.

9. Покотилов В. В. Системы водяного отопления. «HERZ Armaturen». Вена, 2008.

10. Пырков В.В. Современные тепловые пункты. Автоматика и регулирование. – К.: «Таки Справи», 2007.

11. Крупнов Б.А. Отопительные приборы, производимые в России и в ближнем зарубежье: учеб. пособие / Б. А. Крупнов. – М.: ИАСВ, 2002.

12. Савельев А.А. Отопление дома. Расчет и монтаж систем. М.: Издательство «Аделант», 2013.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНиП 23-01–99*. Строительная климатология / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2003.

2. СНиП ПМР 41-01-2011. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Тирасполь, 2011.

3. Сканави А. Н., Махов Л. М. Отопление: Учебник для вузов. – М.: Изд-во АСВ, 2002.

4. Махов Л. М. Отопление: Учебник для вузов. 2-е изд., исправленное и дополненное. – М.: Изд-во АСВ, 2015.

5. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3-х ч. Ч.1. Отопление / Под ред. И. Г. Староверова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1990.

6. Сибикин Ю.Д. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: Учеб. пособие. -М.: Издательский центр «Академия», 2004.

7. Свистунов В.М., Пушняков Н.К. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха объектов аграрнопромышленного комплекса и жилищно-коммунального хозяйтва: Учебник для вузов.- 2-е изд.- СПб.: политехника, 2007.

8. Отопление жилого здания: Методические указания / сост. Н.А. Поперешнюк. – Бендеры, 2016.

9. Пырков В.В. Современные тепловые пункты. Автоматика и регулирование. – К.: «Таки Справи», 2007.