

Часть 3. Системы водяного отопления

Водяное отопление с искусственным побуждением циркуляции воды при помощи насоса - **насосное** водяное отопление - получило самое широкое распространение. Водяное отопление с естественной циркуляцией - **гравитационное** - применяют в настоящее время сравнительно редко.

Практика подтвердила гигиенические и технические преимущества водяного отопления. При водяном отоплении отмечают (по сравнению с паровым отоплением) относительно невысокую температуру поверхности приборов и труб, равномерную температуру помещений, значительный срок службы, экономию тепловой энергии, бесшумность действия, простоту обслуживания и ремонта.

Ниже рассматривается, как основная, **система насосного водяного отопления**.

3.1. Система насосного водяного отопления

Систему водяного отопления как при местном, так и при централизованном теплоснабжении применяют с верхним и нижним расположением магистралей, с тупиковым и попутным движением воды в них, с последовательным и параллельным (по направлению движения воды) соединением отопительных приборов. По последнему признаку систему называют одноконтурной, двухконтурной или бифидиальной.

При разработке систем отопления конкретных зданий составляют **схемы** систем, различным образом сочетая в каждой схеме магистрали, стояки и ветви с отопительными приборами.

В схеме системы отопления устанавливается взаимное расположение теплообменников (котлов), циркуляционных насосов, теплопроводов, отопительных приборов и других элементов в зависимости от размещения их в здании, т. е. закрепляется **топология** или **структура** системы.

Схемы системы отопления в течение 50...70-х годов XX в. существенно видоизменялись, причем общим явлением в России было вытеснение ранее широко распространенных двухтрубных систем однотрубными. При использовании однотрубных систем вместо двухтрубных появилась возможность уменьшить длину и массу труб, унифицировать отдельные узлы и детали, устранить замеры в натуре, механизировать процессы заготовки деталей, осуществить предварительную сборку и комплектацию узлов, а в результате - сократить затраты труда и сроки монтажа систем.

Потери давления в однотрубных стояках и ветвях получаются значительно превышающими потери в двухтрубных стояках. При этом устанавливается устойчивый гидравлический режим однотрубных систем: заданное распределение теплоносителя по отопительным приборам сохраняется в течение всего отопительного сезона. Поэтому у приборов можно устанавливать регулирующие краны типа КРП или КРТ, предназначенные только для эксплуатационного (вторичного) регулирования. При запуске смонтированных однотрубных систем в эксплуатацию не проводят пуско-наладочного (первичного) регулирования теплоотдачи отопительных приборов, как это делают при двухтрубных системах.

Рассмотрим основные схемы однотрубных, двухтрубных и бифилярных систем, практически используемые при водяном отоплении зданий (схема в проекте, как правило, изображается в аксонометрической проекции, но в учебнике дается упрощенное плоское изображение).

Вертикальная однотрубная система с верхней разводкой (с верхним расположением подающей и нижней прокладкой обратной магистралей) получила распространение в начале 50-х годов (рисунок 3.1). Она выполнялась сначала с **двусторонним** (стояки 1, 2, 4), а потом и с **односторонним** присоединением отопительных приборов к стоякам (стояки 3 и 5). Приборные узлы делались как **проточными** (стояк 1), так и с **замыкающими** (стояки 2 и 3) и **обходными** (стояки 4 и 5) участками. Все типы стояков показаны на рисунке

3.1 для примера, а в конкретной системе применяется какой-либо один (реже два) тип стояка.

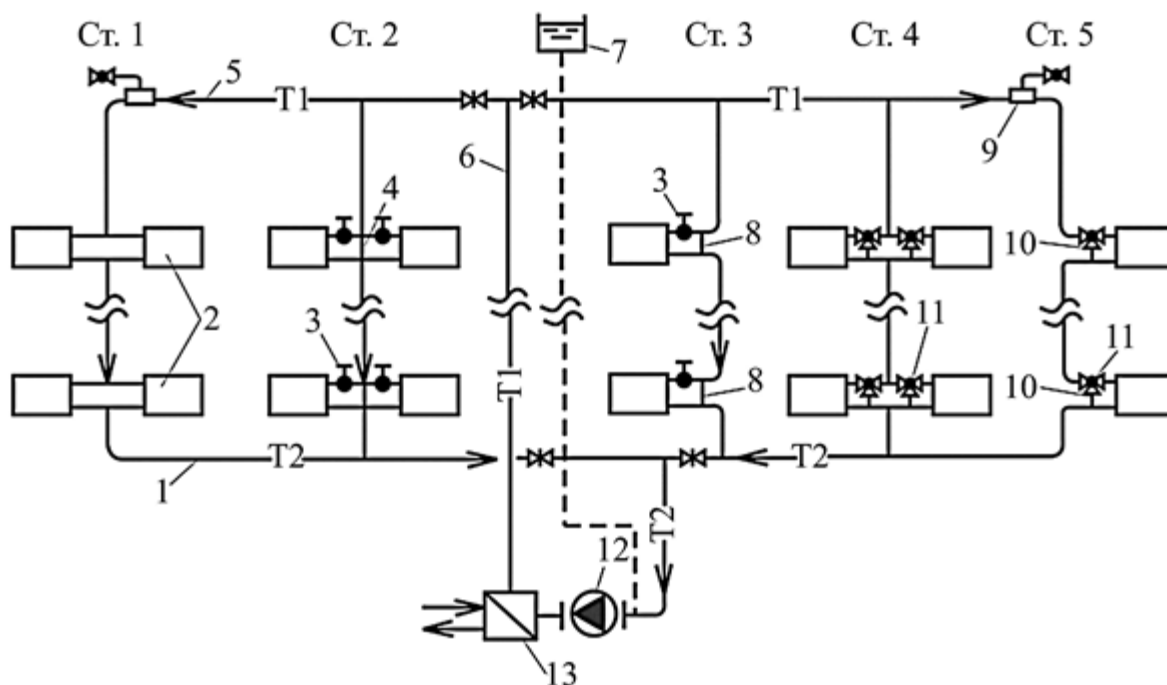


Рисунок 3.1. Схема вертикальной однотрубной системы водяного отопления с верхней разводкой подающей магистрали:

Ст. 1 — проточный стояк; Ст. 2 и Ст. 3 — стояки с осевыми и смещенными замыкающими участками, соответственно; Ст. 4 и Ст. 5 — проточно-регулируемые стояки.

1 — обратная магистраль (Т2); 2 — отопительные приборы; 3 — кран типа КРП; 4 — осевой замыкающий участок; 5 — подающая магистраль (Т1); 6 — главный стояк (Г. ст); 7 — открытый расширительный бак; 8 — смещенный замыкающий участок; 9 — проточный воздухооборник; 10 — обходной участок; 11 — кран типа КРТ; 12 — циркуляционный насос; 13 — теплообменник

Замыкающие постоянно проточные участки устраивались **осевыми** (стояк 2) и **смещенными** от оси (стояк 3), со “сжимами”, т. е. с уменьшением диаметра по сравнению с диаметром основного участка стояка, и без “сжимов”. Было доказано, что “сжимы” осевых замыкающих участков несущественно изменяют количество воды, затекающей в приборы. В большей степени увеличивается расход воды в приборах при использовании смещенных замыкающих участков. При этом, как уже отмечалось, обеспечивается еще и компенсация удлинения труб при нагревании межприборных участков стояков.

Обходные участки (стояки 4 и 5), предназначенные для периодического использования при потребительском (эксплуатационном) регулировании теплоотдачи приборов кранами типа КРТ, устраивали сначала осевыми, а затем, как правило, смещенными.

Вертикальная однетрубная система с верхней разводкой применяется в настоящее время со стояками всех трех типов - проточными, с замыкающими участками и проточно-регулируемыми - в многоэтажных зданиях, имеющих четыре-девять этажей и более.

Вертикальная однетрубная система с нижней разводкой (с нижним расположением обеих магистралей) стала распространяться с начала 60-х годов в связи с массовым строительством бесчердачных зданий (рисунок 3.2). В так называемых П-образных стояках этой системы, состоящих из восходящей и нисходящей частей, применялись и проточные приборные узлы (стояк 1), и узлы с замыкающими участками (стояки 2 и 3), и проточно-регулируемые узлы (стояки 4 и 5). При непарных отопительных приборах "холостой" (без приборов) делали восходящую часть стояков (стояки 3 и 5). В пробках верхних радиаторов или в верхних точках стояков с конвекторами устанавливали воздушные краны. Регулирующие краны типа КРП и КРТ помещали на подводках, по которым теплоноситель подается в приборы.

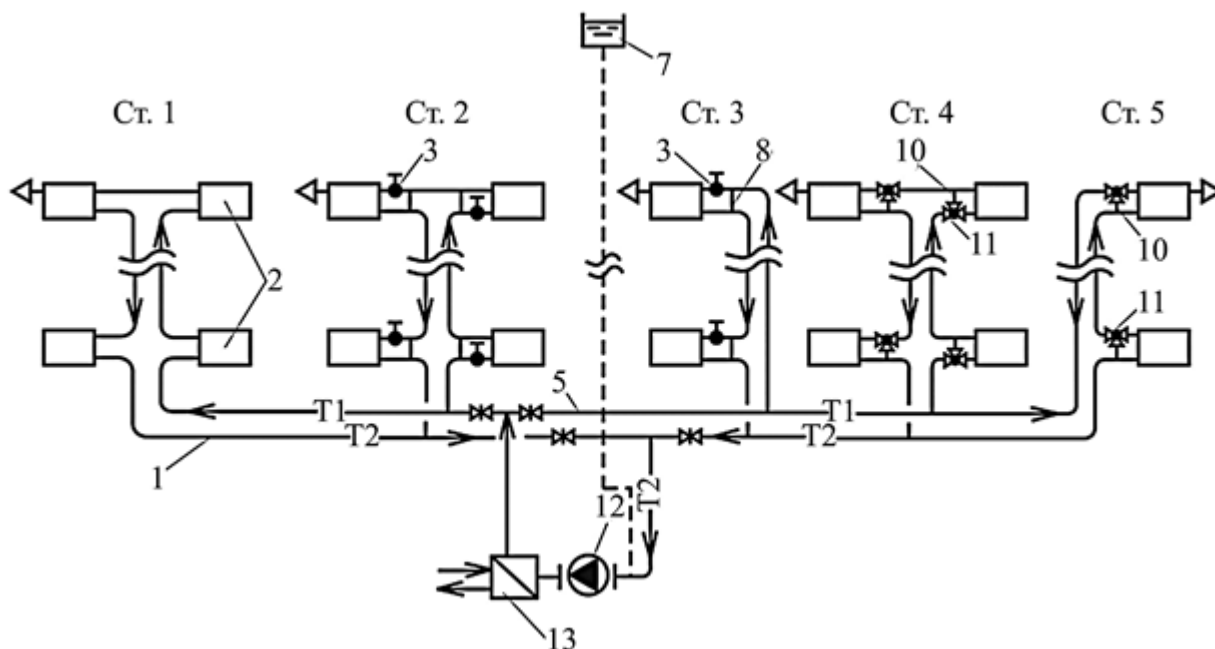


Рисунок 3.2. Схема вертикальной однотрубной системы водяного отопления с нижней разводкой обеих магистралей и П-образными стояками:

*Ст. 1 — проточный стояк; Ст. 2 и Ст. 3 — стояки со смещенными замыкающими участками;
Ст. 4 и Ст. 5 — проточно-регулируемые стояки; обозначения 1—13 — см. рисунок 3.1*

В стояках по типу стояка 2 (см. рисунок 3.2) при движении воды снизу вверх уменьшается затекание ее в приборы, особенно при увеличенном их сопротивлении. Поэтому предпочтение отдавалось проточно-регулируемым приборным узлам с двухсторонним присоединением приборов к трубам и смещенными обходными участками (стояк 4). В таком виде эту систему применяют в настоящее время в бесчердачных многоэтажных (три-семь этажей и более) зданиях, имеющих технические подполья или подвальные помещения.

Систему отопления с П-образными стояками можно включать в действие в процессе монтажа поэтажно (с временными перемычками), и эту особенность системы используют в зимнее время при выполнении внутренних отделочных работ в строящемся многоэтажном здании.

Вертикальная однотрубная система с “опрокинутой” циркуляцией воды (с нижним расположением подающей магистрали и верхней прокладной обратной магистрали), изображенная на рисунке 3.3, стала применяться с середины 60-х годов в зданиях повышенной этажности (10 этажей и более).

Стояки таких систем делали проточными (стояки 1 и 3) или со смещенными замыкающими (стояк 4) и обходными (стояки 2 и 5) участками. Осевых замыкающих и обходных участков не применяли. Встречалось двустороннее присоединение приборов к стояку, например, при установке конвекторов с кожухом с двумя горизонтально расположенными греющими трубами (стояк 1). Потери давления в стояках таких систем предусматривают при расчете повышенными для обеспечения устойчивого гидравлического режима при эксплуатации. В этой системе иногда применялись проточные расширительные баки (см. рисунок 3.3).

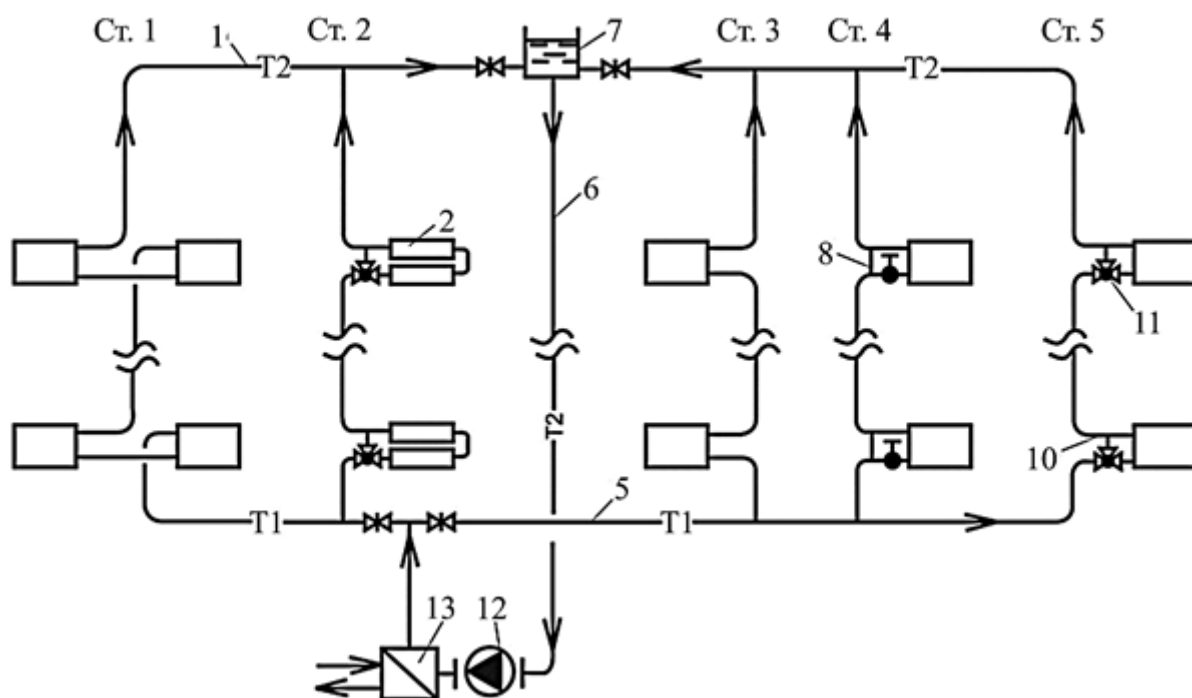


Рисунок 3.3. Схема вертикальной однотрубной системы водяного отопления с «опрокинутой» циркуляцией воды и проточным открытым расширительным баком:

Ст. 1 — проточный стояк с конвекторами с кожухом; Ст. 2 и Ст. 5 — проточно-регулируемые стояки соответственно с конвекторами без кожуха и радиаторами;
Ст. 3 — проточный стояк с радиаторами; Ст. 4 — стояк со смещенными к радиаторам замыкающими участками; обозначения 1—13 — см. рисунок 3.1

Система с опрокинутой циркуляцией воды способствует, не в пример системе с верхней разводкой, поддержанию равномерного теплового режима во всех помещениях и установке приборов одинаковой площади по высоте здания

(когда степень охлаждения воды в стояках соответствует уменьшению теплотерь однотипных помещений по вертикали). При проектировании этой системы избегают применения колончатых радиаторов из-за преувеличения их площади при движении воды в них по схеме “снизу-вверх” (до 12...14 % по сравнению с площадью при движении по схеме “сверху-вниз”), а также установки приборов с высоким гидравлическим сопротивлением в стояках с замыкающими участками.

В жилых зданиях с “теплыми” чердаками обратные магистрали рассматриваемой системы прокладывают на чердаках без тепловой изоляции (чердаки с учетом теплоотдачи труб становятся “теплыми”). Такие чердаки используют для бесканального сбора вытяжного воздуха к вентиляционным шахтам.

Еще раз отметим, что для большинства современных вертикальных однотрубных систем водяного отопления характерно одностороннее присоединение отопительных приборов к стоякам. Хотя при этом и увеличиваются число стояков и расход труб, зато появляется возможность уменьшить их диаметр и унифицировать приборные узлы. Массовое обезличенное изготовление таких узлов способствует повышению производительности труда. Кроме того, увеличение числа открыто прокладываемых стояков - своеобразных эффективных отопительных приборов - заметно сокращает площадь нагревательной поверхности основных приборов.

Схемы двухтрубной системы водяного отопления представлены на рисунке 3.4 применительно к двухэтажному зданию. Слева показана часть системы с верхней разводкой (рисунке 3.4, а), справа - с нижней разводкой (рисунке 3.4, б), причем левый из двух стояков изображен с централизованным удалением воздуха, а правый - с местным через воздушные краны на отопительных приборах на верхнем этаже.

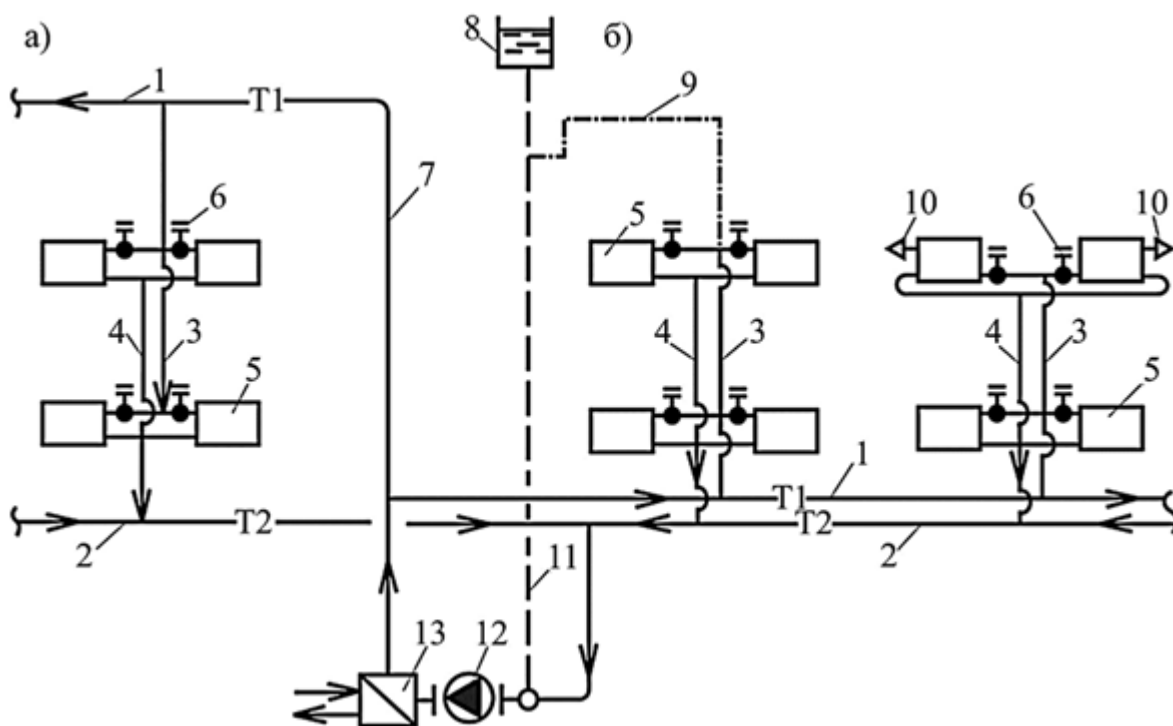


Рисунок 3.4. Схемы вертикальной двухтрубной системы водяного отопления:

а) с верхней разводкой подающей магистрали; б) с нижней разводкой обеих магистралей;

1 и 2 — соответственно подающая (Т1) и обратная (Т2) магистрали; 3 и 4 — соответственно подающая и обратная части стояка; 5 — отопительный прибор; 6 — кран типа КРД; 7 — главный стояк (Г. ст.); 8 — открытый расширительный бак; 9 — воздушная линия; 10 — воздушные краны;

11 — соединительная труба расширительного бака; 12 — циркуляционный насос;

13 — теплообменник

Двухтрубная система, как уже отмечено, применялась в последнее время сравнительно редко. Система с **верхней разводкой** использовалась при естественной циркуляции воды, особенно при квартирном отоплении, а также для отопления железнодорожных вагонов. При насосной циркуляции воды эта система устраивалась преимущественно в малоэтажных (два-три этажа) зданиях во избежание значительного вертикального теплового разрегулирования из-за действия в двухтрубном стояке естественного давления.

Двухтрубная система с **нижней разводкой** применялась чаще, чем система с верхней разводкой, особенно при числе этажей в зданиях более трех и в зданиях, состоящих из разноэтажных частей. При этом исходили из ее преимуществ - меньшего расхода труб и большей вертикальной

гидравлической и тепловой устойчивости по сравнению с системой, выполненной с верхней разводкой.

Современная тенденция на значительное увеличение в системах водяного отопления насосного циркуляционного давления существенно сокращает отрицательное воздействие естественного давления на гидравлическую устойчивость работы двухтрубных систем и расширяет область их применения. В настоящее время такие системы с нижней разводкой применяются и в многоэтажном строительстве.

Воздушные линии для централизованного удаления воздуха (см. рисунок 3.4, б) устраивались только в специально обоснованных случаях, учитывая увеличение при этом расхода труб и их недолговечности из-за активной коррозии. Как правило, систему делали с воздушными кранами в верхних точках стояков.

На рисунке 3.4 изображена распространенная так называемая столбовая схема прокладки стояков, при которой подводы присоединяются к отопительным приборам односторонне. Подающие и обратные части стояков при этом прокладывают рядом (подающие всегда справа при взгляде из помещения). Существует также цепочечная схема прокладки стояков, когда они располагаются разобщенно (по одному между приборами), а подводы присоединяются к приборам с разных сторон. При разностороннем (особенно диагональном) присоединении труб к радиаторам эти приборы лучше прогреваются, исключаются также скобы на стояках для огибания горизонтальных подводов. Все же преимущественно применяют столбовую схему, при которой возможно независимое регулирование и отключение для ремонта обособленных парных стояков.

Горизонтальная однетрубная система, встречавшаяся ранее в основном в одноэтажных зданиях временного типа, в последнее время стала применяться для отопления сельскохозяйственных сооружений, многоэтажных зданий как производственных, так и гражданских (рисунок 3.5). Распространение

горизонтальной системы связано с увеличением длины зданий, внедрением сборных каркасно-панельных конструкций с широким шагом колонн и удлиненными световыми проемами. Отсутствие в таких зданиях простенков и отверстий в панелях перекрытий затрудняло размещение традиционных вертикальных стояков. Наличие ленточных световых проемов предопределяло размещение отопительных приборов не отдельными группами, а в виде цепочек (во избежание теплового дискомфорта в помещениях). Соединяя последовательно отопительные приборы увеличенной длины короткими трубными вставками, получали горизонтальные однетрубные ветви.

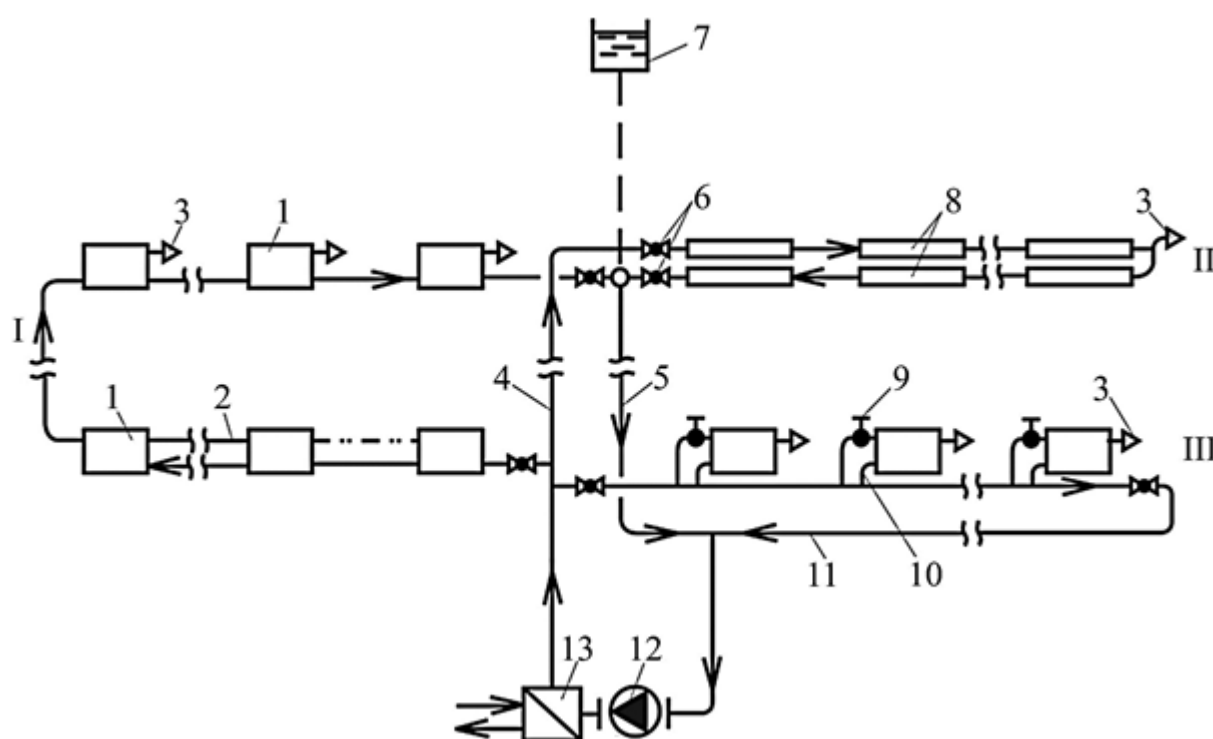


Рисунок 3.5. Схемы горизонтальной однетрубной системы водяного отопления:

I — проточная ветвь для приборов, расположенных на разных этажах;

II — проточная бифилярная ветвь; III — ветвь с замыкающими участками.

1 — радиатор; 2 — воздушная труба; 3 — воздушный кран; 4 — подающий стояк; 5 — обратный стояк; 6 — запорно-регулирующая арматура; 7 — открытый расширительный бак; 8 — конвектор двухтрубный; 9 — кран типа КРП; 10 — осевой замыкающий участок; 11 — обратная магистраль; 12 — циркуляционный насос; 13 — теплообменник

В горизонтальной однетрубной системе сокращается по сравнению с вертикальной системой протяженность теплопроводов, особенно стояков и

магистралей. Немногочисленные укрупненные стояки для горизонтальных однетрубных ветвей (см. рисунок 3.5) прокладывают во вспомогательных помещениях здания.

В горизонтальных однетрубных ветвях применяют проточные не-регулируемые приборные узлы (ветвь I) и регулируемые узлы с осевыми замыкающими (ветвь III на рисунке 3.5) и обходными участками. При проточных ветвях регулирование теплоподачи в помещения осуществляют воздушными клапанами в конвекторах с кожухом или общим (для всех приборов на одном этаже) регулирующим вентилем. Подобная схема применяется с начала 70-х годов.

При использовании в системе отопления здания высокотемпературной воды применяют удлиненные горизонтальные однетрубные ветви с циркуляцией постепенно охлаждающейся воды снизу вверх через приборы на разных этажах (ветвь I на рисунке 3.5). Тогда высокотемпературная вода будет находиться в зоне повышенного гидростатического давления, что предотвратит ее вскипание.

Горизонтальная однетрубная система пригодна также для периодического отопления помещений на различных этажах (например, при отличающихся технологических процессах со значительными тепловыделениями), а также для отопления старинных зданий со сводчатыми перекрытиями.

Схемы бифилярной системы водяного отопления, которая может быть с вертикальными стояками и горизонтальными ветвями, аналогичны рассмотренным схемам однетрубной системы.

В **вертикальной бифилярной системе** устраивают, как и в однетрубной системе с нижней разводкой, П-образные стояки (см. рисунке 3.2). По такой схеме делали до середины 80-х годов отопление отдельных типов крупнопанельных жилых зданий. Там использовались трубчатые нагревательные элементы, встроенные вместе со стояками во внутренний бетонный слой наружных трехслойных стеновых панелей. При этом

нагревательные элементы каждого помещения делились на два змеевика, и каждый змеевик отдельно присоединялся к восходящей и нисходящей частям стояка.

В **горизонтальной бифилярной системе** используют трубчатые отопительные приборы - конвекторы, бетонные радиаторы приставного типа, ребристые и гладкие трубы (см. ветвь II на рисунке 3.5). Стальные и чугунные радиаторы могут быть применены только при двухрядной их установке. В такой системе так же, как и в однетрубной системе с проточными приборными узлами, невозможно индивидуальное количественное регулирование теплоотдачи отдельных отопительных приборов. Применяется количественное регулирование теплоотдачи сразу всей цепочки приборов или регулирование теплоотдачи каждого прибора “по воздуху”, если устанавливаются конвекторы с воздушным клапаном.

Бифилярная система с горизонтальными пофасадными ветвями наиболее часто используется в производственных и сельскохозяйственных зданиях.

3.2. Система отопления с естественной циркуляцией воды

Область применения системы с естественной циркуляцией воды (гравитационной) в настоящее время, как уже известно, ограничена. Ее используют для отопления отдельных жилых квартир, обособленных зданий (особенно в отдаленной сельской местности), зданий при не налаженном снабжении электрической энергией. Гравитационную систему применяют также в зданиях, в которых недопустимы вызываемые циркуляционными насосами и высокими скоростями воды шум и вибрация конструкций (например, при точных измерениях).

Система с естественной циркуляцией воды может быть устроена для отопления верхних помещений высоких зданий (например, технического этажа при кондиционировании воздуха, совмещенном с отоплением, в основных помещениях здания).

Ограничение области применения связано с тем, что для циркуляции воды используется различие в гидростатическом давлении в вертикальных частях системы, которое только в высоких зданиях достигает значений, соизмеримых с давлением, создаваемым насосом.

В малоэтажных зданиях гравитационная система имеет следующие **недостатки** по сравнению с насосной системой водяного отопления:

- сокращенный радиус действия (до 20 м по горизонтали), обусловленный небольшим циркуляционным давлением;
- повышенная первоначальная стоимость (до 5...7 % стоимости небольших зданий) в связи с применением труб увеличенного диаметра;
- увеличенные расход металла и затраты труда на монтаж системы;
- замедленное включение в действие из-за большой теплоемкости воды и низкого циркуляционного давления;
- повышенная опасность замерзания воды в трубах, проложенных в неотапливаемых помещениях.

Вместе с тем гравитационная система отопления обладает **достоинствами**, определяющими в отдельных случаях ее выбор:

- относительная простота устройства и эксплуатации;
- независимость действия от снабжения электрической энергией;
- низкая скорость движения теплоносителя, отсутствие циркуляционных насосов и соответственно шума и вибраций;
- сравнительная долговечность (при правильной эксплуатации система может действовать 35...40 лет и более без капитального ремонта);
- улучшение теплового режима помещений, обусловленное действием с количественным саморегулированием.

Остановимся на явлении количественного **саморегулирования**. В гравитационной системе создается своеобразный механизм естественного регулирования: при проведении обычного качественного регулирования, т. е. при изменении температуры воды, самопроизвольно возникает количественные

изменения - изменяется расход воды. Действительно, если повышать температуру греющей воды при понижении температуры наружного воздуха (и наоборот), то в системе из-за иного распределения плотности воды будет увеличиваться (уменьшаться) естественное циркуляционное давление, а, следовательно, и количество циркулирующей воды. Одновременное изменение температуры и количества воды обеспечивает необходимую теплоотдачу отопительных приборов для поддержания ровной температуры помещений.

В двухтрубной системе усиление или ослабление циркуляции воды в циркуляционном кольце каждого отопительного прибора изменяет теплопередачу в помещение, которая, взаимодействуя с теплопотерями помещения (тормозясь или возрастая), сама влияет на расход воды, изменяя температуру обратной воды (а с ней и циркуляционное давление). В результате в каждом помещении сохраняется соответствие между теплоотдачей прибора и теплопотерями, т. е. обеспечивается при действии системы отопления ровный тепловой режим.

В вертикальной однотрубной системе имеет место такое же количественное саморегулирование, но в отличие от двухтрубной системы в циркуляционных кольцах не каждого прибора, а уже стояков в целом с их последовательно соединенными приборами. При этом усиление или ослабление циркуляции воды происходит более интенсивно, чем в двухтрубной системе. В результате в теплый период отопительного сезона наблюдается отклонение от необходимой теплоподдачи у части приборов: при движении в стояке сверху вниз сильно уменьшенного количества воды нижние приборы несколько недогревают помещения. Это явление смягчается с увеличением числа этажей здания.

Можно сделать вывод, что при естественной циркуляции воды преимущество в малоэтажных зданиях следует отдавать двухтрубной системе отопления. Вертикальная однотрубная система предпочтительна в многоэтажных зданиях, где благодаря увеличению естественного

циркуляционного давления можно уменьшить диаметр труб (по сравнению с двухтрубной), а также располагать отдельные отопительные приборы ниже котла или теплообменника.

Схема гравитационной системы во многом подобна рассмотренной выше схеме насосной системы отопления. Перечислим лишь **особенности конструкции** гравитационной системы, отражающие природу ее действия.

1. Гравитационная система для улучшения циркуляции воды устраивается, как правило, с верхним расположением подающей магистрали - с верхней разводкой.
2. Расширительный бак в гравитационной системе присоединяется непосредственно к теплоизолированному главному стояку для непрерывного удаления воздуха из системы через бак в атмосферу (без воздухооборников и воздухоотводчиков).
3. Подающая магистраль прокладывается, как правило, под потолком верхнего этажа без тепловой изоляции с увеличенным уклоном (не менее 0,005 м/м) для сбора воздуха против направления движения воды к точке присоединения расширительного бака.
4. Приборные узлы выполняются для обеспечения движения воды в отопительных приборах по схеме “сверху-вниз” с целью повышения коэффициента теплопередачи приборов.
5. Однотрубные стояки устраиваются с замыкающими участками у приборов для уменьшения потерь давления при движении воды через приборные узлы.

На рисунке 3.6 изображена принципиальная схема гравитационной системы водяного отопления с верхней разводкой и теплообменником, который применяют при независимом присоединении системы к наружным теплопроводам. Показано, что наполнение и подпитка системы делаются деаэрированной водой из наружного обратного теплопровода без насоса, что возможно при достаточно высоком давлении в нем. При местном теплоснабжении теплообменник заменяется котлом. Наполнение и подпитка

при этом осуществляется из наружного водопровода, а при его отсутствии путем ручной заливки воды в расширительный бак. Подробные схемы стояков двухтрубной системы даны на рисунке 3.4, а, однетрубной - на рисунке 3.1.

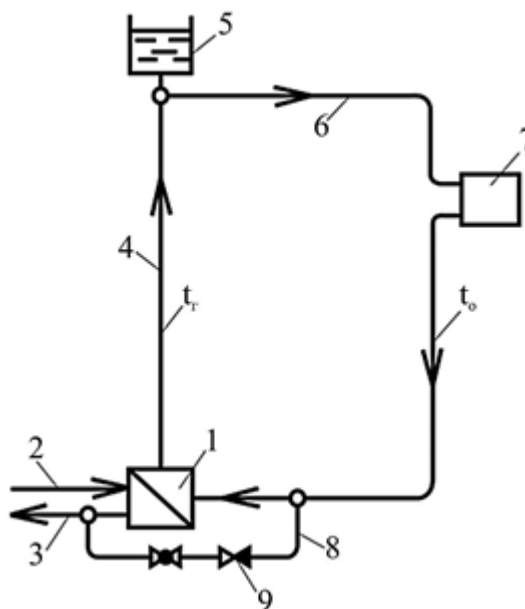


Рисунок 3.6. Схема гравитационной системы водяного отопления:

1 — теплообменник (или теплогенератор — водогрейный котел); 2 и 3 — наружные, соответственно, подающий и обратный теплопроводы; 4 — главный стояк; 5 — открытый расширительный бак; 6 — подающая магистраль; 7 — отопительный прибор; 8 — наполнительно-подпиточная труба; 9 — обратный клапан

Возможно применение гравитационных систем отопления с нижней разводкой обеих магистралей, двухтрубные и однетрубные стояки которых изображены на рисунках 3.4, б и 3.2. Однако при этом уменьшается циркуляционное давление, что приводит к увеличению диаметров труб, усложняется сбор и удаление воздушных скоплений из системы. Расширительный бак в этом случае присоединен к магистрали в нижней части системы, и его можно использовать для удаления воздуха только при прокладке специальных воздушных труб.

Система с “опрокинутой” циркуляцией при естественной циркуляции воды не используется, так как в ней иногда возникает обратное движение охлажденной воды в стояках.

В двухтрубной гравитационной системе отопления для создания достаточного циркуляционного давления следует увеличивать вертикальное расстояние между нижними отопительными приборами и теплообменником, доводя его хотя бы до 3 м. Если это осуществимо в отдельных зданиях, то при отоплении одноэтажных квартир и домов, а также железнодорожных вагонов теплогенератор (котел) приходится располагать на одном уровне с отопительными приборами. В этих случаях рассчитывают на создание циркуляции воды только за счет охлаждения ее в трубах.

Квартирные системы водяного отопления применяются уже более ста лет. За это время изменялись и совершенствовались котлы и их топливо, трубы и отопительные приборы, использовались различные схемы, но принцип устройства и действия оставался одним и тем же: для создания устойчивой циркуляции воды одна из магистралей прокладывается под потолком отапливаемого помещения. Охлаждение воды в этой сравнительно высоко расположенной над котлом магистрали и обеспечивает необходимое циркуляционное давление. Что же касается охлаждения воды в отопительных приборах, то центр охлаждения в них может оказаться не только не выше середины котла, но даже ниже ее, а это будет препятствовать естественной циркуляции воды.

Наиболее распространена двухтрубная система, при которой подающую магистраль размещают под потолком отапливаемого помещения, обратную прокладывают у пола или в подпольном канале. Отопительные приборы присоединяют к трубам по схеме “сверху-вниз”.

Теоретически возможна двухтрубная схема, когда не только подающая, но и обратная магистрали помещаются под потолком помещения. При этом для обеспечения циркуляции воды необходимо опускать обратную магистраль петлями до низа каждого отопительного прибора, что увеличивает расход труб и усложняет спуск воды из системы в процессе ее эксплуатации.

Можно применить также горизонтальную однотрубную схему присоединения отопительных приборов, но и в этом случае одна из магистралей должна быть проложена сверху (под потолком помещений).

На рисунке 3.7 изображена для примера одна из двух ветвей гравитационной системы водяного отопления железнодорожного пассажирского вагона. Две гладких трубы D_{y65} , обогревающие нижнюю зону салона, присоединяют самостоятельно к верхней подающей магистрали для усиления циркуляции воды в каждой из них. Отдельный отопительный прибор предназначен для отопления туалетной комнаты. Подающую магистраль желательно прокладывать без тепловой изоляции для увеличения циркуляционного давления, и изолировать только главный стояк.

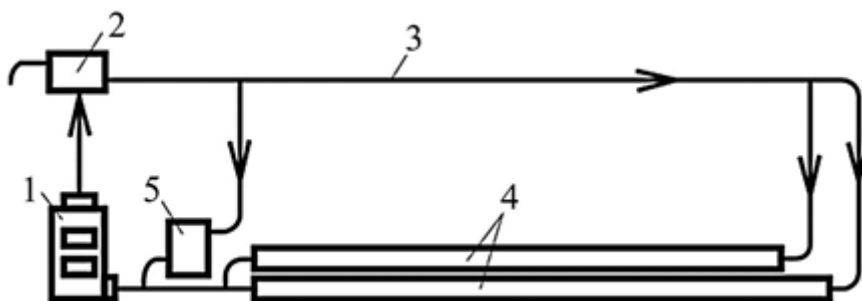


Рисунок 3.7. Схема гравитационной системы водяного отопления железнодорожного пассажирского вагона:

1 — котел; 2 — открытый расширительный бак; 3 — подающая магистраль; 4 — основные греющие гладкие трубы; 5 — отопительный прибор туалета

Для вычисления естественного циркуляционного давления в гравитационной системе отопления необходимо знать температуру и плотность воды в различных ее точках. Следовательно, при проектировании квартирной системы отопления обязателен точный расчет теплопередачи через стенки труб для определения степени охлаждения протекающей в них воды. Эту особенность теплогидравлического расчета в необходимых случаях распространяют и на другие гравитационные системы отопления.

Наименьшее охлаждение воды, а, следовательно, и наименьшее естественное циркуляционное давление получается в циркуляционном кольце

через прибор, ближний к теплогенератору (например, в кольце прибора 5 на рисунок 3.7), вследствие малой длины труб. Поэтому через такой прибор, не в пример потокораспределению в насосной системе, может протекать меньшее количество воды, чем через приборы, удаленные от теплогенератора.

При расчете площади нагревательной поверхности прибора квартирной системы отопления учитывают уже известные теплоотдачу труб, проложенных в помещении, и действительную температуру воды при входе в каждый прибор и выходе из него. В этом особенность расчета приборов такой системы отопления.

Система отопления железнодорожного вагона обычно дополняется электрическим насосом для возможности усиления циркуляции воды. В районах, обеспеченных устойчивым электроснабжением, квартирная система отопления может также устраиваться с циркуляционным насосом. Насосная квартирная система отопления делается горизонтальной однетрубной или двухтрубной с нижней прокладкой обеих магистралей.

2.2. Классификация и материал теплопроводов

Трубы систем центрального водяного и парового отопления предназначены для подачи в приборы и отвода из них необходимого количества теплоносителя. Поэтому их называют теплопроводами. Теплопроводы вертикальных систем отопления подразделяют на магистрали, стояки и подводки (рисунок 2.17). Теплопроводы горизонтальных систем, кроме магистралей, стояков и подводов, имеют горизонтальные ветви (рисунок 2.18).

Движение теплоносителя в подающих (разводящих) и обратных (сборных) магистралях может совпадать по направлению или быть встречным. В зависимости от этого системы отопления называют системами с тупиковым (встречным) и попутным движением воды в магистралях. На рисунке 2.17, а и 2.18, а стрелками на линиях, изображающих магистрали (линии с индексом Т1 - подающие, с индексом Т2 - обратные магистрали), показано попутное

движение теплоносителя: теплоноситель в подающей и обратной магистралях каждой системы движется в одном направлении. На рисунке 2.17, б, в и 2.18, б показано тупиковое движение теплоносителя: теплоноситель в подающей магистрали течет в одном, а в обратной - в противоположном направлении.

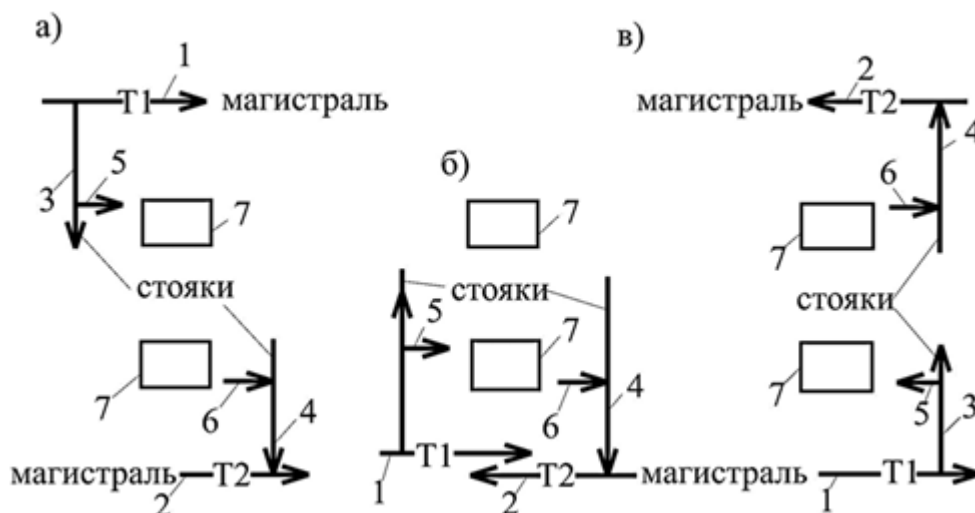


Рисунок 2.17. Теплопроводы вертикальных систем центрального отопления:

а) с верхней разводкой подающей магистрали; б) с нижней разводкой обеих магистралей; в) с «опрокинутой» циркуляцией.

1 и 2 — подающая (T1) и обратная (T2) магистраль; 3 и 4 — подающий и обратный стояк; 5 и 6 — подающая и обратная подводка; 7 — отопительный прибор (стрелками показано направление движения теплоносителя)

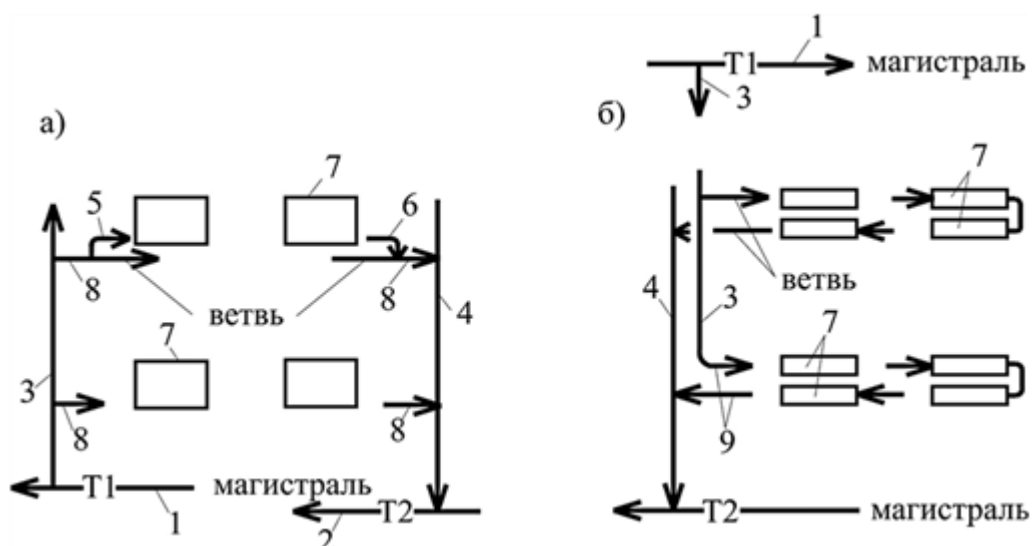


Рисунок 2.18. Теплопроводы горизонтальных систем центрального отопления: а) с нижней разводкой обеих магистралей; б) с верхней разводкой подающей магистрали.

*1 и 2 — подающая (Т1) и обратная (Т2) магистраль; 3 и 4 — подающий и обратный стояк;
5 и 6 — подающая и обратная подводка; 7 — отопительный прибор; 8 — однотрубная ветвь;
9 — бифилярная ветвь (стрелками показано направление движения теплоносителя)*

В зависимости от места прокладки магистралей различают системы с верхней разводкой (см. рисунок 2.17, а и 2.18, б), когда подающая (разводящая теплоноситель) магистраль (Т1) расположена выше отопительных приборов, и с нижней разводкой (см. рисунок 2.17, б и 2.18, а), когда и подающая (Т1), и обратная (Т2) магистрали проложены ниже приборов. При водяном отоплении бывают еще системы с "опрокинутой" циркуляцией воды (см. рисунок 2.17, в), когда подающая магистраль (Т1) находится ниже, а обратная (Т2) выше приборов.

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

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

В системах отопления используют неоцинкованные (черные) стальные сварные водогазопроводные трубы (ГОСТ 3262-75*) $D_y 10 \dots 50$ мм трех типов: легкие, обыкновенные и усиленные (в зависимости от толщины стенки). Усиленные толстостенные трубы применяют редко - в долговременных уникальных сооружениях при скрытой прокладке. Легкие тонкостенные трубы

предназначены под сварку или накатку резьбы для их соединения при открытой прокладке в системах водяного отопления. Обыкновенные трубы используют при скрытой прокладке и в системах парового отопления.

Размер водогазопроводной трубы обозначается цифрой условного диаметра в мм (например, D_y20). Труба D_y20 имеет наружный диаметр 26,8 мм, а ее внутренний диаметр изменяется в зависимости от толщины стенки от 20,4 (усиленная труба) до 21,8 мм (легкая труба). Изменение внутреннего диаметра влияет на площадь поперечного сечения канала для протекания теплоносителя. Поэтому одно и то же количество теплоносителя будет двигаться в трубе одного и того же условного диаметра с различной скоростью: большей - в усиленной и меньшей - в легкой трубе.

Стальные электросварные трубы (ГОСТ 10704-2001) выпускают со стенками различной толщины. Поэтому в условном обозначении выбранной трубы указывают наружный диаметр и толщину стенки (если выбрана труба $76 \times 2,8$ мм, то это означает, что она имеет наружный диаметр 76 мм, толщину стенки 2,8 мм и, следовательно, внутренний диаметр 70,4 мм). При этом стенку принимают наименьшей толщины (по сортаменту труб, выпускаемых заводами). Например, используют трубы D_y20 со стенкой толщиной 2,0 мм (легкая водо-газопроводная труба D_y20 имеет стенку толщиной 2,5 мм).

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

Соединение стальных теплопроводов между собой, с отопительными приборами и арматурой может быть неразборным - сварным и разборным (для ремонта отдельных частей) - резьбовым и болтовым. Резьбовое разборное соединение предусматривают в основном у отопительных приборов и арматуры

для их демонтажа в случае необходимости. Фланцевая арматура крупного размера соединяется болтами с контрфланцами, привариваемыми к концам стальных труб.

За последние годы, особенно в индивидуальном жилищном строительстве, все чаще используются трубы, изготовленные из медных сплавов. Медные трубы отличаются значительной коррозионной стойкостью и долговечностью. Их соединение в процессе монтажа осуществляется методом пайки или сварки. Трубы выпускаются в виде прямых отрезков длиной 2-6 м или, учитывая, что медь более мягкий материал, чем сталь, в бухтах длиной до 50 м. Использование мягкой меди позволяет значительно снизить стоимость системы отопления и сократить сроки монтажа за счет уменьшения количества соединительных элементов (фитингов).

Все большее распространение в России для монтажа сантехнических систем получают трубы из полимерных материалов (их чаще называют пластиковые или пластмассовые). Эти трубы также отличаются высокой коррозионной стойкостью и длительным сроком службы (до 50 лет) с сохранением, в отличие от стальных труб, их первоначальных гидравлических свойств (шероховатости и внутреннего диаметра). Полимерные трубы отличаются также легкостью (в 6-7 раз легче стальных), высокими шумопоглощающими свойствами и пластичностью, что важно, например, для сохранения их прочностных свойств при возможном замерзании транспортируемой по ним воды. Трубы поставляются на строительный объект в бухтах и за счет этого их монтаж в значительной мере облегчен. В зависимости от фирмы-изготовителя монтажное соединение труб осуществляется с помощью специального инструмента с использованием самых разнообразных технологий: механический обжим, пайка, сварка, склейка. Многолетняя практика использования полимерных труб в системах отопления выявила их существенный недостаток — высокую проницаемость (диффундирование) атмосферного воздуха через их стенки и насыщение теплоносителя кислородом

со всеми вытекающими отсюда последствиями. Этого недостатка лишены металлополимерные (металлопластиковые) трубы, в стенки которых добавляется защитный слой в виде тонкой, как правило, алюминиевой фольги. В системах отопления пластиковые трубы применяются только в случае их скрытой в строительной конструкции (стене, перекрытии) прокладки.

Свинцовые и чугунные трубы встречаются в системах отопления, смонтированных в начале XX в.

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

Прокладка труб в помещениях может быть открытой и скрытой. **Открытая** прокладка более простая и дешевая. Поверхность труб нагрета, и теплоотдачу труб учитывают при определении площади отопительных приборов.

По технологическим, гигиеническим или архитектурно-планировочным требованиям прокладка труб может быть **скрытой**. Магистрали переносят в технические помещения (подвальные, чердачные и т.п.), стояки и подводки к отопительным приборам размещают в специально предусмотренных шахтах и бороздах (штрабах) в строительных конструкциях или встраивают (замоноличивают) в них. При этом в местах расположения разборных соединений и арматуры устраивают лючки. Теплоотдача в помещение труб, проложенных в глухих бороздах стен, значительно меньше (примерно вдвое) теплоотдачи открытых теплопроводов. Встроенные (как правило, в заводских условиях) подводка или стояк играют роль бетонного отопительного прибора с одиночным греющим элементом и односторонней (в наружной стене) или двусторонней (во внутренней стене, в полу или в перекрытии) теплоотдачей.

При прокладке теплопроводов учитывают предстоящее изменение длины труб в процессе эксплуатации системы отопления. Эксплуатация проходит при

изменяющейся температуре теплоносителя (выше 35 °С) и трубы удлиняются по сравнению с монтажной их длиной в большей или меньшей степени.

Температурное удлинение нагреваемой трубы - приращение ее длины Δl , м, определяется по формуле:

$$\Delta l = \alpha(t_t - t_n)l, \quad (2.17)$$

где α - коэффициент линейного расширения материала трубы (для мягкой стали при температуре до 150 °С близок к $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ 1/}^\circ\text{C}$); t_t - температура теплопровода, близкая к температуре теплоносителя, °С (при расчетах учитывают наивысшую температуру); t_n - температура окружающего воздуха в период производства монтажных работ, °С; l - длина теплопровода, м.

Монтаж труб осуществляют в "коробке" строящегося здания при температуре наружного воздуха, близкой в весенне-осенний период к 5 °С. В зимний период при временном обогревании помещений для удобства отделочных и монтажных работ в строящемся здании поддерживают временными средствами температуру также около 5 °С.

Если считать $t_n = 5 \text{ }^\circ\text{C}$, то формула (2.26) для стальной трубы (приращение длины Δl , мм) может быть представлена в виде:

$$\Delta l = 1,2 \cdot 10^{-2}(t_t - 5)l, \quad (2.18)$$

удобном для ориентировочных расчетов.

Можно установить, что один метр подающей стальной трубы предельно удлиняется при низкотемпературной воде приблизительно на 1 мм, обратной трубы - на 0,8 мм, а при высокотемпературной воде удлинение каждого метра трубы доходит до 1,75 мм.

Таким образом, при размещении теплопроводов, особенно при перемещении по ним высокотемпературного теплоносителя, необходимо предусматривать компенсацию усилий, возникающих при удлинении подводов, стояков и магистралей.

Размещение подводки - соединительной трубы между стояком или горизонтальной ветвью и отопительным прибором - зависит от вида прибора и положения труб в системе отопления.

Для большинства приборов подающую подводку, по которой подается горячая вода или пар, и обратную подводку, по которой охлажденная вода или конденсат отводятся из приборов, прокладывают горизонтально (при длине до 500 мм) или с некоторым уклоном (5-10 мм на всю длину). Эти подводки в зависимости от положения продольной оси прибора по отношению к оси труб могут быть прямыми и с отступом, называемым "уткой". Предпочтение отдают прямой прокладке подводок, так как утки осложняют заготовку и монтаж труб, увеличивают гидравлическое сопротивление подводок.

Для унификации деталей подводок и стояков часто используют односторонние горизонтальные подводки постоянной длины (например, 370 мм) независимо от ширины простенка в здании. При этом стояк однострунной системы размещают на расстоянии 150 мм от откоса оконного проема, а не по оси простенка как при двусторонних подводках. Особенно широко применяют унифицированные приборные узлы в жилых домах, гостиницах, общежитиях, во вспомогательных зданиях предприятий, где приборы для уменьшения длины подводок допустимо смещать от вертикальной оси оконных проемов по направлению к стояку (рисунок 2.19).

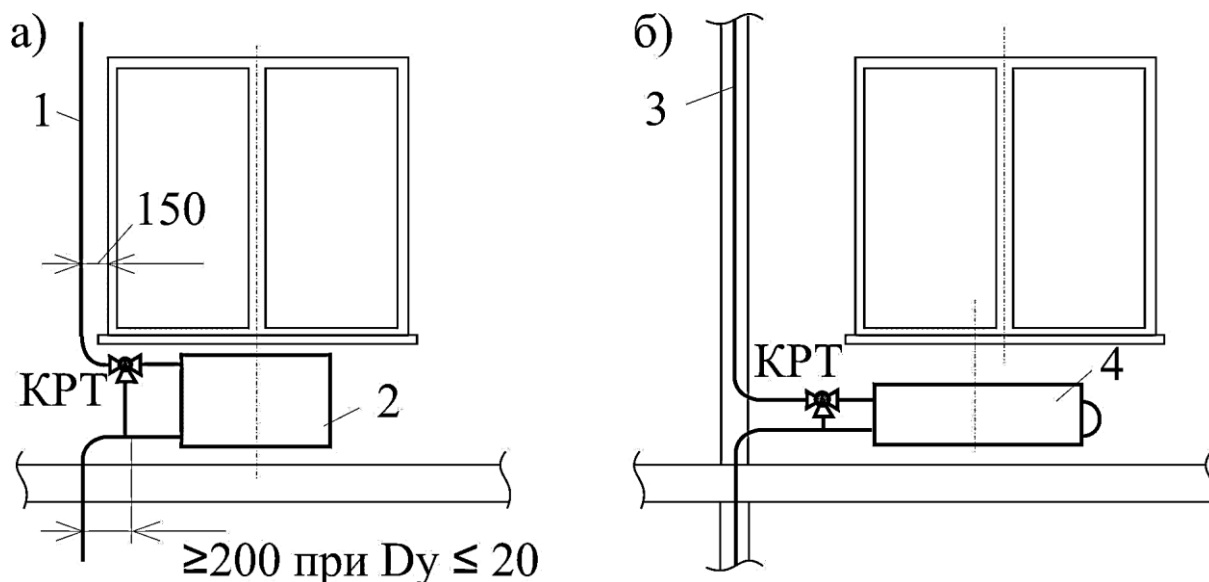


Рисунок 2.19. Этажестояки вертикальной однетрубной системы водяного отопления с трехходовыми кранами у приборов:

а) с приоконным размещением стояка и радиатором (вертикальные оси окна и радиатора совпадают); б) с замоноличенным стояком и конвектором (конвектор смещен к стояку от вертикальной оси окна).

1 – приоконный стояк; 2 – радиатор; 3 – замоноличенный стояк; 4 – конвектор

Для некоторых отопительных приборов (например, конвекторов напольного типа) подводки могут прокладываться снизу вверх с изгибом.

Компенсацию удлинения труб в горизонтальных ветвях однетрубных систем предусматривают путем изгиба подводов (добавления уток) с тем, чтобы напряжение на изгиб в отводах труб не превосходило 80 МПа. В ветвях между каждыми пятью-шестью приборами вставляют П-образные компенсаторы, которые рационально размещать в местах пересечения разводящей трубой внутренних стен и перегородок помещений.

В вертикальных системах отопления подводки к приборам в большинстве случаев выполняют напрямую, однако в высоких зданиях делают специальный изгиб подводов к приборам для обеспечения беспрепятственного перемещения труб стояка при удлинении.

При длинных гладкотрубных приборах, а также при последовательной установке нескольких приборов другого типа, (например, “на сцепке”) необходимо также специальный изгиб подводов для компенсации температурного удлинения приборов и труб. Неполная компенсация удлинения труб приводит при эксплуатации системы к возникновению течи в резьбовых соединениях, а иногда даже к излому труб и арматуры.

Размещение стояков - соединительных труб между магистралями и подводками - зависит от положения магистралей и размещения подводов к отопительным приборам. Обязательным является обособление стояков для отопления лестничных клеток, а также расположение стояков в наружных углах помещений. При размещении остальных стояков исходят из

необходимости сокращать их число, длину и диаметр труб для экономии металла.

Кроме того, конструкция стояков должна способствовать унификации деталей для индустриализации процесса заготовки и уменьшения трудоемкости монтажа системы отопления.

Задача размещения стояков неотделима от выбора вида системы отопления для конкретного здания. В целом однотрубные системы при выполнении перечисленных рекомендаций имеют преимущество перед двухтрубными.

Стояки, как и отопительные приборы, располагают преимущественно у наружных стен - открыто (на расстоянии 35 мм от поверхности стен до оси труб $D_y \leq 32$ мм) либо скрыто в бороздах стен или массиве стен и перегородок (см. рисунок 2,19, б). При скрытой прокладке теплопроводов в наружных стенах теплотери больше, чем при открытой прокладке, поэтому обычно принимаются меры для уменьшения теплотерь.

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

Компенсация удлинения стояков в малоэтажных зданиях обеспечивается естественными их изгибами в местах присоединения к подающим магистралям (рисунок 2.20, а). В более высоких 4...7-этажных зданиях однотрубные стояки изгибают не только в местах присоединения к подающей, но и к обратной магистрали (рисунок 2.20, б, в).

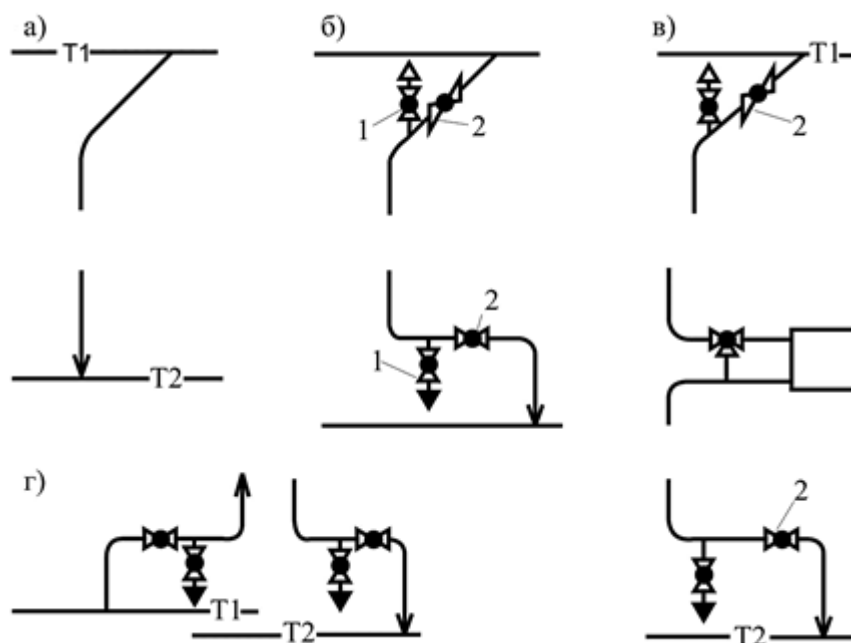


Рисунок 2.20. Схемы присоединения стояков к магистралям систем водяного отопления зданий различной этажности: а) двух-трехэтажных; б) четырех-семиэтажных при верхней разводке; г) то же при нижней разводке; в) восьмиэтажных и более высоких.

1 — спускной кран (проходной или шаровой, внизу — со штуцером для подключения водоотводящего шланга); 2 — запорный (проходной или шаровой) кран

В зданиях, имеющих более семи этажей, таких изгибов труб недостаточно, и для компенсации удлинения средней части стояков применяют дополнительные изгибы с отнесом отопительных приборов от оси стояка (рисунок 2.20, в). Иногда используют П-образные компенсаторы, и тогда трубы между компенсаторами в отдельных точках закрепляют - устанавливают неподвижные опоры. Для компенсации удлинения каждого этажестояка в однетрубных системах используют изгибы труб с "плечом" при низкотемпературной воде не менее 200 мм (см. рисунок 2.19, а).

В местах пересечения междуэтажных перекрытий трубы заключают в гильзы для обеспечения свободного их движения.

В 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 (рисунок 2.21, а). Так же размещают магистрали при стояках, находящихся у внутренних стен здания. В гражданских зданиях шириной более 9 м рационально использовать две разводящие магистрали вдоль каждой

фасадной стены. При этом не только сокращается протяженность труб, но и становится возможным эксплуатационное регулирование теплоподачи отдельно для каждой стороны здания – так называемое “пофасадное” регулирование (рисунок 2.21, б).

Магистральи систем отопления гражданских зданий и вспомогательных зданий промышленных предприятий размещают, как правило, в чердачных и технических помещениях. В чердачных помещениях магистральи подвешивают на расстоянии 1-1,5 м от наружных стен (рисунок 2.21, б, в) для удобства монтажа и ремонта, а также для обеспечения при изгибе стояков естественной компенсации их удлинения. В подвальных помещениях, в технических этажах и подпольях, а также рабочих помещениях магистральи для экономии места укрепляют на стенах (см. рисунок 2.21). В северной строительно-климатической зоне прокладка магистралей в чердачных помещениях и проветриваемых подпольях зданий не допускается.

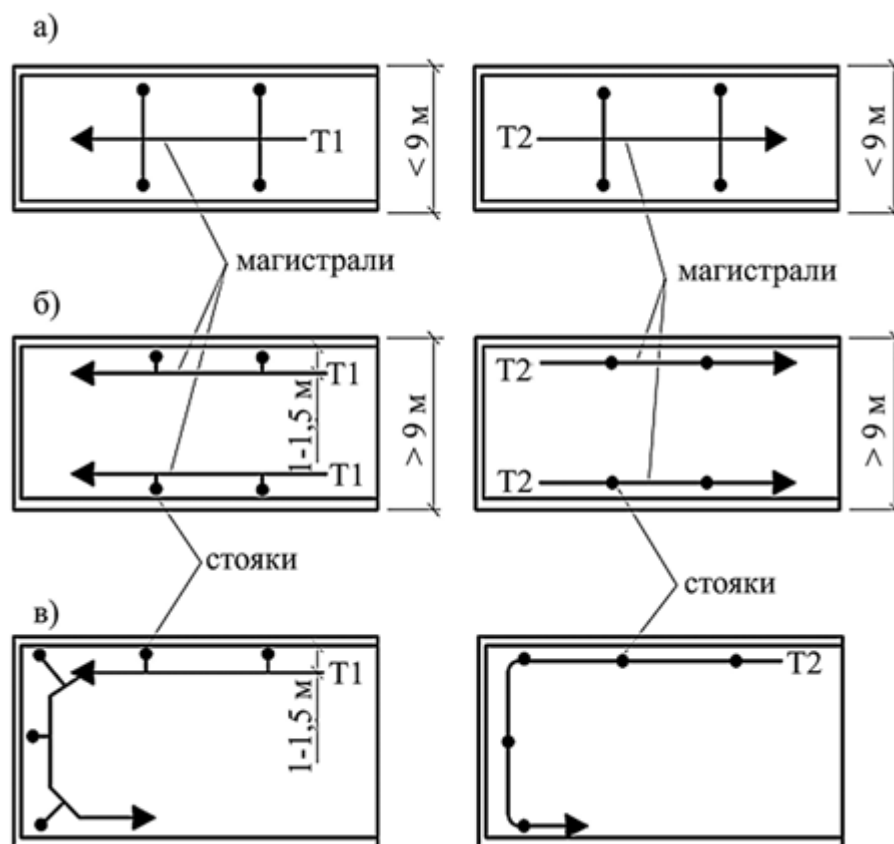


Рисунок 2.21. Размещение магистралей систем отопления в чердачных (слева), подвальных и технических (справа) помещениях зданий:

а) в зданиях шириной ≤ 9 м; б) в зданиях шириной > 9 м при тупиковом движении теплоносителя в магистралях; в) то же при попутном движении

В гражданских зданиях повышенной этажности, особенно в высотных, магистрали систем отопления размещают вместе с инженерным оборудованием других видов на специальных технических этажах.

При размещении магистралей требуется обеспечивать свободный доступ к ним для осмотра, ремонта и замены в процессе эксплуатации систем отопления, а также компенсацию температурных деформаций.

Компенсация удлинения магистралей выполняется, прежде всего, естественными их изгибами, связанными с планировкой здания, и только прямые магистрали значительной длины, особенно при высокотемпературном теплоносителе, снабжают П-образными компенсаторами. При проектировании компенсаторов неподвижные опоры размещают таким образом, чтобы тепловое удлинение участков магистралей между опорами не превышало 50 мм. Расстояние между промежуточными подвижными опорами выбирают исходя из предельного напряжения на изгиб 25 МПа, возникающего в металле трубы при просадке одной из опор.

Магистрали систем водяного и парового отопления редко прокладывают строго горизонтально - только в тех случаях, когда это необходимо по местным условиям, обеспечивая повышенную скорость движения теплоносителя. Как правило, трубы монтируют с отклонением от горизонтали - **уклоном**.

В системах водяного отопления уклон горизонтальных магистралей необходимо для отвода в процессе эксплуатации скоплений воздуха (в верхней части систем), а также для самотечного спуска воды из труб (в нижней их части).

Строго горизонтальная прокладка магистралей $D_y > 50$ мм, как и ветвей горизонтальных систем, допустима при скорости движения воды более 0,25 м/с (для уноса скоплений воздуха).

Магистрали верхней разводки рекомендуется монтировать с уклоном против направления движения воды (рисунок 2.22, а) для того, чтобы

использовать подъемную силу совместно с силой течения воды для удаления воздуха. В гравитационных системах допускается прокладка магистралей с уклоном по движению воды (рисунок 2.22, б). Подобная прокладка в насосных системах возможна только при значительном уклоне труб, когда подъемная сила, действующая на пузырьки воздуха, будет преобладать над силой течения воды.

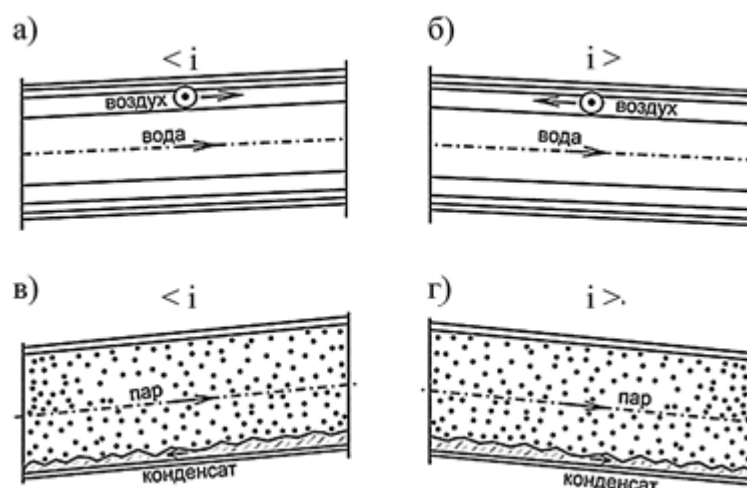


Рисунок 2.22. Направления движения теплоносителя и уклона труб
в системах отопления:

а) и б) — рекомендуемые и допустимые для водяных магистралей верхней разводки;
в) и г) — рекомендуемые и допустимые для паропроводов

Нижние магистрали 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 крепления при монтаже придавать им уклон в одном и том же направлении.

В системах парового отопления уклон горизонтальных магистралей 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 вследствие теплотерь через стенки труб (рисунок 2.22, г).

Встречное движение пара и конденсата в одной и той же трубе сопровождается шумом и гидравлическими ударами. Поэтому уклон паропроводов против направления движения пара (рисунок 2.22, в) нежелателен и допустим в исключительных случаях.

Самотечные конденсатопроводы, естественно, имеют уклон в сторону стока конденсата. Напорным конденсатопроводам уклон придается в произвольном направлении лишь для спуска конденсата при опорожнении труб.

Рекомендуемый нормальный уклон магистралей i , мм/м: водяных в насосных системах, паровых и напорных конденсатных 0,003 (3 мм на 1 м длины труб), хотя в необходимом случае уклон может быть уменьшен до 0,002. Минимальный уклон водяных подающих магистралей гравитационных систем, самотечных конденсатных магистралей 0,005; паропроводов, имеющих уклон против движения пара, 0,006; водяных магистралей верхней разводки насосных систем с уклоном по движению воды 0,01 (10 мм/м).

Присоединение теплопроводов к отопительным приборам может быть с одной стороны (**одностороннее**) и с противоположных сторон приборов (**разностороннее**). При разностороннем присоединении возрастает коэффициент теплопередачи приборов. Однако конструктивно рациональнее устраивать одностороннее присоединение и его в первую очередь применяют на практике.

На рисунке 2.23 изображены основные приборные узлы трех типов, применяемых в вертикальных однетрубных системах водяного отопления, и приборный узел, используемый в двухтрубных системах водяного и парового отопления. Все приборные узлы показаны с односторонним присоединением теплопроводов к приборам.

В приборном узле первого типа (рисунок 2.23, а), называемом **проточным** (поэтому и стояк с такими узлами называют **проточным**), отсутствует кран для регулирования расхода теплоносителя. Проточные приборные узлы, наиболее

простые по конструкции, устраиваются не только в случае, когда не требуется индивидуальное регулирование теплоотдачи приборов, но и при применении конвекторов с кожухом, имеющих воздушные клапаны для такого регулирования. Проточные приборные узлы характеризуются тем, что расход теплоносителя в каждом приборе стояка равен его расходу в стояке в целом.

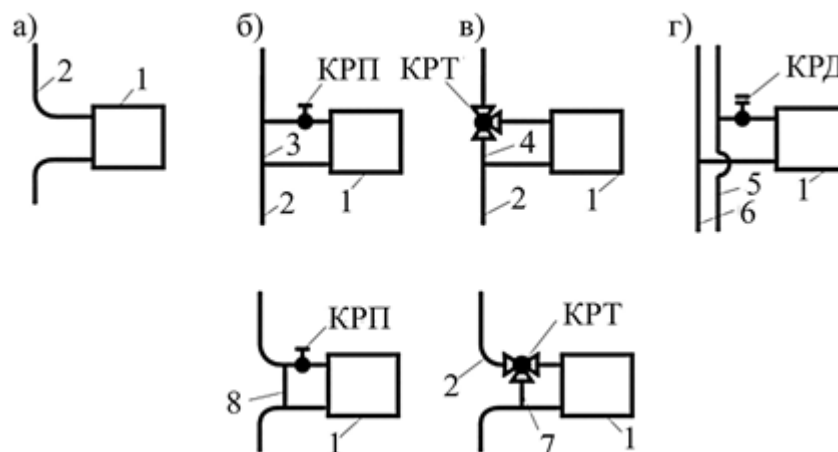


Рисунок 2.23. Одностороннее присоединение труб к отопительному прибору вертикальных систем отопления:

а), б), в) – однотрубная система; г) – двухтрубная система.

1 — отопительные приборы; 2 — однотрубные стояки; 3 — осевой замыкающий участок;
4 — осевой обходной участок; 5 и 6 — подающая и обратная трубы двухтрубного стояка;
7 — смещенный обходной участок; 8 — смещенный замыкающий участок

В приборных узлах второго типа (рисунок 2.23, б), называемых узлами с **замыкающими участками**, на подводках со стороны входа теплоносителя помещаются **проходные** регулирующие краны (типа КРП). В таких узлах часть общего расхода теплоносителя в стояке минует приборы: вода постоянно протекает через замыкающие участки. Замыкающие участки могут располагаться по оси стояка, и тогда они именуются **осевыми** (см. на рисунок 2.23, б сверху), а также смещение по отношению к оси стояка, называясь **смещенными** (см. на рисунок 2.23, б внизу). Для приборных узлов с замыкающими участками характерно, что расход теплоносителя в приборах всегда меньше общего расхода теплоносителя в стояках, а расход

теплоносителя в замыкающих участках может возрасти до максимального по мере закрывания (при регулировании) регулирующего крана у прибора.

Приборные узлы третьего типа (рисунок 2.23, в) с **трехходовыми** регулирующими кранами (типа КРТ) и **обходными** участками (также осевыми или смещенными) носят название **проточно-регулируемых**. Их особенностью является обеспечение полного протекания теплоносителя из стояка в каждый отопительный прибор (как в проточных узлах). В этих (расчетных) условиях обходные участки полностью перекрываются кранами. Вместе с тем, в процессе эксплуатации можно уменьшать расход теплоносителя в каждом отдельном отопительном приборе (как в узлах с замыкающими участками), перепуская теплоноситель через обходной участок при помощи регулирующего трехходового крана (вплоть до полного отключения прибора). Таким образом, в проточно-регулируемых узлах сочетаются достоинства узлов двух других типов - и проточного, и с замыкающим участком.

Приборные узлы с односторонним присоединением труб применяют как в вертикальных, так и в горизонтальных однотрубных системах водяного отопления. В горизонтальных однотрубных ветвях чаще используют проточные узлы и узлы с замыкающими участками и кранами типа КРП.

В двухтрубных стояках систем водяного и парового отопления каждый отопительный прибор присоединяют отдельно к подающей и к обратной трубам (рисунок 2.23, г). По подающей трубе подводится горячая вода или пар, по обратной - отводится охлажденная вода или конденсат от приборов.

В приборных узлах двухтрубных стояков для регулирования количества теплоносителя используют при водяном отоплении краны **двойной регулировки** (типа КРД), а при паровом отоплении - **паровые вентили**.

При вертикальных однотрубных стояках с односторонним присоединением труб к отопительным приборам можно принять единую длину подводов ($l = \text{const}$, рисунок 2.24, а, б) и короткие подводы ($l \leq 500$ мм) выполнять горизонтальными (без уклона). Подобная унификация приборного

узла со смещенным обходным участком и трехходовым краном (рисунок 2.24, а) или со смещенным замыкающим участком и проходным краном (рисунок 2.24, б) способствует организации потока при заготовке и сборке его деталей на заводе и значительно ускоряет монтаж системы отопления.

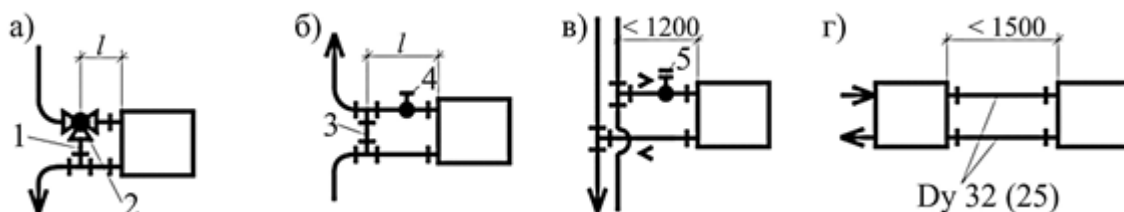


Рисунок 2.24. Унифицированное присоединение труб к отопительным приборам вертикальных систем отопления:

а), б) однотрубная система; в) двухтрубная система; г) «сцепка» двух приборов.

1 — смещенный обходной участок; 2 — кран типа КРТ; 3 — смещенный замыкающий участок; 4 — кран типа КРП; 5 — кран типа КРД

При двухтрубных стояках рациональна длина подводок к отопительным приборам, не превышающая 1,25 м (рис. 2.24, в). При большем расстоянии от стояка до приборов целесообразно устанавливать дополнительный стояк. Уклоны подающей и обратной подводок к приборам предусматривают в сторону движения теплоносителя (см. рис. 2.24, в). Их принимают равными 5...10 мм на всю длину подводки.

При одностороннем присоединении труб не рекомендуется чрезмерно укрупнять секционные радиаторы - группировать более 25 секций (15 в системах с естественным движением воды) в один прибор, а также соединять на "сцепке" (рис. 2.24, г) более двух радиаторов. Соединение на "сцепке" допускается только для приборов, расположенных в одном помещении, причем диаметр соединительных труб должен соответствовать диаметру входного отверстия прибора (не менее D_{y25} или 32 мм).

Разностороннее присоединение труб к прибору применяют в тех случаях, когда горизонтальная обратная магистраль или конденсатопровод системы находится непосредственно под прибором (рис. 2.25, а) или когда прибор

устанавливают ниже магистралей (рис. 2.25, б). Так же присоединяют подводы при вынужденной установке крупного прибора (рис. 2.25, в) или для соединения нескольких отопительных приборов (рис. 2.25, г).

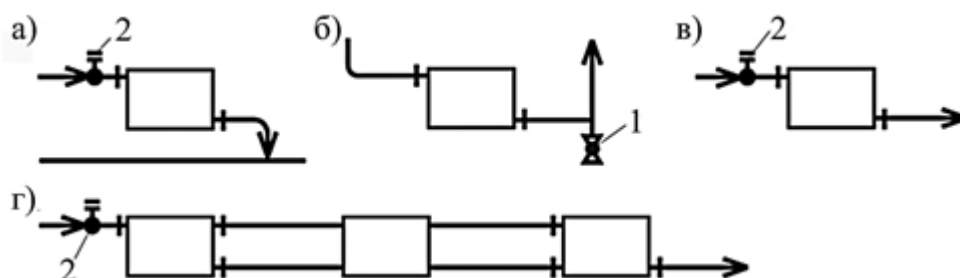


Рисунок 2.25. Разностороннее присоединение труб к отопительным приборам при движении теплоносителя в приборах сверху вниз:

а) и б) в обратную магистраль под прибором и над прибором; в) для прибора значительной длины; г) при соединении нескольких приборов.

1 — кран для спуска воды; 2 — регулировочный кран

Направление движения теплоносителя воды в приборах однотрубных стояков возможно **сверху-вниз** и **снизу-вверх**, причем в последнем случае (см. рис. 2.25, б) замыкающие участки смещают, как правило, от оси стояков для увеличения количества воды, протекающей через приборы. Кроме того, при смещенных обходных или замыкающих (см. рис. 2.25, а, б) участках удлинение нагреваемых труб воспринимается изогнутыми участками однотрубных стояков в пределах каждого этажа без применения специальных компенсаторов.

В приборах двухтрубных стояков чаще всего предусматривают движение теплоносителя по схеме сверху-вниз (см. рис. 2.25, в).

Присоединение труб к прибору, создающее движение воды в нем по схеме **снизу-вниз**, характерно для горизонтальной однотрубной системы (рис. 2.26, а). Так же присоединяют верхние приборы вертикальных систем отопления с нижним расположением обеих магистралей (с нижней разводкой). Если в двухтрубных стояках с местным удалением воздуха из приборов (рис. 2.26, б) так поступают почти всегда, то в однотрубных стояках (рис. 2.26, в) - только при местных котельных (при наполнении и подпитке системы холодной водой

из водопровода, содержащей значительное количество растворенного воздуха). При наполнении и подпитке системы обезвоздушенной ("деаэрированной") водой из наружной теплофикационной сети для присоединения верхних приборов в однотрубных стояках применяют унифицированные приборные узлы (рис. 2.26, з) с односторонним подключением труб.

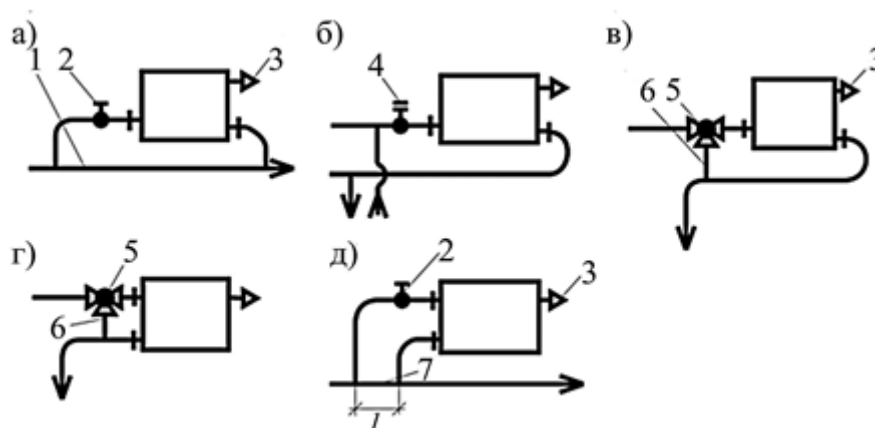


Рисунок 2.26. Присоединение труб к отопительным приборам систем водяного отопления:
 а) к горизонтальной однотрубной с замыкающим участком ветви; б) и в) к верхним приборам в стояках с нижним расположением обеих магистралей (с нижней разводкой) соответственно двухтрубном и однотрубном проточно-регулируемом; г) и д) при деаэрированной воде соответственно в однотрубном проточно-регулируемом стояке (верхние приборы) и горизонтальной однотрубной с замыкающими участками ветви.

1 — осевой замыкающий участок; 2 — кран типа КРП; 3 — воздушный кран; 4 — кран типа КРД; 5 — кран типа КРТ; 6 — смещенный обходной участок; 7 — редуцирующая вставка

При использовании деаэрированной воды в горизонтальной однотрубной системе возможно применение схемы движения воды в приборах сверху-вниз и, как говорят, "обвязки" приборов с замыкающим участком постоянной длины l , включающим диафрагму (рис. 2.44, д), - так называемой редуцирующей вставкой.

3.3. Запорно-регулирующая арматура

По принципу присоединения к теплопроводам запорно-регулирующую и запорную арматуру подразделяют на муфтовую, фланцевую, под приварку, межфланцевую, штуцерную и цапковую. Как правило, в системах отопления

для возможности ремонта самой арматуры и частей системы применяют муфтовую, или фланцевую. При условном диаметре теплопровода ниже Ду 40 мм в основном применяют муфтовую арматуру (с резьбой на концах для соединения с трубой), а фланцевую (с фланцами на концах) на трубах большего диаметра (условный диаметр Ду 50 мм и выше).

Арматура на подводках к приборам систем **водяного** отопления, как известно, различна. В двухтрубных стояках применяют краны, обладающие повышенным гидравлическим сопротивлением, в однетрубных стояках – пониженным сопротивлением протеканию теплоносителя. В первом случае повышение гидравлического сопротивления кранов делается для равномерности распределения теплоносителя – воды по отопительным приборам. Во втором - понижение сопротивления способствует затеканию в приборы большего количества воды, что повышает среднюю температуру теплоносителя в них и, следовательно, обеспечивает уменьшение их площади.

У приборов **двухтрубных** систем водяного отопления, как правило, устанавливают краны двойной регулировки. В малоэтажных зданиях применяют обычные краны двойной регулировки, в многоэтажных – дроссельные краны повышенного гидравлического сопротивления.

Распространенные ранее краны двойной регулировки с полый пробкой обладали существенными недостатками: сравнительно малым сопротивлением и нерациональной (круто изогнутой) "кривой дросселирования". Малая "глубина" дросселирования не позволяла осуществлять этими кранами эффективного пуско-наладочного (после окончания монтажных работ) регулирования распределения воды по приборам - "первую регулировку". Пробка через короткий промежуток времени после установки нового крана "прикипала" к корпусу, что практически исключало "вторую регулировку" – эксплуатационное пользование кранами.

Более современные краны повышенного гидравлического сопротивления типа "Термис" (рис. 2.27) с восемью возможными положениями клапана для

монтажной регулировки не имеют недостатков кранов с полый пробкой. Возрастание величины дросселирования у них пропорционально степени закрытия отверстия для протекания воды. Эти краны вентильного типа долго сохраняют работоспособность. Наличие патрубка с наружной резьбой 1 и соединительной гайки 2 дает возможность достаточно быстро устанавливать этот кран непосредственно на отопительный прибор без применения используемого ранее в этом случае “сгона” – отрезка трубы с короткой и длинной резьбой на его концах. Следует отметить, что в настоящее время подобная конструкция применяется для большинства запорно-регулирующих устройств, выпускаемых двух типов: “прямой”, применяемый при открытой, и “угловой” - при скрытой прокладке теплопроводов.

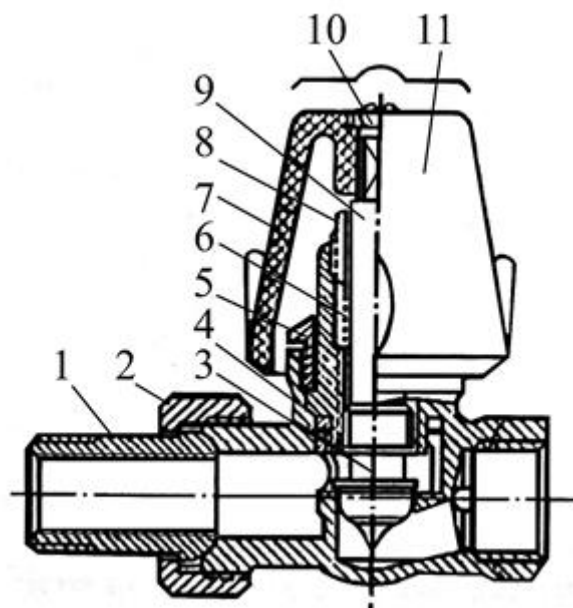


Рисунок 2.27. Кран двойной регулировки типа «Термис»:

- 1 — патрубок с наружной резьбой; 2 — соединительная гайка; 3 — клапан;
 4 — корпус; 5 — гайка крышки; 6 — сальниковая набивка; 7 — крышка;
 8 — гайка уплотнителя шпинделя; 9 — шпиндель; 10 — винт; 11 — маховик

Монтажная регулировка, проводимая вручную перед сдачей системы отопления в эксплуатацию, требует значительных затрат времени опытных наладчиков. С тем чтобы избежать проведения монтажной регулировки двухтрубных систем применяют регулирующие краны повышенного

гидравлического сопротивления с дросселирующим устройством. В таких кранах имеется дросселирующая диафрагма с заранее выбранным диаметром отверстия, единым для всей конкретной системы отопления. Диафрагма сочетается в кранах с клапаном вентильного типа, причем клапан на конце снабжен иглой для прочистки диафрагмы. Калиброванная конусная диафрагма (диаметром 3-6 мм), расположенная в седле корпуса вентиля, создает сопротивление протеканию воды, достаточное для требуемого ее распределения между приборами системы отопления. Игольчатый клапан кроме прочистки диафрагмы обеспечивает эксплуатационную регулировку теплоотдачи прибора, а также может плотно закрывать кран.

У приборов **однотрубных** систем водяного отопления устанавливают два вида кранов - краны типов КРП и КРТ. Если приборные узлы делаются с постоянно проточными замыкающими участками, то применяются проходные краны типа КРП. Такие краны выпускаются двух типов: шиберные краны типа КРПШ и краны с плоской поворотной заслонкой. Шиберные краны типа КРПШ схожи с кранами типа КРДШ, но не имеют втулки для монтажной регулировки (не нужной для приборов однотрубных систем отопления). Краны рассчитаны на условное давление 1 МПа и температуру регулируемой среды (воды) до 150 °С. Коэффициент местного сопротивления кранов - 2,5...3. Конструкция кранов допускает их правое и левое использование.

Если приборные узлы делаются с обходными участками, предназначенными для частичного или полного выключения отопительных приборов, то применяются трехходовые краны типа КРТ. Краны типа КРТП универсальны по конструкции - они могут устанавливаться на верхних и нижних подводках, с подачей теплоносителя справа и слева (краны собираются для подачи теплоносителя справа, но легко могут быть перемонтированы для подачи воды слева). Заслонка крана может занимать различное положение (определяется при снятой рукоятке по срезу - лыске на торце шпинделя

заслонки) и регулировать количество воды, протекающей через отопительный прибор.

На рис. 2.28 представлена схема действия трехходового крана при движении воды по однетрубному проточно-регулируемому стояку снизу вверх. Если заслонка закрывает отверстие в кране, обращенное к обходному участку (рис. 2.28, а), то вода из стояка целиком протекает в подводку и далее через прибор. Это положение заслонки соответствует расчетному, а следовательно, и монтажному положению при сдаче однетрубной системы в эксплуатацию. Промежуточное положение заслонки в корпусе трехходового крана при проведении эксплуатационного регулирования теплопередачи показано на рис. 2.28, б, и положение заслонки при выключении прибора - на рис. 2.28, в. На заслонке имеется выступ, входящий в выемку на дне корпуса крана (см. рис. 2.27), ограничивающий поворот заслонки только на 90°. Положение заслонки в корпусе в эксплуатационных условиях соответствует положению дуговой стрелки, нанесенной на крышку крана.

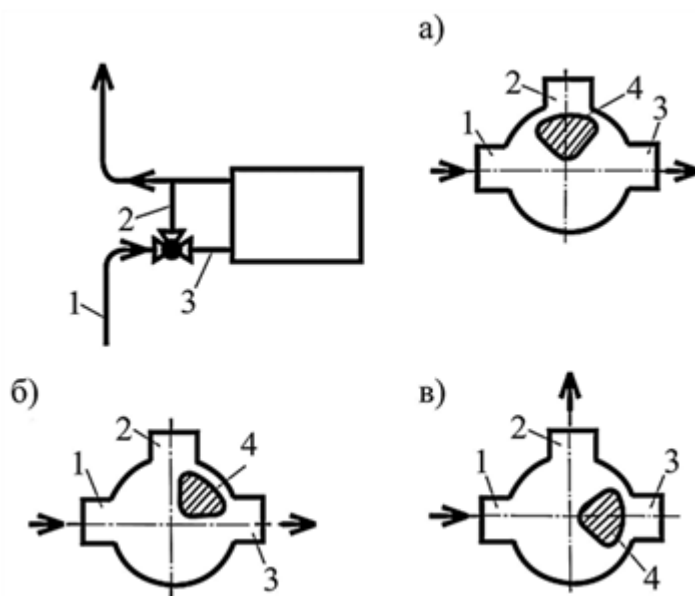


Рисунок 2.28. Регулирование расхода воды в отопительном приборе трехходовым краном:

а) вода из однетрубного стояка полностью протекает в прибор через подводку (заслонка в кране закрывает обходной участок); б) вода частично затекает в прибор; в) вода обходит прибор (заслонка закрывает подводку), протекает полностью в обходной участок и далее в стояк.

1 — однетрубный стояк; 2 — обходной участок; 3 — подводка; 4 — заслонка

В последние годы для индивидуального регулирования теплоотдачи отопительных приборов систем водяного отопления применяются термоклапаны – устройства, обеспечивающие автоматическое изменение расхода теплоносителя через прибор. Термоклапан состоит из регулирующего крана и специальной термоголовки – единой конструкции, работающей, как регулятор прямого действия (рис. 2.29).

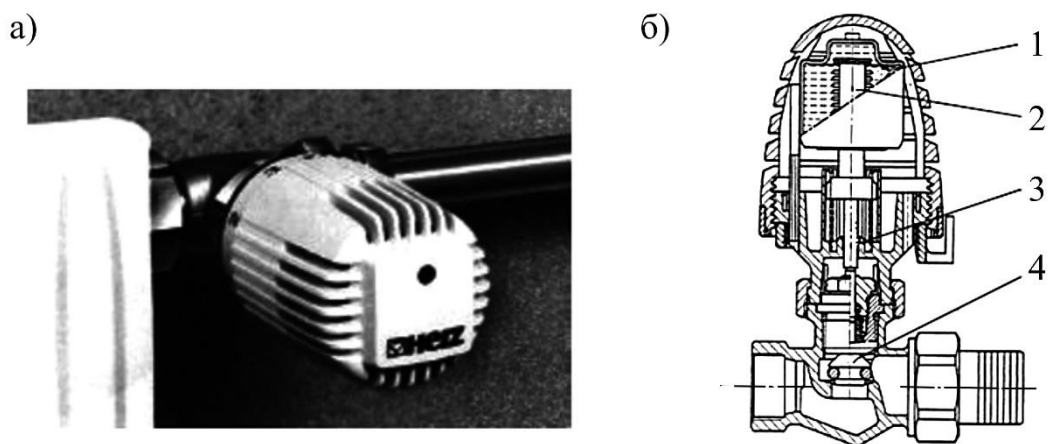


Рис. 2.29. Термоклапан с автоматическим регулированием:

*а – установка термоклапана на отопительном приборе; б – устройство термоклапана; 1 – сильфон;
2 – настроечная пружина; 3 – шток клапана;
4 – золотник клапана*

Принцип работы регулятора прямого действия основан на изменении объема среды, заполняющей встроенный в термоголовку баллон (сильфон), при повышении или понижении ее температуры. Изменение объема среды – термореактивного материала (например газе) непосредственно вызывает перемещение клапана регулятора в потоке теплоносителя.

. В некоторых конструкциях регуляторов сильфон частично наполнен легкоиспаряющейся жидкостью. Если давление паров жидкости в сильфонной камере изменяется, то возникающее растяжение или сжатие сильфона вызывает перемещение клапана регулятора.

Термоклапаны выпускаются с пониженным (для однетрубных систем отопления) и повышенным (для двухтрубных систем) гидравлическим

сопротивлением. Конструкция последних, как правило, обеспечивает не только эксплуатационное, но и монтажное регулирование систем.

Обеспечить монтажное регулирование систем водяного отопления можно также при установке на обратной подводке отопительного прибора специального запорно-регулирующего крана. Его можно использовать и для отключения отдельного прибора, например, при необходимости его аварийной замены без остановки системы отопления в целом. Запорно-регулирующий шток крана скрыт под защитной крышкой, так как он не предназначен для эксплуатационного регулирования отопительного прибора.

На **подводках к приборам** систем **парового** отопления во избежание “прикипания” пробки краны заменяют вентилями с золотником без уплотнительного кольца, хотя гидравлическое сопротивление и шумовая характеристика их значительно превышают аналогичные показатели кранов.

В системах отопления возможна установка общего регулирующего крана на трубе, подающей теплоноситель к группе отопительных приборов, расположенных в одном помещении.

Арматура на стояках предназначена для полного отключения отдельных стояков, если требуется проводить ремонтные и другие работы во время отопительного сезона. Арматуру для тех же целей помещают в начале и конце каждой ветви горизонтальных систем отопления.

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

В многоэтажных зданиях на стояках систем отопления устанавливают запорные проходные (пробочные) или шаровые краны и вентили. Следует отметить, что за последнее время шаровые краны различного диаметра практически вытеснили другую подобную запорную арматуру. Объясняется

это, прежде всего, их высокой надежностью (безотказностью в работе и долговечностью). Краны используют при температуре теплоносителя воды до 115 °С и небольшом гидростатическом давлении в системе.

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

Арматура на магистралях необходима для отключения отдельных частей системы отопления. В качестве такой арматуры используют муфтовые проходные или шаровые краны и вентили, а также фланцевые задвижки на трубах крупного калибра ($D_y \geq 50$ мм). В пониженных местах на магистралях устанавливают спускные краны, в повышенных местах водяных магистралей - воздушные краны или воздухооборники.

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

На вертикальных участках воздушных труб систем водяного отопления с нижней разводкой предусматривают арматуру (проходные или шаровые краны) в тех случаях, когда предусмотрена установка запорных кранов на самих стояках.

3.4. Удаление воздуха из системы отопления

В системах центрального отопления, особенно водяного, скопления воздуха (точнее газов) нарушают циркуляцию теплоносителя и вызывают шум и коррозию. Воздух в системы отопления попадает различными путями: частично остается в свободном состоянии при заполнении их теплоносителем, подсасывается в процессе эксплуатации неправильно сконструированной системы, вносится водой при заполнении и эксплуатации в растворенном

(точнее, в поглощенном, абсорбированном) виде. В системе с деаэрированной водой возможно появление водорода с примесью других газов.

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

Подсоса воздуха можно избежать путем создания избыточного давления в неблагоприятных точках системы.

При эксплуатации систем отопления с деаэрированной водой в течение отопительного сезона при сравнительно малой коррозии стальных труб и оборудования могут появиться значительные скопления водорода. В воде происходит медленная ионная химическая реакция с образованием гидрата закиси железа $\text{Fe}(\text{OH})_2$. В горячей воде гидрат закиси железа превращается в окалину - магнетит (осадок, имеющий вид черной жирной грязи) с выделением водорода:



При коррозии, например, 1 см^3 железа выделяется 1 л водорода.

Форма газовых 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 форму.

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

В горизонтальных и наклонных трубах пузырьки газа занимают верхнее положение. Мельчайшие пузырьки задерживаются в нишах шероховатой поверхности труб. Более крупные пузырьки (объемом $0,1 \text{ см}^3$ 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 газовых скоплений,

пузырьки 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 газоводяная эмульсия.

Направление движения пузырьков свободного воздуха в воде зависит от соотношения действующих на них сил - подъемной архимедовой силы и силы сопротивления движению.

В системах с верхней разводкой необходимо обеспечивать движение свободных газов к точкам их сбора. Точки сбора газов (и удаления их в атмосферу) следует назначать в наиболее высоко расположенных местах систем. Скорость движения воды в точках сбора должна быть менее 0,1 м/с, а длина пути движения воды с пониженной скоростью выбрана с учетом всплывания пузырьков и скопления газов для последующего их удаления. С этой магистралью придают определенный уклон в желательном направлении и устанавливают проточные воздухоборники (рис. 2.30) - вертикальные или горизонтальные.

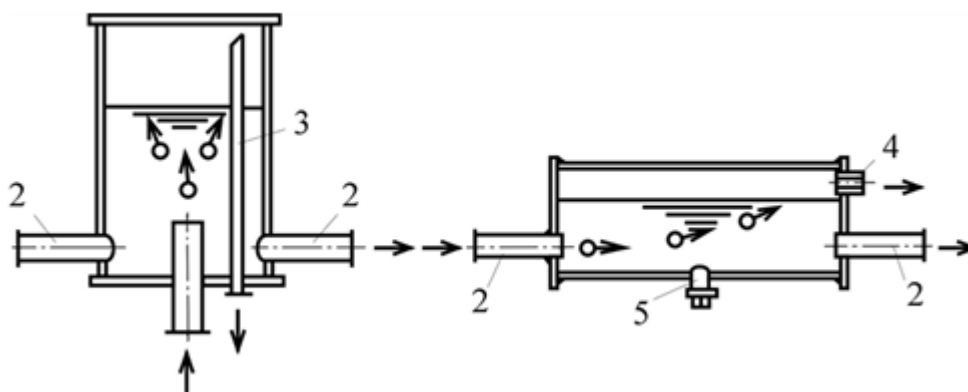


Рисунок 2.30. Проточные воздухоборники:

а) вертикальный на главном стояке; б) горизонтальный на верхней магистрали.

1 — главный стояк; 2 — подающая магистраль; 3 — труба Ду15 (с краном) для выпуска воздуха; 4 — муфта Ду15 для воздуховыпускной трубы; 5 — муфта Ду15 с пробкой для удаления грязи

Из воздухоборников газы удаляются в атмосферу периодически при помощи ручных спускных кранов или автоматических воздухоотводчиков (рис. 2.31).

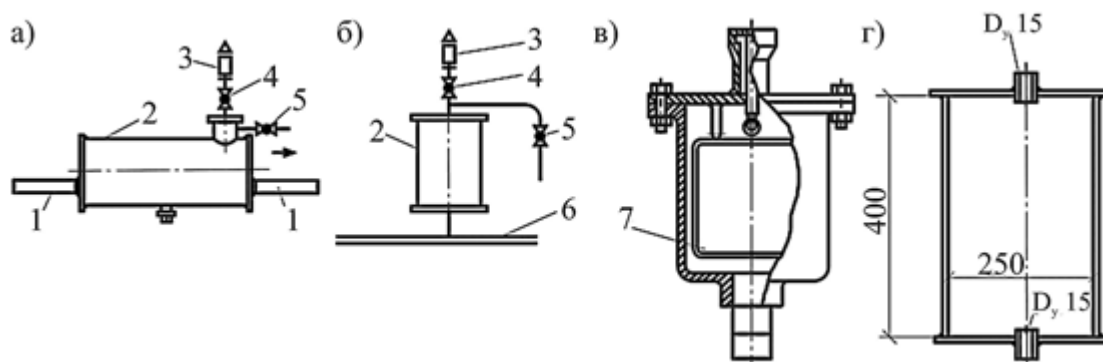


Рисунок 2.31. Схемы установки воздухоборников и воздухоотводчиков:

- а) с горизонтальным проточным воздухоборником; б) с вертикальным непроточным воздухоборником; в) автоматический воздухоотводчик;
г) непроточный воздухоборник.

1 — верхняя магистраль; 2 — воздухоборник; 3 — автоматический воздухоотводчик; 4 — запорный кран; 5 — ручной воздуховыпускной кран; 6 — воздушная линия; 7 — поплавок

В большинстве известных конструкций автоматических воздухоотводчиков поплавково-клапанного типа используется внутреннее гидростатическое давление для закрывания клапана (игольчатый затвор или прижимание золотника клапана к седлу воздушной трубки) и вес поплавка для его открывания.

На рис. 2.31, в показан воздухоотводчик с игольчатым затвором. Если в пространстве между корпусом и поплавком собирается воздух, то поплавок опускается. При этом игла выходит из затвора и для воздуха открывается выход в атмосферу. Поступающая при этом в корпус вода поднимает поплавок, и игла входит в затвор.

В системах водяного отопления с нижней разводкой обеих магистралей газы, концентрирующиеся в секционных и панельных радиаторах или в греющих трубах конвекторов, установленных на верхнем этаже, удаляют в

атмосферу периодически при помощи воздушных ручных или автоматических кранов или централизованно через специальные воздушные трубы.

Особенно важны мероприятия по сбору и удалению воздушных скоплений при "подпитке" систем водопроводной водой. В этом случае при нижнем расположении магистралей секционные и панельные радиаторы на верхнем этаже присоединяют по схеме снизу-вниз, конвекторы снабжают воздушными кранами на подводке или применяют централизованное удаление воздуха.

При подпитке систем отопления деаэрированной водой небольшие скопления газов в трубах и приборах на верхнем этаже устраняются сами по себе, если предусматривать повышение скорости движения воды в них (0,3 м/с и более). Уносимые при этом газы будут абсорбироваться водой в нижней части стояков - в зоне повышенного гидростатического давления. Это вполне осуществимо в вертикальных однетрубных системах, и тогда возможно одностороннее - по унифицированной схеме - присоединение труб к отопительным приборам на верхнем этаже здания.

Поглощение воздуха водой протекает сравнительно быстро в отопительных приборах на нижних этажах зданий, где растворимость воздуха возрастает благодаря увеличению гидростатического давления. По наблюдениям процесс обезвоздушивания радиаторов, присоединенных к трубам по схеме снизу-вниз, при значительном гидростатическом давлении практически заканчивается в течение 2-3 сут без открывания воздушных кранов. Поэтому при обеспечении достаточной растворимости газов трубы можно присоединять к верхним приборам.

В вертикальных однетрубных системах многоэтажных зданий с П-образными и бифилярными стояками наверху каждого стояка можно устанавливать только один воздушный кран и пользоваться им только при спуске воды из стояка. При наполнении же системы воздух можно удалять в основании нисходящей части стояков путем выдавливания его водой.

В системах парового отопления воздух находится в свободном состоянии. В паропроводах пар вытесняет воздух в нижние части систем к конденсатным трубам. Удельный вес воздуха приблизительно в 1,6 раза больше, чем удельный вес пара: при температуре 100 °С соотношение составляет 9 Н/м³ к 5,7 Н/м³, чем объясняется скопление воздуха над поверхностью конденсата. Так как растворимость воздуха в конденсате незначительная из-за высокой температуры конденсата, воздух остается в свободном состоянии.

В горизонтальных и наклонных самотечных конденсатных трубах воздух перемещается над уровнем конденсата, в напорных конденсатных трубах - в виде пузырьков и водовоздушной эмульсии.

В паровых системах низкого давления воздух удаляют в атмосферу через специальные воздушные трубы.

В паровых системах высокого давления воздух захватывается конденсатом, движущимся с высокой скоростью. Водовоздушная эмульсия по трубам попадает в закрытый конденсатный бак, где воздух отделяется от конденсата и периодически отводится в атмосферу через специальную воздушную трубу.

2.5. Вибрация и шум

Вибрация и шум действующих насосов могут передаваться по отопительным трубам в помещения, если не будут приняты меры по изоляции насосов. В системах водяного отопления рекомендуется, прежде всего, применять малошумные бесфундаментные (закрепляемые непосредственно на трубах) циркуляционные насосы. Однако в системах водяного и парового отопления могут быть применены также более мощные насосы общепромышленного назначения, устанавливаемые на фундаментах. Для устранения вибрации и шума фундаменты таких насосов не связывают с конструкциями помещений и дополняют виброизолирующими амортизаторами. Каждый насос отделяют от отопительных магистралей двумя гибкими виброизолирующими вставками из армированной резины.

Отопительные магистрали в местах прохода через стены и перекрытия помещений снабжают амортизирующими прокладками из резинового полотна. Зазоры между трубами, прокладками и строительными конструкциями заделывают упругой негорючей мастикой.

Указанные мероприятия, а также балансировка рабочего колеса насоса, центровка осей насоса и электродвигателя, акустическая обработка стен и потолка значительно снижают уровень звукового давления в насосном помещении и препятствуют передаче вибрации и шума в окружающие помещения.

В тех случаях, когда вибрация и шум в рабочих помещениях недопустимы даже на низком уровне, насосное помещение устраивают за пределами здания или предусматривают систему отопления с естественной циркуляцией теплоносителя.

Шум также может возникать в системах отопления при движении воды и пара с высокой скоростью. Шум появляется, прежде всего, в местных сопротивлениях - там, где изменяется направление и площадь поперечного сечения с возрастанием скорости потока.

Для того чтобы ограничить уровень возникающего шума понижают скорость движения теплоносителя в трубах перед местными сопротивлениями. Понижение скорости связывают с предельным спектром (ПС) звукового давления, допустимым для помещения, и коэффициентом местного сопротивления (КМС) арматуры. Чем меньше ПС и больше КМС арматуры, тем ниже должна быть максимальная скорость движения теплоносителя в трубе, на которой помещена арматура.

Для зданий различного назначения исходя из требования бесшумности или малошумности действия СП установлены общие ограничения скорости движения воды и пара в теплопроводах систем отопления.

3.5. Изоляция теплопроводов

При перемещении теплоносителя по трубам, проложенным в неотапливаемых помещениях, может значительно понизиться температура горячей воды и бесполезно сконденсироваться часть пара. Возможна также передача в рабочие помещения шума и вибраций, вызываемых действующими насосами. Шум может также возникнуть при движении теплоносителя с чрезмерно высокой скоростью.

Для уменьшения бесполезных тепловых потерь отопительные трубы в неотапливаемых помещениях покрывают **тепловой изоляцией**. Понятно, что большая экономия тепловой энергии достигается при повышении качества тепловой изоляции. Оптимальную толщину слоя находят путем технико-экономического расчета. Практически толщину слоя изоляции определяют исходя из его термического сопротивления не менее $0,86 \text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{м}^2/\text{Вт}$ для труб $D_y \leq 25 \text{ мм}$ и $1,22 \text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{м}^2/\text{Вт}$ для труб $D_y > 25 \text{ мм}$.

Качество тепловой изоляции оценивается ее КПД:

$$\eta_{\text{из}} = (Q_{\text{тр}} - Q_{\text{из}}) / Q_{\text{тр}}, \quad (3.11)$$

выражающим отношение тепловой энергии, сэкономленной при наложении изоляции $(Q_{\text{тр}} - Q_{\text{из}})$, к тепловым потерям неизолированной трубой $Q_{\text{тр}}$.

В современных конструкциях тепловой изоляции при использовании материалов теплопроводностью до $0,1 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$ оптимальная толщина слоя обеспечивает КПД изоляции, близкий к 0,8.

Тепловую изоляцию труб применяют, кроме того, в местах, где возможно 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 тепловых потерь 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).

Различают следующие конструкции тепловой изоляции:

- мастичную, наносимую на трубу вручную;
- набивную или засыпную под каркас из сетки или в канал;
- оберточную из лент, жгутов и матов;
- сборную из штучных трубоподобных элементов, скорлуп и сегментов;
- литую, наносимую на трубу механизированным способом.

Конструкции изоляции перечислены в порядке, соответствующем уменьшению затрат ручного труда при производстве работ.

Наиболее распространенные в настоящее время оберточная и, особенно, сборная конструкции изоляции. Последняя, чаще всего, производится из специальной губчатой резины или пенопласта и выпускается в соответствии с существующим сортаментом труб со стандартным внутренним диаметром. Для труб большого диаметра, применяемых, например, в системах городского теплоснабжения, часто применяют литую тепловую изоляцию (например, из пенобетона), наносимую на трубы в заводских условиях.

При выборе конструкции предпочтение отдается теплоизоляционным материалам - экономичным, надежным в эксплуатации, позволяющим сокращать затраты труда при монтаже.

Теплоизоляционная конструкция помимо основного изоляционного слоя и крепежных элементов (если они необходимы) имеет покровно-защитный слой, придающий изоляции правильную форму и защищающий ее от внешних механических повреждений. Защитный слой может быть штукатурным или листовым (из алюминиевой фольги и т.п.).

При наличии нескольких изолированных труб в одном помещении на поверхности защитного слоя делаются цветовые обозначения для каждой трубы.