

## Лекция 1

### Основные требования к системам отопления

Обеспечение нормальных условий для работы и отдыха людей требует колоссальных расходов на производство тепловой энергии. Проблема сокращения этих расходов, другими словами, снижение расходования энергетических ресурсов, направленных на выработку тепла, стала сегодня не только государственной в Украине, но и мировой проблемой. При этом значительное количество тепловой энергии сегодня направлено на обогрев "воздуха". По некоторым данным, порядка 70% тепла, направленного на обогрев жилых и общественных зданий, растрачивается отчасти на пути к потребителю в трубопроводах и частично в зданиях через стены, перекрытия, окна. Такая ситуация приводит не только к значительным потерям энергоресурсов, но и создает неудобства для людей.

Требования комфорта, предъявляемые к зданиям, направлены на обеспечение во внутренних помещениях определенного температурно-влажностного режима. Оптимальное сочетание этих показателей обеспечивает нормальное физиологическое состояние людей.

Гигиенические исследования микроклимата помещений и того, как влияют изменения его отдельных компонентов на организм человека, позволили выработать следующие требования к системам отопления:

1 Система отопления должна возмещать потери тепла через все наружные ограждающие конструкции здания.

2 Поддерживать заданную, установленную гигиеническими нормами, температуру внутреннего воздуха.

3 Система отопления должна поддерживать заданную температуру внутренней поверхности ограждений помещения.

4 Система отопления не должна обеспечивать значительного и ощутимого для человека колебания температуры внутреннего воздуха в помещении. В зимнее время года суточные колебания температуры не должны превышать  $1,5^{\circ}\text{C}$ .

5 Температура внутреннего воздуха должна быть равномерной как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении. Температура считается равномерной, если в горизонтальном направлении от окон до противоположной стены разница температуры воздуха не превышает  $2^{\circ}\text{C}$ , а в вертикальном направлении -  $1^{\circ}\text{C}$  на каждый метр высоты.

6 Должна поддерживаться относительная влажность и скорость движения воздуха в пределах гигиенических норм.

7 Должна поддерживаться безопасная для человека температура отопительных приборов.

8 Система отопления должна быть управляемой и регулируемой.

9 Все элементы системы отопления должны соответствовать интерьеру помещения, быть компактными и увязываться со строительными конструкциями.

10 Система отопления должна проектироваться с разумными капитальными вложениями и минимальным расходом металла.

11 При эксплуатации системы отопления должен поддерживаться экономный расход тепловой энергии.

12 Система отопления должна быть индустриальной в изготовлении и монтаже, экономичной в эксплуатации и безопасной в пожарном отношении.

## Лекция 2

### Классификация систем отопления

**Система отопления** представляет собой комплекс элементов, предназначенных для получения, переноса и передачи необходимого количества теплоты в обогреваемые помещения. Классификацию систем отопления проводят по ряду признаков:

2.1. По взаимному расположению основных элементов системы отопления подразделяются на центральные и местные.

**Местное (автономное) отопление** - источник теплоносителя (котел) и вся трубопроводная сеть находятся в помещении и полностью обеспечивают весь процесс обогрева. Никаких внешних устройств данная система не использует.

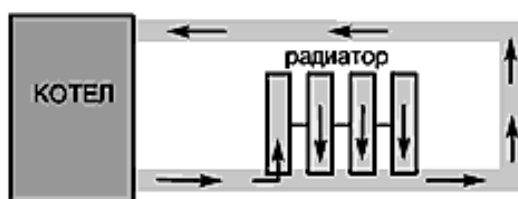


Рис. 2.1 - Схема местного отопления

**Центральное отопление** - источник теплоносителя расположен за пределами помещения и подает тепло по сети трубопроводов в несколько домов (квартир).

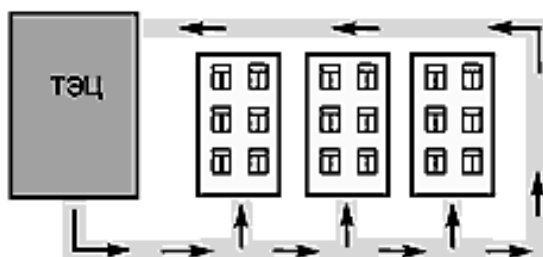


Рис. 2.2 - Схема центрального отопления

2.2. По виду теплоносителя системы отопления делят на паровые, водяные и воздушные.

#### Паровое отопление

Для организации парового отопления пригоден обычный водогрейный котел, снабженный накопителем пара. Роль нагревательных приборов выполняют чугунные ребристые трубы и радиаторы, реже — гладкие стальные трубы и конвекторы.

Среди всех применяемых теплоносителей пар имеет наилучшие показатели теплоаккумулирующей способности: 1 кг пара переносит тепла в 90 раз больше, чем столько же воздуха, и в 20 раз больше, чем килограмм воды. Отсюда — преимущества парового отопления:

1 меньше диаметр трубопроводов, а значит, меньший расход металла;

2 благодаря более высокой температуре нагревательных приборов можно обойтись меньшей их поверхностью.

Но все эти достоинства сводит на «нет» один недостаток — низкие санитарно-гигиенические характеристики (высокая температура теплоотдающих поверх-

ностей). К этому добавляется укороченный, по сравнению с водяными, срок службы систем. Температуру в помещениях, отапливаемых паровыми котлами, регулировать довольно сложно. Кроме того, в случае прекращения подачи пара (вызванного, например, внеплановым отключением электричества) происходит быстрое снижение температуры в помещении. Вообще, считается, что паровое отопление - наименее экономичная разновидность конвективного отопления.

По возможности, от этого вида отопления стараются отказываться, и используется он в основном в административно-хозяйственных зданиях и на промышленных предприятиях.

**Водяное отопление.** Если же в трубы системы отопления подавать не пар, а горячую воду, то вследствие высокой удельной теплоемкости последней в помещении будет тепло еще довольно долго после отключения котла. Радиаторы не будут столь горячими, как в случае парового отопления. Плюс к тому, возможна "плавная" регулировка температуры. Системы водяного отопления в настоящее время являются наиболее распространенными, поэтому позволим себе остановиться на них подробнее.

Вода, нагреваемая в котле, течет по трубам за счет разности ее плотностей при различных температурах, либо за счет работы циркуляционного насоса.

*2.3. По способу создания циркуляции водяные системы подразделяют на:*

- системы с естественной циркуляцией (гравитационные),
- системы с искусственной циркуляцией (насосные).

В гравитационных системах роль насоса выполняет, гравитационная сила, возникающая за счет разности плотностей теплоносителя в подающей и обратной трубах. Плотность горячей воды, меньше, чем плотность холодной воды. Для такой системы требуются трубы большого диаметра, что способствует её удорожанию, и она практически не поддается регулированию. Все эти приспособления стоят довольно дорого. Весьма существенный недостаток многих систем такого типа заключается в том, что их работа сопровождается потерями воды в результате испарения. К сожалению, содержащиеся в воде соли не испаряются, а остаются в системе и по мере накопления приводят к "зарастанию" труб и отложению накипи в самом котле.

Если же воду в системе отопления подаёт насос (система с принудительной циркуляцией), теплоотдача интенсифицируется, становится возможным использование труб малого диаметра, которые можно "прятать" в стены или под пол, во многих случаях исключаются потери воды. Установка циркуляционного насоса оправдывает себя практически всегда. Избежать потерь воды из контура отопления можно путем его герметичного исполнения. Но, к сожалению, полной герметичности при создании очень мощных систем удается достичь не всегда. Если не исключаются потери, нужно позаботиться о подаче в систему свежей воды. Но при этом нужно помнить, что природная вода содержит в больших или меньших количествах различные примеси, многие из которых способны вызвать накипь или стать причиной интенсивной коррозии оборудования. Воду, используемую в системах водяного и парового отопления, обычно подвергают умягчению и деаэрации.

Кроме того, водяные системы отопления могут быть *открытого* и *закрытого типа*. В первом случае для компенсации расширения теплоносителя (воды или антифриза) в системе отопления используется открытый расширительный бак. Во втором - применяется закрытый мембранный бак.

В открытой системе расширительный бак должен устанавливаться в наивысшей точке системы. В закрытой же - размещать мембранный бак наверху нет никакой необходимости. Система с закрытым мембранным баком имеет ряд преимуществ по сравнению с открытой системой:

1 бак можно расположить там же, где и котел, то есть, нет необходимости тянуть трубу на чердак,

2 нет контакта воды и воздуха, а, следовательно, и возможности растворения в воде дополнительного кислорода (что продлевает срок "жизни" радиаторам и котлу),

3 есть возможность создать дополнительное давление даже в верхней точке системы отопления, что уменьшает риск образования воздушных пробок в верхних радиаторах.

2.4. По способу присоединения к источнику тепла бывают зависимые и независимые системы теплоснабжения:

**Зависимая система** наиболее распространена. Нагретая до  $150^{\circ}\text{C}$  в котле вода поступает к узлу управления, где после подмешивания холодной воды общая ее температура падает до  $90^{\circ}\text{C}$ , а затем попадает в радиаторы помещений. После этого потерявшая температуру вода попадает в обратный теплопровод и поступает снова в котел для повторного нагрева.



Рис. 2.3 - Схема зависимой системы отопления

**Независимая система.** Теплоноситель (горячая вода) поступает в водонагреватель, где температура горячей воды используется для нагрева воды в системе отопления здания. При этом поступающий от котла теплоноситель (горячая вода  $t = 150^{\circ}\text{C}$ ) и вода в системе отопления ( $t = 90^{\circ}\text{C}$ ) изолированы друг от друга.

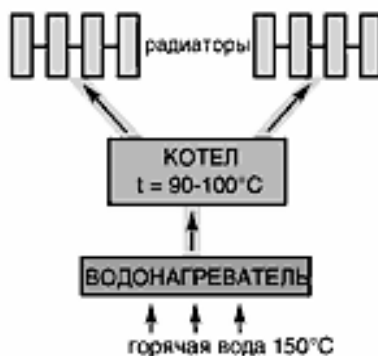


Рис. 2.4 - Схема независимой системы отопления

*2.5. По схеме питания отопительных приборов системы отопления разделяют* - на двухтрубные ( вода поступает в приборы по одним стоякам, а отводится по другим, приборы присоединены параллельно по теплоносителю ) и однотрубные ( вода поступает в прибор и отводится из него по одному стояку, приборы присоединены последовательно по теплоносителю). Отопительные системы бывают вертикальные и горизонтальные. Однотрубные системы бывают проточные, проточно - регулируемые с осевыми и смещенными обходными участками, а также регулируемые с осевыми и смещенными замыкающимися участками. Однотрубные системы водяного отопления отличаются от двухтрубных тем, что не имеют обратных стояков. Поэтому вода, охлажденная в нагревательных приборах, возвращается в подающие стояки. В однотрубных системах горячая вода охлаждается в верхних нагревательных приборах, оттуда смесь горячей и охлажденной воды поступает в нижние нагревательные приборы. Поверхность нагрева нижних приборов должна быть несколько увеличена.

В однотрубных системах, нагревательных приборах и стояках вода циркулирует вследствие разности температур. Количество воды для каждого нагревательного прибора регулируется с помощью кранов, установленных у приборов.

При однотрубной системе водяного отопления с замыкающимися участками только часть воды поступает из стояка в верхние отопительные приборы. Оставшаяся часть вода опускается по стояку к нижерасположенным отопительным приборам.

При проточной схеме водяного отопления вся вода из стояка проходит через нагревательные приборы последовательно, начиная с верхних. Проточная система характерна тем, что в нижерасположенные радиаторы поступает только охлажденная вода, а не смесь горячей и охлажденной в верхних приборах воды.

Недостаток однотрубных систем состоит в том, что поэтажный пуск данных систем в действие невозможен.

*2.6. По расположению подающих магистралей системы отопления* - на системы с верхней разводкой (при прокладке подающих магистралей по чердаку, откуда она направляется в различные стояки, а затем по ним же поступает к нагревательным приборам) и системы с нижней разводкой (при прокладке подающих магистралей по подвалу).

Поскольку естественное циркуляционное давление в системах отопления с нижней разводкой меньше, чем в системах с верхней разводкой, их рекомендуют применять только при насосном побуждении. Двухтрубные системы с нижней разводкой обладают большей гидравлической устойчивостью по сравнению с системами с верхней разводкой и дают возможность вводить их частично в эксплуатацию.

Воздух из системы с нижней разводкой можно удалить через воздушные краны, устанавливаемые в верхние радиаторные пробки нагревательных приборов верхнего этажа с присоединением в этом случае подводки к приборам через нижнюю радиаторную пробку. Такое присоединение обеспечивает лучшее удаление воздуха и циркуляцию воды через верхние приборы.

В однотрубных вертикальных системах отопления с верхней разводкой вода из котла поступает в главный стояк, а из него в подающую магистраль, от-

куда она распределяется по отдельным стоякам. В точках присоединения приборов верхнего этажа к стоякам часть воды из них направляется в нагревательные приборы, а часть в осевые замыкающие участки. Вода, охладившаяся в приборах, смешивается с водой поступающей по замыкающему участку. Далее вода поступает в точки присоединения приборов нижележащего этажа, причем часть воды поступает в приборы, а часть воды по замыкающему участку, где она смешивается с водой охладившейся в нагревательных приборах. Проходя указанным образом через приборы всех этажей, вода постепенно охлаждается и из стояков поступает в обратную магистраль, а из нее - в котел или тепловой пункт.

*2.7. По направлению движения воды в подающих и обратных магистралях* - на тупиковые (при встречном движении воды) и с попутным движением (при движении воды в одном направлении). Системы с естественной циркуляцией воды целесообразно проектировать тупиковыми. Характерной особенностью тупиковых систем является разная длина циркуляционных колец. Через стояк, ближайший к котлу, проходит самое короткое кольцо, через стояк, удаленный от котла, - самое длинное циркуляционное кольцо.

Для систем водяного отопления с попутным движением воды характерна одинаковая длина все циркуляционных колец. При одинаковой тепловой нагрузке стояков сопротивление колец тоже будет одинаковым. Для данной системы требуется, чтобы все стояки и нагревательные приборы находились почти в равных условиях, что позволяет значительно облегчить регулировку. Поэтому их устраивают только в системах с насосной циркуляцией.

Недостаток системы отопления с попутным движением воды в магистралях состоит в ее высокой себестоимости, так как для нее по сравнению с тупиковой системой требуется большее количество труб.

По расположению стояков системы отопления - с вертикальными стояками (нагревательные приборы разных этажей подключаются к единому стояку) и горизонтальными ветвями (нагревательные приборы только одного этажа подключаются к единой ветви).

Широкое распространение получили **«водяные» напольные системы отопления**. Их отличает высокая степень тепловой комфортности, теплоустойчивость, а скрытая прокладка трубопроводов не портит интерьер и не отбирает даже квадратного сантиметра площади помещений.

## Лекция 3

### Энергосбережение за счет утепления зданий

Необходимые тепловые условия в помещениях можно обеспечить, если ограничить понижение внутренней температуры внутренней поверхности наружных ограждающих конструкций. Для этого ограждающие конструкции выполняют с достаточной тепловой защитой от воздействия таких метеорологических факторов, как температура наружного воздуха и скорость ветра.

Основным фактором, вызывающим теплопотери через ограждения помещений, является температура наружного воздуха.

Ограждающие конструкции, кроме прочностных и конструктивных требований, должны удовлетворять экономическим, теплотехническим и санитар-

но-гигиеническим требованиям.

Теплотехнические свойства ограждений характеризуются сопротивлением теплопередаче, теплоустойчивостью, воздухопроницаемостью и паропроницаемостью.

Применение современных эффективных теплоизоляционных материалов для утепления различных конструкций позволяет сократить к минимуму затраты на обогрев зданий и создания комфортных условий для функционирования людей.

Термическое сопротивление ограждающих конструкций существующих зданий не удовлетворяют требования норм. Поэтому возникает необходимость утепления строительных конструкций зданий при реконструкции.

Современный рынок теплоизоляционных материалов широк и разнообразен, поэтому очень важно правильно в нем ориентироваться и подбирать то, что необходимо в тех или иных случаях. Основными критериями в подборе теплоизоляционного материала являются его физико-механические характеристики, скорректированные на местные условия.

Теплоизоляционные материалы должны иметь низкое водопоглощение и высокую паропроницаемость, что позволяет сохранять теплофизические свойства материала и не накапливать влагу в конструкции.

В настоящее время широко обсуждается проблема образования плесени на строительных конструкциях. Применяя современные теплоизоляционные материалы в фасадных системах, эту проблему легко решить. Теплоизоляционные материалы должны быть устойчивы к действию минеральных агрессивных сред типа известняков, цемента, гипса, глины, битума, устойчивы к действию ряда кислот, обладать высокой биологической стойкостью, не поддаваться гниению, воздействию насекомых, быть стойкими к действию микроорганизмов, грибков и бактерий.

Теплоизоляционные материалы должны легко поддаваться механической обработке с помощью самых простых и общедоступных инструментов.

Перечисленные свойства основные, но не единственные. Одно из важнейших качеств теплоизоляционного материала - не горючесть и пожарная безопасность. Теплоизоляционные материалы должны иметь сертификат пожарной безопасности.

Теплоизоляционные материалы должны быть устойчивы к старению и при правильном использовании сохраняют стабильные свойства, форму и размеры длительное время, т.е. быть долговечным материалом.

Теплоизоляционные материалы должны быть экологически чистыми и безвредными для человека.

Преимущество применения теплоизоляционных материалов в строительстве:

- сокращение расходов на материалы.
- сокращение сроков и расходов на монтаж;
- низкий коэффициент теплопроводности при утеплении ограждающих конструкций ведет к сокращению расходов на отопление и экономии денежных ресурсов;
- стабильность форм, т.е. исключается наличие щелей;
- экологическая безопасность для здоровья человека.

Расчетное термическое сопротивление должно быть не меньше требуемого термического сопротивления, которое по новым нормам возрастает и составляет для наружной стены  $R_0^{тп} = 2,8 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$ , для перекрытия и покрытия  $R_0^{тп} = 4,95 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$ . Возрастает также термическое сопротивление окон и дверей.

Расчетное термическое сопротивление ограждений определяется по формуле:

$$R_0 = R_B + \Sigma R_T + R_H, \quad (3.1)$$

где  $R_B$  - сопротивление теплоотдаче внутренней поверхности,  $\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ ;

$\Sigma R_T$  - суммарное термическое сопротивление всех материальных слоев ограждения,  $\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ ;

$R_H$  - сопротивление теплоотдаче наружной поверхности,  $\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ .

$$R_B = \frac{1}{\alpha_B}, \quad (3.2)$$

$$R_H = \frac{1}{\alpha_H}, \quad (3.3)$$

где  $\alpha_B$  - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, принимаем  $\alpha_B=8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$ ;

$\alpha_H$  - коэффициент теплоотдачи (для зимних условий) наружной поверхности, принимаем  $\alpha_H=23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$ .

Термическое сопротивление отдельных слоев ограждения находим по формуле:

$$R_{\text{оep}} = \frac{\delta}{\lambda}, \quad (3.4)$$

где  $\delta$  - толщина слоя, м;

$\lambda$  - расчетный коэффициент теплопроводности материала слоя,  $\text{Вт}/(\text{м } ^\circ\text{C})$ .

В целях энергосбережения для остекления зданий применяются стеклопакеты.

Современные стеклопакеты используют стекло с нанесенным электромагнитным способом слоем оксидов металлов на один из слоев стекла. Это стекло называют тепло- и энергосберегающим, т. к. с помощью нанесенных покрытий оно способно "отражать" опять в помещение свыше 90% тепловой энергии уходящей через окно.

Преимущества современных стеклопакетов:

- улучшается теплоизоляция, сокращаются потери тепла, затраты на отопление;
- оптимизируется солнечное тепло;
- уменьшается конденсация влаги;
- уменьшается холодное излучение от окна;
- высокая светопропускаемость;
- возможность остекления вместе с солнцезащитным стеклом.

Стеклопакеты предназначены для сокращения тепловых потерь через окна. Стеклопакеты пропускают коротковолновую солнечную энергию в помещение, но не пропускают наружу длинноволновое тепловое излучение, например, от отопительного прибора. Коэффициент теплопередачи у обычного прозрачного стекла 5,4. У двойного стекла уменьшается до значения 2,8. У стеклопакетов коэффициент теплопередачи еще меньше и составляет 1,9. При заполнении стеклопакета аргоном уменьшается до 1,6.

## Лекция 4

### Теплопотери зданий и тепловая мощность системы отопления

#### 4.1 Основные потери теплоты через ограждающие конструкции

Теплопотери помещением здания определяют суммированием потерь тепла, через отдельные элементы ограждающих помещению конструкций. При этом теплопотери  $Q_{огр}$ , Вт, через отдельный элемент ограждающей конструкции (наружную или внутреннюю стену, световой проем, дверь, пол, перекрытие, покрытие и др.) рассчитывают (с округлением до 5-10 Вт) по следующей формуле:

$$Q_{огр} = \frac{F}{R_0^{np}} \cdot (t_n - t_n) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n, \quad (4.1)$$

где  $F$  - расчетная площадь ограждающей конструкции,  $m^2$ ;

$R_0^{np}$  - приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции,  $(m^2 \cdot ^\circ C) / Вт$ ;

$t_n$  - температура помещения,  $^\circ C$ ;

$t_n$  - расчетная температура наружного воздуха для холодного периода года,  $^\circ C$ ;

$\beta$  - коэффициент, учитывающий добавочные потери теплоты;

$n$  - коэффициент учета положения наружной поверхности ограждения по отношению к наружному воздуху.

При расчете теплопотерь через внутренние ограждения, например, отделяющие отапливаемые помещения от неотапливаемых, в формуле (2.1) принимают  $\beta = 0$  и вместо  $(t_n - t_n) \cdot n$  принимают разность температур  $(t_n - t_x)$ . Здесь  $t_x^0$  - температура воздуха в неотапливаемом помещении.

Потери теплоты через внутренние ограждающие конструкции допускается не учитывать, если разность температур в разделяющих помещениях не превышает  $3^\circ C$ .

Расчетная площадь ограждающих конструкций при определении потерь теплоты вычисляется (с точностью до  $0,1 m^2$ ) по определенным правилам объема по планам и разрезам здания.

Эти правила учитывают особенности теплообмена в местах стыков отдельных ограждающих конструкций. Линейные размеры ограждающих конструкций следует определять с точностью до  $0,1 m$ , а площади ограждающих конструкций - с точностью до  $0,1 m^2$ .

Наружные стены (НС). В плане длина стен угловых помещений измеряется от наружной поверхности до оси внутренних стен, неугловых помещений - между осями внутренних стен. По вертикальному разрезу на верхнем этаже - от поверхности чистого пола до наружной поверхности чердачного перекрытия. В совмещенных кровлях, имеющих вентилируемую воздушную прослойку, длина определяется от чистого пола до воздушной прослойки, на средних этажах от чистого пола нижнего этажа до чистого пола верхнего этажа, на первом этаже - от чистого пола первого этажа до наружной поверхности перекрытия над под-

валом, от уровня подготовки грунта на лагах, до внутренней поверхности пола, расположенного непосредственно на грунте.

Площади заполнений световых проемов (окон, дверей, фонарей, ворот) определяются по наименьшим размерам строительных проемов.

Полы (Пл), потолки (Пт). Площади полов и потолков измеряются от внутренней поверхности наружных стен до осей внутренних стен.

Теплопотери через полы на грунте и на лагах и через подземную часть наружных стен, расположенных ниже уровня земли, определяют по зонам. Для этого поверхность пола условно разбивают на полосы шириной 2 м, параллельные наружным стенам. Полосу, ближайшую к наружной стене, обозначают первой зоной, следующие две полосы - второй и третьей зонами, а остальную поверхность пола - четвертой зоной. Часть зоны, примыкающую к углам наружных стен, учитывают дважды.

Подземные части наружных стен при расчете теплопотерь рассматривают как продолжение пола на грунте. Разбивка на полосы (зоны) в этом случае делается от уровня земли и внутренней поверхности подземной части стен и далее по полу. Если в первую зону попадают окна, входящие в прямки, то их площади исключаются из площади зоны, потери теплоты через эти окна определяются отдельным расчетом.

Утепленным считается пол, расположенный непосредственно на грунте и имеющий утепляющий слой, коэффициент теплопроводности материала которого меньше 1,2 Вт/(м·К). Не утепленным независимо от толщины считается пол, расположенный непосредственно на грунте и состоящий, например, из нескольких слоев, коэффициент теплопроводности материала каждого из которых больше 1,2 Вт/(м·К).

Теплопотери лестничной клетки определяют по всей ее высоте, как для одного помещения.

#### ***4.2 Добавочные потери теплоты через ограждающие конструкции***

Добавочные потери теплоты через ограждающие конструкции определяют в долях от основных теплопотерь, в практических расчетах их учитывают коэффициентом  $\beta$ .

Дополнительные теплопотери возникают вследствие усиленного излучения с поверхности ограждений, обращенных на северную сторону, изменения расчетной температуры  $t_e$  в угловых и высоких помещениях, поступлений холодного воздуха через открываемые проемы и др. В практике проектирования учитывают следующие добавочные теплопотери: 1) на ориентацию ограждений по сторонам горизонта; 2) в угловых помещениях общественных, административно-бытовых и производственных зданий и сооружений, имеющих две или более наружных стен; 3) на поступление холодного воздуха через входы в здания при открывании наружных дверей и сооружения, не оборудованные воз-

душными или воздушно-тепловыми завесами; 4) на высоту помещений жилых, общественных и вспомогательных зданий.

### 4.3 Расход теплоты на нагревание инфильтрующегося воздуха

1) Теплопотери на инфильтрацию в результате действия теплового и ветрового давлений.

Расход теплоты  $\Delta Q_u$ , Вт, на нагревание инфильтрующегося воздуха в общем случае следует определять по следующей формуле:

$$\Delta Q_u = 0,28 \cdot \sum G_u \cdot C \cdot (t_B - t_H) \cdot k, \quad (4.2)$$

где  $C$  - удельная массовая теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/(кг·°С);  
 $t_B, t_H$  - расчетные температуры воздуха, °С, внутри помещения и наружного воздуха в холодный период года;

$k$  - коэффициент, учитывающий влияние трансмиссионного теплового потока в конструкциях, равный 0,7 - для стыков панелей стен и для окон с тройными переплетами; 0,8 - для окон и балконных дверей с отдельными переплетами; 1,0 - для одинарных окон, окон и балконных дверей со спаренными переплетами и открытых проемов; 0,6 - для других наружных ограждающих конструкций;

$\sum G_u$  - расход инфильтрующегося воздуха через неплотности наружных ограждающих конструкций помещения, кг/ч

$$\sum G_u = \sum \frac{0,21 \cdot \Delta P_1^{0,67} \cdot F_1}{R_1} + \sum \frac{\Delta P_2^{0,5} \cdot F_2}{R_2} + \sum \frac{\Delta P_3 \cdot F_3}{R_3} + \sum \frac{\Delta P_4 \cdot 0,5 \cdot L}{\Delta P_{1эм}}, \quad (4.3)$$

где  $\Delta P$  - разность давлений воздуха, Па, на наружной и внутренней поверхностях соответственно: окон, балконных дверей и фонарей -  $\Delta P_1$ ; наружных дверей, ворот и открытых проемов -  $\Delta P_2$ ; наружных стен -  $\Delta P_3$ ; стыков стеновых панелей -  $\Delta P_4$ ;

$F_1$  - площадь окон, балконных дверей, фонарей, м<sup>2</sup>;

$F_2$  - площадь наружных и внутренних дверей, ворот и открытых проемов, м<sup>2</sup>;

$F_3$  - площадь наружных стен, м<sup>2</sup>;

$R_1$  - сопротивление воздухопроницанию окон, балконных дверей, фонарей, (м<sup>2</sup>·ч)/кг, (при  $\Delta P = 10$  Па);

$R_2$  - сопротивление воздухопроницанию дверей, ворот и открытых проемов  $R_2$ , (м<sup>2</sup>·ч·Па<sup>0,5</sup>)/кг, принимают равным: 0,3 - для дверей помещения; 0,47 - для дверей при входе из коридоров на открытые пожарные лестницы или лоджии; 0,14 - для наружных дверей при входе в здание через тамбур;

$R_3$  - сопротивление воздухопроницанию наружных стен, (м<sup>2</sup>·ч·Па)/кг;

$L$  - длина стыков стеновых панелей, м.

Инфильтрация воздуха через стыки стеновых панелей учитывается только для жилых зданий.

Разность давлений воздуха  $\Delta P$  может быть рассчитана по формуле:

$$\Delta P = (H - h) \cdot (\gamma_H - \gamma_B) + 0,5 \cdot \rho_H \cdot V_H^2 \cdot (C_H - C_3) \cdot K^* - P_0, \quad (4.4)$$

где  $H$  - высота здания от уровня земли до верха карниза, центра вытяжных отверстий фонаря или шахты, м;

$h$  - расчетная высота от уровня земли до верха окон, балконных дверей, ворот, проемов или до середины наружных стен и вертикальных стыков стеновых панелей, м;

$\gamma_H, \gamma_B$  - удельный вес, соответственно, наружного воздуха и воздуха внутри помещения, Н/м<sup>3</sup>;

$\rho_H$  - плотность наружного воздуха, кг/м<sup>3</sup>.

$$\gamma = \frac{3463}{(273 + t)}; \quad (4.5)$$

$$\rho_H = \rho_0 \frac{273}{273 + t_H} \cdot \frac{P_a}{101325}, \quad (4.6)$$

где  $\rho_0$  - плотность воздуха при нормальных физических условиях,  $\rho_0 = 1,293$  кг/м<sup>3</sup>;

$P_a$  - расчетное значение барометрического давления для данного района, Па;

$K^*$  - коэффициент изменения скоростного давления ветра по высоте здания;

$V_H$  - скорость наружного ветра, м/с;

$C_H, C_3$  - аэродинамические коэффициенты соответственно для наветренной и подветренной сторон ограждений здания ( $C_H = 0,8; C_3 = -0,6$ );

$P_0$  - условно-постоянное давление воздуха в помещении, определяется расчетом из условий соблюдения равенства масс воздуха, поступающего в помещения и удаляемого из него в результате инфильтрации и эксфильтрации через ограждающие конструкции, Па.

При вычислении разности давлений  $\Delta P$  для жилых и общественных зданий с естественной вытяжной вентиляцией, учитывая частичную потерю давлений при движении воздуха по вентиляционным каналам, используют вместо формулы (2.4) следующую формулу

$$\Delta P = g(H - h)(\rho_H - 1,27) + 0,5 \rho_H V_H^2 (C_H - C_3) \cdot K^*, \quad (4.7)$$

включающую плотность воздуха при температуре + 5 °С (1,27 кг/м<sup>3</sup>).

2) В помещениях жилых и общественных зданий (жилые комнаты, кухни и др.), оборудованных естественной вытяжной вентиляцией, кроме расхода теплоты на нагрев воздуха, инфильтрующегося за счет ветрового и гравитационного давлений, определяется расход тепла  $\Delta Q_u^*$ , Вт, на нагрев воздуха, инфильтрующегося вследствие естественной вытяжки, не компенсируемой подогретым приточным воздухом, по формуле

$$Q_u^* = 0,28 \cdot V_0 \cdot C \cdot \rho_B \cdot F_{II} (t_B - t_H), \quad (4.8)$$

где  $C$  - удельная массовая теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/кг·°С;

$\rho_{в}$  - плотность внутреннего воздуха, кг/м<sup>3</sup>;

$F_{п}$  - площадь «чистого» пола помещения, м<sup>2</sup>;

$t_{в}$  - расчетная температура воздуха внутри помещения, °С;

$t_{н}$  - расчетная температура наружного воздуха, °С, для проектирования отопления;

$V_o$  - нормативный расход удаляемого из помещения воздуха, м<sup>3</sup>/ч, не компенсируемый подогретым приточным воздухом; для жилых зданий  $V_o = 3$  м<sup>3</sup>/ч на 1 м<sup>2</sup> площади пола жилых помещений и кухни.

При определении общих тепловых потерь помещениями таких зданий учитывается большая из величин расходов теплоты  $\Delta Q_u$  или  $\Delta Q_u^*$ .

Для помещений производственных зданий теплотери на нагревание инфильтрационного воздуха допускается принимать 30 % от основных теплотери через ограждения (но не менее, чем это требуется на нагревание воздуха, поступающего вследствие дисбаланса объемов воздуха приточно-вытяжной механической вентиляции).

Для входных дверей и ворот с воздушно-тепловыми завесами, действующими в рабочее время, количество воздуха, инфильтрирующегося в нерабочее время, через щели по их периметру  $G_{щ}$ , кг/ч, можно рассчитывать по следующей формуле:

$$G_{щ} = 3600 A_{щ} (2\rho_{н} \cdot \Delta P / \sum \zeta)^{0,5}, \quad (4.9)$$

где  $A_{щ} = b \cdot l$  - площадь щелей шириной  $b$ , м, и общей длиной  $l$ , м ( $b \approx 0,002$  м - для дверей,  $b \approx 0,005$  м - для ворот);

$\Delta P$  - разность давлений воздуха снаружи и внутри помещения, Па;

$\sum \zeta$  - сумма коэффициентов местных сопротивлений щелей ( $\sum \zeta \approx 2,0$ ).

Теплотери на нагревание этого количества воздуха рассчитываются по формуле (2.2).

Для ворот без тамбуров, шлюзов или воздушных завес, открываемых в течение смены в общей сложности не более, чем на 15 мин, теплотери на нагревание поступающего наружного воздуха допускается учитывать путем введения коэффициента  $\beta = 3,0$  к основным теплотерям через ворота, рассчитанным по формуле (2.1) при  $\beta = 0$ .

Для окон лестничных клеток многоэтажных зданий теплотери на нагревание инфильтрующегося воздуха определяют с учетом различной разности давления на уровне расположения верха окон по высоте здания.

Теплотери на инфильтрацию для лестничных клеток, вычисленные по формуле (2.2), сравнивают с величиной дополнительных теплотери на поступление холодного воздуха через входы в здание при открытии наружной двери. В расчетную тепловую мощность системы отопления здания закладывают большую из полученных величин дополнительных теплотери.

#### 4.4 Теплопоступления в помещения зданий

В помещениях зданий зимой возможны тепловыделения вследствие выделений теплоты людьми, теплопроводами и нагревательным технологическим оборудованием, источниками искусственного освещения и работающим электрическим оборудованием, нагретыми материалами и изделиями. Теплота может выделяться при технологических процессах, от солнечной радиации и др.

Расчет этих составляющих теплового баланса помещения подробно рассматривается в курсе «Вентиляция», т.к. в производственных зданиях задачу ассимиляции избыточной теплоты и компенсацию недостатка теплоты выполняет вентиляция, совмещенная с отоплением.

Величину бытовых тепловыделений  $Q_{\text{б}}$ , Вт, в помещениях жилых зданий определяют из расчета 21 Вт на 1 м<sup>2</sup> площади пола помещений, в которых предусматривается установка отопительных приборов, то есть

$$Q_{\text{б}} = 21 \cdot F_{\text{п}}, \quad (4.10)$$

где  $F_{\text{п}}$  - площадь «чистого» пола отапливаемого помещения, м<sup>2</sup>.

#### 4.5 Тепловая мощность системы отопления здания

Теплопотери каждого помещения определяют как сумму расчетных теплопотерь через все его наружные ограждения с учетом добавочных теплопотерь. В них включают также теплопотери или теплопоступления (со знаком минус) через внутренние ограждения и теплопоступления (со знаком минус) от оборудования и др. Для установления расчетной тепловой мощности системы отопления здания расчетные теплопотери суммируют для всех помещений каждого этажа, по этажам и для здания в целом, включая теплопотери лестничных клеток.

Фактическая тепловая мощность системы отопления превышает расчетные теплопотери здания и рассчитывается по формуле:

$$Q_{\text{от}} = K \cdot Q_{\text{зд}} + \Delta Q, \quad (4.11)$$

где  $Q_{\text{от}}$  - фактическая тепловая мощность системы отопления здания, кВт;

$Q_{\text{зд}}$  - расчетная тепловая мощность системы отопления здания, кВт;

$K = 1,0$  - при системах воздушного отопления производственных зданий;

$K = \beta_1 \cdot \beta_2$  - при местных отопительных приборах;

$\Delta Q \leq 0,03 \cdot Q_{\text{зд}}$  - учитывается при прокладке теплопроводов систем отопления в холодных помещениях.

Значение коэффициента  $K$  в формуле (4.11) должно быть не более 1,07.

Исходя из фактической тепловой мощности системы отопления здания, определяют количество теплоносителя, направляемого в систему отопления, и выбирают тип и размеры теплообменников, теплопроводов, отопительных агрегатов и приборов.

## Лекция 5

### Теплопроводы систем отопления

#### 5.1 Классификация и материал теплопроводов

Теплопроводы - это совокупность труб, используемых для подачи теплоносителя в отопительные приборы, а также для вывода охлажденного теплоносителя из них.

Трубопроводы систем отопления следует проектировать из стальных, медных, латунных труб, термостойких труб из полимерных материалов (в том числе металлополимерных и из стеклопластика), разрешенных к применению в строительстве. В комплекте с пластмассовыми трубами следует применять соединительные детали и изделия, соответствующие применяемому типу труб.

Трубы из полимерных материалов, применяемые в системах отопления совместно с металлическими трубами или с приборами и оборудованием, в том числе в наружных системах теплоснабжения, имеющими ограничения по содержанию растворенного кислорода в теплоносителе, должны иметь антидиффузный слой.

#### *Стальные трубы*

Трубы для систем водяного отопления изготавливают из мягкой углеродистой стали. Выбор такого материала неслучаен, так как сталь обладает одновременно высокой прочностью и пластичностью, позволяющей её сгибать, резать и выполнять прочие операции, облегчающие монтаж отопительной системы. В водяной системе отопления могут применяться водогазопроводные трубы (ГОСТ 3262-75). Это чёрные (неоцинкованные) стальные трубы. По толщине стенок они подразделяются на три вида: лёгкие, обыкновенные, усиленные. Стальные электросварные (ГОСТ 10704-76) и бесшовные цельнотянутые трубы выпускают со стенками различной толщины, поэтому в условном обозначении следует указывать наружный диаметр и толщину стенки, например 76×3 мм. Наиболее употребительны для систем отопления обыкновенные и лёгкие трубы.

Таблица 5.1 Сортимент водогазопроводных сварных труб по ГОСТу 3262-75

Условный проход (Dy), мм	Наружный диаметр (Dн), мм	Толщина стенки труб, мм			Масса 1 м трубы без муфты, кг		
		Легких	обыкновенных	усиленных	легкие трубы	обычные трубы	усиленные трубы
6	10,2	1,8	2	2,5	0,37	0,4	0,47
8	13,5	2	2,2	2,8	0,57	0,61	0,74
10	17	2	2,2	2,8	0,74	0,8	0,98
15	21,3	2,5	2,8	3,2	1,16	1,28	1,43
20	26,8	2,5	2,8	3,2	1,5	1,66	1,86
25	33,5	2,8	3,2	4	2,12	2,39	2,91
32	42,3	2,8	3,2	4	2,73	3,09	3,78
40	48	3	3,5	4	3,33	3,84	4,34
50	60	3	3,5	4,5	4,22	4,88	6,16
65	75,5	3,2	4	4,5	5,71	7,05	7,88
80	88,5	3,5	4	4,5	7,34	8,34	9,32
90	101,3	3,5	4	4,5	8,44	9,6	10,74
100	114	4	4,5	5	10,85	12,15	13,44
125	140	4	4,5	5,5	13,42	15,04	18,24
150	165	4	4,5	5,5	15,88	17,81	21,63

Таблица 5.2 Сортамент стальных электросварных прямошовных труб по ГОСТ 10704-76

Дн, мм	Теоретическая масса 1 м трубы, кг, при толщине стенки, мм													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	1,13	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	7	8	9	10	
25	1,13	1,39	1,63					-						
27	1,23	1,51	1,78					-						
34	1,58	1,94	2,29	2,63				-						
45	2,12	2,62	3,11	3,58				-						
48	2,27	2,81	3,33	3,84				-						
57	2,71	3,36	4	4,62	5,23			-						
60	2,86	3,55	4,22	4,88	5,52	6,16								
76	3,65	4,53	5,4	6,26	7,1	7,93								
88	4,29	5,33	6,36	7,38	8,39	9,39	10,4	<b>11,3</b>	-	-	-	-	-	-
114	-	6,87	8,21	9,54	10,9	12,1	13,4	<b>14,8</b>						
133	-	-	9,62	11,2	12,7	14,6	15,8	<b>17,3</b>	-	-	-	-	-	-
159	-	-	11,5	13,4	12,3	17,2	18,9	<b>20,8</b>	22,6	26,2	29,9	-	-	-
219	-	-	-	-	-	23,8	26,4	<b>28,9</b>	31,5	36,6	41,6	46,6	-	-
273									39,5	45,9	52,3	58,6	-	-
325							36,5	<b>43,3</b>	47,2	54,9	62,5	70,1	-	-
377										63,8	72,8	81,7	90,5	
426										72,3	82,4	92,5	102,6	

Таблица 5.3 Сортамент стальных бесшовных холоднодеформированных труб по ГОСТ 8734-75

Дн, мм	Масса 1 м трубы, кг, при толщине стенки, мм							
	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
25	1,39	1,63	1,86	2,07	2,28	2,47	2,64	2,81
34	1,94	2,29	2,63	2,96	3,27	3,58	3,87	4,14
40	2,31	2,74	3,15	3,55	3,94	4,92	4,69	5,03
45	2,62	3,11	3,58	4,04	4,49	4,93	5,36	5,77
57	3,36	4	4,62	5,23	5,83	6,41	6,99	7,55
60	3,55	4,22	4,88	5,52	6,16	6,78	7,39	7,99
70	4,16	4,96	5,14	6,51	4,27	8,01	8,75	9,47
76	4,53	5,4	5,26	7,1	7,94	8,76	9,56	10,36
89	5,33	6,37	7,38	8,39	9,38	10,36	11,33	12,28
108	6,5	7,77	9,02	10,26	11,49	12,7	13,9	15,09
120	7,2	8,65	10,06	11,44	12,82	14,18	15,53	16,87
130	7,9	9,39	10,92	12,43	13,93	15,41	16,89	18,35
140	8,48	10,14	11,78	13,42	15,04	16,45	18,24	19,83
150	9,1	10,88	12,65	14,4	16,15	17,89	19,6	21,31
160	9,7	11,62	13,5	15,39	17,26	19,11	20,96	22,79
170	10,33	12,36	14,37	16,38	18,37	20,35	22,31	24,27

Таблица 5.4 Сортамент стальных бесшовных горячедеформированных труб по ГОСТ 8732-78

Дн, мм	Теоретическая масса 1 м трубы, кг, при толщине стенки, мм							
	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
25	1,39	1,63	1,86	2,07	2,28	2,47	2,65	2,81
32	1,82	2,15	2,45	2,76	3,05	3,33	3,59	3,85
45	2,62	3,11	3,58	4,04	4,49	4,93	5,36	5,77
50	2,93	3,48	4,01	4,93	5,05	5,55	6,04	6,51
57	—	4	4,62	5,23	5,83	6,41	6,99	7,55
60	—	4,22	4,88	5,52	6,16	6,78	7,39	7,99
70	—	4,96	5,74	6,51	7,27	8,02	8,75	9,47
76	—	5,4	6,26	7,1	7,91	8,76	9,50	10,35
83	—	—	6,86	7,79	9,71	9,62	10,51	11,39
89	—	—	7,38	8,39	9,38	10,36	11,33	12,28
102	—	—	8,5	9,67	10,82	11,96	13,09	14,21
108	—	—	—	10,26	11,49	12,7	13,9	15,09
114	—	—	—	10,85	12,15	13,44	14,72	15,98
121	—	—	—	11,54	12,93	14,2	15,67	17,02
133	—	—	—	12,73	14,26	15,78	17,29	18,79
140	—	—	—	—	15,04	16,65	18,24	19,83
159	—	—	—	—	17,15	18,99	20,82	22,64
180	—	—	—	—	—	21,68	23,67	25,75
194	—	—	—	—	—	23,31	25,6	27,82
203	—	—	—	—	—	—	—	29,15
219	—	—	—	—	—	—	—	31,52

У стальных труб высокая теплопроводность - 74 Вт/м х К, что является хорошим качеством для трубопроводов, несущих нагретую воду. Наоборот, в условиях транспортировки холодной воды высокая теплопроводность стали - недостаток, так как стальные трубы "отпотевают", покрываются снаружи ржавчиной и намокают, в результате чего разрушаются прилегающие к трубам строительные конструкции. Дабы избежать разрушения стен, на стальные трубы рекомендуют надевать специальные изоляционные трубки из вспененного полиэтилена или каучука. Кроме высокой теплопроводности, сталь обладает низким температурным коэффициентом линейного расширения, соответствующим температурному коэффициенту расширения бетона, что является важным фактором при заделке стальных труб в бетон.

Главный недостаток стальных труб - малая устойчивость перед коррозией. Ржавчина не только медленно и верно разрушает стальные трубы, но также оказывает негативное влияние на качество воды и засоряет внутреннюю полость труб, уменьшая их пропускную способность и ухудшая работу запорно-регулирующей арматуры. Для замедления коррозии используют цинковое покрытие, которое, однако, полностью не предотвращает образование ржавчины. Срок службы стальных труб в отопительных системах составляет примерно 30-40 лет. По окончании этого срока стальной трубопровод приходится заменять чуть ли не целиком, так как при ремонте старые трубы буквально разваливаются в руках.

Второй минус стальных труб заключается в их низкой пропускной способности по сравнению с медными и пластиковыми трубами того же диаметра. Причина недостаточной пропускной способности - в шероховатой внутренней поверхности стальных труб, увеличивающей сопротивление движению теплоносителя. Понятно, что со временем пропускная способность труб из стали становится все меньше и меньше, так как на их внутренних стенках оседают продукты коррозии и прочие отложения.

Наконец, монтаж стальных теплопроводов - занятие не из легких. Для соединения стальных труб обычно используют специальные соединительные детали на резьбе. Для оцинкованных стальных труб противопоказана сварка, так как в местах соединения труб цинковое покрытие сгорает, в результате чего сварной стык становится самым уязвимым местом в системе.

#### *Подбор стальных труб*

В системах водяного отопления загородных домов используют следующие виды стальных труб:

- 1 водогазопроводные черные (неоцинкованные) сварные трубы, полученные загибом стального листа заданной величины с последующей сваркой шва (по методу изготовления данные трубы называют еще "шовными");
- 2 электросварные прямошовные трубы;
- 3 бесшовные цельнотянутые трубы.

Стальные трубы выпускают с различной толщиной стенок и по этому параметру делят на легкие, обыкновенные и усиленные. Диаметр (условный проход) стальных труб составляет от 8 до 150 мм. В системах водяного отопления, как правило, используют легкие и обыкновенные трубы с диаметром 15, 20 и 25 мм.

#### *Медные трубы*

О медных трубах знали уже древние египтяне, их широко использовали римляне, а в 17 веке медь была одним из наиболее излюбленных материалов для производства труб. Появление стальных труб в середине 19 века заметно потеснило медные трубопроводы. В современном варианте медные трубы стали использовать в строительстве в первой четверти 20 века, достигнув пика популярности в 70-е годы столетия.

Медь является превосходным материалом для создания теплопроводов водяного отопления, а также холодного и горячего водоснабжения, что обусловлено ее отменными физическими и механическими свойствами:

- хорошей тепло- и электропроводностью (в 5 раз больше, чем у стали);
- высокой стойкостью к коррозии;
- стойкостью к окислению;
- стойкостью к изменениям температуры;
- стойкостью к действию ультрафиолетовых лучей;
- бактерицидными свойствами;
- большой пластичностью.

Внутренняя поверхность стенок медных труб - абсолютно гладкая (в 100 раз

более гладкая, чем у стальных труб, и в 4-5 раз, чем у пластиковых), что гарантирует высокую пропускную способность трубопроводов из меди. Благодаря антикоррозионной стойкости пропускная способность на протяжении всего срока эксплуатации медных труб остается неизменной. Тем не менее, нередко на внутреннюю поверхность медных труб методом окисления фосфором дополнительно наносят слой, защищающий металл от точечной коррозии.

Иногда медные трубы имеют наружное полимерное (полиэтиленовое или поливинилхлоридное) покрытие. Это не только дань моде и шаг в направлении улучшения внешнего облика металлических труб, но и один из способов улучшить их свойства. Полимерное покрытие уменьшает потери тепла при транспортировке горячей воды, препятствует образованию конденсата при транспортировке холодной воды, защищает металл от царапин и прочего механического повреждения, а также снижает шумность медных труб.

Благодаря высокой пластичности металла медный трубопровод при замерзании находящейся в нем воды не трескается, а лишь слегка расширяется, а после оттаивания восстанавливается до исходного состояния.

При нормальных условиях эксплуатации срок службы медных теплопроводов составляет не менее 40 лет. При этом долговечность труб практически не зависит от давления и температуры теплоносителя в сети.

Использование медных труб диктует определенные требования к отопительной системе в целом. И первое из них - однородность строительных материалов. Это значит, что все трубы, соединительные элементы и запорно-регулирующая арматура должны быть выполнены из меди. Но это в идеале, на практике же нередко оказывается так, что часть трубопровода - стальная и лишь некоторые трубы (обычно подводки) сделаны из меди. В этом случае необходимо соблюдать следующие правила:

- 1 не ставить стальные оцинкованные трубы после медных труб (по направлению воды), так как цинковое покрытие начнет интенсивно разрушаться;
- 2 не использовать металлический стык меди и нелегированной оцинкованной стали, так как возникшая в данном случае электрохимическая реакция, способствует ускоренной коррозии стали.

Трубы, фасонные детали и соединения должны выдерживать без разрушения и потери герметичности:

- пробное давление воды, превышающее рабочее давление в системе отопления в 1,5 раза, но не менее 0,6 МПа, при постоянной температуре воды 95 С;
- постоянное давление воды, равное рабочему давлению воды в системе отопления, но не менее 0,4 МПа, при постоянной расчетной температуре теплоносителя, но не ниже 80°С, в течение 25-ти летнего расчетного периода эксплуатации.

#### *Полимерные трубы*

Производство и использование пластиковых труб началось практически одновременно в нескольких странах Европы, в США и Японии. Время рождения полимеров - начало 50-х годов прошлого столетия. Превосходство нового

материала перед металлом было отмечено практически сразу, что объяснялось уникальными свойствами полимеров и, в первую очередь, их долговечностью по сравнению со сталью. С момента изобретения полимеров прошли десятки лет, и с тех пор они претерпели существенные изменения, обретя целый ряд положительных качеств, благодаря которым заняли лидирующее положение во многих отраслях современной промышленности, в том числе в производстве водогазопроводных труб.

Советская промышленность также производила трубы из полимеров, но их количество составляло не более 5 % по сравнению с производством стальных труб. Непопулярность пластиковых труб у строительных организаций и индивидуальных застройщиков объяснялась низким качеством отечественных полимеров. В частности, в строительстве пытались использовать полипропиленовые трубы, которые при отрицательных температурах становились хрупкими и трескались.

В настоящий момент полимерные трубы являются главным конкурентом металлических труб. В некоторых европейских странах (Швейцарии, Финляндии, Германии) большая часть водяных, газовых и отопительных систем собрана из пластиковых труб. Наиболее популярным направлением использования полимерных труб являются напольные системы отопления, где на их долю приходится порядка 50 % всех труб. Реже трубы из полимеров встречаются в сетях водоснабжения (более 30 %) и радиаторного отопления (17,5 %). Общая же тенденция такова, что использование пластиковых труб будет неизменно расти.

Полимеры - это органические вещества, близкие по своему химическому строению природным высокомолекулярным веществам, таким как древесина или шерсть. Природа полимеров обуславливает основные достоинства труб, изготовленных из этого вещества:

- небольшую плотность и, как следствие, малый вес;
- эластичность;
- способность принимать заданную форму и "запоминать" ее;
- прочность;
- небольшую теплопроводность (применительно к отопительным системам это означает незначительные теплотери при транспортировке горячего теплоносителя);
- долговечность (срок службы пластиковых труб в 3-5 раз больше металлических);
- высокую пропускную способность, обусловленную гладкой внутренней поверхностью пластиковых труб;
- относительную дешевизну - стоимость пластикового трубопровода ниже стоимости системы отопления из стальных оцинкованных труб и примерно такая же, как у системы из черных (неоцинкованных) труб;
- легкость монтажных работ;
- эстетичность;
- легкость сцепления с красителем.

Главный недостаток полимеров и сделанных из них труб - старение, свой-

ственное всем органическим веществам. Со временем полимерные трубы теряют прочность и эластичность, становятся хрупкими и растрескиваются. Скорость старения полимеров зависит от температуры и давления транспортируемой жидкости. Негативное воздействие на полимерные материалы оказывают и ультрафиолетовые лучи. Старение пластиковых труб происходит по всей массе, а не только на поверхности, как у металлических труб. Поэтому рано или поздно наступит момент, когда пластиковые теплоносители придется заменять целиком, ибо ремонту они не поддаются, разрушаясь окончательно и навсегда.

К другим недостаткам полимерных труб относятся:

- снижение прочности при нагревании,
- горючесть;
- большой температурный коэффициент линейного расширения.

При производстве водогазопроводных труб используют только термостойкие полимеры, которые при нагревании переходят в вязкое состояние, а, охлаждаясь, отвердевают. Это полиэтилен (PE), полипропилен (PP), поливинилхлорид (PVC) и полибутен (PB).

#### *Полиэтиленовые трубы*

Первые полиэтиленовые трубы производились из обычного полиэтилена и не отличались долговечностью и использовались исключительно для транспортировки холодной воды. Сегодня полиэтилен является самым популярным материалом в производстве труб для систем холодного водоснабжения. Полиэтиленовые трубы, предназначенные для холодного водоснабжения и канализации малоэтажных зданий, выпускают в 2-х видах:

1 трубы ПНД (из полиэтилена низкого давления и высокой плотности), рассчитанные на напряжение в стенке

2 трубы ПВД (из полиэтилена высокого давления и низкой плотности), рассчитанные на напряжение в стенке трубы не более 2,5 МПа.

По ГОСТу 18599-83, полиэтиленовые трубы должны иметь наружный диаметр 10-1200 мм для ПВД и 10-160 мм для ПНД.

Кроме указанных труб, из полиэтилена производят газопроводные трубы, а также трубы, предназначенные для газопроводов, транспортирующих природные газы и газоздушные смеси, не содержащие ароматических и хлорированных углеводородов (по ГОСТу 5542-87).

С целью улучшения физико-технических параметров обычного полиэтилена уже в 80-х годах 20 века был изобретен *молекулярно-сшитый полиэтилен*, который отличался повышенной стойкостью к высоким и низким температурам, ультрафиолетовым излучениям и механическим нагрузкам, сохраняя свойственную простому полиэтилену гибкость. Трубы из сшитого полиэтилена не теряли своей прочности при нагреве воды до 95<sup>0</sup>С, что позволило их использовать не только для холодного, но и для горячего водоснабжения и отопления.

Сшивание полиэтилена осуществляется тремя способами:

- 1 пероксидным (с использованием соляного раствора при температуре 200<sup>0</sup>С);

- 2 силановым (с пароводяным процессом образования молекулярных связей);
- 3 радиационным;

Благодаря сшиванию свойства исходного полиэтилена существенно изменяются, причем характер изменений напрямую зависит от способа сшивания. В настоящий момент водогазопроводные трубы из сшитого полиэтилена составляют больше половины всех пластиковых труб, используемых в системах напольного и радиаторного отопления. Причина - в способности трубопроводов из молекулярно-сшитого полиэтилена выдерживать температуру 95<sup>0</sup>С при давлении 1 МПа.

Диаметр труб из молекулярно-сшитого полиэтилена обычно не превышает 32 мм, что объясняется дороговизной труб больших диаметров. Маркируют изделия из этого материала буквами РЕ-Х или РЕХ, где Х указывает на то, что полимер "сшит". В маркировке отображают и способ получения сшитого полиэтилена:

РЕХ а - полиэтилен, сшитый пероксидным способом, РЕХ b - полиэтилен, сшитый силановым способом, РЕХ с - полиэтилен, сшитый радиационным способом.

Таблица 5.5 Срок службы труб из сшитого полиэтилена в зависимости от температуры и давления теплоносителя

Температура теплоносителя, °С	Срок службы, лет				
	1	5	10	25	50
	При рабочем давлении, МПа				
1	2	3	4	5	6
20	1,37	1,33	1,32	1,31	1,25
40	1,10	1,08	1,07	1,06	1,04
60	0,87	0,84	0,83	0,81	0,80
80	0,65	0,64	0,63	0,63	-
95	0,57	0,55	0,54	-	-

Другая разновидность полиэтилена - *линейный полиэтилен* LPE. Стойкие к высоким температурам трубы LPE производят из сополимера этилена с октенном. Они поступают в продажу в 2-х видах:

1 с номинальным давлением PN 12,5 и PN 20 (с антидиффузным защитным слоем) для радиаторного и подпольного отопления;

2 с номинальным давлением PN 20 (без антидиффузной защиты) для внутреннего горячего и холодного водоснабжения.

Трубы LPE с PN 12,5 имеют диаметр 12 x 2, 14 x 2 и 18 x 2 мм; трубы LPE с PN 20 (с антидиффузной защитой) – 25 x 3,5 мм и трубы LPE с PN 20 (без антидиффузной защиты) – 18 x 2,5 и 25 x 3,5 мм.

Изопласт представляет собой поперечно сшитый полиэтилен РЕХ b. Это полиэтилен высокой плотности (0,950 г/см<sup>3</sup>), обладающий следующими особенностями :

- повышенной устойчивостью к высоким температурам;
- повышенной устойчивостью к давлению (в трубах PN 20 давление разрыва доходит до 90 атм при температуре 20<sup>0</sup>С);
- повышенной устойчивостью к техническим нагрузкам;

– низкой кислородопроницаемостью.

Соединительные элементы изготавливают из латуни - фитинги для соединения труб между собой и с другими частями отопительной системы. Полиэтиленовую трубу с фитингом можно соединять одним из трех способов:

- 1 цанговым (разборным) соединением со штуцером и разрезным кольцом;
- 2 цанговым (разборным) соединением без штуцера с разрезным кольцом;
- 3 напрессовочным (неразборным) соединением с цельной гильзой, натягиваемой прессом.

Изопластовые трубы применяют для сетей горячего и холодного водоснабжения, а также для высокотемпературных отопительных систем (в том числе централизованных).

#### *Полипропиленовые трубы*

Полипропиленовые трубы по своим физико-механическим свойствам очень близки к трубам из молекулярно-сшитого полиэтилена. Они более жесткие, поэтому полипропиленовые трубы труднее монтировать, так как требуется большое количество соединительных элементов. С другой стороны, полипропилен можно сваривать, что значительно удешевляет процесс монтажа, но одновременно делает его более трудоемким и зависимым от квалифицированной работы монтажника. Во время сварки труб и фитингов из полипропилена нельзя допускать сильного давления, чтобы избежать его разрушения. Выпускают полипропиленовые трубы в виде мерных отрезков.

Для напольного отопления и высокотемпературных систем отопления полипропиленовые трубы не применяются.

#### *Поливинилхлоридные трубы*

Поливинилхлоридные трубы менее чувствительны к ультрафиолетовым излучениям, поэтому их нередко используют в устройстве открытых водосточных систем. Эти трубы обладают негорючестью, пониженным коэффициентом линейного теплового расширения и повышенной химической стойкостью, поэтому их также применяют для создания технологических трубопроводов. Трубы из простого поливинилхлорида выдерживают температуру до 45<sup>0</sup>С, а трубы из хлорированного поливинилхлорида - до 95<sup>0</sup>С.

Трубы из поливинилхлорида не подходят для горячего водоснабжения, так как в состав полимера входят вредные для человека вещества (в частности, хлор).

#### *Полибутеновые трубы*

Полибутеновые трубы по своим техническим характеристикам близки к трубам из сшитого полиэтилена, превосходя его в теплостойкости. Они легко выдерживают температуру в 70<sup>0</sup>С (срок службы труб из полибутена в таких условиях достигает 50 лет). Максимальная температура эксплуатации полибутеновых труб - 95<sup>0</sup>С. Трубы из полибутена эластичны, теплостойки и устойчивы к ультрафиолетовым излучениям. При этом толщина стенок таких труб ниже, чем у других полимерных труб.

Полибутеновые трубы достаточно хорошо себя зарекомендовали в систе-

мах отопления и горячего водоснабжения. Они составляют большую часть пластиковых труб, используемых в Англии и Германии. Полибутеновые трубы можно соединять низкотемпературной сваркой, что значительно удешевляет монтажные работы.

### *Металлополимерные трубы*

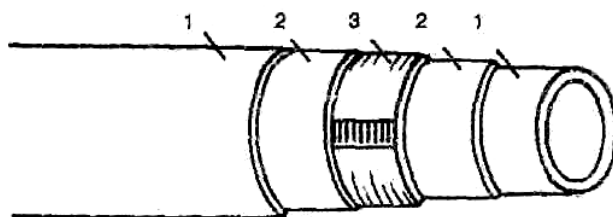
В 70-х годах прошлого века на рынке строительных материалов появились пластиковые трубы нового поколения, которые назывались «супертрубы». Они представляли собой многослойные конструкции из алюминиевой фольги, "облицованной" с двух сторон полиэтиленом. Трубы выдерживают температуру теплоносителя в 95<sup>0</sup>С и давление до 1 МПа.

Металлополимерные трубы (МПТ) объединяют в себе достоинства сразу двух материалов - полимера (обычный или молекулярно-сшитый полиэтилен) и металла. От пластиковых труб МПТ унаследовали:

- малый вес (двухметровая бухта диаметром 16 мм весит всего 20 кг),
- пластичность;
- коррозионную стойкость;
- устойчивость к агрессивным средам;
- тепло- и звукоизоляцию;
- высокую пропускную способность благодаря гладкому внутреннему слою;
- долговечность: срок службы МПТ в нормальных условиях эксплуатации достигает 50 лет.

Благодаря металлическому слою МПТ выдерживают более высокое давление и температуру транспортируемой среды, а также отличаются газонепроницаемостью (антидиффузностью), что особенно важно для отопительных систем. Металл принимает на себя основную нагрузку, температурную и создаваемую давлением транспортируемой среды. И хотя благодаря металлическому сердечнику прочность на разрыв у МПТ в 1,5-1,7 раза выше, чем у полимерных труб, при резких перепадах она резко падает из-за десятикратного различия коэффициентов линейного расширения металла и полимера. В результате МПТ расслаивается. Величина прочности композиционной трубы зависит от толщины металлического слоя и типа полимера.

Кроме перечисленных свойств, металлополимерные трубы имеют низкий коэффициент линейного теплового расширения, близкий к медному, что позволяет стыковать их со стальными трубами и металлическими приборами.



*Рис. 5.1 - Металлополимерная труба (МПТ):*

- 1 - полиэтилен; 2 - клей для плотного соединения пластика и металла;  
3 - алюминиевая фольга, сваренная внахлестку*

Металлополимерные трубы - это трубы, армированные алюминием, которые представляют собой сложную конструкцию из 5 слоев (рис. 5.1):

- 1 трубы из молекулярно-сшитого полиэтилена с толщиной стенок до 0,8 мм;
- 2 клеевой прослойки;
- 3 свернутой и сваренной лазером алюминиевой фольги толщиной до 0,4 мм;
- 4 защитной оболочки из несшитого полиэтилена толщиной до 0,8 мм.

Существуют 2 типа композиционных труб:

1 когда алюминиевая фольга располагается между двумя примерно одинаковыми по толщине слоями полимера. Такие трубы боятся низких температур: при замораживании теплоносителя происходит разрушение труб. Маркируют трубы с алюминиевым сердечником PEX-A1-PEX;

2 когда алюминиевая фольга располагается между разными по толщине слоями полимера, при этом наружный слой обладает незначительной толщиной и выполняет исключительно защитную функцию. Сцепление слоев обеспечивают либо при помощи клеевых прослоек, либо посредством полимера, затекающего в перфорацию алюминиевой фольги.

На физико-механические и технические качества МПТ оказывает влияние и способ соединения алюминиевой фольги. Это может быть соединение "внахлест" или "стык в стык".

МПТ выпускают в виде бухт диаметром 12-16 мм и длиной до 2 м. Есть трубы и большего диаметра (до 110 мм), что позволяет МПТ использовать в стояках и магистралях. Минимально допустимая степень сшивки полиэтиленового слоя, согласно зарубежному стандарту DIN 16892, составляет:

- для PEX a - 75 %,
- для PEX b - 65 %,
- для PEX c - 60 %.

Несмотря на то, что зависимость срока службы МПТ от температуры и давления транспортируемой среды не установлена, специалисты пророчат композиционным трубам большое будущее.

Гидравлические испытания пластмассовых трубопроводов должны предусматривать повышение давления до требуемой величины в течение не менее 30 минут. Трубопровод считают выдержавшим испытание при падении давления в нем не более чем на 0,06 МПа в течение следующих 30 минут и при дальнейшем падении давления в течение 2-х часов не более чем на 0,02 МПа.

При проектировании систем центрального водяного отопления из пластмассовых труб следует предусматривать приборы автоматического регулирования с целью защиты трубопроводов от повышения параметров теплоносителя.

## Лекция 6

### Размещение и изоляция теплопроводов

#### 6.1 Размещение теплопроводов в зданиях

Теплопроводы подразделяют на магистрали, стояки, горизонтальные ветви и подводки.

*Магистраль* - это соединительная труба между водогрейным котлом и стояком. Расположение магистрали зависит от конфигурации отопительной системы, а также от типа, назначения и ширины здания.

В горизонтальной отопительной системе с верхней разводкой подающую магистраль располагают выше отопительных приборов, а с нижней разводкой - ниже отопительных приборов. В вертикальной системе отопления с "опрокинутой" циркуляцией теплоносителя подающая магистраль находится ниже, а обратная магистраль выше отопительных приборов. В отопительных системах с естественной циркуляцией теплоносителя нижние магистрали всегда прокладывают с уклоном от горизонтали в сторону водогрейного котла. Уклон необходим для отвода из верхней части отопительной системы скоплений воздуха, а также для спуска воды из труб. Нормальный уклон нижних магистралей составляет 5 мм на 1 м длины трубы.

*Подводки* - соединительные трубы между отопительным прибором и стояком или горизонтальной ветвью. Подводки могут быть прямыми или с "уткой" (отступом), что зависит от расположения подводки по отношению к отопительному прибору. Прямая прокладка подводов более предпочтительна, так как облегчает монтаж теплопроводов и уменьшает гидравлическое сопротивление в системе отопления. Обычно подающую и обратную подводки располагают горизонтально или с небольшим уклоном (при длине до 50 см).

*Стояк* - соединительная труба между магистралью и подводками. Положение стояка зависит от положения магистралей и подводов по отношению к отопительным приборам.

#### *Открытая и скрытая прокладка труб*

Прокладка трубопроводов может быть скрытой и открытой. В основном устраивают открытую прокладку, как более простую в монтаже и дешевую.

*Открытую прокладку труб* ведут обычно по стенам близко к полу. Прокладывают трубы после окончательной отделки помещения. Открытые трубопроводы соединяют посредством сварки, муфт или фланцев. При открытой прокладке поверхность труб используется как нагревательная, поэтому ее необходимо учитывать при расчете требуемой мощности отопительных приборов. Кроме того, охлаждаясь, открытые коммуникации увеличивают гидравлический напор обратной воды.

*При скрытой разводке* коммуникации прокладывают в стенах и полах дома, что позволяет сэкономить объем жилого помещения и не ограничивает дизайнерскую фантазию хозяев. Скрытую прокладку выполняют во время

строительных или ремонтных работ, до окончательной отделки жилых помещений. Трубы прячут в штробах - специальных траншеях, которые после прокладки труб заделывают так, чтобы их не было видно на поверхности стен или пола. Монтируют скрытые трубопроводы методом сварки. Скрытая прокладка возможна только в системе с принудительной циркуляцией воды.

Прокладка трубопроводов отопления должна предусматриваться скрытой: в плинтусах, за экранами, в штробах, шахтах и каналах. Допускается открытая прокладка металлических трубопроводов, а также пластмассовых в местах, где исключается их механическое и термическое повреждение и прямое воздействие ультрафиолетового излучения.

Способ прокладки трубопроводов должен обеспечивать их легкую замену при ремонте. Замоноличивание труб (без кожуха) в строительные конструкции допускается:

- в зданиях со сроком службы менее 20 лет;
- при расчетном сроке службы труб 40 и более лет.

При скрытой прокладке трубопроводов следует предусматривать люки в местах расположения разборных соединений и арматуры.

### ***6.1.1 Размещение подводок к отопительным приборам***

**Подводка** — это соединительная труба между стояком и прибором. Размещение подводки зависит от вида отопительного прибора и положения стояка в системе отопления.

Для 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. Это необходимо для удаления воздуха и спуска воды из прибора (при опорожнении стояка). Подводки, в зависимости от положения продольной оси прибора по отношению к оси стояка, могут быть прямыми и с изгибом, называемым «уткой». Утки увеличивают гидравлическое сопротивление подводок, осложняют заготовку и монтаж труб и поэтому применяются лишь в необходимых случаях.

В месте присоединения подводки одного отопительного прибора на стояке устанавливают резьбовой тройник или выполняют сварной тройник — фасонную часть с трехсторонними отверстиями. В месте присоединения подводок двух отопительных приборов помещают резьбовую или сварную крестовину — фасонную часть с четырехсторонними отверстиями.

Как уже отмечалось, для унификации деталей подводок и вертикальных стояков используют односторонние горизонтальные подводки постоянной длины, равной 360 или 400 мм независимо от ширины простенка и окна здания. В жилых и бытовых помещениях отопительный прибор в этом случае может смещаться от вертикальной оси оконного проема по направлению к стояку. Для некоторых отопительных приборов (например, конвекторов напольного типа)

подводки делаются изогнутыми. Этот способ прокладки подводок распространен также в зарубежной практике. В горизонтальной проточной однотрубной системе отопления подводки к отопительным приборам выполняют одновременно функции стояка.

### **6.1.2 Размещение стояков**

Стояк это соединительная труба между магистралью и подводками. Размещение стояков 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.

При размещении стояков в здании необходимо учитывать следующие рекомендации:

- располагать стояки в наружных углах помещений (однотрубные стояки делаются со смещенными обходными или замыкающими участками);
- обособлять стояки для отопления лестничных клеток;
- сокращать протяженность стояков и расход металла на них;
- предусматривать повышение гидравлической устойчивости и тепловой надежности системы;
- конструкция стояков должна способствовать унификации деталей для индустриализации процесса заготовки и уменьшения трудоемкости монтажа системы отопления.

Если отдельные рекомендации, например обособление отопления лестничных клеток, конкретны, то для снижения металлоемкости и трудовых затрат необходим сопоставительный анализ нескольких возможных схем стояков с учетом ожидаемого гидравлического режима и тепловой надежности системы отопления.

Задача размещения стояков в здании неотделима от выбора типа системы отопления для конкретного здания.

Следует отметить, что однотрубная схема стояка при выполнении перечисленных рекомендаций имеет преимущество перед двухтрубной.

Стояки, как и отопительные приборы, располагают преимущественно у наружных стен — открыто на расстоянии 35 мм от поверхности стены до оси труб диаметром менее 32 мм и скрыто в массиве либо канале стены или перегородки. При скрытой прокладке стояков бесполезная потеря тепла больше, чем при открытой прокладке, поэтому обычно принимаются меры для уменьшения потери тепла. Например, между замоноличенным стояком и массивом наружной стены прокладывают, как и при совмещенных бетонных отопительных панелях, тепловую изоляцию. При замоноличивании во внутреннюю перегородку или стену стояк несколько (не менее чем на 300 мм) отдалается от их торца, примыкающего к наружной стене.

Стояки в каналах (штробах) наружных стен рекомендуется покрывать тепловой изоляцией в зависимости от местных условий и конструкции стен. Только в южных климатических районах при достаточной теплозащите наруж-

ных стен теплоизоляцию таких стояков можно не делать. 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.

**6.1.3 Размещение магистралей** - соединительной трубы между местным тепловым центром и стояками - зависит от назначения и ширины здания, вида принятой системы центрального отопления.

В промышленном или вспомогательном здании 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 малоэтажном промышленном здании рационально применять горизонтальную однотрубную водяную систему отопления, когда в одной ветви совмещены функции не только подводки и стояка, как указано выше, но и магистрали.

В сравнительно узких гражданских зданиях (шириной до 9 м) магистрали можно прокладывать вдоль их продольной оси: 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 подачи тепла отдельно для каждой стороны здания - пофасадное регулирование.

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

При проектировании отопления типового многоэтажного жилого дома, состоящего из одинаковых повторяющихся секций, применяется посекционная разводка магистралей с тупиковым движением воды в них. В каждой секции дома создается самостоятельная система отопления, в которой возможна стандартизация для многих зданий трубной заготовки не только стояков, но и магистралей.

В гражданских зданиях повышенной этажности и особенно в высотных зданиях магистрали размещают в специальных технических этажах. Размещение магистралей требует обеспечивать доступ к ним для осмотра, ремонта и смены в процессе эксплуатации системы отопления.

## **6.2 Изоляция теплопроводов**

Тепловую изоляцию следует предусматривать для трубопроводов систем отопления, прокладываемых в неотапливаемых помещениях, в местах, где воз-

можно замерзание теплоносителя, в искусственно охлаждаемых помещениях, а также для предупреждения ожогов и конденсации влаги на них.

В качестве тепловой изоляции следует применять теплоизоляционные материалы с теплопроводностью не менее 0,05 Вт/м<sup>0</sup>С и толщиной, обеспечивающей на поверхности температуру не выше 40<sup>0</sup>С.

Дополнительные потери теплоты трубопроводами, прокладываемыми в неотопливаемых помещениях, и потери теплоты, вызываемые размещением отопительных приборов у наружных ограждений, не должны превышать 7 % теплового потока системы отопления здания.

Основное назначение трубной теплоизоляции - сохранение температурного режима теплопроводов. Теплоизоляция не допускает высоких температур на поверхности труб и создает временный предел огнестойкости. Надлежащий уровень теплоизоляции могут обеспечить только специальные теплоизоляционные материалы.

Как показывает практика, наиболее эффективными в условиях традиционного отопления являются теплоизолирующие материалы на основе пенопластов - вспененных полиэтилена, каучука и полиуретана. Пенопластовая теплоизоляция способна сэкономить до 70 % теряемого тепла. А благодаря особой закрытой ячеистой структуре она обеспечивает надежную защиту трубопроводов от запотевания и образования конденсата. Кроме этого, теплоизоляционные материалы из вспененных полимеров обладают:

- низкой теплопроводностью;
- стойкостью к высоким температурам;
- полной химической реагентностью;
- стойкостью к плесени и микроорганизмам;
- износостойкостью;
- устойчивостью к диффузии водяного пара;
- негорючестью (в условиях чрезмерно высоких температур вспененные полимеры не распространяют пламя);
- звукоизолирующими и шумопоглощающими свойствами;
- высокими экологическими качествами - вспененные полимеры не содержат хлоридов, бромидов, диоксинов и прочих вредных веществ;
- долгим сроком службы, на протяжении которого пенопластовая теплоизоляция сохраняет свои лучшие качества.

Величина теплопроводности и паропроницаемости теплоизоляционных материалов зависит от их марки.

Термоизоляцию из вспененных полимеров выпускают в виде полых труб и пластин. Трубные оболочки хороши для теплоизоляции металлических и полимерных труб с наружным диаметром до 160 мм. Для тепловой изоляции труб большого диаметра лучше использовать плоские листы и рулоны.

Трубные оболочки могут быть с продольным наружным надрезом и без

него. Оболочки с надрезом удобнее в работе, особенно если они имеют продольный пластмассовый замок-защелку. Для обеспечения целостности теплоизолирующей оболочки, все швы и надрезы проклеивают специальным клеем и дополнительно защищают самоклеющимся скотчем.

При скрытой прокладке трубопроводов внутри пола и стен используют трубные оболочки с полиэтиленовым покрытием, защищающим теплоизоляцию от воздействия бетона, штукатурки и влаги.

Плоский теплоизоляционный материал может быть с односторонним покрытием из алюминия или резины. Алюминиевое покрытие повышает огнеупорность теплоизоляции, а резиновое покрытие обеспечивает защиту от ультрафиолетовых лучей.

Для трубопроводов систем отопления все еще применяют теплоизоляцию на основе минеральной ваты. Минераловатная теплоизоляция выдерживает широкий диапазон температур, отличается негорючестью, прочностью и гидрофобностью. В процессе эксплуатации не выделяет вредных веществ.

Для уменьшения бесполезных теплопотерь отопительные трубы в неотапливаемых помещениях обязательно покрывают тепловой изоляцией. Известно, что большая экономия тепловой энергии достигается при повышении качества тепловой изоляции. Оптимальную толщину слоя находят путем технико-экономического расчета.

Тепловую изоляцию труб применяют, кроме того, в местах, где возможны замерзание теплоносителя (близ наружных дверей, ворот и других открываемых проемов), воспламенение и взрыв газов и пыли, ожоги людей, а также в искусственно охлаждаемых помещениях.

При скрытой прокладке стояков принимают меры для уменьшения теплопотерь наружу. Между замоноличенным стояком и массивом наружной стены помещают тепловую изоляцию. При замоноличивании во внутреннюю перегородку или стену стояк не менее чем на 300 мм относят от плоскости наружной стены. Стояки в бороздах наружных стен нередко покрывают тепловой изоляцией (в зависимости от местных метеорологических условий и конструкции стен).

Неизолированные трубопроводы могут передавать в помещения шум и вибрации, вызываемых действующими насосами. Шум может также возникнуть при движении теплоносителя с чрезмерно высокой скоростью.

Скорость движения теплоносителя в трубах систем водяного отопления следует принимать в зависимости от допустимого эквивалентного уровня звука в помещении:

а) выше 40 дБА - не более 1,5 м/с в общественных зданиях и помещениях; не более 2 м/с - в административно-бытовых зданиях и помещениях; не более 3 м/с - в производственных зданиях и помещениях;

б) 40 дБА и ниже - в соответствии с действующими нормативными документами.

## Лекция 7

### Запорно-регулирующая арматура

На трубопроводах систем отопления устанавливают запорную и запорно-регулирующую арматуру. Виды арматуры:

- задвижки;
- проходные краны с дросселирующим устройством;
- балансировочные клапаны;
- запорные и регулирующие вентили;
- шаровые краны;
- регуляторы давления, поддерживающие заданное значение перепада давления на термостатах (их используют в сложных системах и устанавливают на обратном трубопроводе);
- регуляторы расхода, автоматически ограничивающие расход теплоносителя до установленного значения.

*Задвижка* состоит из корпуса и шпинделя, к нижней части которого прикреплены диски затвора. Задвижки необходимы для отключения отдельных участков отопительной системы, поэтому их монтируют практически на всех участках теплопровода, в том числе на подводках к водогрейным котлам.

Дросселирующие шайбы и балансировочные клапаны используют с целью автоматического поддержания постоянной разности давления в двухтрубных системах отопления или для автоматической стабилизации расхода теплоносителя в однетрубных системах отопления.

*Проходные краны и краны с дросселирующим устройством* устанавливают на магистралях и стояках, а также на подводках к отопительным приборам. Принцип работы проходного крана - такой же, как у задвижки, только конец шпинделя соединен с золотником. При опускании шпинделя уплотнительная прокладка золотника плотно закрывает отверстие в корпусе крана, пресекая движение теплоносителя.

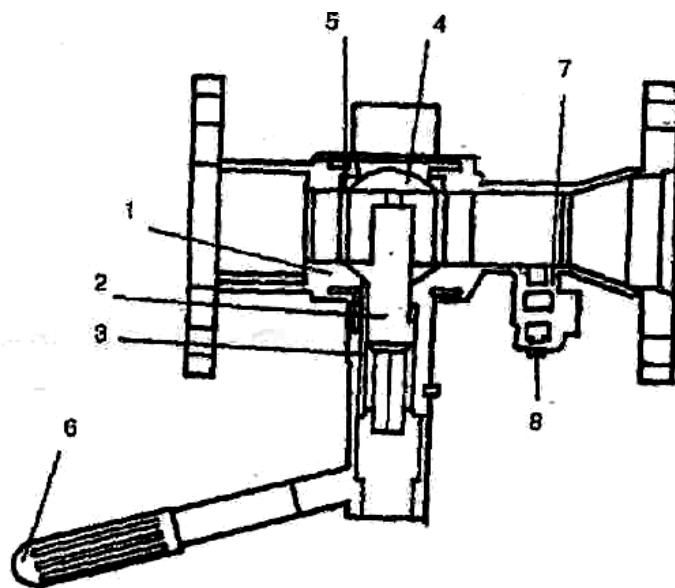
Сегодня проходные краны с дросселирующим устройством активно вытесняют балансировочные клапаны, что объясняется массой достоинств последних.

#### *Балансировочные клапаны*

Балансировочные клапаны - это дросселирующие устройства, предназначенные для монтажной регулировки системы водяного отопления с целью обеспечения в ней расчетного распределения потока теплоносителя (рис 7.1). Они осуществляют гидравлическую балансировку отопительной системы, регулируют расход теплоносителя, измеряют перепады давления и температуру теплоносителя, а также выполняют функцию задвижки. В некоторые модели балансировочных клапанов встроено устройство для дренажа отопительной системы при сливе теплоносителя.

Балансировочный клапан представляет собой дросселирующую шайбу переменного сечения. В центре клапана находится шаровой кран с проходным отверстием. Одна из сторон отверстия образована торцом регулирующего вин-

та, позволяющего регулировать сечение потока. На внешнюю сторону винта нанесена шкала предварительной настройки. Внутри шарового крана имеется регулировочный шток со шкалой, показывающей установленную настройку. Положение регулировочного штока относительно шарового крана не зависит от положения последнего. Таким образом, настройка отопительной системы при помощи балансировочных клапанов осуществляется независимо оттого, закрыт или открыт шаровой кран. Измерение температуры и расхода теплоносителя происходит при помощи специального измерительного патрубка с щупом, вводимым непосредственно в поток теплоносителя.



*Рис. 7.1 - Балансировочный клапан:*

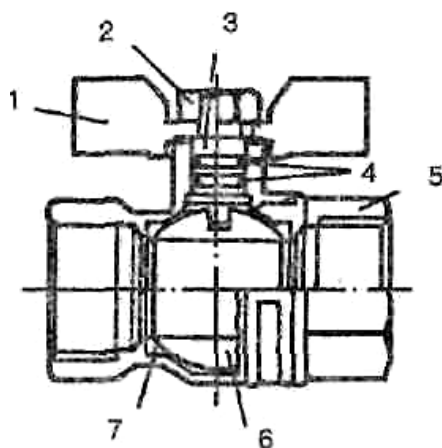
- 1 - корпус; 2 - шток регулировочный; 3,7- кольцевые уплотнения;  
4 - отсечной шар; 5 - седло шара; 6 - рукоятка;  
8 – измерительно-дренажный патрубок*

Балансировочные клапаны выпускают с муфтовым резьбовым, фланцевым, сварным и комбинированным соединением. В отличие от термостата, балансировочный клапан может быть установлен в любом положении, однако нижнее расположение измерительного входа более удобно в эксплуатации. Поток через клапан должен идти в направлении, указанном на его корпусе.

#### *Шаровые краны*

Во всем цивилизованном мире в системах отопления, а также горячего и холодного водоснабжения запорные вентили сменили более удобные в эксплуатации шаровые краны (рис. 7.2). Запорный шаровый кран следует использовать для остановки потока, а не для регулирования. Благодаря простоте внутреннего устройства шаровые краны являются наиболее совершенным и долговечным видом запорно-регулирующей арматуры.

Шаровой кран представляет собой корпус, внутри которого находится заключенный в обойму тефлоновых колец шар с цилиндрическим отверстием. При помощи штока с рукояткой в форме рычага или бабочки осуществляется вращение шара вокруг своей оси. Важным элементом шарового крана является сальник штока, который может быть разборным или неразборным.



*Рис. 7.2 - Шаровой кран: 1 - ручка; 2 - гайка, фиксирующая ручку на штоке; 3 - шток; 4 - уплотнительные кольца; 5 - корпус крана; 6 - шаровой затвор; 7 - уплотнительные тефлоновые кольца*

По пропускной способности шаровые краны делятся на:

- 1 неполнопроходные (с величиной прохода в 40-50 %);
- 2 стандартные (с величиной прохода в 70-80 %);
- 3 полнопроходные (с величиной прохода в 90-100 %).

Величина прохода шарового крана определяется отношением площади сечения отверстия в шаре краны к площади сечения подводящего трубопровода. В целом, пропускная способность шаровых кранов выше, чем у вентилей. Пропускная способность даже неполнопроходного шарового крана вдвое больше, чем у традиционного вентиля, а его установка приводит к снижению давления в традиционной системе отопления.

В отопительных системах с естественной циркуляцией воды необходимо устанавливать только полнопроходные шаровые краны!

Так как шаровые краны имеют только два положения, "открыто" и "закрыто", и не предполагают промежуточных вариантов, их не рекомендуют устанавливать на подводках к отопительным приборам.

Изготавливают шаровые краны из цветных и черных металлов. Арматуру из цветных металлов (латуни, бронзы, цветных сплавов) в большинстве случаев присоединяют к трубопроводам при помощи муфтового соединения (на резьбе). Ее широко используют в системах отопления.

#### *Размещение запорно-регулирующей арматуры*

Ручную запорно-регулирующую арматуру систем центрального отопления подразделяют на муфтовую и фланцевую.

Муфтовую арматуру (с внутренней резьбой на концах для соединения с трубами) устанавливают на трубах малого диаметра (<40 мм), фланцевую арматуру (с фланцами на концах) — на трубах большого диаметра (>50 мм).

Арматура на подводках к приборам систем водяного отопления различна: при двухтрубных стояках применяют краны, обладающие повышенным гидравлическим сопротивлением, при однотрубных стояках — пониженным сопротивлением протеканию теплоносителя. В первом случае повышение гидравлического сопротивления кранов делается для равномерности распределения

теплоносителя воды по отопительным приборам. Во втором понижении сопротивления способствует затеканию в приборы большего количества воды, что повышает среднюю температуру теплоносителя в них и, следовательно, обеспечивает уменьшение их площади.

Регулирующую арматуру на подводках к приборам устанавливают не всегда. Ее не применяют во вспомогательных помещениях и в лестничных клетках зданий, близ ворот и загрузочных проемов, люков и прочих мест, опасных в отношении замерзания воды в трубах и приборах. Арматура у приборов для эксплуатационного регулирования не нужна, если предусмотрено регулирование температуры воздуха.

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 краны и вентили. Проходные краны используют при температуре теплоносителя воды до  $105^{\circ}\text{C}$  и небольшом гидростатическом давлении в системе. В высоких зданиях при гидростатическом давлении, превышающем 0,6 МПа в нижней части стояков, проходные краны заменяют более прочными и надежными в работе вентилями. Вентили также предусматривают на стояках при других теплоносителях - высокотемпературной воде и паре.

В системах отопления следует предусматривать устройства для их опорожнения: в зданиях с числом этажей 4 и более, в системах отопления с нижней разводкой в зданиях 2 этажа и более и на лестничных клетках независимо от этажности здания. На каждом стояке следует предусматривать запорную арматуру со штуцерами для присоединения шлангов.

Арматуру и дренажные устройства, как правило, не следует размещать в подпольных каналах.

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

Арматура на магистралях необходима для отключения отдельных частей системы отопления. В качестве такой арматуры используют муфтовые проходные краны и вентили, а также фланцевые задвижки на трубах большого диаметра (более 50 мм). В пониженных местах на магистралях устанавливают спускные краны. В повышенных местах водяных магистралей - воздушные краны и воздухоотборники.

## Лекция 8

### Удаление воздуха из систем отопления

В системах центрального отопления, особенно в водяных, скопления воздуха нарушают циркуляцию теплоносителя и вызывают коррозию стали. Воздух в системы отопления попадает двумя путями: частично остается в свободном состоянии при заполнении их теплоносителем или вносится водой в процессе заполнения и эксплуатации в растворенном виде.

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

Количество растворенного воздуха, вводимого в системы при периодических добавках воды в процессе эксплуатации, определяется в зависимости от содержания воздуха в подпиточной воде. Подпиточная водопроводная вода содержит свыше 30 г воздуха в 1 т воды, подпиточная вода из теплофикационной, сети, специально деаэрированная (лишенная воздуха), — < 1 г воздуха в 1 т воды.

Количество растворенного воздуха, переходящего в свободное состояние, зависит от температуры и давления воды в системах отопления. При повышении температуры воды значительно снижается содержание в ней растворенного воздуха. Следовательно, в тех местах систем отопления, где горячая вода находится под атмосферным давлением, в свободное состояние переходит наибольшее количество воздуха.

При повышении давления задерживается переход абсорбированного воздуха в свободное состояние. Зависимость растворимости воздуха в воде от давления с достаточной точностью выражается законом Генри — абсорбируемое количество газа пропорционально его давлению (при данной температуре).

Следует, кроме того, отметить, что растворенный воздух содержит около 33% кислорода, т. е. в коррозионном отношении для стальных труб более опасен «водяной» воздух, чем атмосферный, в котором содержится кислорода около 21 % (по объему).

Форма воздушных скоплений в воде в свободном состоянии различна. Лишь пузырьки с диаметром сечения не более 1 мм имеют форму шара. С увеличением объема пузырьки сплющиваются, принимая эллипсоидную и грибовидную формы.

В вертикальных водяных трубах пузырьки воздуха могут всплывать, находиться во взвешенном состоянии и, наконец, увлекаться потоком воды вниз.

В горизонтальных и наклонных водяных трубах пузырьки воздуха занимают верхнее положение. Мельчайшие пузырьки задерживаются в нишах шероховатой поверхности труб. Более крупные пузырьки (объемом 0,1 см<sup>3</sup> и более) в зависимости от уклона труб и скорости движения воды как бы катятся вдоль «потолочной» поверхности труб в виде прерывистой ленты. С увеличением скорости движения воды до 0,6 м/с начинается дробление воздушных скоплений; пузырьки воздуха в верхней части труб, отрываясь от их поверхности, двигаются по криволинейным, траекториям. При скорости движения воды более 1 м/с мелкие пузырьки постепенно распространяются по всему сечению труб — возникает

водовоздушная эмульсия.

Исследованиями было установлено значение критической скорости потока воды для обычных геометрических размеров воздушных скоплений в системах водяного отопления: в вертикальных трубах 0,2—0,25 м/с, в наклонных и горизонтальных трубах 0,1—0,15 м/с. Скорость всплывания пузырьков воздуха не превышает скорости витания.

Проследим за состоянием воздуха и образованием воздушных скоплений в вертикальных системах водяного отопления.

Воздух переходит из растворенного состояния в свободное по мере уменьшения гидростатического давления в верхней части систем отопления: в главном стояке — при верхней прокладке подающей магистрали, в отдельных стояках — при нижней ее прокладке. Свободный воздух в виде пузырьков и скоплений движется по направлению или против течения в зависимости от скорости потока воды и уклона труб. Воздух собирается в высших точках системы или при значительной скорости движения захватывается потоком и по мере понижения температуры и повышения гидростатического давления вновь поглощается водой.

Теперь можно установить совокупность мероприятий для локализации воздушных скоплений в системах отопления.

В системах водяного отопления с верхней прокладкой магистралей обеспечивается движение свободного воздуха к точкам его сбора; точки сбора воздуха (и удаления его в атмосферу) соответствуют наиболее высоко расположенным местам систем; скорость движения воды в точках сбора воздуха снижается до значения менее 0,1 м/с; длина пути движения воды с пониженной скоростью гарантирует всплывание пузырьков и скопление воздуха для последующего его удаления.

К таким мероприятиям относятся прокладка труб с определенным уклоном в желательном направлении, установка проточных воздухоотборников или использование расширительных баков в системах отопления. Из воздухоотборников воздух удаляется в атмосферу периодически с помощью ручных спускных кранов или автоматических воздухоотводчиков. Из расширительных баков воздух выходит через открытую переливную трубу.

В большинстве известных конструкций автоматических воздухоотводчиков (так называемых вантузов) поплавково-клапанного типа используются внутреннее гидростатическое давление для закрывания клапана.

В системах водяного отопления с нижней прокладкой обеих магистралей наиболее высоко расположены отопительные приборы верхнего этажа зданий. Воздух, концентрирующийся в емких отопительных приборах или в греющих трубах конвекторов и бетонных панелей, удаляется в атмосферу периодически с помощью ручных и автоматических воздушных кранов или централизованно через специальную воздушную трубу.

Особенно важны мероприятия по сбору и удалению воздушных скоплений при восполнении потерь воды в отопительных системах водопроводной водой.

Удаление воздуха из систем отопления при теплоносителе воде и из конденсатопроводов, заполненных водой, следует предусматривать в верхних точ-

ках, при теплоносителе паре - в нижних точках конденсационного самотечного трубопровода.

В системах водяного отопления следует предусматривать, как правило, проточные воздухоборники или краны. Непроточные воздухоборники допускается предусматривать при скорости движения воды в трубопроводе менее 0,1 м/с.

#### *Уклон теплопроводов.*

Теплопроводы систем отопления редко прокладывают строго горизонтально. Трубы монтируются с уклоном. В водяных системах отопления уклон горизонтальных труб необходим для отвода в процессе эксплуатации скоплений воздуха, находящегося в свободном состоянии, в какое-либо заранее выбранное место, а также для самотечного удаления воды из труб при опорожнении систем.

Уклоны трубопроводов воды, пара и конденсата следует принимать не менее 0,002, а уклон паропроводов против движения пара - не менее 0,006. Трубопроводы воды допускается прокладывать без уклона при скорости движения воды в них 0,25 м/с и более.

Строго горизонтальная прокладка труб (магистралей диаметром >50 мм, а также ветвей горизонтальных систем) допустима при повышенной скорости движения воды (не менее 0,25 м/с), когда скопления воздуха уносятся протекающей водой. Однако в этом случае затруднен спуск воды из таких труб.

Магистралы верхней разводки рекомендуется прокладывать с уклоном против направления движения воды для того, чтобы частично использовать архимедову подъемную силу для удаления скоплений воздуха к воздухоборнику, расположенному в наиболее высокой точке системы отопления. Подобное направление уклона верхних магистралей необходимо принимать в насосных системах. В гравитационных системах допускается прокладка труб с уклоном по движению воды, если скорость ее движения меньше скорости витания пузырьков воздуха в воде.

Нижние магистралы всегда прокладывают с уклоном в сторону теплового пункта здания, где при опорожнении системы вода спускается в канализацию. При этом, если магистралей две (подающая и обратная), то рационально для удобства их крепления придавать им уклон в одном и том же направлении.

В насосных системах уклоны подающих магистралей и подводок к отопительным приборам допускаются по направлению движения воды только в том случае, если будет обеспечиваться самопроизвольное движение скоплений воздуха в обратную сторону — против направления движения воды. В обычных условиях при уклоне более 1% (0,01) это требование выполняется, т. е. подъемная сила оказывается больше сопротивления, вызванного динамическим давлением воды и гидравлическим трением.

В паровых системах отопления уклон горизонтальных труб необходим для самотечного удаления конденсата как при эксплуатации, так и при опорожнении систем.

Паропроводы рекомендуется прокладывать с уклоном по направлению движения пара для обеспечения самотечного движения попутного конденсата, образующегося при потере тепла через стенки труб. Встречное движение пара и конденсата в одной и той же трубе сопровождается гидравлическими ударами.

Поэтому уклон паропроводов против направления движения пара нежелателен и допустим в исключительных случаях.

Самотечные конденсатные трубы, естественно, имеют уклон в сторону стока конденсата. Напорным конденсатным трубам уклон придается в произвольном направлении лишь для спуска конденсата при опорожнении труб.

Рекомендуемый нормальный уклон магистралей — водяных в насосных системах, паровых и напорных конденсатных—0,003, хотя в необходимом случае уклон может быть уменьшен до 0,002. Минимальный уклон подающих магистралей гравитационных систем водяного отопления, паропроводов с уклоном против движения пара, самотечных конденсатных магистралей, подводок к отопительным приборам —0,005 и желательно увеличивать его до 0,01.

#### *Расширительный бак*

Природа воды такова, что при повышении температуры она расширяется, а охлаждаясь, приобретает исходный объем. Данное свойство воды необходимо учитывать при создании системы традиционного отопления и заранее предусматривать возможность для временного увеличения объема воды. Элементом отопительной системы, уравнивающим расширение нагретого теплоносителя, служит расширительный бак (демпфер).

Назначение расширительного бака - предотвращение повышения гидравлического давления в замкнутой водяной системе. Если бы не было демпфера, то отдельные элементы системы водяного отопления не выдержали бы давления нагретой воды. А так избыточная вода на время оттекает в расширительный бак.

Демпфер традиционной системы отопления выполняет сразу несколько функций:

- 1 вмещает излишек воды, образующийся в результате ее нагрева;
- 2 восполняет недостаток воды при понижении ее температуры или в случае незначительной утечки;
- 3 собирает воздух, проникающий в систему водяного отопления;
- 4 собирает воздух, выделяющийся из нагретой воды.

Несмотря на видимые достоинства расширительный бак обладает и некоторыми недостатками, среди которых:

- высокая вероятность потери полезного тепла через стенки бака;
- повышение внутренней коррозии труб и приборов системы водяного отопления из-за воздуха, собираемого баком;
- громоздкие размеры.

Расширительный бак может быть открытым или закрытым. Разница между ними заключается в следующем: в открытом демпфере расширение нагретой воды уравнивается столбом воды до расширительного бака, установленного на чердаке дома; в закрытом демпфере роль "пружины" играет баллон со сжатым воздухом.

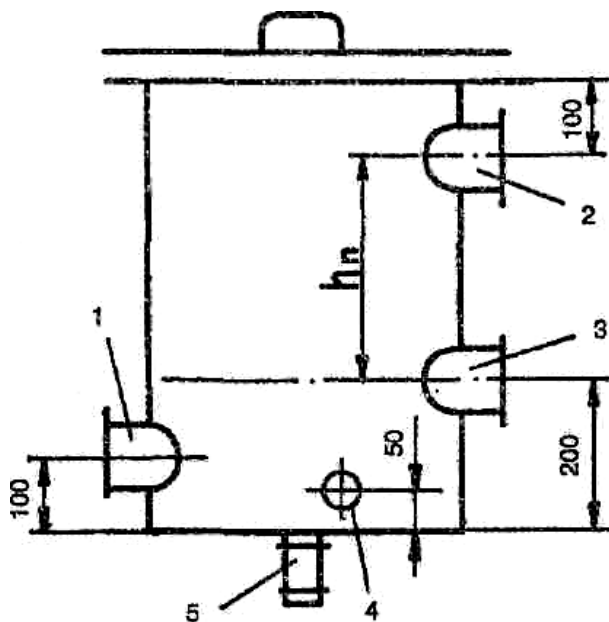
Бак имеет прямоугольную или цилиндрическую форму. Его и изготавливают из листовой стали по стандартным чертежам. Снаружи открытого бака прокладывают теплоизоляционный слой. Для осмотра и окраски демпфера заранее предусматривают специальный люк.

У открытого демпфера должно быть несколько патрубков для присоединения труб:

- 1 патрубок для расширительной трубы, по которой в демпфер поступает вода;
- 2 патрубок для переливной трубы, сообщающейся с атмосферой;
- 3 патрубок для контрольной (сигнальной) трубы, которую выводят к раковине;
- 4 патрубок для циркуляционной трубы для отвода воды в систему отопления дома.

#### *Открытый демпфер*

Открытый расширительный бак размещают над верхней точкой системы водяного отопления.



*Рис. 8.1 - Открытый расширительный бак*

- 1- расширительный патрубок; 2 - переливной патрубок;  
3 - контрольная труба; 4 - циркуляционный патрубок;  
5 - спускной патрубок с пробкой (размеры в мм).

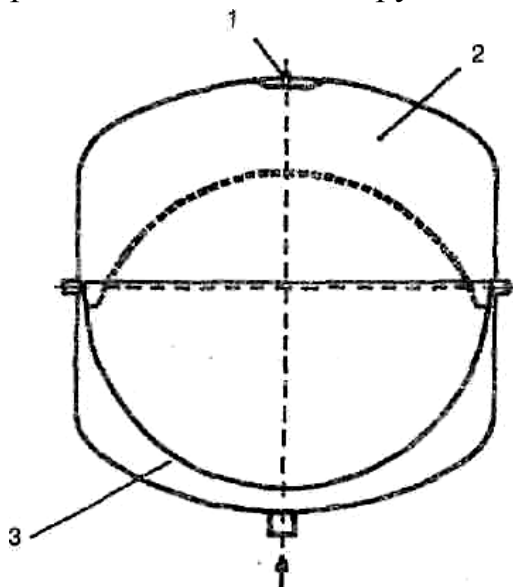
Контрольную трубу снабжают запорным краном, при помощи которого можно контролировать наличие воды в расширительном баке, а значит, и в системе отопления: если при открывании крана вода вытекает, следовательно, в демпфере есть вода.

#### *Закрытый демпфер*

При закрытой системе теплоснабжения с принудительной циркуляцией теплоносителя нередко устанавливают закрытый мембранный демпфер (как с переменным, так и с постоянным избыточным давлением воздуха в газовой камере). Закрытый расширительный бак обычно монтируют в котельном пункте и подключают к обратной магистрали перед циркулярным насосом

*Закрытый демпфер с переменным давлением в газовой камере* представляет собой цилиндрический сосуд, разделенный мембраной на 2 камеры - водяную и газовую (воздушную), наполненную воздухом или азотом под давлением. Корпус бака изготовлен из листовой высококачественной стали и покрыт эмалью. Со стороны газовой камеры имеется пневмоклапан, регулирующий давление воздуха в демпфере. При нагревании воды избыток водного объема поступает в водную камеру демпфера, сжимая воздух или азот по другую сторону разделительной мембраны. При охлаждении под воздействием высокого

давления в газовой камере вода вытесняется из расширительного бака и снова поступает в систему отопления. Давление в водяной и газовой камерах постоянно изменяется и стремится к выравниванию. Поступление и выход воды осуществляются через присоединительный патрубок.



*Рис. 8.2 - Закрытый мембранный расширительный бак (демпфер)  
1 воздушный клапан; 2 пространство для газа; 3 мембрана.*

Закрытый демпфер оборудован автоматическим компрессором, поддерживающим избыточное давление в газовой камере на одинаково высоком уровне, даже во время остывания воды. При нагревании воды автоматически открывается воздушный клапан, через который из демпфера выводится избыток воздуха, в результате давление остается на заданном уровне. Расширительный бак с постоянным давлением устанавливают в системе отопления с большим объемом воды (более 3000 л) и высоким статическим давлением (более 200 кПа).

По сравнению с открытым демпфером мембранный расширительный бак имеет ряд преимуществ:

- свободное расположение в доме: закрытый демпфер необязательно устанавливать на чердаке;
- отсутствие контакта воды с воздухом, что означает не возможность дополнительного растворения в воде кислорода и, следовательно, увеличение срока службы отопительного оборудования;
- небольшой риск образования воздушных пузырей в отопительных приборах верхних этажей (из-за избыточного давления в верхней точке системы отопления);
- экономичность системы отопления.

## Лекция 9

### **Классификация отопительных приборов. Выбор отопительных приборов.**

Нагревательные приборы являются основным элементом системы отопления и должны отвечать определенным теплотехническим, санитарно-гигиеническим и технико-экономическим требованиям.

В отечественных нормах крайне скудно представлены термины и определения для отопительных приборов, поэтому для описания основных понятий обратимся к Европейским нормам EN 442-2, которые подразделяют отопительные приборы для систем водяного (парового) отопления на два основных типа - радиаторы и конвекторы и дает для них основные определения. Радиатор — отопительный прибор, отдающий теплоту путем конвекции и радиации. Радиаторы могут изготавливаться из различных материалов (сталь, чугун, алюминий и др.), различных конструкций (колончатые, трубчатые, панельные и др.). Конвектор — отопительный прибор, отдающий теплоту путем свободной конвекции. Конвектор состоит, как правило, из нагревательного элемента и кожуха, образующего необогреваемый канал определенной высоты для естественной конвекции.

Основная характеристика отопительного прибора — это номинальный тепловой поток (в быту — теплоотдача, мощность, тепловая мощность). Для него дается такое определение — это тепловой поток, кВт, определяемый при следующих условиях:

1 разность между средней температурой теплоносителя в отопительном приборе и температурой воздуха в помещении составляет  $70^{\circ}\text{C}$ ;

2 расход теплоносителя —  $0,1 \text{ кг/с}$  при его движении в приборе по схеме «сверху - вниз»;

3 атмосферное давление  $1013,3 \text{ гПа}$ , что соответствует привычным  $760 \text{ мм}$  ртутного столба.

Принятое значение номинального расхода теплоносителя  $0,1 \text{ кг/с}$  ( $360 \text{ кг/ч}$ ) является характерной особенностью систем отопления в Украине и странах СНГ, обусловленной повсеместным применением однотрубных систем, особенно в массовом жилищном и гражданском строительстве. Как известно, расход теплоносителя в однотрубных системах значительно превосходит расход в двухтрубных, в которых температурный перепад между подающей и обратной магистралями полностью срабатывается в каждом отопительном приборе.

По способу теплоотдачи отопительные приборы разделяются на три группы:

1 радиационные приборы, которые передают излучением не менее  $50 \%$  суммарного теплового потока (излучатели и отопительные панели).

2 Конвективно-радиационные приборы, которые передают конвекцией от  $50$  до  $70 \%$  суммарного теплового потока (секционные и панельные радиаторы, гладкотрубные приборы).

3 Конвективные приборы, которые передают конвекцией не менее  $75 \%$  суммарного теплового потока (конвекторы и ребристые трубы).

По материалу отопительные приборы разделяются на: металлические (чугун, сталь, алюминий, медь); биметаллические (сталь - алюминий, медь - алюминий); неметаллические (керамические, бетонные); комбинированные (металл - бетон, металл - керамика).

По высоте отопительные приборы разделяются на: высокие (высотой более 650 мм), средние (от 400 мм до 650 мм), низкие (от 200 мм до 400 мм) и плинтусные (высотой до 200 мм).

По глубине установки с учетом расстояния от прибора до стены: отопительные приборы малой глубины (до 120 мм), средней глубины (от 120 мм до 200 мм), большой глубины (более 200 мм).

Теплотехнические требования сводятся к тому, чтобы нагревательные приборы хорошо передавали тепло от теплоносителя отапливаемым помещениям, т.е. чтобы коэффициент теплопередачи их был как можно выше. Величина коэффициента зависит от ряда факторов: разности средней температуры теплоносителя и температуры воздуха помещения, размеров и формы поверхности нагрева, способа подачи и отвода воды из прибора, количества секций в приборе и места его установки, количества воды, проходящей через прибор, и др.

Температура поверхности приборов ограничивается санитарно-гигиеническими требованиями. В помещениях с длительным пребыванием человека она не должна быть выше 95<sup>0</sup>С, так как при более высокой температуре может быть сухая возгонка оседающей на приборе органической пыли, сопровождающаяся выделением вредных веществ, в частности окиси углерода.

Нагревательные приборы должны быть компактны, с легкодоступной для осмотра и очистки от пыли поверхностью, форма и отделка приборов должны соответствовать назначению помещения. С санитарно-гигиенической точки зрения желательно устанавливать приборы, у которых преобладает передача тепла излучением, так как они создают лучшие микроклиматические условия в помещении. Способ передачи тепла зависит от конструкции прибора и места его установки.

Технико-экономические требования, предъявляемые к нагревательным приборам, следующие:

1 Необходимо, чтобы форма и конструкция прибора соответствовала требованиям технологии их массового производства.

2 Конструкция приборов должна быть такой, чтобы из отдельных элементов можно было собрать прибор с любой поверхностью нагрева.

3 Стенки прибора должны быть прочные, паро- и водонепроницаемые.

4 Приборы должны быть долговечными, удобными для транспортировки и монтажа.

5 Затрата металла и стоимость отопительных приборов, отнесенная к единице полезно передаваемого тепла, должны быть наименьшими.

### ***9.1 Выбор, размещение и присоединение отопительных приборов***

Местные отопительные приборы (радиаторы, конвекторы, панели, ребристые трубы) принимают из числа изготавливаемых промышленностью и выбирают с учетом технико-экономических, архитектурных, теплотехнических, санитарно-гигиенических и производственно-монтажных требований.

В помещениях с повышенными санитарно-гигиеническими требованиями применяют приборы с гладкой поверхностью, лучше всего отопительные панели, совмещенные со строительными конструкциями; применение гладкотрубных приборов должно быть обосновано.

При нормальных санитарно-гигиенических требованиях в помещениях

используют приборы с гладкой или ребристой поверхностью. Рекомендуется устанавливать не более одного-двух видов приборов для всего отапливаемого здания. В гражданских зданиях чаще применяют радиаторы и конвекторы, в промышленных - радиаторы и ребристые трубы.

При пониженных санитарно-гигиенических требованиях в помещениях, предназначенных для кратковременного пребывания людей, могут устанавливаться приборы любого вида; предпочтение отдается приборам с высокими технико-экономическими показателями.

Для отопления лестничных клеток многоэтажных зданий следует использовать высокие конвекторы (типа КВ), которые применяют также для отопления залов и других помещений большого объема.

Отопительные приборы располагают преимущественно под световыми проемами (под витринами - по всей их длине). При этом вертикальные оси прибора и оконного проема должны совпадать с отклонением не более 50 мм. В жилых домах (в том числе в гостиничных зданиях, общежитиях) и вспомогательных зданиях предприятий совпадение вертикальных осей оконного проема и отопительного прибора не обязательно.

Установка отопительных приборов недопустима в отсеках тамбуров имеющих наружные двери. В крупных помещениях без рабочих мест у наружных ограждений допускается перенос части приборов к внутренним стенам с применением высоких конвекторов. В помещениях высотой более 6 м, особенно при теплопотерях через потолки и световые проемы наверху, целесообразно часть приборов (от 1/4 до 1/3 общего их числа) размещать в верхней зоне.

Отопительные приборы размещают так, чтобы был обеспечен их осмотр, очистка и ремонт. Следует применять открытую установку приборов. Ограждения и укрытия отопительных приборов допустимы в помещениях детских учреждений, картинных галерей и музеев, в спортивных, торговых и зрелищных залах, в фойе, холлах и вестибюлях.

В помещениях, не имеющих вертикальных наружных ограждений (например, во внутренних коридорах), приборы не устанавливают, а теплопотери этих помещений относят к смежным с ними помещениям с наружными ограждениями. В лестничных клетках 2- и 3-этажных зданий отопительные приборы устанавливают, в основном, на первом этаже, не размещая часть их на лестничных площадках.

Для отопления ванных комнат применяют регистры - полотенцесушители, которые в домах с газовыми колонками подключаются к системе отопления, а в зданиях с централизованным горячим водоснабжением - к системе горячего водоснабжения. В последнем случае теплопотери ванных комнат в проекте отопления не учитываются.

В зданиях массового строительства следует предусматривать, как правило, одностороннее присоединение отопительных приборов к трубопроводам, используя унифицированные проточно-регулируемые узлы и узлы с замыкающими участками. Разностороннее присоединение допускается в случаях, когда обратная магистраль находится непосредственно под приборами или когда приборы необходимо установить ниже магистралей системы отопления, а также при вынужденной установке более 20 секций в радиаторе (более 15 секций в системах с естествен-

ной циркуляцией) или соединении нескольких приборов «на сцепке».

Установка двух приборов «на сцепке» допускается в пределах одного помещения, а также когда последующий прибор предназначается для нерегулируемого отопления второстепенного помещения (коридора, уборной, кухни жилого здания и т.д.). Длина «сцепки» при этом не должна превышать 1,5 м, а диаметры «сцепок» принимают равными диаметрам ниппельных отверстий приборов.

У отопительных приборов устанавливают регулирующие краны. Однако у приборов, размещаемых близ наружных проемов, при входах в лестничные клетки, во входных тамбурах, а также у проточных приборов в подвалах регулирующие краны не устанавливают. При наличии в помещении нескольких приборов допускается регулирующие краны устанавливать только у части их.

При размещении отопительных приборов в помещениях, где имеются периодические тепловыделения, предусматривают их групповое выключение.

Для поддержания в помещении требуемой температуры необходимо, чтобы количество тепла, отдаваемого нагревательными приборами, установленными в помещении, соответствовало расчетным теплотерям помещения.

Необходимая теплопередача прибора в рассматриваемое помещение определяется по формуле:

$$Q_{np} = Q_{mn} - 0,9 \cdot Q_{mp}, \quad (9.1)$$

где  $Q_{mn}$  - теплотери помещения, Вт;

$Q_{mp}$  - теплоотдача открыто проложенных в пределах помещения труб стояка и подводок, к которым непосредственно присоединен прибор. Эта величина определяется по следующей формуле:

$$Q_{mp} = q_v \cdot l_v + q_z \cdot l_z, \quad (9.2)$$

где  $q_v$  и  $q_z$  - теплоотдача 1 м вертикальных и горизонтальных труб, Вт/м, которая принимается исходя из диаметра и положения труб и температуры воздуха в помещении;

$l_v$  и  $l_z$  - длина вертикальных и горизонтальных труб в пределах помещения, м.

Тепловой поток выбранного прибора не должен уменьшаться более чем на 5% по сравнению с  $Q_{np}$ .

Приведенные формулы действительны при открытой установке неокрашенных приборов у наружных ограждений помещения.

Минимально допустимое число секций радиатора определяют по формуле:

$$n = \frac{Q_{np}}{q_{ном}} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2, \quad (9.3)$$

где  $q_{ном}$  - номинальный тепловой поток одной секции радиатора, Вт;

$\beta_1$  - коэффициент, учитывающий способ установки прибора. Т.к. прибор установлен открыто, то  $\beta_1 = 1$ ;

$\beta_2$  - коэффициент, учитывающий остывание воды в трубах.

В настоящее время применяются все возможные типы отопительных приборов: радиаторы, конвекторы, дизайн-радиаторы, полотенцесушители, изготавливаемые из различных материалов: стальные, чугунные, алюминиевые, из

медных сплавов, биметаллические. Рассмотрим основные, их характеристики и требования, предъявляемые к устройству и эксплуатации систем отопления.

Какие бы теплоносители ни предлагались, привычнее всего обогреваться от воды. Ее тепло передают в помещения разнообразные нагревательные приборы:

- 1 гладкие и ребристые трубы,
- 2 секционные радиаторы,
- 3 конвекторы,
- 4 отопительные панели.

## **Лекция 10**

### **Основные виды отопительных приборов**

#### ***10.1 Чугунные радиаторы***

Чугунные радиаторы хорошо знакомы украинскому потребителю. Чугун - это материал, обладающий хорошей теплопроводностью, нейтральный по отношению практически ко всем теплоносителям. Именно поэтому чугунные радиаторы можно использовать в системах отопления с плохой подготовкой теплоносителя (повышенная агрессивность, загрязненность и пр.).

Радиаторы отдают большую часть (60 %) тепла излучением тепловой энергии, остальная часть отдается конвективным путем. При этом достигается минимальная конвекция горячего воздуха и успешно нагреваются объекты, находящиеся в помещении. В этом радиаторное отопление наиболее близко к отоплению теплым полом.

Радиаторы водяного отопления делятся на две группы: 1 - секционные - из чугуна, стали, алюминия; 2 - панельные - стальные и биметаллические (из алюминия и стали).

Секционные радиаторы из чугуна проверены временем и зарекомендовали себя как надежные и практичные. Они стойки к коррозии, обладают большой тепловой мощностью на единицу длины прибора. Могут применяться в системах отопления с плохим качеством теплоносителя. Большинство этих приборов рассчитано на давление от 6 до 9 атм. Опрессовочное давление до 15-16 атм. Максимальная температура теплоносителя до 130<sup>0</sup>С. При этом чугунный радиатор имеет большую тепловую инерцию, т.е долго прогревает помещение и долго отдает тепло. Из-за этого чугунные радиаторы не подходят для отопления помещения, где нужно иметь постоянно (или по желанию) температуру днем +25<sup>0</sup>С, а ночью +17<sup>0</sup>С при меняющейся (довольно быстро) температуре наружного воздуха.

Чугунные секционные радиаторы — древнейший, но отнюдь не отмирающий вид. Главное достоинство — высокая коррозионная стойкость в самых тяжелых условиях эксплуатации, прочность, увеличивающаяся со временем, срок службы практически не ограничен; недостатки — большой объем воды и, соответственно, большая тепловая инерция, препятствующая эффективному применению в динамичных системах отопления с терморегуляторами и программаторами; большие габариты; высокая шероховатость поверхности; отсутствие, как правило, декоративного покрытия. Многих не устраивает также и

внешний вид радиаторов.

Из отечественных чугунных радиаторов самыми распространенными являются радиаторы МС-140, которые могут эксплуатироваться при рабочем давлении теплоносителя до 8 атмосфер, все остальные радиаторы до 6 атмосфер.

Заводы на Украине стали выпускать радиаторы, подходящие по размерам к современным домам. Если раньше вам пришлось бы уменьшать окно или увеличивать комнату, чтобы установить радиатор в панельном доме, то сейчас легко можно выбрать необходимые габариты: от 300 до 700 мм по высоте, и глубиной от 90 до 140 мм.

Сегодня на рынке можно найти чугунные радиаторы в стиле ретро, отличающиеся стильным дизайном и высоким качеством отделки внешних поверхностей, многие изготовители поставляют радиаторы с практически гладкой поверхностью, внедрение современных литейных технологий позволило как существенно уменьшить сечение единичного канала и водяной объем секции, так и повысить компактность чугунных радиаторов.

В битве за свой сегмент рынка отечественные изготовители в последние годы добились определенных успехов, существенно расширили гамму выпускаемых моделей, правда, внешний вид их изделий пока оставляет желать лучшего.

### ***10.2 Аллюминиевые радиаторы***

Аллюминиевые секционные радиаторы появились на Украине не та давно. Разделяются на две основные группы — литые и радиаторы из прессованного профиля. Материал для литых — силумин, литейный аллюминиевый сплав, содержащий 12-13% кремния. Секции собирают на стальных резьбовых ниппелях. В прессованных используются, как правило, два различных по свойствам аллюминиевых сплава — коллекторы изготовлены из силумина, колонки — из пластичного аллюминий-магниевого сплава, содержащего не менее 98% аллюминия. Известны модели прессованных радиаторов, в которых применены короткие участки коллекторов (на 2 или 3 секции); при сборке таких радиаторов коллекторные участки собирают на обычных ниппелях. Не менее распространены и конструкции с цельными коллекторами, длина которых пропорциональна количеству колонок.

Главное достоинство аллюминиевых приборов — компактность, малый водяной объем, хороший внешний вид, высококачественное декоративное покрытие (порошковая эмаль с горячей сушкой). Прочность аллюминиевых радиаторов, как и для иных сосудов под давлением, зависит от геометрических характеристик, главным образом от толщины стенки и формы поперечного сечения канала, так и от свойств материала. Из этого следует, что при прочих равных прессованные радиаторы обладают наибольшей прочностью, потому что водяной канал колонки имеет круглое сечение. Прочность литых радиаторов ниже, однако и среди них имеются модели, выдерживающие давление более 6 МПа. Главный недостаток аллюминиевых радиаторов - низкая коррозионная стойкость. «Стойкая» оксидная пленка на поверхности аллюминия, известная со школьной скамьи, в действительности оказывается нестойкой даже в условиях эксплуатации, полностью соответствующих требованиям норматив-

ных документов к воде тепловых сетей, не говоря уже о далеко не единичных случаях несоответствия. Причина кроется в водородном показателе воды (рН), который для тепловых сетей должен быть не менее 8,4, а для алюминиевых элементов систем отопления должен быть не более 8. Скорость коррозии зависит также от количества растворенного в воде кислорода, присутствия частиц иных металлов, в первую очередь меди.

Область разумного применения алюминиевых радиаторов чрезвычайно узка и ограничивается объектами, устройство и уровень эксплуатации которых позволяют гарантированно обеспечивать качество воды на допустимом уровне постоянно, в течение всего запланированного срока службы. Качество воды в подавляющем большинстве наших отопительных систем не соответствует этому уровню, поэтому вывод однозначен — применение в них алюминиевых радиаторов не является разумным.

Для повышения коррозионной устойчивости алюминиевых радиаторов, а также всех иных металлических элементов системы отопления рекомендуется дозирование в воду специальных антикоррозионных добавок.

### ***10.3 Биметаллические радиаторы***

Биметаллические радиаторы имеют алюминиевый корпус и стальную трубу, по которой движется теплоноситель. Они сочетают в себе плюсы алюминиевых радиаторов - высокая теплоотдача, низкая масса, хороший внешний вид и, кроме того, при определенных условиях имеют более высокую коррозионную стойкость и обычно рассчитаны на большее давление в системе отопления. Опять же, их основной минус - высокая цена. Благодаря тому, что эти радиаторы способны выдержать большое давление, они могут использоваться в городских квартирах.

Биметаллические (сталь-алюминий, медь-алюминий) секционные радиаторы появились с целью устранения главного недостатка алюминиевых радиаторов. Сегодня существуют радиаторы, в которых полностью исключен контакт воды с алюминием. Имеющийся положительный опыт эксплуатации биметаллических радиаторов позволяют рекомендовать их для широкого применения.

По понятным причинам биметаллические радиаторы дороже алюминиевых (имеется в виду цена одного киловатта), однако это удорожание представляется вполне оправданным, так как сопровождается радикальным изменением свойств изделия — расширением области применения и увеличением срока службы.

### ***10.4 Стальные радиаторы***

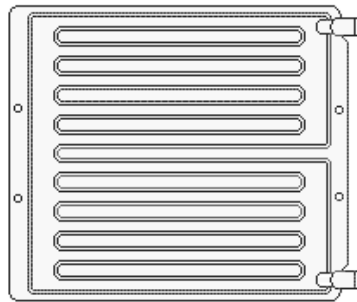
Стальные радиаторы можно условно разделить на:

- панельные (наиболее популярный вид отопительного прибора в Западной Европе),
- трубчатые (могут применяться трубы не только круглого сечения; одни из самых дорогих, представленных на рынке)
- секционные (изготовлены из тонколистового проката, по форме напоминают чугунные радиаторы).



*Рис. 10.1 - Стальной радиатор*

**Стальные панельные радиаторы** наиболее часто используются при индивидуальном отоплении. Стальные панельные радиаторы обладают небольшой тепловой инерцией, а значит, с их помощью легче осуществлять автоматическое регулирование температуры в помещении.



*Рис. 10.2 - Панельный радиатор*

Панельные радиаторы очень компактны, представлены в широкой гамме размеров (легко подобрать для любого интерьера), имеют небольшой водяной объем. Многие изготовители комплектуют их термостатическими вентилями, а также деталями для нижнего подключения. Панельные радиаторы могут работать при относительно низком рабочем давлении (порядка 0,9 МПа), что обусловлено, главным образом, большим поперечным сечением водяных каналов.

На украинском рынке встречается целый ряд похожих по эстетическому оформлению и близких по своим технико-экономическим характеристикам марок, среди которых наибольшее распространение получили приборы отечественного производства. Из всего многообразия представленных на рынке моделей наибольшей популярностью пользуются радиаторы с высотой 600 мм, так как они наилучшим образом вписываются в привычное для отопительных приборов место под подоконником. Их конструкция обеспечивает хорошее распределение теплого воздушного потока и позволяет избежать скопления пыли на стене и на самом радиаторе. Это играет немаловажную роль. Особенно при установке отопительных приборов в зданиях с повышенными гигиеническими требованиями (детских учреждениях, больницах и т. п.).

Существует три типа панельных радиаторов - с нижним, боковым и универсальным подключением. В радиаторы с нижним подключением встроен термостатический вентиль, на который можно установить терморегулятор, для под-

держания заданной температуры в помещении. Как следствие, стоимость радиаторов с нижним подключением выше, чем аналогов с боковым подключением.

Стальные панельные радиаторы рассчитаны на рабочее давление до 10 атмосфер и температуру до 150 °С. Выпускают радиаторы двух типов: РСВ - колончатые с вертикальными каналами между верхним и нижним горизонтальными регистрами и РСТ - с горизонтальными каналами. Наиболее дешевыми являются радиаторы серии 11 К, а радиаторы серии 22 К обладают большей теплопроводностью и компактностью. По мнению специалистов, радиаторы этих серий являются самыми экономичными и привлекательными с эстетической точки зрения. Двойное эмалированное покрытие обеспечивает максимальную стойкость краски. В заводской окраске используется широкая гамма цветов, в том числе - хром, антрацит, золото.

**Стальные трубчатые радиаторы** - обычно наиболее дорогой тип радиаторов (в пересчете на 1 кВт). Трубчатые радиаторы изготавливают из тонкостенных (1,25 - 1,5 мм) электросварных прямошовных труб. Соединение отдельных элементов радиатора сварное. Основное достоинство этого типа радиаторов — широчайшая гамма возможных высот (от 0,2 до 2,5 м), что в сочетании с высоким качеством защитно-декоративного покрытия, широкой цветовой гаммой и возможностью заказа дугообразных моделей с заданным радиусом кривизны может удовлетворить запросы самого взыскательного дизайнера.

**Секционные радиаторы** имеют крайне ограниченные перспективы на отечественном рынке из-за их низкой прочности, обусловленной большим поперечным сечением канала и вытянутой его формой. Разрушающее давление для этих радиаторов может составлять менее 1 МПа (10 атм).

Все стальные отопительные приборы подвержены кислородной коррозии, скорость которой возрастает под слоем шлама, в зонах раздела фаз, а также в местах сварки. Это замечание является особенно существенным для импортных приборов. Известны случаи, когда в результате нарушения правил эксплуатации стальные радиаторы выходили из строя в течение первого отопительного сезона.

Отечественные правила и нормы эксплуатации тепловых сетей ориентированы, в первую очередь, на максимальную долговечность стальных труб, поэтому стальные радиаторы могут применяться достаточно широко при выполнении установленных требований и грамотной эксплуатации; так, целесообразно строго контролировать давление при гидравлическом испытании, сократить до минимума количество и длительность отключений системы отопления и спуска воды.

Отложения шлама особо опасны для стальных радиаторов из-за коррозии; в то же время большое суммарное сечение параллельных каналов обуславливает малые скорости воды и создает благоприятные условия для выпадения шлама в нижних точках радиаторов. Таким образом, при проектировании и эксплуатации систем со стальными радиаторами особое внимание следует уделять очистке теплоносителя от твердых частиц.

### **10.5 Ребристые чугунные трубы**

Ребристые трубы отливаются из серого чугуна с круглыми ребрами, назначение которых состоит в увеличении поверхности контакта между воздухом и нагревательным прибором. Ребристые трубы трудно очищаются от пыли, что ограничивает их применение в производственных цехах предприятий.

### **10.6 Конвекторы**

Конвекторы содержат нагревательный элемент и кожух (известны отечественные модели без кожуха, но их эффективность и внешний вид не соответствуют современным требованиям). Нагревательный элемент — это, как правило, труба с развитым поперечным оребрением. Конвекторы можно разделить на *стальные* и *биметаллические*, иные представители этого типа, например медные (медные ребра на медной трубе) изготавливаются в небольших количествах, не получили широкой известности и по свойствам не имеют существенных отличий от биметаллических. Общее достоинство конвекторов — компактность, а для конвекторов из труб малого диаметра — малый водяной объем. Принципиальное замечание: при прочих равных эффективность конвектора определяется термическим сопротивлением контакта несущей трубы и оребрения, причем особенно важно постоянство этой величины в течение всего срока службы.

Стальные конвекторы с кожухом — широко применяемый в массовом жилищном строительстве вид отопительных приборов. В этих конвекторах используются трубы с толщиной стенки около 3 мм с насаженными стальными ребрами прямоугольной формы; в них отсутствуют зоны выпадения шлама и раздела фаз, то есть эти приборы с точки зрения надежности являются равнопрочным элементом системы отопления и обеспечивают близкое к оптимальному техническое решение для существующих систем отопления. Конечно, применение паяных или приваренных сплошным швом ребер могло бы повысить потребительские качества конвектора, однако привело бы к заметному удорожанию изделий. На рынке представлены также импортные стальные конвекторы, в которых единственный нагревательный элемент представляет собой отрезок трубы прямоугольного сечения, к которой по одной или двум противоположным сторонам контактной точечной сваркой приварена гофрированная лента. Такие конвекторы чаще всего применяют в зрелищных, спортивных зданиях, допускаемое рабочее давление для них существенно ниже, чем для конвекторов на базе круглой трубы из-за больших размеров и плоских стенок водяного канала.

Биметаллические конвекторы — это чаще всего конвекторы на базе медной трубы с насаженными алюминиевыми ребрами. Малый диаметр трубы обеспечивает, пожалуй, минимально возможный на сегодняшний день водяной объем прибора и делает его практически незаменимым для динамичных систем водяного отопления. Если к этому добавить высокую коррозионную стойкость медной трубы, широкую гамму размеров и цветовых решений, кажется парадоксальным их положение на рынке — ведь до настоящего времени они занимали очень узкий его сегмент.

Известны также биметаллические литые конвекторы на базе стальной трубы с алюминиевым оребрением. Идея та же самая, что и для биметаллических радиаторов, — получить максимальный эффект от развитого оребрения из теплопроводного алюминия, не допуская его контакта с водой. На тепловой поток таких конвекторов существенно влияет технология их изготовления. Так, при классическом способе изготовления (заливке несущей трубы в форму) удастся обеспечить плотный контакт трубы с оребрением и стабильность теплового потока. При новом способе (литой алюминиевый блок насаживается на трубу), внедренном на нескольких отечественных предприятиях, не удастся добиться такой же плотной посадки, вследствие чего номинальный тепловой поток снижается.

Для конвекторов, как и для других отопительных приборов, важно поддержание нормальных условий эксплуатации.

В общем случае гидравлическое сопротивление конвектора больше, чем радиатора, поэтому при проектировании и монтаже отопительной системы с конвекторами следует учитывать паспортные данные по сопротивлению.

Конвектор особенно удачно вписывается в современную, предполагающую большие окна, эркеры, зимние сады и т.д., архитектуру. С точки зрения дизайна этот прибор хорош тем, что может быть легко спрятан в пол или закрыт декоративным экраном. Конструктивно возможны четыре решения.

*Радиаторные конвекторы* — комбинация двух приборов, отраженная в самом названии. Их устанавливают около окон, на полу или на небольших подставках.

*Плинтусные конвекторы* располагаются в полу под большими окнами. Малая высота (90-100 мм) не требует ниш, а слабый конвективный поток можно усилить медленно вращающимся вентилятором.

*Конвекторы, заглубленные в пол* — вариант, пригодный для первых этажей. Прибор помещается в некоторое подобие шахты. Нисходящий вдоль окна холодный воздух беспрепятственно попадает в конвектор, а поток теплого воздуха обеспечивает естественную циркуляцию в помещении.

*Конвекторы, закрытые декоративным экраном.* В отличие от радиаторов, закрытый конвектор ничуть не теряет в теплоотдаче, напротив, экран способствует увеличению тяги.

### **10.7 Полотенцесушители**

Полотенцесушители, - наиболее известный и распространенный тип дизайн-радиаторов, постепенно вытесняющий унылые U-образные модели советского периода. Стройные "лесенки", "эллипсы", "спирали", "полукольца" и "панели", представленные на рынке как отечественными, так и зарубежными производителями, сделали актуальной проблему выбора.

Современные полотенцесушители бывают трех видов:

- водяные;
- электрические;
- комбинированные.

Абсолютное большинство моделей изготавливается из стальных или латунных труб. По способу теплопередачи трубчатые полотенцесушители относятся к классу радиационно-конвекционных приборов. Примерно 25 % тепла

они передают посредством теплового излучения, а оставшиеся 75 % прогревают воздух в помещении за счет конвекции.

С точки зрения монтажа наименее проблемными являются электрические полотенцесушители. Обязательным условием для их установки является лишь специальная влагостойкая розетка, расположенная в защищенном от брызг месте.

В массовом жилищном строительстве полотенцесушители, как правило, подключают к системе горячего водоснабжения (ГВС). Содержание кислорода в горячей воде не нормировано, что выдвигает особые требования к коррозионной стойкости полотенцесушителей. В странах Запада такое проектное решение не практикуется — полотенцесушители подключены к системе отопления. В 90-е годы прошлого века, когда отечественный рынок заполнился массой импортной сантехники, это противоречие приобрело особую остроту. Подавляющее большинство импортных изделий изготовлено из тонкостенных стальных труб и, стало быть, абсолютно не пригодно для установки в наших ваннах. Дело усугублялось тем, что поставки и продажи такого, казалось бы, простейшего товара не сопровождались должной информационной поддержкой, потребитель не получал полную информацию о свойствах изделия. Достаточно сказать, что были случаи продажи алюминиевых полотенцесушителей. В последние годы положение изменилось к лучшему, и сегодня уже трудно встретить случаи продажи отопительных приборов без паспорта или другого эксплуатационного документа, в котором с достаточной полнотой приведены его свойства, правила монтажа и другие необходимые сведения.

Таким образом полотенцесушители по области применения можно разделить на две группы:

- для систем отопления;
- для систем ГВС;
- универсальные.

К первой группе можно отнести изделия из тонкостенных стальных труб различного сечения в виде лесенок, змеевиков и т.д., ко второй — из нержавеющей стали, специальной латуни, а также включающие промежуточный теплообменник. Относительно дешевые стальные полотенцесушители в системах горячего водоснабжения должны иметь покрытие из коррозионностойкого материала. В замкнутом объеме полотенцесушителя циркулирует небольшое количество воды.

Полотенцесушители, подключаемые к системе отопления, не предъявляют к ней какие-либо специальные требования по сравнению с другими отопительными приборами из того же материала.

## Лекция 11

### Отопление теплым полом

Нетрадиционной для Украины, но приобретающей с каждым годом все большую популярность формой отопления помещений становятся теплые полы. Разнообразные конструкции этих отопительных систем широко применяются в Европе. Сейчас распространены две разновидности теплых полов: полы с водяным подогревом и кабельные электрические системы. К их существенным преимуществам можно отнести отсутствие в помещении видимых элементов систем отопления, повышенную звукоизоляцию пола, возможность регулирования температуры воздуха одним терморегулятором. Но, пожалуй, самое важное достоинство теплых полов по сравнению с традиционными радиаторными системами отопления - это улучшенный тепловой режим в помещении.

#### Допустимая температура пола $t_{Fmax}$ .

Необходимо принимать следующие допустимые температуры пола:

- жилые помещения, офисы  $t_{Fmax} = 29^{\circ}C$
- зоны граничные при окнах  $t_{Fmax} = 35^{\circ}C$
- ванные ( $t = 25^{\circ}C$ )  $t_{Fmax} = 33^{\circ}C$ .

#### 11.1 Теплый пол с водяной системой обогрева

При подпольном отоплении получается наиболее приближенное к идеальному для человека распределение температуры в помещении. Невысокая температура пола говорит о саморегулирующих свойствах этого типа отопления, что проявляется большими изменениями излучательной способности теплой поверхности нагревателя при изменениях температуры воздуха в помещении. Подпольное отопление может полностью покрывать потери тепла в помещении, или частично, как комфортное отопление.

В связи с вышесказанным температура воздуха в помещении  $20^{\circ}C$  обеспечивает такой же тепловой комфорт как и температура  $21^{\circ}C - 22^{\circ}C$  воздуха нагретого через традиционные отопительные приборы и конвекторы, и колебания внутренней температуры в  $1^{\circ}C$  практически не ощущаются человеческим организмом.

Разводка труб теплого пола осуществляется по обычным плитам.

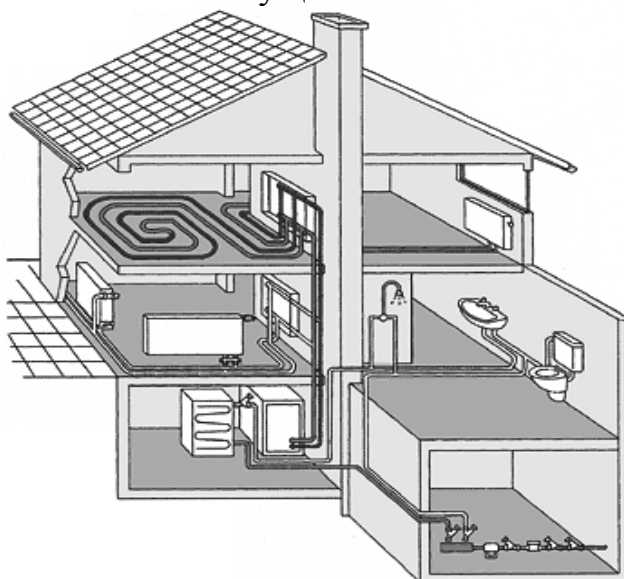


Рис. 11.1 - Отопление пола с принудительной циркуляцией.

Идея теплого пола с водяным обогревом очень проста и рациональна. На пол обогреваемого помещения укладываются тепло- и гидроизоляционная прослойки, а поверх них монтируются полимерные трубы с шагом, при котором достигается оптимальное распространение тепла в помещении. Способы крепления труб к полу могут быть разнообразны. Это и тепло-, и звукоизоляционные панели, и блоки со специальными фиксаторами для полимерных труб, и крепление скобами, металлической сеткой с поворотными клипсами, и разнообразные фиксирующие шины. По краям помещения монтируется демпферная (компенсирующая тепловое расширение) лента, после чего поверх труб делается бетонная стяжка, которая и является теплопередающим элементом в этой системе отопления. К прочим компонентам системы относятся распределительный коллектор в комплекте с краном для выпуска воздуха и шаровым запорным краном, а также комнатный терморегулятор. Водяные теплые полы надежны и долговечны, могут работать как от систем центрального отопления, так и от отопительных котлов. Срок службы полимерных труб при соблюдении расчетных параметров (температура и давление) по оценкам специалистов должен быть не менее 50 лет. При этом максимальная температура теплоносителя не должна превышать  $70^{\circ}\text{C}$ , а максимально допустимая скорость потока воды не должна быть больше 1 м/с. Диаметр используемых полимерных труб составляет 1/2 дюйма. Теплоотдача квадратного метра такого пола достигает 70-100 Вт.

*Конструктивно система водяной «теплый пол» включает в свой состав следующие элементы:*

- нагреватель (пластиковые или металлопластиковые трубы, установленные в цементно-песчаную стяжку), а также изоляционные материалы, препятствующие распространению тепла в основании пола (в «черный пол»);
- оборудование для передачи теплоносителя по трубам, в состав которого входят насосы, система управления (термостаты, сервоприводы, вентили), распределители контуров нагрева.

Водяные теплые полы могут работать как от систем центрального отопления, которые в свою очередь должны быть спроектированы с учетом работы систем отопления пола, так и от отопительных котлов. При этом надо обязательно учитывать тот факт, что требуемая комфортная температура поверхности «чистого пола» не должна превышать  $29^{\circ}\text{C}$ , а для обеспечения требуемой теплоотдачи ( $70 - 100 \text{ Вт/м}^2$ ) максимально допустимая скорость потока воды не должна быть более 1 м/с. Чтобы обеспечить такой уровень комфортности, температура теплоносителя в трубах системы должна быть в пределах  $50 - 55^{\circ}\text{C}$ .

### ***11.2 Регулирующее оборудование***

Как правило, котельная установка подает в систему отопления теплоноситель температурой  $70-90^{\circ}\text{C}$ . Он расходуется на вентиляцию, горячее водоснабжение, отопление. Теплый пол - это низкотемпературный вид отопления, и поэтому необходимо понизить температуру теплоносителя до температуры  $35-45^{\circ}\text{C}$  и стабильно поддерживать ее.

Насос осуществляет постоянную циркуляцию теплоносителя в контуре теплого пола. По мере остывания теплого пола, зональный клапан "подпитывает" теп-

лый пол горячей водой, поддерживая температуру, установленную на термостате.

Узел подмеса может быть установлен как в помещении котельной непосредственно на распределительной гребенке, так и компактно в коллекторном шкафу.

Первый вариант удобен и экономически выгоден, когда несколько распределительных шкафов с одинаковыми требованиями к теплоносителю расположены по одной линии и недалеко от котельной. Второй предпочтителен, когда теплые полы или расположены в разных частях здания, или используют разную температуру воды, и их целесообразней подключать к ближайшим отопительным стоякам.

Коллекторный шкаф служит для эффективного распределения теплоносителя по отопительным контурам.

Шкаф может состоять из распределительных коллекторов с

- термостатическими регуляторами;
- регуляторами расхода;
- запорными вентилями;

Кроме того, коллекторные шкафы необходимо укомплектовать, автоматическими воздухоудалителями, сливными кранами, кронштейнами. При необходимости — расходомерами и электротепловыми приводами.

### **11.3 Кабельные системы обогрева полов**

В последнее время все более широкое применение для обогрева помещений приобретают теплые полы с кабельными системами обогрева. В отличие от обычных систем отопления, они позволяют осуществить гораздо более равномерный нагрев помещения, при этом температура пола превышает температуру воздуха всего на 2-3 градуса, создавая оптимальный для человека тепловой режим.

### **11.4 Устройство нагревательного кабеля**

Основой конструкции теплых полов, безусловно, является нагревательный кабель (НК). Внешне он напоминает радиочастотные кабели для передачи телевизионных сигналов, однако его назначение — не передавать электрические сигналы или мощность на расстояние, а преобразовывать протекающий по нему

электрический ток в тепло. Обычно небольшая часть электроэнергии преобразовывается в тепло в любом кабеле или проводе, но она составляет весьма малую величину — 1-3 %, причем принимается целый комплекс мер по ее снижению. Для нагревательных кабелей все наоборот — все 100% мощности должны быть преобразованы в тепло, причем выделение этой мощности на единице длины кабеля (удельное тепловыделение) — важнейший технический параметр нагревательных кабелей.

В этом смысле нагревательный кабель — не кабель, а нагревательный элемент, выполненный по кабельной технологии. У нагревательных кабелей для систем «теплый пол» различных производителей характерны удельные тепловыделения от 17 до 21 Вт/м, причем увеличение этого параметра нежела-

Нагревательный кабель **БНО**, используемый в двухжильных секциях **ЕСО**

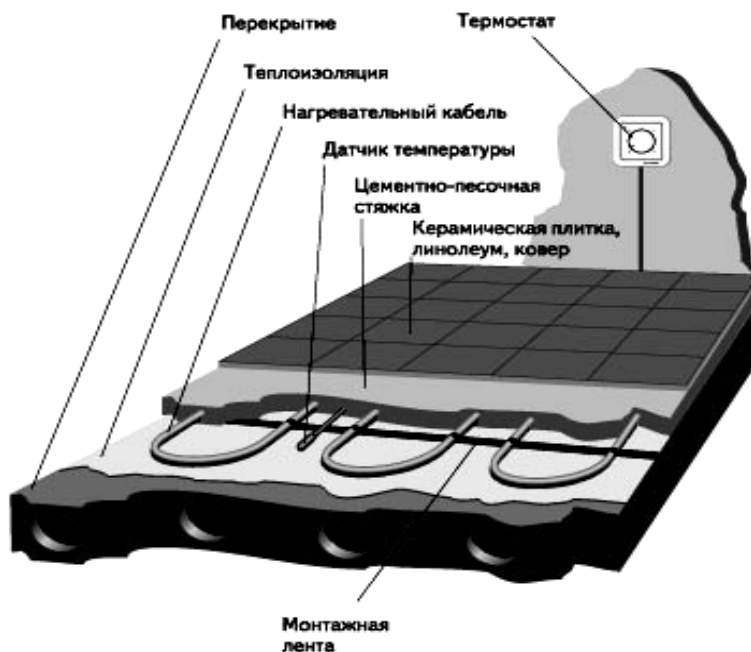


тельно и вовсе не свидетельствует о каких-либо специальных достоинствах. Во-первых, при укладке кабеля в пол возможно образование воздушной полости вблизи поверхности, при этом возникает перегрев материала кабеля и увеличивается риск выхода его из строя. Во-вторых, при увеличении удельной мощности кабеля его длина, приходящаяся на определенную площадь, сокращается. При этом возможно такое увеличение расстояния между отдельными нитками, что станет заметной неравномерность нагрева. У всех производителей величина допустимого расстояния между соседними нитками может колебаться от 5-6 до 10-12 см. Уменьшение линейной мощности ниже указанных величин приводит к перерасходу кабеля и появлению риска недопустимого сближения соседних ниток кабеля.

Во время работы «теплого пола» кабель нагревается до 60-70<sup>0</sup>С, а материалы изоляции и оболочки выдерживают температуры выше 100<sup>0</sup>С. Это один из секретов высокой надежности «теплых полов». В состав электрической системы «теплый пол» входят:

- нагревательная секция;
- аппаратура управления (термостат с датчиком температуры);
- аксессуары для облегчения и ускорения монтажа (монтажная лента, гофрированная пластиковая трубка);
- теплоизоляция.

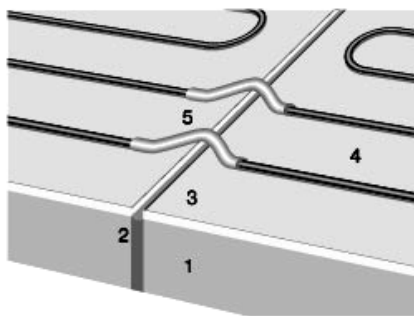
Типичная конструкция «теплого пола» представлена на рисунке 11.2



*Рис. 11.2 - Конструкция электрического теплого пола*

На выровненном и очищенном черновом полу укладывается теплоизоляция, затем укрепляется монтажная лента, с помощью которой закрепляют нагревательную секцию. «Холодные концы» выводят на стену для соединения с тер-

мостатом. Определяют место установки термостата, и укладывают вблизи места установки термостата между двумя нитками нагревательного кабеля гофрированную трубку для установки датчика температуры. В этот момент не мешает составить небольшой эскиз укладки, на котором показать места укладки муфт и термодатчика. Если когда-либо система будет повреждена (например, при последующем ремонте помещения), этот эскиз сослужит хозяину хорошую службу. Секция проверяется на целостность обычным тестером. После этого выполняется заливка цементно-песчаной стяжки. Толщина стяжки не может быть менее 3 см, прежде всего исходя из ее прочности. Недопустимо ускорять затвердевание стяжки, включая «теплый пол». Перед включением (а еще лучше на 3-5 день после заливки) необходимо проверить целостность нагревательной секции тестером. В связи с тем, что внутри осталась некоторая влага, целесообразно при первом включении прогреть стяжку не менее суток. После этого система готова к эксплуатации. При установке «теплых полов» в помещениях большой площади может возникнуть необходимость прохода нагревательной секции через деформационный шов. Схема прохода показана на рис. 11.3



*Рис. 11.3 - Схема прохода нагревательных элементов через деформационный шов: 1 - черновой пол (перекрытие); 2 - деформационный шов; 3 - теплоизоляция; 4 - нагревательная секция; 5 - изогнутые стальные трубки, наполненные песком.*

Важно обратить внимание на выбор и устройство теплоизоляции. Использование теплоизоляции позволяет сэкономить до 30-40 % эксплуатационных расходов.

При устройстве «теплых полов» в существующих помещениях, как правило, невозможно уложить толстые слои теплоизоляции. В этом случае применяются фольгированные теплоизоляционные материалы толщинами 3,4,5,8 и 10 мм. Их использование позволяет добиться экономии 12-20% электроэнергии. Необходимо использовать только материалы, дублированные поверх фольги лавсаном. В противном случае фольгированный слой после заливки стяжки разрушается в течение 3-5 недель вследствие наличия щелочной среды.

В состав комплекта для монтажа теплого пола как правило входят электрический нагревательный кабель, терморегулятор, термодатчик, монтажные направляющие. Питание системы осуществляется от сети 220 В. На старую бе-

тонную стяжку или прямо на перекрытие укладывается слой теплоизоляции толщиной 2-5 сантиметров. Толщина теплоизоляции определяется расположением помещения. Обязательно надо делать теплоизоляцию в цокольных этажах или на бетонных полах. В многоэтажных зданиях укладка теплоизоляции желательна, но не обязательна. Поверх теплоизоляции делается стяжка толщиной 1 сантиметр, на которой располагаются монтажные направляющие. Нагревательные секции укладываются на поверхность равномерно, с постоянным шагом 10-20 сантиметров, не доходя примерно 5 сантиметров до стен. Датчик температуры устанавливается в пластмассовой трубке между витками нагревательного кабеля. Иногда под монтажными направляющими и нагревательным кабелем устанавливается тепловыравнивающий металлический экран. Поверх кабеля также делается бетонная стяжка толщиной от 2 до 5 сантиметров. Отделочное покрытие пола может быть любым, по вашему желанию: кафельная плитка, мрамор, ковровое покрытие, паркет или паркетная доска.

Регулятор температуры располагается на стене в наиболее удобном месте. Монтажные концы от нагревательного кабеля и датчика подключаются к терморегулятору. Если укладывается несколько нагревательных секций, их подключение осуществляется через распаечную коробку, устанавливаемую под терморегулятором.

Терморегуляторы, как правило, имеют диапазон регулировки температуры от +10 до +40<sup>0</sup>С.. Многие из них обладают энергосберегающей функцией день-ночь, имеют встроенные часы или возможность программирования режима работы на неделю.

Нагревательные кабели, используемые в теплых полах, изготавливаются из материалов, обеспечивающих повышенную надежность. Они имеют двухслойную изоляцию со специальной обработкой, что делает ее негорючей и неплавящейся, с повышенной износостойкостью, что предохраняет кабель от коррозии. Экранирующая оплетка обеспечивает механическую и электрическую защиту и предотвращает распространение электромагнитных полей. В продаже встречаются нагревательные кабели без металлической оплетки. Они надежны и стоят значительно дешевле, но все-таки не стоит экономить на безопасности. Не менее важно и то, какая кабельная система будет устанавливаться - одно- или двухпроводная. Предпочтение стоит отдать двухпроводной, она более безопасна с точки зрения возникновения электромагнитных полей.

Срок службы кабельного "теплого пола" не ниже, чем у любой скрытой проводки. Крупные фирмы-производители оборудования для теплых полов дают гарантию на свою продукцию более 15 лет и обещают, что нагревательный кабель прослужит столько, сколько будет существовать пол, в котором он установлен.

## Лекция 12

### Тепловые пункты

В связи с развитием централизованного теплоснабжения в городах растет роль тепловых пунктов, являющихся связующим звеном между тепловой сетью и потребителями теплоты. В тепловых пунктах производят распределение теплоносителя, а также контроль за работой местных систем потребления и тепловой сетью. Тепловые пункты оснащены сложным тепломеханическим и электротехническим оборудованием, автоматическими устройствами по регулированию температуры, давления и расхода, контрольно - измерительными приборами.

Повышение надежности оборудования, применяемого на тепловых пунктах, рациональная организация его ремонта приводят к существенной экономии эксплуатационных затрат и повышению качества теплоснабжения.

Посредством теплового пункта осуществляется управление местными системами потребления (отоплением, горячим водоснабжением, вентиляцией и кондиционированием воздуха). В тепловом пункте производится изменение параметров теплоносителя (температуры и давления), поддержание постоянства расхода теплоносителя, учет расхода теплоты. В зависимости от количества подключений к тепловому пункту зданий принято различать индивидуальные пункты (ИТП) и групповые (центральные - ТРС или ЦТП).

Одной из задач теплового пункта является трансформация параметров теплоносителя тепловой сети на параметры, требуемые для систем отопления и вентиляции. Для этого в месте присоединения указанных систем к трубопроводам тепловой сети устанавливают по определенным схемам различное оборудование. Различают следующие виды присоединение систем отопления:

- 1) непосредственное;
- 2) зависимое;
- 3) независимое;

Если параметры системы отопления совпадают с параметрами тепловой сети, то систему отопления присоединяют к тепловой сети непосредственно без установки промежуточного устройства. Например, расчетная температура присоединяемой системы отопления равна  $150 - 70^{\circ}\text{C}$ . Эту же расчетную температуру имеет тепловая сеть. Значение допустимого давления определяется прочностью отдельных элементов системы отопления. Наименьшей прочностью обладают нагревательные приборы. Такую систему присоединяют к тепловой сети непосредственно, достаточно иметь задвижки на подающем и обратном трубопроводах систем отопления и соответствующую контрольно - измерительную аппаратуру.

Если для систем отопления требуется более низкая температура теплоносителя, чем в тепловой сети, а давление в точке присоединения ниже допустимого, применяют зависимое присоединение. Температура теплоносителя снижается смешением сетевой воды с обратной водой систем отопления. Для смешения применяют водоструйные насосы (элеваторы) или центробежные насосы.

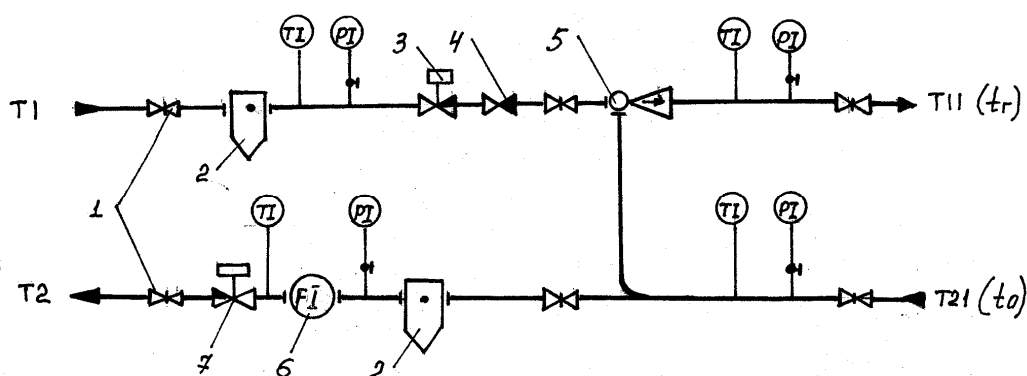
Наибольшее распространение в качестве смесительного устройства получил элеватор. Это объясняется тем, что при применении элеваторов вследствие

их большого сопротивления повышается гидравлическая устойчивость тепловой сети, кроме того, элеватор является простым устройством, не имеющим движущихся частей, поэтому он надежен в эксплуатации, имеет большой срок службы, затраты на его обслуживание минимальные.

Если давление в обратном трубопроводе в тепловой сети выше допустимого давления для системы отопления, здание имеет значительную высоту или расположено на высоком месте по отношению к рядом стоящим зданиям, то системы отопления присоединяют по независимой схеме. Согласно нормам по независимой схеме допускается присоединять здания высотой 12 этажей и более.

Независимая схема основана на отделении системы отопления от тепловой сети с помощью теплообменника, вследствие этого давление в тепловой сети не может передаваться теплоносителю системы отопления. Циркуляция теплоносителя осуществляется с помощью специально устанавливаемых циркуляционных насосов.

Наибольшее распространение получили индивидуальные тепловые пункты (ИТП). Основное оборудование тепловых пунктов состоит из элеваторов, центробежных насосов, теплообменников, смесителей, аккумуляторов горячего водоснабжения, приборов контроля и учёта теплоты и устройств для защиты от коррозии и образования отложений накипи.



*Рис 11.1 - Принципиальная схема ИТП с водоструйным элеватором:  
1 - задвижка; 2 - грязевик; 3 - регулятор давления; 4 - обратный клапан;  
5 - водоструйный элеватор; 6 - расходомер; 7 - регулятор давления.*

На сегодняшний день существующая система расчетов населения за используемую тепловую энергию, теплоносители и бытовую воду далека от совершенства. Главные ее недостатки заключаются в том, что население вынуждено оплачивать непроизводительные потери при транспортировке тепла и воды, и не заинтересовано в сокращении их потребления. Эксплуатационный персонал также не видит стимулов к снижению непроизводительных потерь и поддержанию в исправном состоянии оборудования, в обеспечении оптимального режима работы систем автоматического регулирования подачи тепла на отопление и горячее водоснабжение. При отсутствии единства в системе расчетов и приборного учета потребленных энергоносителей, потребитель, даже выполнив энергосберегающие мероприятия, например, дополнительно утеплив здание, все равно не смог бы компенсировать свои затраты за счет снижения опла-

ты за тепло. Ведь по существующей системе он платит не столько, сколько потребил, а столько, сколько ему рассчитали. Эту проблему можно решить путем установки узла учета и вести расчет, отталкиваясь от потребления, а не от источника энергии. Потребитель, в этом случае, не будет оплачивать из своего кармана бесхозяйственность теплоснабжающих и эксплуатирующих организаций. Это позволит организации, эксплуатирующей инженерные системы здания, фиксировать потребление зданием тепловой энергии и воды и управлять этим потреблением на оптимальном уровне, а проводя энергосберегающие мероприятия, отслеживать их эффективность. В результате появится реальная возможность экономии. Учет тепловой энергии может быть осуществлен путем установки прибора учета в тепловом пункте.

## **Лекция 13**

### **Электрические отопительные приборы**

Электрические сети позволяют с минимальными потерями транспортировать экологически чистый вид энергии на любые расстояния. В большинстве развитых стран электроэнергия стоит дешевле, нежели природное топливо, сжигаемое в сельских и городских котельных. Это особенно актуально для регионов, доставка в которые угля, нефти и газа требует значительных материальных затрат. К тому же, сжигание органического топлива с целью получения электроэнергии вдали от мегаполисов с высокой плотностью населения, пожалуй, является на сегодняшний день единственным условием обеспечения относительной экологической чистоты.

Бытовые электроотопительные приборы просты и безопасны в эксплуатации, компактны и гигиеничны, совместимы с системами автоматического управления микроклиматом помещения. Они не сжигают кислород в воздухе и не выделяют продукты сгорания.

В Украине системы электрического отопления не получили, широкого распространения. Этот вид отопления нашел применение в районах с дорогим привозным топливом, на юге страны, в курортных зонах и местах, расположенных рядом с гидроэлектростанциями. В городах, где исторически сооружались системы водяного отопления, электрические отопительные приборы в домах использовались лишь для частичного отопления. Значительно реже там, где позволяла мощность трансформаторной подстанции, электрическое отопление целенаправленно делалось основным.

Реконструкция и создание новых электрических сетей для сооружения систем электрического отопления и в индивидуальных, и в многоквартирных домах требует значительно меньше средств, чем ремонт, реконструкция и строительство новых систем водяного отопления, работающих от котельных, где сжигается твердое или жидкое топливо.

Чтобы выбрать вид электрического отопления, следует учесть площадь дома, а также выяснить, достаточную ли мощность имеет местная трансформаторная подстанция для подключения электроустановки. Отопительные приборы

будут различными в зависимости от того, живете ли вы в доме круглый год или используете его как дачу, в период с весны по осень. Но наиболее важное условие - состояние теплоизоляции дома. Даже самая совершенная система не отопит жилище, если теплоизоляция несовершенна или находится в аварийном состоянии. Будем считать, что в вашем доме теплоизоляция соответствует Изменениям N 3, введенным в СНиП II-3-79 "Строительная теплотехника" с 1.01.1996 г., которые предусматривают повышение термического сопротивления ограждающих конструкций в 1,7 раза, а с 2000 года - в 3,5 раза. Иными словами, правила регламентируют использование высокоэффективных теплоизоляционных материалов, преимущественно волокнистых и пенопластов.

По виду теплопередачи отопительные электроприборы делятся на:

- конвекционные;
- излучающие;
- комбинированные.

По способу передачи тепла:

- непосредственно преобразующие электроэнергию в тепло;
- аккумуляторные.

**В конвекционных приборах** холодный воздух естественным либо принудительным путем поднимается вверх, проходит через нагревательный элемент и посредством циркуляции в помещении передает полученное тепло находящимся в нем предметам и людям. Разница температур между полом и потолком в конвекторах с вертикальным выходом теплого воздуха составляет 9 °С, в конвекторах с фронтальным выходом – 4 °С. Наибольшее распространение в нашей стране получили электроконвекторы.

Отечественная промышленность выпускает десятки видов таких приборов, в которых нагревательным элементом являются нихромовые спирали или ТЭНы. В электротепловентиляторах функция вентилятора совмещена с нагревом воздуха принудительной конвекцией. В отечественных изделиях стоят аналогичные электроконвекторам нагревательные элементы. Управление работой конвекционных приборов происходит с помощью электромеханических или электронных регуляторов температуры (термостатов) и термоограничителей.

В области создания стационарных систем электрического отопления, применимого в коттедже, показательны достижения французской и норвежской промышленности. Экологически безопасные стационарные и переносные отопительные приборы практически не требуют никакого технического обслуживания и освобождают пользователя от ограничений, свойственных традиционным типам отопления.

Стационарные конвекторы снабжены трубчатыми электронагревателями с алюминиевыми пластинами, увеличивающими площадь соприкосновения с нагреваемым воздухом и защищенными снаружи цельнометаллической панелью. Их мощность составляет от 500 до 3000 Вт. Управление осуществляется посредством электромеханического или электронного регулятора температуры, имеется термо-

ограничитель с автоматическим повторным включением. Программирование работы производится как через управляющий провод, так и по радио. Возможны различные варианты программирования: комфортный режим, ночной режим, режим подогрева помещения при отсутствии в нем людей (температура опускается до 7<sup>0</sup>С), режим работы заданное время под управлением контроллера.

Интересны конвекторы-теплонакопители, в которых конвективный принцип сочетается с аккумуляцией тепла. Аккумулятором являются камни из магнетита, удерживающие тепло в течение 6 часов с момента прекращения зарядки. Такие приборы особенно удобны в жилищах, где установлены двухтарифные счетчики электроэнергии. Зарядка производится ночью по льготному тарифу, днем же конвектор равномерно отдает тепло, не потребляя электроэнергию. Мощность конвекторов-теплонакопителей от 850 до 1100 Вт.

К обогревателям нового поколения можно по праву отнести электрические конвекторы. Оборудованные электронными терморегуляторами, они чувствительны к колебаниям температуры в 0,1<sup>0</sup>С. Каждый градус погрешности обходится в 5 % от общей стоимости электроэнергии, потребляемой обогревателем, вот почему такие конвекторы очень экономичны. Они также могут быть дополнительно укомплектованы программируемыми контроллерами, с помощью которых конвекторы подключаются к автоматической системе учета и контроля энергосбережения в доме.

Работа **электрических излучающих панелей** основана на принципе инфракрасного длинноволнового теплового излучения, аналогичного энергии Солнца. Они нагревают находящиеся в помещении предметы, равномерно излучая тепло. Излучающие панели могут быть установлены как на стенах, так и на потолке.

Излучающие потолочные панели предназначены для отопления жилых помещений любого класса и объема. Низкотемпературные панели мощностью до 750 Вт могут быть установлены на невысоких потолках, их излучающая поверхность имеет температуру от 80 до 100 °С. Высокотемпературные панели мощностью 1800, 2400 и 3500 Вт с температурой излучающей поверхности около 300<sup>0</sup>С монтируются на потолках высотой 3 м и выше. Установленные на потолке излучающие панели обеспечивают экономию 20-25 % электроэнергии и комфортные условия за счет более равномерного распределения температуры по высоте, с их помощью возможно создание локальных зон повышенного теплового комфорта.

Интересная переносная излучающая панель мощностью 800 Вт. Нагревательным элементом в ней служат галогеновые лампы. Электроприбор укреплен на штативе, приводимом в движение электромотором. Медленно поворачиваясь, источник тепла успевает за один отрезок времени прогреть в помещении значительно более обширную зону, нежели обогреватель, установленный в одной позиции.

Отопительные приборы **комбинированного типа** - это маслонаполненные электрорадиаторы с тепловой отдачей за счет конвекции масла и излучения от нагретой поверхности корпуса. Нагреватель в нижней части радиатора на-

гревает масло, которое всплывает наверх, а по стенкам вниз стекает холодное масло, уже отдавшее свое тепло. Переносные маслonaполненные электрорадиаторы, как средства вспомогательного обогрева жилищ и офисов, пользуются спросом в силу их невысокой стоимости и длительного срока службы (не менее 3000 часов). В большинстве этих устройств автоматическая регулировка осуществляется с помощью не очень точных электромеханических терморегуляторов, в результате чего разброс температур достигает  $7^{\circ}\text{C}$ , а это влечет за собой потери энергии до 15-17 % по сравнению с конвекторами, оснащенными прецизионными электронными регуляторами температуры.

Передвижные маслonaполненные электрорадиаторы по экономичности уступают конвекторам. Качественные и сравнительно недорогие радиаторы мощностью от 1000 до 2500 Вт производят некоторые фирмы, дающие этим изделиям пятилетнюю гарантию. Маслonaполненные электрорадиаторы рассчитаны на обогрев помещений объемом от 20 до 60 м<sup>3</sup>. Они состоят из 5-11 секций, снабжены электронным термореле, ступенчатым переключателем мощности, термоограничителем и защищены от замерзания. Некоторые модели оборудованы радиальным турбовентилятором.

Следует знать, однако, что в отличие от стационарных приборов, маслonaполненные электрорадиаторы нельзя оставлять включенными на длительный срок без присмотра.

Разнообразие моделей позволяет легко выбрать нужный аппарат для любого типа жилья. Стилистически нейтральные и эстетичные, они легко адаптируются к любому интерьеру и позволяют значительно экономить полезную площадь. Все электроаппараты имеют двойную защиту токоведущих частей. Точные и надежные в работе терморегуляторы с электромеханическим или электронным управлением, возможность дистанционного (по управляющему проводу и по радио) управления системой с помощью контроллера (программируемого устройства управления стационарными электрообогревающими приборами) делают эти электроотопительные приборы источником идеального комфорта и здорового образа жизни в незагрязненной окружающей среде.

Без сертификата эксплуатация нестандартных электроустановок в жилье любого типа категорически запрещена.

Типового решения проблемы в системах отопления не существует. Поэтому в каждом конкретном случае принимать индивидуальное решение может только инженер-теплотехник и специалист по системам электроотопления. Использовать конвекционный либо радиационный способы электроотопления, делать его полным или частичным, комбинировать ли систему с электроподогревом полов, установить отечественные либо импортные электроаппараты. Нестандартные электроустановки в жилье любого типа с 1995 г. обязательно должны быть сертифицированы. Без сертификата их эксплуатация запрещена. Стало быть, выполнение всех работ "под ключ" проще и надежнее поручить профессионалам, имеющим лицензию, обладающим опытом проекти-

рования систем электроотопления и ведения электромонтажных работ.

Если мощный вентилятор способен посылать в нужном направлении массы холодного воздуха, то почему бы ему не управлять потоком воздуха, подогретого до нужной температуры? Эта инженерная идея воплощена в жизнь уже без малого столетие назад, однако массовое использование вентилятора в сочетании с электронагревательными приборами для отопления дома началось лишь в послевоенные годы. В технике различные модификации приборов данного типа получили название электрокалориферов.

### ***13.1 Отапливающие плинтусы***

Еще одно необычное отопительное устройство - отапливающий плинтус. Это нечто среднее между обычным электрическим радиатором и электрическим теплым полом. К его достоинствам, по сравнению с другими электрическими приборами, можно отнести равномерный прогрев помещения и незаметность. От электрических теплых полов отапливающий плинтус отличается не только простотой монтажа и доступностью нагревательных элементов для замены, но и тем, что нагревается до достаточно высокой температуры  $70^{\circ}\text{C}$ .

Отопительный плинтус представляет собой напольный плинтус из полированного известняка высотой 10-13 сантиметров, толщиной 2,5 сантиметра и длиной 65 сантиметров с вмонтированным в него электрическим нагревательным элементом мощностью 80-100 Вт. Известняк хорошо прогревается и аккумулирует тепло, благодаря этому не требуется высокая мощность нагревательных элементов. Чтобы прогреть воздух в комнате с высотой потолков до 3-х метров до температуры  $+20+22^{\circ}\text{C}$  требуется одна секция электроплинтуса на 2,5-3 квадратных метра помещения. Отопительные элементы чередуют с необогреваемыми участками плинтуса из того же камня, что позволяет сделать непрерывное обрамление помещения с равномерным обогревом со всех сторон.

Еще один способ отопления - это некабельный рулонный модуль. Он представляет собой уже готовый нагревательный элемент, монтаж которого чрезвычайно прост: нужно раскатать рулон, прикрепить края к полу или стене и можно включать в розетку 220 В. Поверх нагревательного элемента можно монтировать паркет, стеновые панели и тому подобные отделочные материалы, не боясь пожара или деформации отделочных материалов от перегрева. Модуль нагревается не более чем до  $35^{\circ}\text{C}$  и не требует сложных регулировочных устройств. К достоинствам этого рулонного модуля можно отнести также и то, что работает он при напряжении 220 В.

До тех пор, пока у нас в квартирах не будут установлены счетчики, отопление горячей водой будет наиболее экономичным. Хотя с точки зрения равномерности обогрева помещения, комфортности и дизайна альтернативные системы отопления будут приобретать все большее распространение.

## Лекция 14

### Местные децентрализованные системы отопления

Доля многоквартирных домов становится меньше, удельный вес коттеджей возрастает. Владелец индивидуального дома сразу же сталкивается с трудностями в инженерном обеспечении. В средней полосе затраты на инженерное обустройство распределяются следующим образом: водоснабжение — 15-20 %, канализация — 20-25 %, отопление — не менее 40 %.

Эксплуатация собственной мини-котельной в нынешних экономических условиях оказывается даже дешевле использования тепла централизованных систем.

В настоящее время при применении собственного котла себестоимость 1 кВт тепловой энергии в 2 раза ниже, чем выработанного укрупненной районной котельной. Чаще всего жители частных домов приобретают котлы мощностью до 20 кВт — 40 %, и от 20 до 35 кВт — 35 %, котлы мощностью 35-60 кВт устанавливаются в 15 %, а более мощные, от 60 кВт и более — в 10 % возводимых коттеджей.

Тяга к автономным системам отопления не обошла и города. Крышные и блочные котельные используются для отопления одного или нескольких многоквартирных зданий. Это не только оправданно, но и является порой единственно возможным из-за постепенного ветшания систем централизованного обеспечения.

Нормативных документов, касающихся устройства систем автономного отопления, хватает. К ним относятся СНиП II-35-76 "Котельные установки", СНиП 2.04.05-91\*У "Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха", а также ДНАОП 0.00-1.26-96 "Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых котлов с давлением пара не более 0,07 МПа (0,7 кгс/кв.см), водогрейных котлов и подогревателей с температурой нагрева воды не выше 115<sup>0</sup>С" и ДНАОП 0.00-1.08-94 "Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов". Первый из упомянутых ДНАОПов имеет отношение к большинству отопительных котлов, тогда как под действие второго "попадает" относительно небольшое их количество. По этой причине первоочередное внимание будем уделять требованиям ДНАОП 0.00-1.26-96. К сожалению, названные выше нормативные документы разработаны в расчете на использование котлов давно устаревших конструкций, которые требуют особым образом обустроенных помещений и соблюдения жестких мер безопасности при работе. Кроме того, в них довольно часто вносятся изменения. Многие из этих требований просто излишни при устройстве систем отопления, использующих современные котлы.

Одним из способов создания автономного отопления является использование котлов мощностью до 100 кВт, которые называют бытовыми. В этом случае помещение, в котором будет находиться котел, будет именоваться не котельной, а топочной. Котлы мощностью менее 100 кВт, а также электрические котлы, не подвержены власти упомянутых ДНАОПов. Другими словами, при необходимости устройства системы отопления мощностью, скажем, 150 кВт, вместо одного котла такой мощности можно установить два котла мощностью по 75 кВт каждый, или котлы мощностью 90 кВт и 60 кВт. Такой подход хорош

еще и тем, что не дает возможности замерзнуть людям и трубам отопления: если один из отопительных приборов сломается, второй сможет обогревать производство до тех пор, пока другой котёл не будет починен. По словам специалистов, на такие меры идут очень многие, невзирая на увеличение разовых затрат на создание системы отопления. Следует отметить, что позволительно эксплуатировать только те отопительные приборы, которые удостоились украинского сертификата соответствия.

В абсолютном большинстве случаев отопительные котлы допускается устанавливать непосредственно в производственном помещении при условии их отделения негорючими перегородками высотой не менее 2 м и не ниже высоты котла. Если установка в производственном помещении невозможна, придется устраивать котельную. Котельные должны располагаться в таких местах, чтобы над ними не было других помещений. Допускается устройство котельных на плоских крышах и в чердачных помещениях жилых и общественных зданиях высотой не более 9 этажей при условии использования котлов, работающих за счет сжигания природного газа. Вода в котельных нагревается до температуры не выше 115<sup>0</sup>С. Создание таких котельных не допускается в тех случаях, когда непосредственно под ними могут быть расположены помещения с массовым пребыванием людей или наличием пожароопасных и взрывоопасных материалов.

Разрешается пристройка помещений для размещения отопительных котлов ко вспомогательным зданиям промышленных предприятий, жилым и общественным зданиям, кроме случаев, когда в топке сжигается газ или жидкое топливо с температурой вспышки ниже 45<sup>0</sup>С либо когда температура подогреваемой воды превышает 115<sup>0</sup>С или давление пара - 1,7 атм. Расстояние от фронта котла до противоположной стены котельной не должно быть менее 2 м при работе на газообразном или жидком топливе и менее 3 м при работе на твердом топливе. Боковой проход, при наличии необходимости обслуживания котла сбоку, не может быть меньше 1,5 м, а при отсутствии такой необходимости - меньше 1 м. Разрыв от верхней части котла до перекрытия и от пола до низа площадок обслуживания, равно как высота боковых проходов, не должны быть меньше 2 м. В случае установки нескольких котлов, расстояние между их фронтальными частями не должно быть менее 4 м, если они используют жидкое или газообразное топливо. Полы котельных должны выполняться из негорючих материалов с негладкой и нескользкой поверхностью, они обязаны быть ровными и оснащенными устройствами для отвода воды в канализацию. В случае если котел работает на твердом топливе, необходимо предусматривать площадку для выгреба золы и создавать дополнительные устройства для очистки от нее дымовых газов.

Котельные и все вспомогательные помещения, имеющие отношение к системе отопления, должны оснащаться естественной и искусственной вентиляцией, рабочим и аварийным освещением, а также средствами связи, пожаротушения, сигнализации, а при необходимости и отоплением. При работе котла на газообразном топливе осветительное оборудование должно иметь взрывозащищенное исполнение.

**Воздушное отопление.** Немалое распространение и развитие имеет также воздушное отопление. Воздух помещения нагревается при помощи калориферов, тепловентиляторов и т.п., либо за счет использования избыточного тепла, выделяющегося при проведении каких-либо технологических процессов. Этот вид отопления, конечно, наименее гигиеничный из всех упомянутых до сих пор. Пользоваться им может быть целесообразно при малых объемах помещений или наличии избытка "отработанного" тепла. Но чаще воздушное отопление используется в комплексе с другими его видами. Традиционно тепло для подогрева воздуха получают при помощи его подогрева током, горячей водой или используя иные "вторичные" источники энергии. Получили распространение газовые тепловоздушные агрегаты. Нагрев воздуха достигается за счет теплоты, выделяющейся при сгорании природного газа, а продукты сгорания последнего выбрасываются наружу через дымоход.

Отметим, что воздушное отопление можно осуществлять и при помощи центральных кондиционеров, оснащенных газовыми горелками для подогрева воздуха, подаваемого снаружи. В теплое время года горелка отключается, кондиционер охлаждает воздух. Комбинированные системы водяного отопления и кондиционирования воздуха можно создавать, используя центральные кондиционеры других типов. Когда на улице слишком жарко, по трубам течёт вода, охлаждаемая при помощи чиллера (холодильной машины), когда же становится слишком холодно, вместо холодильной машины включают котел и пускают в трубы горячую воду.

В отличие от системы водяного отопления, в которой для доставки тепла из котельной в отапливаемые помещения используется промежуточный теплоноситель, воздушное отопление в "посредниках" не нуждается. В воздушной системе нет отопительных приборов, она не боится "размораживания" и протечек. Потoki теплого воздуха очень быстро повышают температуру в доме до оптимального значения. Если же дополнить систему воздушного отопления оборудованием для вентиляции и кондиционирования, она будет круглый год поддерживать в здании комфортный микроклимат. Принудительная система вентиляции обеспечивает в помещении небольшое избыточное давление (в отличие от традиционных систем отопления, не компенсирующих недостаток воздуха), благодаря чему в здание не проникает пыль с улицы и не снижается количество кислорода.

Оборудование для воздушного отопления устанавливают в зданиях любой конструкции, как в новых, так и в реконструируемых. Его задействуют даже в том случае, если в доме изначально существовала система водяного отопления. В состав устройства для воздушного отопления входит различная аппаратура, причем конфигурацию системы можно совершенствовать поэтапно, добавляя новые модули.

Чтобы относительная влажность воздуха в отапливаемых помещениях составляла 30-60% (этот уровень оптимален для самочувствия человека), в комплексе с газовым воздухонагревателем необходимо использовать увлажнитель. Систему воздушного отопления следует дополнять воздушным фильтром, очищающим воздух от табачного дыма, мелкодисперсной пыли и других частиц.

Рост популярности систем воздушного отопления коттеджей во многом обусловлен их экономичностью. Например, для небольшого жилого дома (площадью 100 м<sup>2</sup>), имеющего хорошую теплоизоляцию, для работы газового воздушонагревателя в течение полугода при наружной расчетной температуре -24<sup>0</sup>С потребуется приблизительно 2200-3000 м<sup>3</sup> природного газа. За весь отопительный период при нынешних ценах указанный объем газа обойдется домовладельцу в крупную сумму (в зависимости от вида газа). Если зимой в доме живут два-три дня в неделю, а в остальные дни отопление работает в экономичном режиме, поддерживая в помещениях температуру 4-6<sup>0</sup>С, то количество потребляемого газа, а следовательно, и затраты на него уменьшатся почти вдвое.

Однако всем видам конвективного отопления (воздушному, водяному и паровому) присущ один общий недостаток - они не способны обеспечить равномерное распределение тепла по всему объему отапливаемого помещения. Как известно, теплый воздух поднимается вверх, и под потолком помещения замерзнуть сложнее, чем в нижней его части. Разница температур не особенно существенна, если помещение имеет высоту, скажем, 2,5 м или 3,5 м. А вот использование "традиционных" систем отопления для обогрева помещений высотой от 5-6 м и выше уже далеко не так эффективно. Раньше в таких случаях устраивали различные комбинированные системы отопления, например, воздушно-водяные. Этим решалась задача поддержания требуемой температуры, но не обеспечивалась экономия топлива и электроэнергии.

## **Лекция 15**

### **Системы инфракрасного отопления**

Как известно самый эффективный и естественный обогреватель на Земле - это наше Солнце, которое инфракрасными лучами обогревает Землю. От прогретой Земли в свою очередь прогревается воздух, и мы получаем комфортные условия для нашей жизнедеятельности.

Проблема обогрева помещений большой высоты успешно решается путем создания систем лучистого отопления, т.е. отопления при помощи инфракрасных лучей. Это способ известен давно, но не получал доселе распространения по причине низкой эффективности и дороговизны такого способа. Было время, применяли и "светлые" инфракрасные излучатели, работа которых сопровождалась рядом сложностей. "Светлые" газовые излучатели (горелки инфракрасного излучения) можно отыскать и сейчас, но следует иметь в виду, что они генерируют коротковолновое инфракрасное излучение, и разрешение на их использование для обогрева помещений с постоянным пребыванием людей можно и не получить.

На Западе уж лет тридцать пользуются "темными" инфракрасными излучателями, испускающими "мягкое" длинноволновое излучение, которое положительно влияет на людей и животных. Инфракрасные лучи называют "лучами жизни". Они необходимы для жизнедеятельности человека, т.к. дают энергию атомам, из которых состоит человеческое тело.

Установлено, что уже при высоте помещения 6 м за счет применения лучистого отопления текущие затраты на обогрев можно снизить вдвое. С увеличением высоты потолков экономия становится все более впечатляющей. Существенный плюс лучистого обогрева состоит в том, что существует возможность отопления отдельных участков помещения, если нет необходимости отапливать его целиком. Рассчитать требуемую мощность приборов инфракрасного обогрева сложнее, чем мощность обычного водогрейного котла, поскольку очень многое зависит от конфигурации помещений. Кроме того, необходимо принимать во внимание все вышеупомянутые факторы. 1 кВт мощности "лучистой" системы дает возможность обогреть не менее 11-12 кв. м.

При использовании конвективного отопления в первую очередь нагревается воздух помещения, а затем уже предметы и живые существа, пребывающие в нем. При использовании лучистого отопления все наоборот: нагретые предметы отдают тепло окружающему воздуху. Имеет место эффект "горного солнца", когда даже при низких температурах человек испытывает тепловой комфорт.

Для лучистого отопления можно использовать приборы, работающие на природном или сжиженном газе, либо приборы, питающиеся от электрической сети. Их обычно подвешивают под потолком помещения, реже где-то между потолком и полом, иногда на верхних частях стен.

**15.1 Газовые инфракрасные обогреватели** представляют собой трубы, выполненные из жаростойкой стали, и покрытые снаружи специальным покрытием с высокой степенью черноты. С одной стороны трубы находится горелка, а с другой - вытяжной вентилятор, приводящий в движение продукты сгорания газа. Горячие газы движутся внутри излучающей трубы, отдавая ей тепло, а затем выбрасываются наружу. Снаружи происходит забор воздуха, необходимого для сжигания топлива. Частью таких приборов являются рефлекторы, отражающие тепло, поступающее от излучающей трубы, и направляющие его в нужные точки отапливаемого помещения. Газовые лучистые обогреватели устроены так, что 30-35 % испускаемого ими тепла как бы задерживается в верхнем пространстве помещения, компенсируя теплопотери через него. Как и котлы, инфракрасные обогреватели оснащаются автоматикой, которая управляет их работой. Приятно, что их можно в случае необходимости отключать вне зависимости от температуры воздуха, тогда как системы водяного отопления приходится "гонять" все время, чтобы заполненные водой трубы не полопались вследствие замерзания их содержимого. С другой стороны, доселе не придумано бойлеров, которые бы давали возможность получать горячую воду за счет тепла, поступающего из системы газового лучистого обогрева.

Газовые обогреватели предназначены для отопления помещений высотой более 4-х метров: промышленных помещений, цехов, складов, рынков, ангаров, гаражей, в том числе и открытых, где возможен подвод газа.

Газовый обогреватель, используя инфракрасное излучение, позволяет снизить эксплуатационные затраты на отопление в 3-4 раза, в сравнении с традиционным конвективным способом. Имеет КПД использования тепла 92%.

Кроме того, он имеет возможность регулировать обогрев, т.е. может работать в экономичном режиме или обогревать только необходимые участки помещения. Имея низкую тепловую инерционность, значительно снижает время прогрева помещения. В холодное время года не боится разморозки. Легко монтируется под потолком или на стенах. Кроме того, обогреватель практически не имеет вредных выбросов и абсолютно безвреден для человека.

За счет уменьшения средней температуры воздуха в помещении, работы в экономичном режиме, направленного обогрева, увеличенного КПД экономия энергии может достигать до 70 %.

**15.2 Электрические инфракрасные обогреватели** (электроотопительные панели) используются в основном для отопления бытовых и общественных зданий, но существуют и такие их модификации, которые пригодны для обогрева промышленных объектов, в том числе с "экстремальными" условиями работы, к примеру, помещений с повышенной влажностью. Они представляют собой нагревательные элементы, "одетые" в электроизоляционный материал и покрытые специальным кремнистым покрытием.

Как показывает практика инфракрасные обогреватели и электроотопительные панели наиболее эффективны при расположении на высоте от 8 до 12 м. Наиболее целесообразным считается их применение для обогрева цехов, ангаров, вестибюлей, спортивных залов и прочих помещений, имеющих большую высоту.

Принцип работы обогревателя заключается в том, что керамическая насадка излучает лучи в длинноволновом инфракрасном спектре, используя источник переменного тока. Прибор чрезвычайно экономичен. При затрате 0.8 кВт, он достигает таких же результатов, что и другие обогреватели, требующие значительно больше энергии (1.5 - 2.0 кВт). В случае падения прибора возможность возгорания исключена, т.к. он автоматически отключается.

К сожалению, в Украине пока мало фирм, занимающихся монтажом, техническим обслуживанием и ремонтом систем инфракрасного отопления. На стадии принятия решения о создании такой системы нужно учитывать, что она потребует ежегодного профилактического осмотра, для проведения которого может понадобиться вызов специалиста. С электроотопительными панелями дело обстоит проще: они требуют нормальной эксплуатации и периодического удаления пыли.

Традиционное отопление, к которому мы все привыкли, действует наоборот и с точки зрения законов природы неправильно. Сначала в помещении нагревается воздух, от которого, в дальнейшем получают тепло люди и находящиеся внутри предметы. Это достаточно длительный процесс, так как нагретый воздух (особенно в высоких помещениях), поднимается к потолку, и вызывает приток холодного воздуха у пола. Происходит расслоение воздуха, когда температура наверху повышается, а внизу, где находятся люди, воздух остаётся холодным. Данное явление вызывает нежелательный сквозняк, и увеличивает теплопотери через крышу и стены помещения. Поэтому, отапливая тёплым воздухом помещение (долго нагревая весь его объём), мы тратим больше энергии, чем это было бы необходимо в природных условиях. Из этого следует, что

обогрев большого помещения (производственный цех, склад, спортивный комплекс и т. п.) традиционным образом недостаточно эффективен и экономичен. Некоторое исключение составляют административно-бытовые помещения с небольшой высотой потолка от 2 до 4 метров. В них нагретый воздух достаточно быстро заполняет весь объём, и в нижней части устанавливается комфортная температура, что вполне приемлемо при относительно небольшой площади и высоте. Значительно повысить эффективность и экономичность отопления больших помещений с высотой потолка от 3 до 15 м и выше, позволяют подвесные инфракрасные обогреватели. Принцип их работы максимально приближен к естественным условиям. Они устанавливаются сверху и прогревают инфракрасными лучами пол помещения, людей, находящихся в нём и оборудование, от которых, в свою очередь, прогревается окружающий их воздух. Создаётся комфортная зона высотой 2 - 3 м в районе пола, вверху же воздух остаётся прохладным. Следовательно, отпадает необходимость прогревать весь объём помещения. Для инфракрасных лучей воздух абсолютно прозрачен, и тепло, которое он получает - вторично, то есть в первую очередь прогревается то, ради чего отопление вообще необходимо. Такой подход значительно сокращает время, необходимое для получения комфортных условий в помещении, и, самое главное, экономит энергоресурсы.

### ***15.3 Основные недостатки конвективных систем отопления***

- 1 Большие потери энергии при их передачи от источника до потребителя (15-25 %);
- 2 Теплый воздух поднимается вверх и прежде греет потолок, а там обычно вытяжная вентиляция и получается, что мы греем улицу;
- 3 Инерционность конвективной системы (длительное время прогрева);
- 4 Большая трудоемкость при монтаже и ремонте;
5. В случае аварии может разрушиться вся система отопления (разморозиться);

Эти проблемы легко решаются с помощью систем инфракрасного отопления. Лучистые обогреватели размещаются под потолком или на верхнем уровне стен, и обогрев помещения осуществляется по принципу солнечных лучей: излучатель направляет тепловое инфракрасное излучение непосредственно в рабочую зону, обогревая персонал, поверхности, от которых в свою очередь нагревается воздух в помещении. В зоне действия нагревателя создается приятное ощущение тепла.

### ***15.4 Основные достоинства инфракрасного отопления***

- 1 Система отопления не требует теплотрасс, радиаторов отопления, нет проблем размораживания;
- 2 Не требует дополнительных площадей, бесшумна в работе, безопасна и надежна благодаря многоступенчатой автоматике защиты;
- 3 Система отопления работает в автоматическом режиме под управлением компьютерной системы управления;
- 4 Компьютерная система обеспечивает возможность контроля, записи и сохранения основных параметров работы системы отопления;

5 Инфракрасное отопление обеспечивает возможность зонального обогрева площадей по заданным температурным режимам (рабочий и дежурный, выходные и праздничные дни);

6 Быстро прогревает помещение и поддерживает оптимальную температуру в зоне пребывания людей;

7 Инфракрасное отопление обеспечивает возможность снижения температуры в помещении без потери ощущения комфорта;

8 Обеспечивает значительное снижение потребления энергоресурсов (от 40 до 70%), в 8 -10 раз снижаются прямые затраты на отопление;

9 Инфракрасное отопление отличается простота в монтаже, надежность и безопасность в работе;

10 Работает от сети 220 В, имеет широкий выбор мощностей горелок и длины обогревателя.

Предприятие с односменным режимом работы только за счёт перевода системы в режим дежурного обогрева во внерабочее время сэкономит за год до 44% газа. Общая экономия затрат тепла на обогрев может достигать 70 % по сравнению с традиционной системой отопления.

## **Лекция 16**

### **Монтаж, испытания и эксплуатация систем отопления**

#### ***16.1 Основные методы организации монтажных работ***

На сегодняшний день весьма сложным и противоречивым становится вопрос о том, из каких материалов следует устраивать трубопроводы отопления согласно выбранной схеме. Из металлических (стальных, медных, латунных), из полимерных (из сшитого полиэтилена, поливинилхлорида, полипропилена и т. п.) или из какого-либо другого материала.

Оптимальный выбор схем и соответствующих им труб из конкретного материала является основной проблемой. Только ее правильное решение способно удовлетворить как технические, так и экономические требования, которые предъявляются к внутренним сантехническим системам.

При монтаже систем центрального отопления широко применяется индустриализация работ. При индустриализации монтажа заготовительные работы отделяются от сборочных работ.

Заготовительные работы (отдельные узлы трубопроводов, подводка к нагревательным приборам и пр.) выполняются на заводах монтажных заготовок и в центральных заготовительных мастерских. Непосредственно же на объектах устанавливаются приборы, собираются уже изготовленные трубные узлы и пр. При таком методе производства работ сокращаются сроки и уменьшается стоимость монтажных работ.

При подготовке к производству монтажных работ выбирается метод производства работ, составляется проект, выдаются заказы на материалы, оборудование, монтажные заготовки, механизмы и необходимый инструмент.

Монтажные работы могут выполняться последовательным методом (после общестроительных работ) или параллельным, при котором работы по монтажу

систем отопления выполняются одновременно с общестроительными работами.

### **16.2 Монтаж отопительных приборов**

1 Монтаж отопительных приборов, в том числе и стальных панельных радиаторов, производится согласно требованиям СНиП 3.05.01-85 "Внутренние санитарно-технические системы".

2 Радиаторы поставляются окрашенными, упакованными в картонную коробку и обернутыми поверх неё полиэтиленовой плёнкой.

3 Монтаж радиаторов производится в индивидуальной упаковке, которая снимается после окончания отделочных работ. Не допускается бросать радиаторы и подвергать их ударным нагрузкам.

4 Монтаж радиаторов ведётся только на подготовленных (оштукатуренных и окрашенных) поверхностях стен.

5 Радиаторы следует устанавливать на расстоянии не менее 25 мм от поверхности стены.

6 Монтаж радиаторов необходимо производить в следующем порядке:

- разметить места установки кронштейнов;
- закрепить кронштейны на стене дюбелями или заделкой крепёжных деталей цементным раствором (не допускается пристрелка к стене кронштейнов, на которых крепятся отопительные приборы и теплопроводы систем отопления);
- не снимая упаковки, освободить от неё радиаторы в местах их навески на кронштейны;
- установить радиатор на кронштейнах (2 сверху и 1 снизу) так, чтобы нижние грани коллекторов радиатора легли на крюки кронштейнов;
- соединить радиатор с подводными теплопроводами системы отопления, оборудованными на нижней или верхней подводке краном, вентилем или термостатом;
- обязательно установить воздухоотводчик в верхнюю пробку с противоположной от подводок стороны;
- после окончания отделочных работ снять упаковку.

7 При монтаже следует избегать неправильной установки радиатора:

- слишком низкого его размещения, т.к. при зазоре между полом и низом радиатора, меньшем 80 мм, уменьшается эффективность теплообмена и затрудняется уборка под радиатором;
- установки радиатора вплотную к стене или с зазором, меньшим 25 мм, ухудшающей теплоотдачу прибора и вызывающей пылевые следы над прибором;
- слишком высокой установки, т. к. при зазоре между полом и низом радиатора, большем 150 мм, увеличивается градиент температур воздуха по высоте помещения, особенно в нижней его части;
- слишком малого зазора между верхом радиатора и низом подоконника (менее 75 % глубины радиатора в установке), т. к. при этом уменьшается тепловой поток радиатора;
- невертикального положения секций, т. к. это ухудшает теплотехнику и внешний вид радиатора;
- установки перед радиатором декоративных экранов или закрытия его шторами, т. к. это также приводит к ухудшению теплоотдачи и гигиенических

характеристик прибора и искажает работу термостата с автономным датчиком.

8 Категорически запрещается дополнительная окраска радиатора «металлическими» красками (например, «серебрянкой») и воздуховыпускного отверстия воздухоотводчика.

9 В процессе эксплуатации следует производить очистку радиатора в начале отопительного сезона и 1-2 раза в течение отопительного периода.

10 При очистке радиаторов нельзя использовать абразивные материалы.

11 Исключается навешивание на радиаторы пористых увлажнителей, например, из обожжённой глины.

12 При использовании в качестве теплоносителя горячей воды её параметры должны удовлетворять требованиям, приведённым в «Правилах технической эксплуатации электрических станций и сетей РД 34.20.501-95.

13 Содержание кислорода в воде систем отопления не должно превышать  $20 \text{ мкг/дм}^3$ , а значение рН должно быть в пределах 6,5-9 (оптимально в пределах 7-8). С целью выполнения требования о содержании кислорода и значении рН радиаторы рекомендуется применять в закрытых системах отопления с закрытыми расширительными сосудами и герметичными циркуляционными насосами, а также с устройствами для подпитки деаэрированной водой из водопровода или непосредственно из тепловой сети.

Не допускается промывка системы отопления щёлочными растворами.

14 Содержание в воде соединений железа (до  $0,5 \text{ мг/дм}^3$ )

15 Для уменьшения опасности подшламовой коррозии целесообразна установка дополнительных грязевиков, а в случае применения термостатов ещё и фильтров, в том числе и постоянных. В общем случае количество взвешенных веществ не должно превышать  $7 \text{ мг/дм}^3$ .

16 Избыточное давление теплоносителя, равное сумме максимально возможного напора насоса или давления в магистралях тепловой сети (при элеваторных вводах) и гидростатического давления, не должно в рабочем режиме системы отопления превышать в любом радиаторе  $1,6 \text{ МПа}$ . Минимальное давление при опрессовке системы отопления должно быть в  $1,25$  раза больше рабочего.

СНиП 3.05.01-85 допускает полуторное превышение рабочего давления при опрессовке. Однако практика и анализ условий эксплуатации отопительных приборов в отечественных системах отопления показывают, что это превышение целесообразно выдерживать в пределах  $25 \%$ . При этом следует иметь в виду, что давление при опрессовке не должно превышать максимально допустимого для самого «слабого» элемента системы. Например, при использовании термостатов, рассчитанных на максимальное рабочее давление  $1 \text{ МПа}$ , допустимое давление опрессовки системы не должно превышать  $1,25-1,5 \text{ МПа}$  независимо от максимального рабочего избыточного давления, на которое рассчитан радиатор.

17 Каждый радиатор независимо от схемы его обвязки теплопроводами следует оснащать воздухоотводчиком, устанавливаемым в одной из верхних пробок радиатора.

18 При обслуживании воздухоотводчиков в системах отопления категорически запрещается освещать воздухоотводчик спичками, фонарями с открытым огнём и курение в период выпуска из него воздуха (газа), особенно в пер-

вые 2-3 года эксплуатации системы отопления.

19 В случае слишком частой необходимости спуска воздуха из радиатора, что является признаком неправильной работы системы отопления, рекомендуется вызывать специалиста.

20 Не рекомендуется допускать полного перекрытия подвода теплоносителя к радиатору из системы отопления, особенно в летний период. Возможно полное отключение радиаторов только на период опрессовки системы отопления. При этом следует обязательно открыть ручной воздухоотводчик.

21 Не рекомендуется опорожнять систему отопления со стальными приборами более чем на 15 дней в году.

22 Во избежание замерзания воды в радиаторах, приводящего к их разрыву, не допускается обдув радиатора струями воздуха с отрицательной температурой (например, при постоянно открытой форточке или боковой створке окна).

23 В системах, заполняемых антифризом, не допускается применение масляной краски для герметизации резьбовых соединений льном. Рекомендуется для этой цели использовать эпоксидные эмали, а также эмали на основе растворов винилхлоридов, акриловых смол и акриловых сополимеров.

Антифриз должен строго соответствовать требованиям соответствующих технических условий. Заполнение системы антифризом допускается не ранее, чем через 2-3 дня после её монтажа.

### ***16.3 Испытание систем отопления***

По окончании монтажа системы водяного отопления наполняются водой и их испытывают на прочность. Системы наполняются водой из водопровода через обратную магистраль. При этом имеющиеся в системе краны и вентили должны быть полностью открыты, чтобы осуществить полное удаление воздуха через воздухоотборники.

При заполнении системы водой должен производиться осмотр системы с отметкой всех имеющихся изъянов. Если же в соединениях трубопроводов обнаружена незначительная течь, ее устраняют подтяжкой. В случае значительных неисправностей, влекущих за собой смену отдельных частей труб или отдельных приборов, заполнение системы водой прекращают до полного устранения всех неисправностей.

После заполнения системы водой вторично производят осмотр системы и, убедившись, что никаких дефектов не имеется, приступают к гидравлическому испытанию системы.

Гидравлическое испытание производится гидравлическим прессом. Пресс присоединяется к обратной магистрали соединительной трубой диаметром до 25 мм. Давление в системе в самой низкой точке по манометру доводится на 0,1 атм более нормального для данной системы, но не должно быть менее 0,4 атм. Если по истечении 5 мин падение по манометру не превысит 0,02 атм, система может быть допущена к пробной топке.

При испытании водяных систем в зимнее время процесс заполнения водой несколько отличается от обычного. Системы, непосредственно присоединенные к тепловым сетям, заполняются горячей водой из теплосетей.

После заполнения системы водой и гидравлического испытания ее прово-

дится испытание системы на равномерность прогрева и ее регулирование.

Регулирование при правильно запроектированной системе водяного отопления производится установкой расчетных настроек на термостатическом клапане у каждого отопительного прибора и ручных балансировочных кранов на ветках.

Основной возможной причиной непрогрева отдельных частей систем отопления являются: засоры, образующиеся за счет остатков формовочной земли и загрязнения системы при ее монтаже, и воздушные пробки, возникающие в связи с неполным удалением из системы воздуха при ее заполнении. При обнаружении этих неполадок топка котла прекращается и все неполадки устраняются. Регулировка обычно проверяется по степени прогрева приборов.

Основная задача регулирования заключается в том, чтобы установить во всех помещениях такие температуры, которые отличались бы от предусмотренных проектом на  $\pm 1 - 2$  °С.

#### ***16.4 Эксплуатация систем отопления***

Если при регулировании системы не обнаружилось дефекты, связанные с недочетами проектирования и требующие устранения, она может быть сдана в эксплуатацию. Однако и в период эксплуатации за системой необходимы наблюдение и уход. Система отопления должна иметь паспорт и исполнительные чертежи, которые передаются обслуживающему персоналу с инструкцией по уходу за системой.

Все неисправности, выявившиеся при эксплуатации, должны немедленно устраняться. Необходимо подвергать наиболее частому осмотру такие части системы, как насосы, моторы, а также магистральные трубопроводы. Следует также наблюдать за состоянием изоляции трубопроводов.

Правильность работы системы нужно наблюдать по показаниям двух манометров, поставленных на горячем и обратном трубопроводах у насосов или на вводе теплофикационных линий. Манометры при остановке системы должны показывать одно и то же давление, равное гидростатическому давлению в системе, а при работе системы — проектную расчетную разность давлений. Если манометры показывают меньшее давление, а разница их показаний остается постоянной, то причина заключается в том, что система полностью не заполнена водой.

Как правило, в течение отопительного сезона в системе отопления должна быть одна и та же вода. Это вызвано тем, что при постоянстве одной и той же воды в ней содержится малое количество воздуха и система не подвергается коррозии. По окончании отопительного сезона систему промывают, для чего воду спускают. Систему отопления заполняют свежей водой, которую нагревают до температуры 95 °С. Эту температуру поддерживают в течение 1 часа с целью возможно полного удаления воздуха. Вода в системе остается на все время, до следующего отопительного сезона. Недочеты в работе системы, которые не могут быть устранены немедленно, записываются в особый журнал и устраняются по окончании отопительного сезона.

Проектирование на основе нескольких вариантов, монтаж и эксплуатация отопительных систем должна осуществляться квалифицированными специалистами. Только при правильном проектировании, монтаже и эксплуатации системы отопления смогут обеспечить комфортные условия в помещениях.