

## **Часть 2. Основные элементы систем отопления**

### **2.1. Тепловой источник системы отопления**

**Тепловым источником** системы водяного отопления, является местная водогрейная котельная (**местное теплоснабжение**), размещаемая в отапливаемом здании или близ него, а при **централизованном водяном теплоснабжении** тепловым источником является тепловой пункт (индивидуальный или центральный).

Централизованное теплоснабжение на данный момент является преобладающим видом теплоснабжения на территории Российской Федерации, при котором используется высокотемпературная вода, поступающая в здание из отдаленного теплоисточника - ТЭЦ или центральной тепловой станции.

Набор оборудования источника теплоты и его принципиальная схема в первую очередь зависит от источника теплоснабжения (рисунок 2.1).

При **местном теплоснабжении** вода подготавливается непосредственно для обслуживаемой системы с помощью сжигания того или иного топлива в отопительном котле. Принципиальная схема системы насосного водяного отопления **при местном теплоснабжении** показана на рисунок 2.1, а. Циркуляционный насос в такой системе перемещает воду, нагреваемую в котле. Также в данной системе обязательно наличие расширительного бака, назначение, конструкция и методика подбора которого будет рассмотрена далее. Систему заполняют водой из водопровода, предварительно химически подготовленную, для увеличения срока службы системы.

При **централизованном водяном теплоснабжении** применяют три способа присоединения системы насосного водяного отопления к наружным теплопроводам.

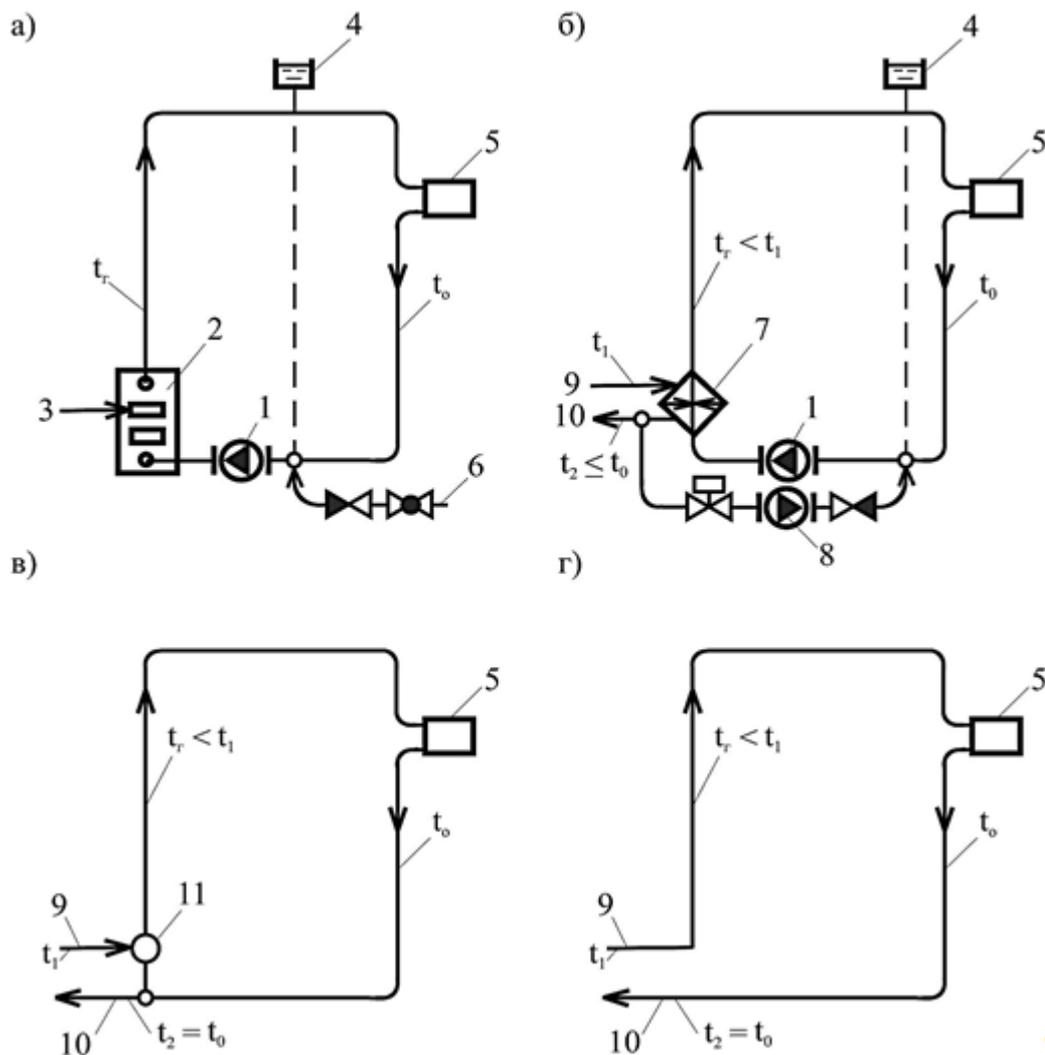


Рисунок 2.1. Схемы системы насосного водяного отопления:

а) при местном теплоснабжении; б) с присоединением к наружным теплопроводам централизованного теплоснабжения по независимой схеме;

в) то же по зависимой схеме со смешением воды; г) то же по зависимой прямоточной схеме

1 — циркуляционный насос; 2 — теплогенератор (водогрейный котел); 3 — подача топлива; 4 — расширительный бак; 5 — отопительные приборы; 6 — водо-провод; 7 — теплообменник; 8 — подпиточный насос; 9, 10 — наружные подающий и обратный теплопроводы, соответственно 11 — смесительная установка

**Независимая схема** присоединения системы насосного водяного отопления (см. рисунок 2.1, б) схожа по своим элементам к схеме при местном теплоснабжении (см. рисунок 2.1, а). При этом котлы заменяют теплообменниками, а систему заполняют деаэрированной водой (лишенной растворенного воздуха) из наружной тепловой сети, с помощью высокого

давления в ней или специальным подпиточным насосом, если это давление недостаточно высоко. Воду для заполнения системы, как правило, забирают из обратного теплопровода. Подача теплоносителя для заполнения системы также возможна и из подающего теплопровода, при условии что давление высокотемпературной воды, передающееся при этом в систему, допустимо для всех ее элементов.

При независимой схеме создается местный теплогидравлический режим работы в системе отопления при пониженной температуре греющей воды ( $t_r < t_1$ ). Первичная вода после теплообменников будет иметь температуру выше температуры обратной воды в системе отопления ( $t_2 > t_o$ ). Если, например, расчетная температура после теплообменников принята  $t_o = 70$  °С, то для сокращения площади нагревательной поверхности теплообменников температура  $t_2$  должна быть не ниже 75 °С.

Независимую схему присоединения применяют, когда в системе не допускается повышение гидростатического давления (по условию прочности элементов системы отопления и, прежде всего, отопительных приборов) до давления, под которым находится вода в наружном обратном теплопроводе.

Преимуществом независимой схемы является:

- обеспечение индивидуального для каждого здания теплогидравлического режима;
- возможность сохранения циркуляции с использованием теплоемкости воды в течение некоторого времени, необходимого для устранения аварийного повреждения наружных теплопроводов:
- сравнительно более продолжительный срок службы данной системы относительно системы с местной котельной, вследствие уменьшения коррозионной активности воды.

Недостатком независимой схемы является сложная конструкция теплового пункта, которая влечет за собой относительно высокие финансовые вложения как при монтаже, так эксплуатации системы.

**Зависимая схема** присоединения системы отопления **со смешением воды** представлена на рисунок 2.1, в). Данную схему выбирают, когда в системе требуется температура воды  $t_r < t_1$  и допускается повышение гидростатического давления до давления, под которым находится вода в наружном обратном теплопроводе.

Преимуществом независимой схемы является:

- сравнительная простота по конструкции и в обслуживании;
- соответственно стоимость ее ниже стоимости независимой схемы, благодаря исключению таких элементов, как теплообменники, подпиточный узел, расширительный бак, функции которых выполняются централизованно на тепловой станции.

Смешение обратной воды из системы отопления с высокотемпературной водой из наружного подающего теплопровода осуществляют при помощи смесительного аппарата - насоса или водоструйного элеватора. Насосная смесительная установка имеет преимущество перед элеваторной. Во первых ее КПД выше, а в случае аварийного повреждения наружных теплопроводов возможно, как и при независимой схеме присоединения, сохранение циркуляции воды в системе отопления. Кроме того смесительный насос можно применять в системах отопления со значительным гидравлическим сопротивлением (к которым, например, относятся системы с автоматическим регулированием и регулирующей арматурой у приборов и на стояках/ответвлениях системы), тогда как при использовании водоструйного элеватора потеря давления в системе должна быть сравнительно небольшой.

Недостатком зависимой схемы присоединения со смешением является незащищенность системы от повышения в ней гидростатического давления, непосредственно передающегося через обратный теплопровод, до значения, опасного для целостности отопительных приборов и арматуры.

**Зависимая прямоточная схема** присоединения системы отопления к наружным теплопроводам представлена на рисунке 2.1, г. Прямоточную схему

применяют, когда в системе допускаются подача высокотемпературной воды ( $t_r = t_1$ ) и значительное гидростатическое давление, или при прямой подаче низкотемпературной воды.

Преимуществом такой схемы является её простота по конструкции и в обслуживании. В системе отсутствуют такие элементы, как теплообменник или смесительная установка, циркуляционный и подпиточный насосы, расширительный бак.

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

При централизованном теплоснабжении с применением независимой и зависимых схем присоединения в системе отопления циркулирует деаэрированная вода. Это не только упрощает удаление воздуха из системы (фактически удаление воздушных скоплений проводят только в пусковой период после монтажа и ремонта), но и увеличивает срок ее службы.

**При местном (децентрализованном) теплоснабжении** тепловым пунктом (источником теплоты) системы отопления является местная водогрейная котельная.

На рисунке 2.2 приведена принципиальная схема теплопроводов **котельной**. При этом рассмотрена такая схема, когда местным теплоснабжением, кроме системы отопления (0), обеспечиваются также системы вентиляции (В), системы «теплый пол» (ТП), горячего водоснабжения (ГВ) здания и подогрева воды в бассейне. Данная схема часто применяется в коттеджном строительстве

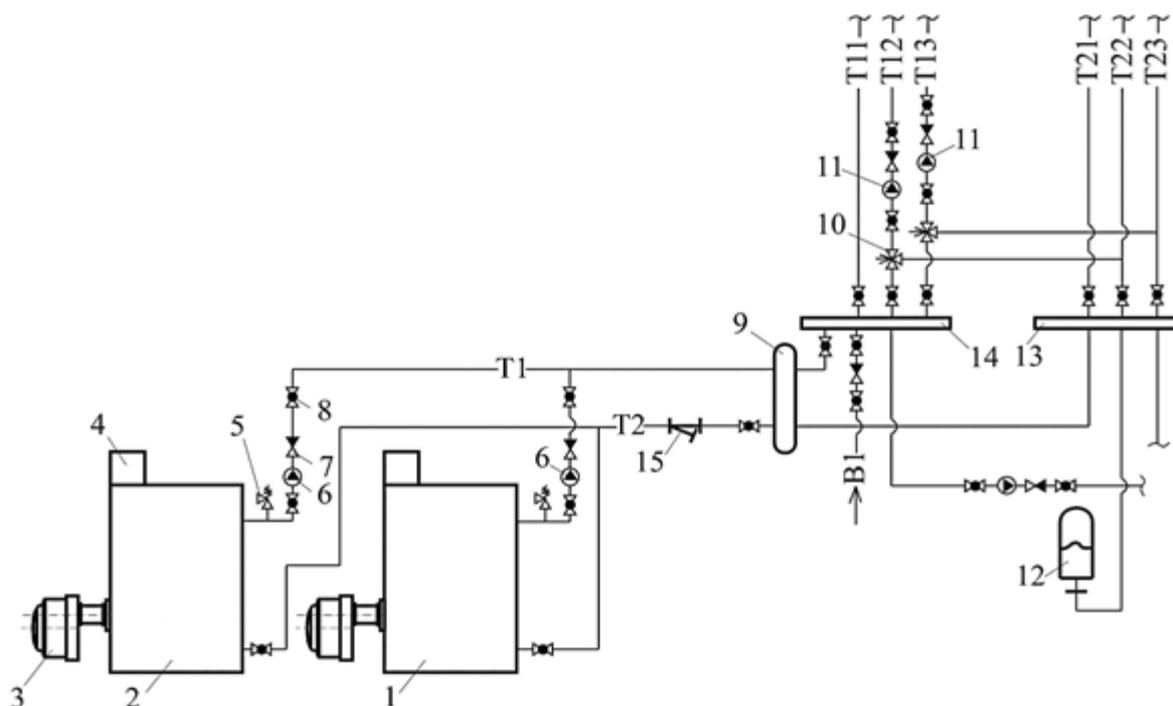


Рисунок 2.2. Схема теплопроводов местной водогрейной котельной:

1, 2 — ведущий и ведомый теплогенераторы, соответственно; 3 — газовая или дизельная горелка; 4 — блок автоматического управления; 5 — предохранительный клапан; 6 — циркуляционный насос контура котельной; 7 — обратный клапан; 8 — запорная арматура; 9 — гидравлический разделитель; 10 — трехходовой смесительный клапан; 11 — циркуляционный насос теплотребляющей системы; 12 — закрытый расширительный бак; 13, 14 — сборный и распределительный коллекторы, соответственно; 15 — водяной фильтр или грязевик

Как правило в котельной устанавливают один или два котла, каждый из которых рассчитан на 50 % общей тепловой мощности всех потребителей теплоты здания. Первичная вода в котле нагревается до температуры, не ниже требуемой и достаточной для последующего нагревания водопроводной (вторичной) воды в теплообменнике системы горячего водоснабжения (обычно 70 °С).

Современная схема местного (децентрализованного) теплоснабжения предусматривает установку в каждой системе собственного циркуляционного насоса. Расширительный бак в данном случае является общим для всех теплопотребителей.

При централизованном теплоснабжении **тепловой пункт** может быть

**местным** - индивидуальным (ИТП) для системы отопления данного здания и **групповым** - центральным (ЦТП) для систем отопления группы зданий. Проектирование тепловых пунктов ведется в соответствии с нормативными правилами (СП 41-101-95).

Принципиальная схема индивидуального теплового пункта **при независимом присоединении** системы насосного водяного отопления к наружным теплопроводам представлена на рисунке 2.3.

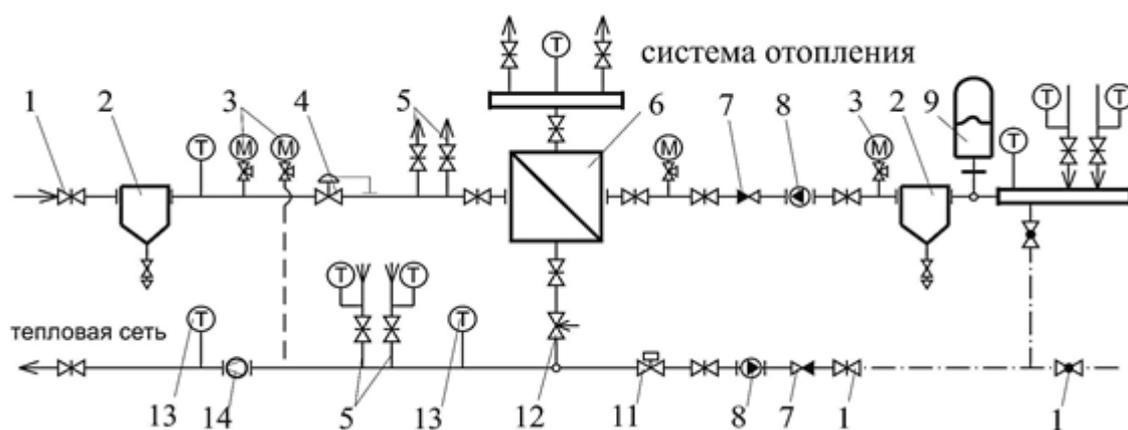


Рисунок 2.3. Схема местного теплового пункта при независимом присоединении системы водяного отопления к наружным теплопроводам:

- 1 — задвижка; 2 — грязевик; 3 — манометр; 4 — регулятор давления; 5 — ответвления к системам вентиляции и горячего водоснабжения; 6 — водоводяной теплообменник; 7 — обратный клапан; 8 — циркуляционный насос систем отопления; 9 — закрытый расширительный бак; 10 — подпиточный насос; 11 — клапан с электроприводом; 12 — регулирующий клапан; 13 — термометр; 14 — тепломер

Слева по схеме находятся наружные теплопроводы, по которым перемещается высокотемпературная вода из тепловой сети. Поступающая вода в теплообменник обладает температурой  $t_1$ , а охлажденная вода, удаляемая из теплообменника обладает температурой  $t_2$ . Данные температуры должны соответствовать температурному графику тепловой сети, при качественном регулировании зависящими от температуры наружного воздуха. При единой системе обычно устанавливают один теплообменник. Однако, в районах вечномерзлых грунтов следует устанавливать два теплообменника, расчетной

мощностью каждого по 75 % от расчетной мощности системы отопления. Расход высокотемпературной воды предусмотрено изменять автоматически при помощи регулирующего клапана в соответствии с задаваемой программой изменения температуры воды  $t_r$ , направляемой в систему отопления. В данной схеме присутствует также и регулятор давления (РД) “после себя” для понижения давления в подающем теплопроводе до необходимого значения.

Справа по схеме даны: сверху - теплопроводы системы отопления от сборного до распределительного коллекторов с циркуляционным насосом и присоединенным расширительным баком, снизу - линия для заполнения (и восполнения при утечке) системы деаэрированной водой, забираемой из обратной магистрали наружных теплопроводов. Подпиточный насос на этой линии устанавливается только тогда, когда гидростатическое давление в системе отопления превышает давление в наружных теплопроводах. Действует этот насос периодически с автоматическим управлением в зависимости от изменения уровня воды в открытом расширительном баке или при снижении давления в точке подключения насоса до определенной величины.

Теплообменник предназначен для нагревания воды системы отопления до температуры  $t_r$  за счет передачи ей тепловой энергии от высокотемпературного теплоносителя тепловой сети. В настоящее время применяют теплообменники различных типов. Наиболее распространенные из них это кожухотрубные теплообменник и пластинчатые (разборные и неразборные) теплообменники.

**Кожухотрубный водо-водяной теплообменник** состоит из стандартных секций длиной 2 и 4 м. Каждая секция представляет собой стальную трубу диаметром от 50 до 300 мм, внутрь которой помещены несколько латунных трубок диаметром 16x1 мм. Греющая вода из наружного теплопровода пропускается по латунным трубкам, нагреваемая из системы отопления - противотоком в межтрубном пространстве. Недостатком кожухотрубных теплообменников является их сравнительно большой размер. Преимуществом их является значительно меньшая потеря давления теплоносителя относительно

пластинчатых теплообменников, что позволяет выбирать циркуляционный насос меньшей мощности.

**Пластинчатый теплообменник** набирается из определенного количества стальных профилированных пластин. Греющая и нагреваемая вода протекает между пластинами противотоком или перекрестно.

Длину и число секций кожухотрубного теплообменника или размеры и число пластин в пластинчатом теплообменнике определяют в результате теплового расчета.

Принципиальная схема местного теплового пункта **при зависимом присоединении** системы водяного отопления к наружным теплопроводам **со смешением воды** при помощи водоструйного элеватора дана на рисунке 2.4.

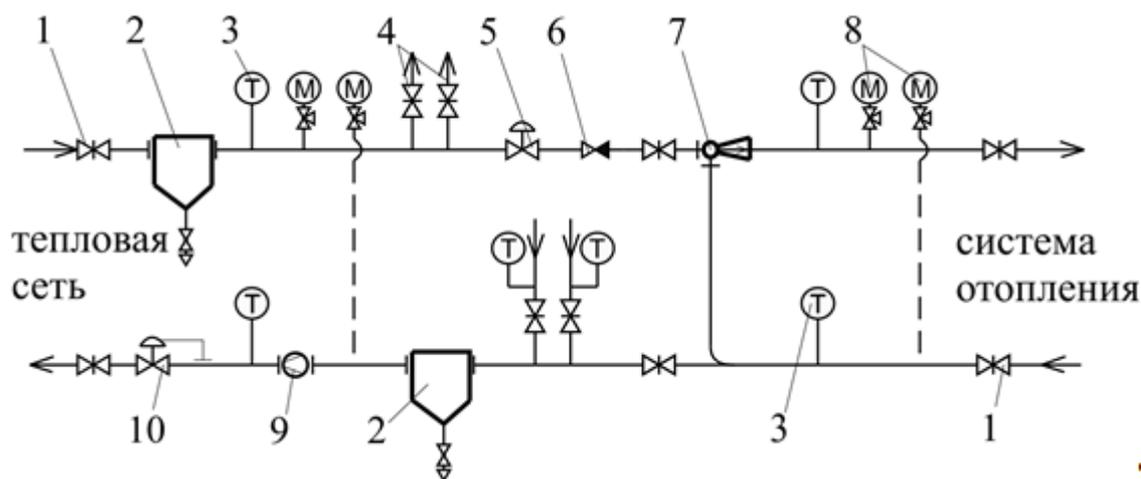


Рисунок 2.4. Схема местного теплового пункта при зависимом присоединении системы водяного отопления к наружным теплопроводам со смешением воды с помощью водоструйного элеватора:  
1 — задвижка; 2 — грязевик; 3 — термометр; 4 — ответвления к системам вентиляции и горячего водоснабжения; 5 — регулятор расхода; 6 — обратный клапан; 7 — водоструйный элеватор;  
8 — манометр; 9 — тепломер; 10 — регулятор давления

На схеме на подающем теплопроводе высокотемпературной воды (температура  $t_1$ ) помещен регулятор расхода (РР), предназначенный для стабилизации расхода воды в системе отопления при неравномерном отборе ее через ответвления к другим теплопотребителям. Если применяется автоматизированный водоструйный элеватор, то вместо РР предусматривается

регулирующий клапан для получения заданной температуры воды, поступающей в систему отопления. Таким образом, при смешивании воды обеспечивается местное качественное регулирование работы системы отопления.

На схеме также изображен регулятор давления (РД), поддерживающий давление “до себя”, необходимое для заполнения системы отопления водой, и препятствующий вытеканию воды из системы при аварийном опорожнении наружных теплопроводов.

Тепломер на обратном теплопроводе предназначен для учета общих теплотрат в здании.

Для смешивания высокотемпературной и охлажденной (температура  $t_0$ ) воды вместо водоструйных элеваторов применяют также смесительные насосные узлы, конструкция которых рассмотрена далее.

Принципиальная схема местного теплового пункта при **зависимом прямоточном присоединении** системы водяного отопления к наружным теплопроводам изображена на рисунке 2.5. Схема отличается от предыдущей отсутствием линии смещения. Горячая вода по подающему теплопроводу непосредственно поступает в систему отопления. Клапан на этом теплопроводе предназначен только для регулирования расхода греющей воды в системе. Применяются, как и в предыдущей схеме, регулятор давления “до себя” на обратном теплопроводе и также тепломер для учета теплотрат в системе отопления.

Общим для всех схем, изображенных на рисунке 2.1, является применение насоса для искусственного побуждения движения воды в системе отопления. Циркуляционный насос устанавливают непосредственно в магистрали системы отопления здания. В зависимых схемах (см. рисунок 2.1, *в, г*) циркуляционный насос помещают в центральном тепловом пункте, или местной котельной, и он создает давление, необходимое для циркуляции воды, как в наружных теплопроводах, так и в местной системе отопления.

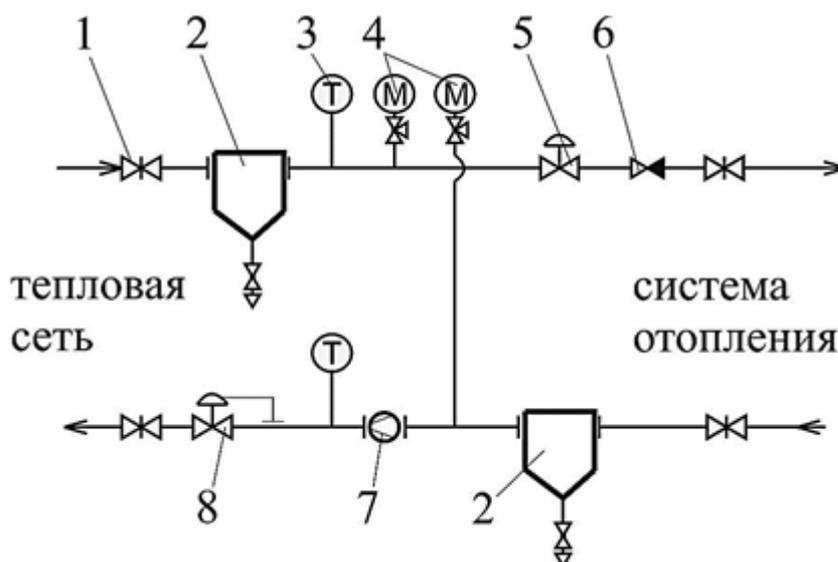


Рисунок 2.5. Схема местного теплового пункта при зависимом прямоточном присоединении системы водяного отопления к наружным теплопроводам:

1 — задвижка; 2 — грязевик; 3 — термометр; 4 — манометр; 5 — регулятор расхода;  
6 — обратный клапан; 7 — тепломер; 8 — регулятор давления «до себя»

В данном случае насос называется **циркуляционным**. Это связано с тем, что задача насоса, действующего в замкнутых кольцах системы отопления, заполненных водой, заключается в том, чтобы не поднимать (как например в разомкнутой системе водоснабжения), а только перемещать воду, создавая циркуляцию. В системе водоснабжения насос не перемещает воду, а поднимает ее к точкам разбора. При таком использовании насос называют **повысительным**.

В процессах заполнения и возмещения потери воды в системе отопления циркуляционный насос не участвует. Заполнение происходит под воздействием давления в наружных теплопроводах, в водопроводе или, если этого давления недостаточно, с помощью специального **подпиточного** насоса.

Для создания циркуляции воды в замкнутых кольцах местоположение циркуляционного насоса безразлично. Однако, для увеличения срока службы деталей насос включается, как правило, в обратную магистраль системы

отопления. Это связано с тем, что применяемые в настоящее время для систем отопления насосы с «мокрым» ротором предполагают охлаждение электродвигателя перемещаемым теплоносителем (водой), а при температуре возвращаемой воды этот процесс осуществляется интенсивнее.

**Мощность** циркуляционного насоса определяется количеством перемещаемой воды и развиваемым при этом давлением.

Количество воды, подаваемой насосом за данный промежуток времени, отнесенное к этому промежутку (обычно к 1 ч), называют **подачей** насоса  $L_n$ , м<sup>3</sup>/ч. В технике отопления объемную подачу насосом горячей воды заменяют массовым **расходом**  $G_n$ , кг/ч, не зависящим от температуры воды:

$$G_n = \rho L_n, \quad (2.1)$$

где  $\rho$  – средняя плотность воды в системе отопления, кг/м<sup>3</sup>.

Для циркуляционного насоса, включенного в общую магистраль, расход перемещаемой воды  $G_n$  равен общему расходу воды в системе отопления  $G_c$ , т.е.:

$$G_n = G_c. \quad (2.2)$$

Общий расход воды  $G_c$ , кг/ч, составляет:

$$G_c = 3600Q_c / (c(t_r - t_o)), \quad (2.3)$$

где  $Q_c$  – тепловая мощность системы отопления, Вт;  $c$  - удельная массовая теплоемкость воды, принимаемая равной 4187 Дж/(кг·°С);  $t_r$  и  $t_o$  - расчетная температура, соответственно, подающей и обратной воды в системе отопления, °С.

**Циркуляционным давлением** насоса называют создаваемое насосом повышение давления в потоке воды, необходимое для преодоления сопротивления ее движению в системе отопления, в которую он включен. Циркуляционное давление насоса обозначают  $\Delta p_n$  и выражают в паскалях (Па).

В отличие от циркуляционного давления напор насоса обозначают буквой  $H$  и выражают в метрах водяного столба (м. вод. ст.).

В практике расчета систем отопления циркуляционное давление насоса считают равным разности гидростатического давления в нагнетательном и всасывающем патрубках:

$$\Delta p_H = p_{\text{наг}} - p_{\text{вс}}, \quad (2.4)$$

где  $p_{\text{наг}}$  и  $p_{\text{вс}}$  – гидростатическое давление в потоке воды, Па.

В системах отопления применяют **специальные циркуляционные насосы**, перемещающие значительное количество воды и развивающие сравнительно небольшое давление. Это бесшумные горизонтальные лопастные насосы центробежного, осевого или диагонального типа, соединенные в единый блок с электродвигателями и закрепляемые непосредственно на трубах (рисунок 2.6). Вал двигателя с рабочим колесом насоса, а также ротор двигателя вращаются в подшипниках с водяной смазкой.

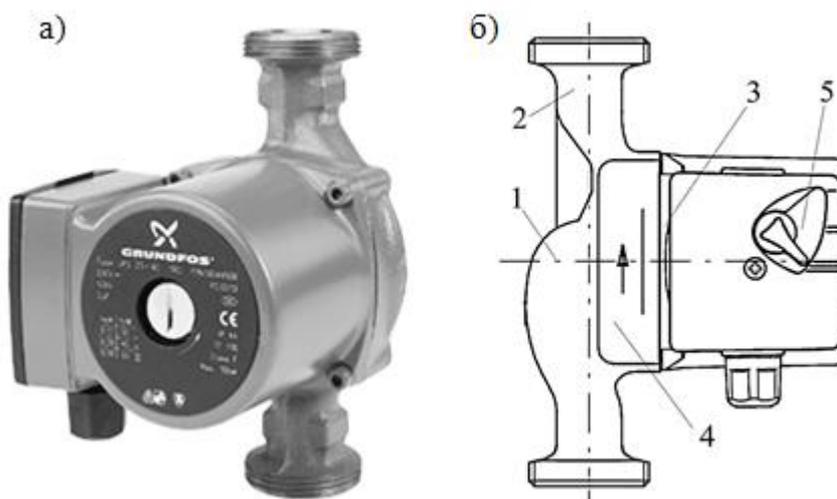


Рисунок 2.6. Бесфундаментный центробежный циркуляционный насос для системы водяного отопления:

а) общий вид насоса; б) разрез по корпусу насоса.

1 — корпус; 2 — нагнетательный патрубок с фланцем для присоединения насоса к трубе;  
3 — электродвигатель; 4 — рабочее колесо; 5 — регулятор скорости вращения рабочего колеса

Каждый насос обладает собственной, только ему присущей характеристикой, получаемой в процессе стендовых испытаний опытного образца

при определенной частоте вращения электродвигателя. Характеристика выражает зависимость между расходом насоса  $G_H$  и соответственно циркуляционным давлением  $\Delta p_H$ , КПД  $\eta_H$  и мощностью насоса  $N_H$  (рисунок 2.7).

По характеристикам насоса можно отметить постепенное уменьшение циркуляционного давления и увеличение потребляемой мощности по мере возрастания расхода, а также существование максимального значения КПД при определенном расходе воды, перемещаемой насосом (точка Б). Часть кривой изменения  $\Delta p_H$ , соответствующая высоким значениям КПД, носит название рабочего отрезка характеристики насоса. Для обеспечения расчетных параметров, бесшумности и экономии электроэнергии при действии насоса рекомендуется при его выборе ориентироваться на одну из точек в пределах рабочего отрезка характеристики. Все такие точки также называются **рабочими**.

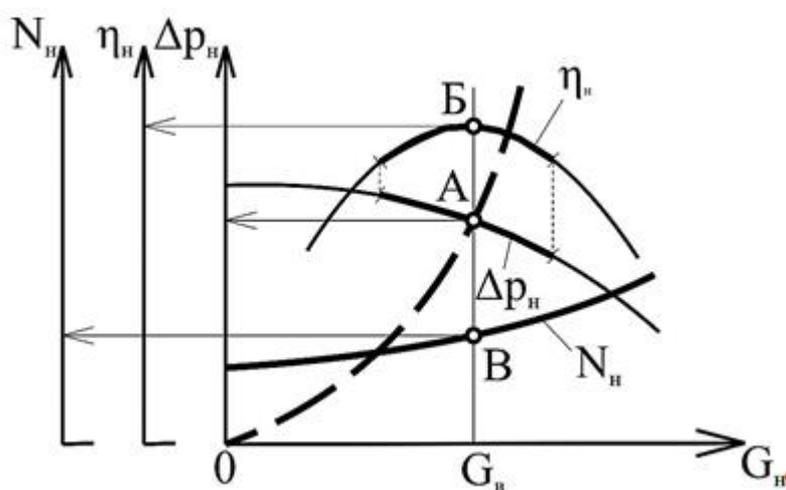


Рисунок 2.7. Гидравлические характеристики циркуляционного насоса (сплошные линии) и системы отопления (пунктирная линия)

Рабочая точка А представляет собой точку пересечения рабочего отрезка характеристики насоса с характеристикой системы отопления, выражаемой параболой (пунктирная линия). Насос при расходе воды  $G_H = G_c$  (см. формулу (2.6)) создает в рабочей точке А определенное циркуляционное давление  $\Delta p_H$ , действует с максимальным КПД  $\eta_H$  (точка Б) и обладает мощностью  $N_H$  (точка

В). На рисунке изображен идеальный случай, когда насос не только действует с максимальным КПД, но и создает циркуляционное давление  $\Delta p_n = \Delta p_c$  (без учета естественного циркуляционного давления в системе отопления - см. формулу (2.4)).

В систему отопления включают два одинаковых циркуляционных насоса, действующих попеременно: при работе одного из них второй находится в резерве. Присоединение труб к бесфундаментным циркуляционным насосам показано на рисунок 2.8.

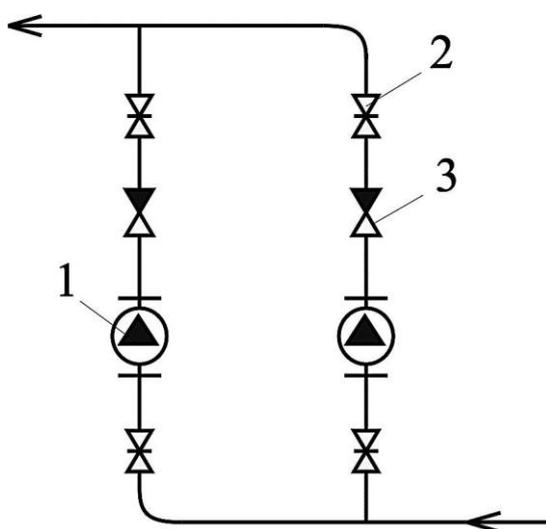


Рисунок 2.8. Схемы присоединения труб к бесфундаментным циркуляционным насосам:

1 — насос; 2 — отключающий кран или задвижка; 3 — обратный клапан

Задвижки (или отключающие краны) до и после обоих насосов (действующего и бездействующего) постоянно открыты, особенно, если предусмотрено автоматическое переключение насосов (например, после непрерывного суточного действия). Обратный клапан препятствует циркуляции воды через бездействующий насос (предотвращает, как говорят, работу насоса “на себя”).

Легко монтируемые бесфундаментные насосы иногда устанавливают в системе отопления по одному. При этом резервный насос хранят на складе близ теплового пункта и оборудуют сигнализацию о состоянии циркуляции воды в системе.

**Мощность насоса** пропорциональна произведению секундной подачи на создаваемое циркуляционное давление. Мощность электродвигателя  $N_э$ , Вт, определяется с учетом КПД насоса  $\eta_n$  и необходимого запаса мощности  $k$  по формуле:

$$N_э = kL_n\Delta p_n / (3600\eta_n) , \quad (2.5)$$

где  $L_n$  – подача насоса, м<sup>3</sup>/ч;  $\Delta p_n$  – давление насоса, Па (Н/м<sup>2</sup>).

Коэффициент запаса  $k$ , учитывающий пусковой момент, получает наибольшее значение (до 1,5) при минимальной мощности электродвигателя.

Смесительную установку (смесительный насос или водоструйный элеватор) применяют в системе отопления для понижения температуры воды, поступающей из наружного подающего теплопровода, до температуры, допустимой в системе  $t_r$ . Понижение температуры происходит при смешении высокотемпературной воды  $t_1$  с обратной (охлажденной до температуры  $t_0$ ) водой местной системы отопления (см. рисунок 2.1, в).

Смесительную установку используют также для местного качественного регулирования теплопередачи отопительных приборов системы, дополняющего центральное регулирование на тепловой станции. При местном регулировании путем автоматического изменения по заданному температурному графику температуры смешанной воды в обогреваемых помещениях поддерживаются оптимальные тепловые условия. Кроме того, исключается перегревание помещений, особенно в осенний и весенний периоды отопительного сезона. При этом сокращается расход тепловой энергии.

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

$$G_1 = Q_c / (c(t_1 - t_0)) , \quad (2.6)$$

где  $t_1$  – температура воды в наружном подающем теплопроводе, °С.

Поток охлажденной воды, возвращающейся из местной системы отопления, делится на два: первый в количестве  $G_0$  направляется к точке смешения, второй в количестве  $G_1$  — в наружный обратный теплопровод. Соотношение масс двух смешиваемых потоков воды — охлажденной  $G_0$  и высокотемпературной  $G_1$  называют **коэффициентом смешения**:

$$u = G_0 / G_1 . \quad (2.7)$$

Коэффициент смешения может быть выражен через температуру воды (с использованием формул (2.6) и (2.7)):

$$u = (t_1 - t_r) / (t_r - t_0) . \quad (2.8)$$

Например, при температуре воды  $t_1 = 150$ ,  $t_r = 95$  и  $t_0 = 70$  °С коэффициент смешения смесительной установки  $u = (150 - 95) / (95 - 70) = 2,2$ . Это означает, что на каждую единицу массы высокотемпературной воды должно подмешиваться 2,2 единицы охлажденной воды.

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

**Смесительный насос** можно включать в перемычку Б-А между обратной и подающей магистралями (рисунок 2.9, а), в обратную (рисунок 2.9, б) или подающую магистраль (рисунок 2.9, в) системы отопления. На рисунке показаны регуляторы температуры и расхода воды для местного качественно-количественного регулирования системы отопления в течение отопительного сезона.

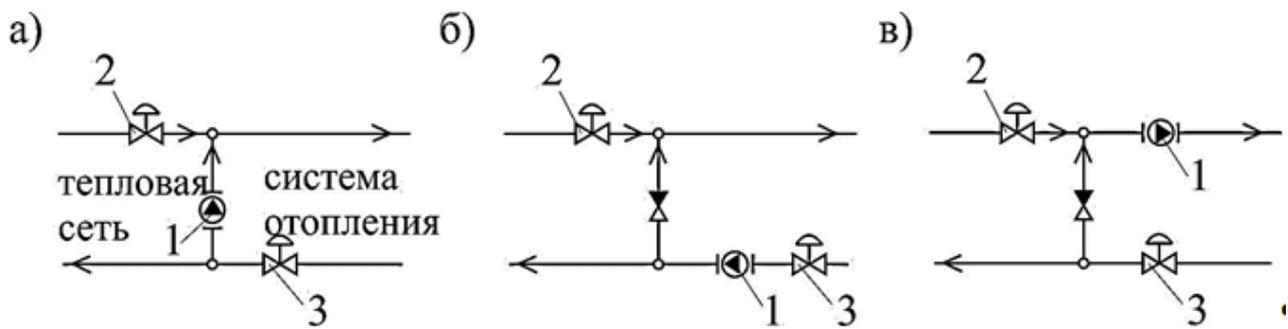


Рисунок 2.9. Схемы смесительной установки с насосом:

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

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

Смесительный насос, включенный в перемычку, подает в точку смешения А воду, повышая ее давление до давления высокотемпературной воды. Таким образом, в точку смешения поступают два потока воды в результате действия двух различных насосов – сетевого (на теплоисточнике) и местного (смесительного), включенных параллельно. Насос на перемычке действует в благоприятных температурных условиях (при температуре  $t_0 \leq 70 \text{ }^\circ\text{C}$ ) и перемещает меньшее количество воды, чем насос на обратной или подающей магистрали ( $G_0 < G_c$ ):

$$G_n = G_0, \text{ где } G_0 = G_c - G_1. \quad (2.9)$$

Насос на перемычке, обеспечивая смешение, не влияет на величину циркуляционного давления для местной системы отопления, которая определяется разностью давления в точках присоединения системы к наружным теплопроводам. Эпюра изменения давления в системе и в перемычке Б-А между магистралями в этом случае изображена на рисунке 2.10, а. Показано постепенное (условно равномерное) понижение давления в направлении движения воды в подающей (наклонная линия Т1) и обратной (наклонная линия Т2) магистралях, падение давления в системе отопления (сплошная вертикальная линия) и его возрастание под действием насоса в перемычке (пунктирная линия) до давления в точке А.

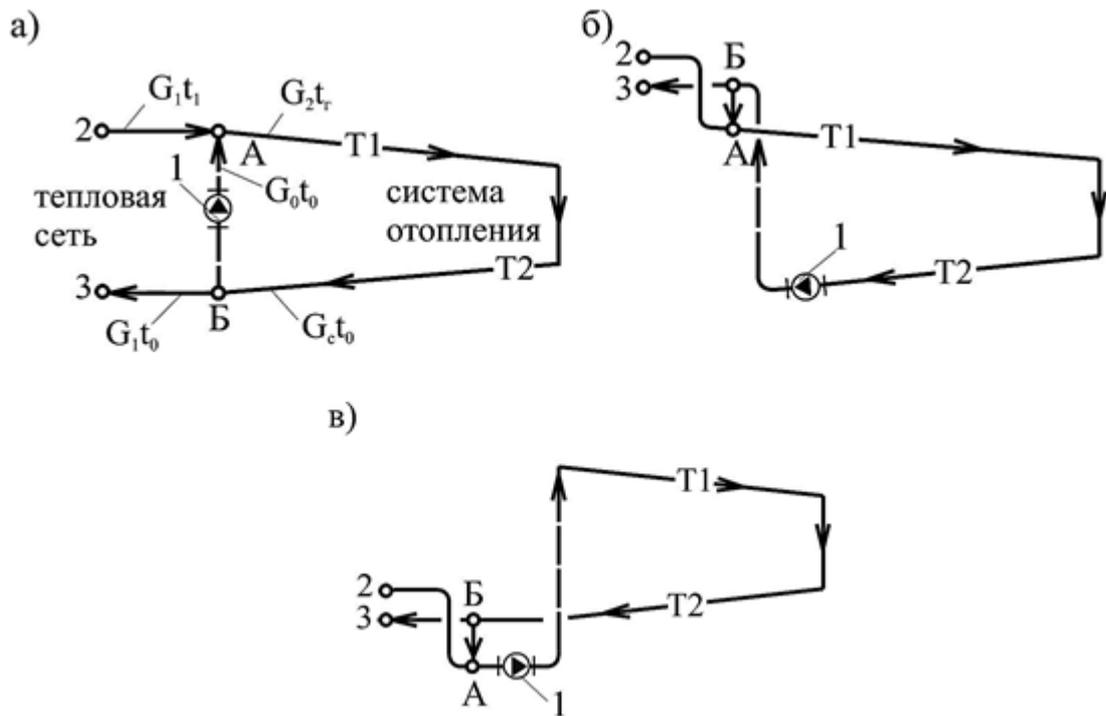


Рисунок 2.10. Изменение давления в теплопроводах смесительной установки с насосом: а) насос на перемычке между магистралями; б) насос на обратной магистрали; в) насос на подающей магистрали.

1 — насос; 2 и 3 — точки подключения к системе городского теплоснабжения системы отопления, разность давления в которых определяет циркуляционное давление в системе отопления; А и Б — точки, соответственно, смешения и деления потоков воды

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

Насос на обратной или подающей магистрали (см. рисунок 2.9, б, в) перемещает всю воду, циркулирующую в системе ( $G_n = G_c$  по выражению (2.6)), при температуре  $t_0$  или  $t_r$ . Включение насоса в общую магистраль системы отопления позволяет увеличить циркуляционное давление в ней до необходимой величины независимо от разности давления в наружных теплопроводах. Условия смешения воды аналогичны: в точку А (см. рисунок 2.10) поступают два потока воды ( $G_1$  и  $G_0$ ) также в результате действия двух на-

сосов - сетевого и местного - с той лишь разницей, что насосы включаются последовательно (по направлению движения воды).

Изменение циркуляционного давления при действии системы отопления с циркуляционно-смесительным насосом, включенным в общую обратную магистраль, показано на рисунок 2.10, б. Как видно, давление в системе ниже давления в наружных теплопроводах. Данная схема может быть выбрана после проверки, не вызовет ли понижение давления вскипания воды или подсоса воздуха в отдельных местах системы. Насос повышает давление воды до давления в наружном обратном теплопроводе. Давление в точке смешения А должно быть ниже давления в точке Б (устанавливается с помощью регулятора температуры - см. рисунок 2.10).

Насос, включаемый в общую подающую магистраль, предназначен не только для смешения и циркуляции, но и для подъема воды в верхнюю часть системы отопления высокого здания. Смесительный насос в этом случае становится еще и **циркуляционно-повысительным**. Изменение гидравлического давления в этом случае изображено на рисунок 2.10, в.

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

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

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

Водоструйный элеватор (рисунок 2.11) состоит из конусообразного сопла, через которое со значительной скоростью протекает высокотемпературная вода при температуре  $t_1$  в количестве  $G_1$ , камеры всасывания, куда поступает

охлажденная вода при температуре  $t_0$  в количестве  $G_0$ , смесительного конуса и горловины, где происходит смешение и выравнивание скорости движения воды, и диффузора.

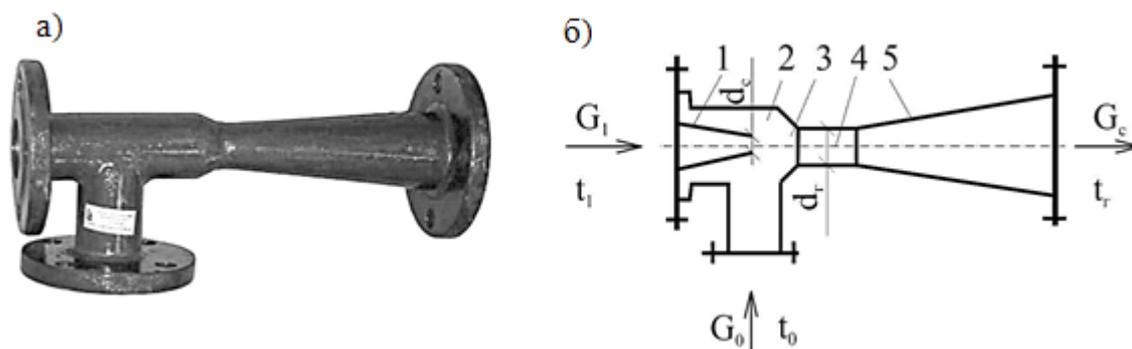


Рисунок 2.11. Водоструйный элеватор: а) внешний вид; б) разрез элеватора.

1 — сопло; 2 — камера всасывания; 3 — смесительный конус; 4 — горловина; 5 — диффузор

Вокруг струи воды, вытекающей из отверстия сопла с высокой скоростью, создается зона пониженного давления, благодаря чему охлажденная вода перемещается из обратной магистрали системы в камеру всасывания. В горловине струя смешанной воды движется с меньшей, чем в отверстии сопла, но еще со значительной скоростью. В диффузоре при постепенном увеличении площади поперечного сечения по его длине гидродинамическое (скоростное) давление падает, а гидростатическое - нарастает. За счет разности гидростатического давления в конце диффузора и в камере всасывания элеватора создается циркуляционное давление, необходимое для действия системы отопления.

Одним из недостатков водоструйного элеватора является низкий КПД. Достигая наивысшего значения (43 %) при малом коэффициенте смешения и особой форме камеры всасывания, КПД стандартного элеватора при высокотемпературной воде практически близок к 10 %. Следовательно, в этом случае разность давления в наружных теплопроводах на вводе в здание должна не менее, чем в 10 раз превышать циркуляционное давление  $\Delta p_{\text{н}}$ , необходимое для циркуляции воды в системе отопления. Это условие значительно

ограничивает давление, передаваемое водоструйным элеватором в систему из наружной тепловой сети.

Другой недостаток элеватора — прекращение циркуляции воды в системе отопления при аварии в наружной тепловой сети, что ускоряет охлаждение отапливаемых помещений и замерзание воды в системе.

Еще один недостаток элеватора - постоянство коэффициента смешения, исключающее местное качественное регулирование (изменение температуры  $t_r$ ) системы отопления. Понятно, что при постоянном соотношении в элеваторе между  $G_0$  и  $G_1$  температура  $t_r$ , с которой вода поступает в систему отопления, определяется уровнем температуры  $t_1$ , поддерживаемым на тепловой станции для всей системы теплоснабжения, и может не соответствовать теплотребности конкретного здания.

Водоструйные элеваторы различаются по диаметру горловины  $d_r$  (например, элеватор № 1 имеет  $d_r=15$  мм, № 2 - 20 мм и т. д.). Для использования одного и того же корпуса элеватора при различных давлении и расходе воды сопло делают сменным.

Изменение давления и расхода в процессе эксплуатации, не предусмотренное расчетом, вызывает разрегулирование системы отопления, т. е. неравномерную теплоотдачу отдельных отопительных приборов. Для его устранения перед водоструйным элеватором устанавливают регулятор расхода.

При применении элеватора часто приходится определять располагаемую разность давления  $\Delta p_n$  для гидравлического расчета системы отопления, исходя из разности давления в наружных теплопроводах  $\Delta p_r$  в месте присоединения ответвления к проектируемому зданию. Насосное циркуляционное давление  $\Delta p_n$ , передаваемое элеватором в систему отопления, можно рассчитать в этом случае по формуле:

$$\Delta p_n = 0,75(\Delta p_r - \Delta p_{отв}) / (1 + 2u + 0,21u^2), \quad (2.10)$$

где  $\Delta p_{отв}$  — потери давления в ответвлении от точки присоединения к наружным теплопроводам до элеватора.

Внутреннее пространство всех элементов системы отопления (труб, отопительных приборов, арматуры, оборудования и т. д.) заполнено водой. Получающийся при заполнении объем воды в процессе эксплуатации системы претерпевает изменения: при повышении температуры воды он увеличивается, при понижении температуры - уменьшается. Соответственно изменяется внутреннее гидравлическое давление. Однако эти изменения не должны отражаться на работоспособности системы отопления и, прежде всего, не должны приводить к превышению предела прочности любых ее элементов. Поэтому в систему водяного отопления вводится дополнительный элемент - расширительный бак.

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

Основное назначение расширительного бака - прием прироста объема воды в системе, образующегося при ее нагревании. При этом в системе поддерживается определенное гидравлическое давление. Кроме того, бак предназначен для восполнения убыли объема воды в системе при небольшой утечке и при понижении ее температуры, для сигнализации об уровне воды в системе и управления действием подпиточных устройств. Через открытый бак удаляется вода в водосток при переполнении системы. В отдельных случаях открытый бак может служить воздухоотделителем и воздухоотводчиком.

**Открытый расширительный бак** (рисунок 2.12) размещают над верхней точкой системы (на расстоянии не менее 1 м) в чердачном помещении или в лестничной клетке и покрывают тепловой изоляцией. Иногда (например, при отсутствии чердака) устанавливают неизолированный бак в специальном утепленном боксе (будке) на крыше здания. Однако при этом повышается стоимость монтажа, увеличиваются теплотери (вследствие развития поверхности охлаждения) и, как следствие, абсорбция воздуха водой.

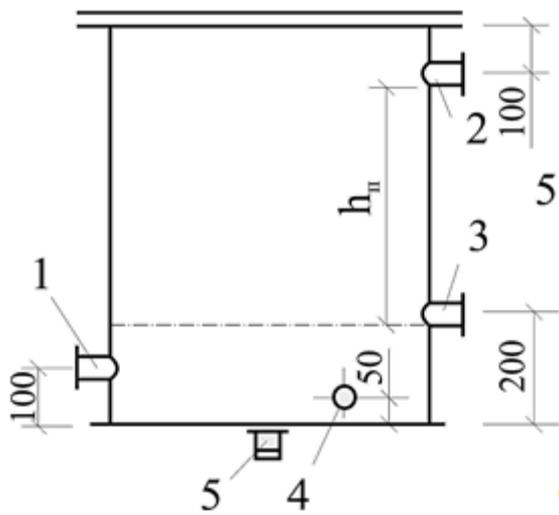


Рисунок 2.12. Открытый расширительный бак:

1, 2, 3, 4 — патрубки для присоединения расширительной, переливной, контрольной и циркуляционной труб, соответственно; 5 — патрубков с пробкой для опорожнения бака

Баки изготавливают цилиндрическими из листовой стали, сверху их снабжают люком для осмотра и окраски. В корпусе бака имеется несколько патрубков. Расширительный патрубок предназначен для присоединения расширительной трубы, по которой вода поступает в бак. Патрубок у дна бака - для циркуляционной трубы, через которую отводится охладившаяся вода, обеспечивая ее циркуляцию в баке. Также имеются патрубок для контрольной (сигнальной) трубы (обычно  $D_y20$ ) и патрубок для соединения бака с переливной трубой ( $D_y32$ ), сообщающейся с атмосферой.

Соединительные трубы открытого расширительного бака показаны на рисунке 2.13. В насосной системе отопления расширительную и циркуляционную трубы присоединяют к общей обратной магистрали, как правило, близ всасывающего патрубка циркуляционного насоса на расстоянии  $l$  (рисунок 2.13, а) не менее 2 м для надежной циркуляции воды через бак.

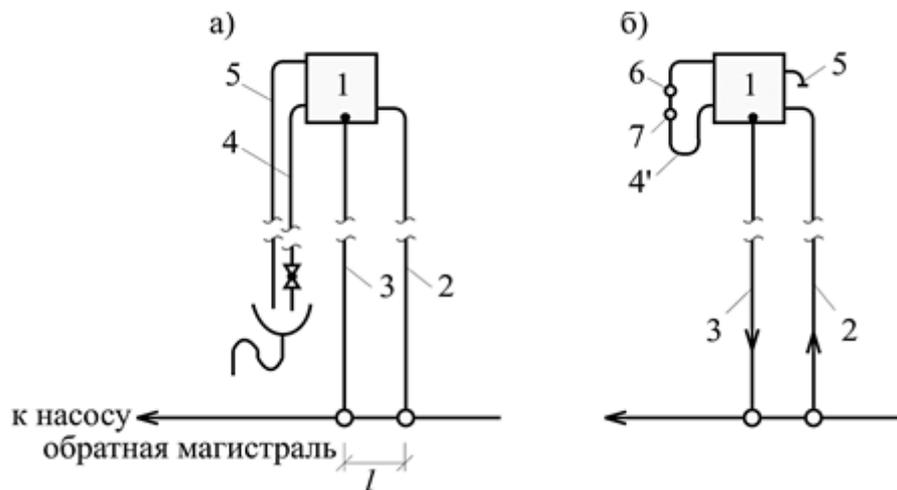


Рисунок 2.13. Присоединение открытого расширительного бака к системе отопления:

а) с ручным (визуальным) контролем; б) с автоматизированной сигнализацией и регулированием уровня воды в баке.

1 — расширительный бак; 2, 3, 4, 5 — расширительная, циркуляционная, контрольная и переливная трубы, соответственно; б, 7 — реле верхнего и нижнего уровней воды в баке, соответственно (соединены с баком трубой 4')

Контрольную трубу выводят к раковине в тепловом пункте и снабжают запорным краном. Вытекание воды при открывании крана должно свидетельствовать о наличии воды в баке, а, следовательно, и в системе (уровень воды не должен быть ниже показанного на рисунке 2.12 штрихпунктирной линией). В малоэтажных зданиях короткая контрольная труба надежно обеспечивает сигнализацию о наличии или отсутствии воды в расширительном баке. В многоэтажных зданиях вместо длинной контрольной трубы, искажающей информацию о действительном уровне воды в системе, устанавливают на расширительном баке два реле уровня, соединенных последовательно (рисунок 2.13, б) с баком. Реле нижнего уровня предназначено для сигнализации (светом или звуком) об опасном падении уровня воды в баке, а также для включения подпиточной установки (клапана или насоса). Реле верхнего уровня служит для прекращения подпитки системы отопления.

Переливную трубу, как и контрольную, в малоэтажных зданиях выводят к раковине в тепловом пункте. В крупных зданиях переливную трубу отводят к ближайшему водосточному стояку.

Полезный объем расширительного бака, ограниченный высотой  $h_{\text{п}}$  (см. рисунок. 2.12), должен соответствовать приросту - увеличению объема воды, заполняющей систему отопления, при ее нагревании до средней расчетной температуры.

Увеличение объема воды в системе отопления  $\Delta V_c$ , м<sup>3</sup> (л), может быть выражено формулой:

$$\Delta V_c = \beta \Delta t V_c, \quad (2.11)$$

где  $V_c$  – объем воды в системе при начальной температуре, м<sup>3</sup> (л), который вычисляют в зависимости от объема воды в основных элементах системы отопления, приходящегося в среднем на единицу ее тепловой мощности;  $\Delta t$  - изменение температуры воды от начальной до средней расчетной, °С;  $\beta$  - среднее значение коэффициента объемного расширения воды ( $\beta = 0,0006 \text{ 1/}^\circ\text{C}$ ).

Полезный объем расширительного бака  $V_{\text{пол}}$ , м<sup>3</sup> (л), соответствующий увеличению объема воды в системе  $\Delta V_c$ , определяют по формуле:

$$V_{\text{пол}} = k V_c, \quad (2.12)$$

где  $k = \beta \Delta t$  (таблица 2.1).

Таблица 2.1

Объемное расширение воды, нагреваемой в системе отопления (в долях первоначального объема)

Наполнение системы водой	Температура воды при наполнении, °С	Расчетная температура горячей воды в системе, °С			
		95	105	130	135-150
Из водопровода	5	0,045	0,051	0,07	0,084
Из тепловой сети	40-45	0,024	0,027	0,035	0,042

Общий объем воды в системе отопления при начальной температуре  $V_c$ , м<sup>3</sup> (л), определяют по формуле:

$$V_c = \Sigma V_i Q_c, \quad (2.13)$$

где  $\Sigma V_i$  – суммарный объем воды, м<sup>3</sup>(л)/кВт, в отдельных элементах системы отопления (отопительных приборах, калориферах, трубах, котлах), приходящийся на 1 кВт ее расчетной тепловой мощности;  $Q_c$  – расчетная тепловая мощность системы водяного отопления, кВт.

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

На рисунке 2.14, а изображена установка в помещении теплового центра закрытого бака без мембраны с регулируемым избыточным давлением. Давление в баке поддерживается либо сжатым воздухом от специального компрессора (вариант 1), либо инертным газом из баллона со сжатым газом (вариант 2). Действие компрессора автоматизируется.

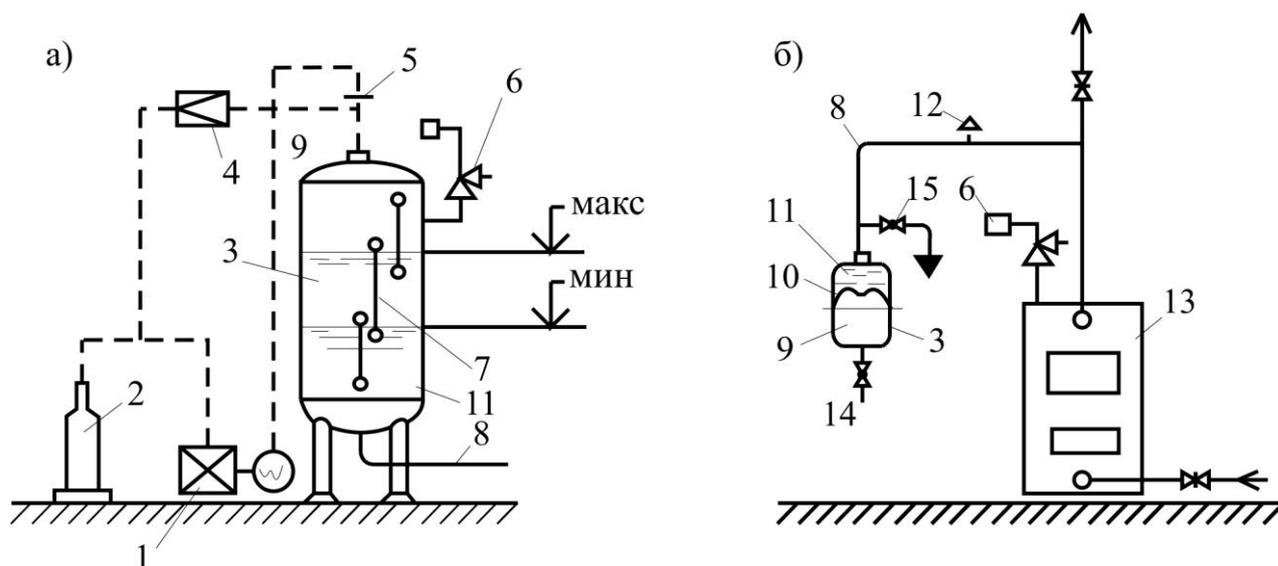


Рисунок 2.14. Установка закрытого расширительного бака:

а) бак без мембраны; б) бак с мембраной.

1 — воздушный компрессор (вариант 1); 2 — баллон с инертным газом (вариант 2);  
3 — расширительный бак; 4 — редукционный клапан; 5 — датчик давления; 6 — предохранительный клапан; 7 — водомерное стекло; 8 — соединительная труба; 9 — инертный газ; 10 — мембрана;  
11 — вода; 12 — воздушный кран; 13 — водогрейный котел; 14 — штуцер для заполнения бака инертным газом; 15 — кран для слива воды

На рисунке 2.15, б дана установка закрытого расширительного бака с упругой мембраной, разделяющей две среды - воду и инертный газ. Присоединение бака показано после котла, как это принято в зарубежной практике, когда циркуляционный насос включается в подающую магистраль системы отопления. Начальное давление газа в баке может быть и атмосферным, и избыточным. В последнем случае мембрана до нагревания воды в системе отопления прилегает к стенкам той половины бака, которая после нагревания будет заполняться водой.

Современная конструкция бака представляет собой стальной цилиндрический сосуд (рисунок 2.15), разделенный на две части резиновой мембраной. Одна часть предназначена для воды системы отопления, вторая заполнена в заводских условиях инертным газом (обычно азотом) под давлением. Бак может быть установлен непосредственно на пол котельной или теплового пункта, а также закреплен на стене (например, при стесненных условиях в помещении).

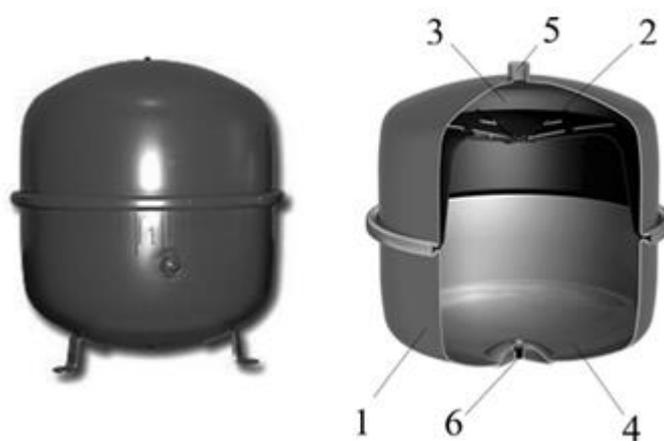


Рисунок 2.15. Внешний вид и разрез закрытого расширительного бака:

1 — корпус; 2 — мембрана; 3 — вода; 4 — воздух или инертный газ; 5 — подвод воды из системы отопления; 6 — предохранительный клапан и (или) штуцер для закачки газа

При нагревании избыток объема воды поступает в бак, сжимая воздух или газ, находящийся в нем (вода действует подобно поршню). При этом повышается давление, как в баке, так и в системе отопления в целом. Если объем бака или воздуха (газа) в нем окажется слишком мал, давление в низших точках системы может превысить максимально допустимое. В связи с этим потребуется во избежание аварии сбросить часть воды из системы через предохранительный клапан (показан на рисунке 2.14).

С другой стороны, при понижении температуры воды давление в высших точках системы может оказаться ниже минимально необходимого для предупреждения таких недопустимых явлений, как вскипание воды или подсос воздуха из атмосферы. Следовательно, объем закрытого расширительного бака строго обусловлен допустимым диапазоном изменения гидравлического давления в системе. Объем бака зависит также от объема и расчетной температуры воды в системе, от давления циркуляционного насоса и места включения насоса в теплопровод по отношению к теплообменнику и точке присоединения бака.

Полезный объем закрытого расширительного бака определяют по формуле:

$$V_{\text{пол}} = \Delta V_c / ((p_a / p_{\text{мин}}) - (p_a / p_{\text{макс}})), \quad (2.14)$$

где  $\Delta V_c$  – увеличение объема воды в системе при нагревании, м<sup>3</sup>;  $p_a$  – абсолютное давление в баке до первого поступления воды (в том числе атмосферное давление);  $p_{\text{мин}}$  – абсолютное давление в баке при наполнении системы водой (минимально необходимое давление воды в баке при минимальном уровне - см. рисунок 2.14, а);  $p_{\text{макс}}$  – абсолютное давление в баке при повышении температуры воды до расчетной и заполнении бака водой (максимально допустимое давление воды в баке при максимальном уровне - см. рисунок 2.14, а).

Минимально необходимое давление воды в закрытом расширительном баке равно гидростатическому давлению  $p_2$  на уровне установки бака с некоторым запасом  $p_{\text{верх}}$  для создания избыточного давления в верхней точке системы отопления, которое позволит избежать подсоса воздуха из атмосферы или вскипания воды (особенно, если  $t_t > 100 \text{ }^\circ\text{C}$ ):

$$p_{\text{мин}} = p_a + p_2 + p_{\text{верх}} \cdot \quad (2.15)$$

Максимально допустимое давление воды в баке при обычном присоединении его к обратной магистрали системы перед всасывающим патрубком циркуляционного насоса (рисунок 2.16) принимают в зависимости от рабочего давления  $p_{\text{раб}}$ , допустимого для элементов системы отопления в нижней ее точке (например, для чугунного котла), уменьшенного на сумму давления насоса  $\Delta p_n$  и гидростатического давления  $p_1$ , связанного с расстоянием  $h_1$  от уровня воды в баке до нижней точки системы:

$$p_{\text{макс}} = p_a + p_{\text{раб}} - (\Delta p_n + p_1) \cdot \quad (2.16)$$

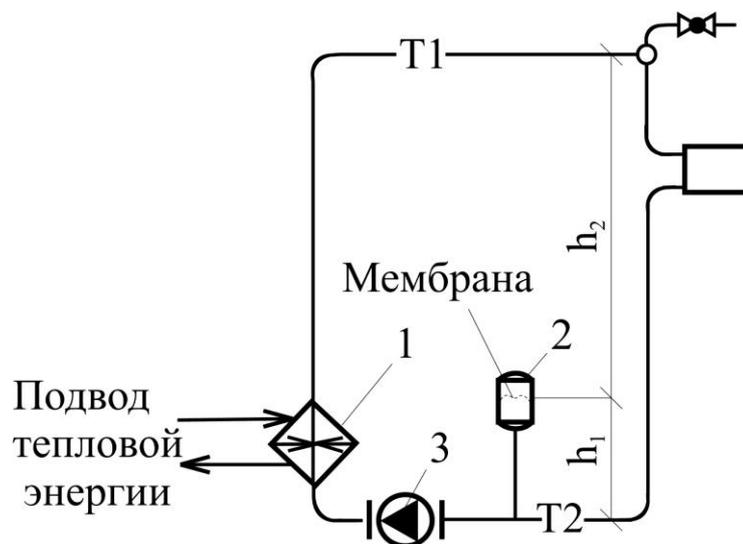


Рисунок 2.16. Установка закрытого расширительного бака в системе водяного отопления с независимым присоединением к тепловой сети:

1 — теплообменник; 2 — расширительный бак; 3 — циркуляционный насос

Объем закрытого расширительного бака при начальном давлении в нем, равном атмосферному, получается больше объема открытого бака. Использование сжатого воздуха (инертного газа) для повышения давления  $p_a$

сверх атмосферного (для “зарядки” бака) позволяет уменьшить объем закрытого бака. Объем бака уменьшается также при переносе его в верхнюю часть здания и присоединении там к магистрали системы отопления.

Место присоединения закрытого расширительного бака к теплопроводам выбирают с учетом сохранения его гидравлической связи с действующей частью системы при нормальном использовании клапанов и прочей запорной арматуры в другой отключаемой части системы отопления.

## **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 подводок, 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.

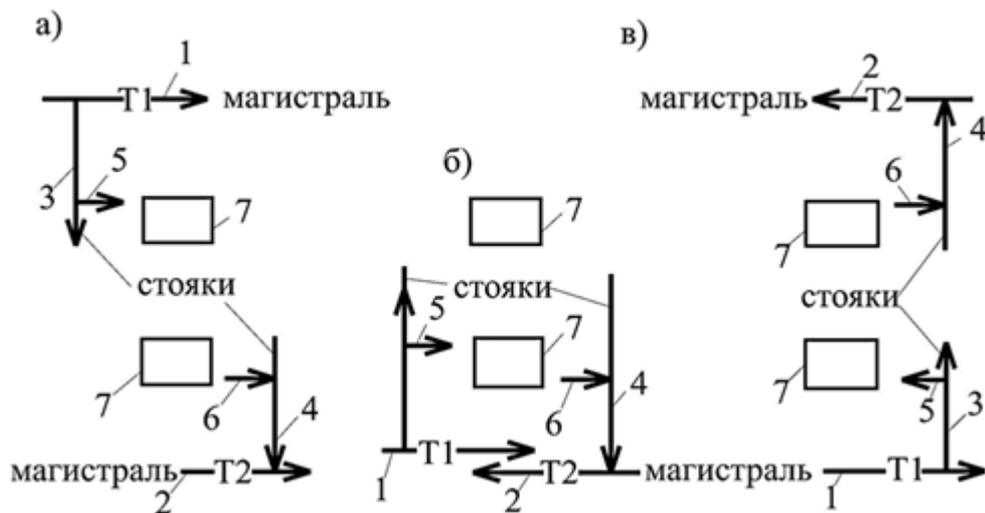


Рисунок 2.17. Теплопроводы вертикальных систем центрального отопления:

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

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

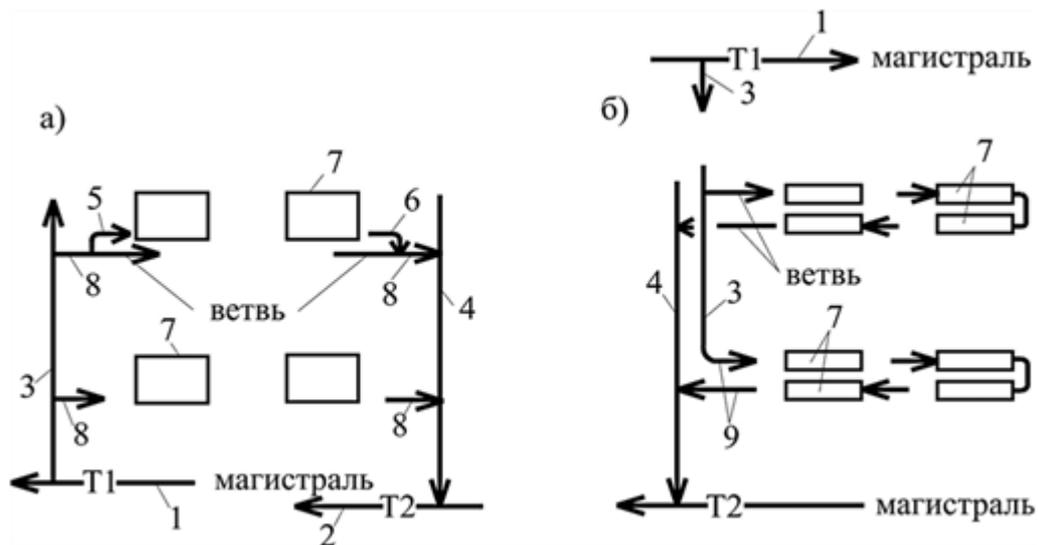


Рисунок 2.18. Теплопроводы горизонтальных систем центрального отопления: а) с нижней разводкой обеих магистралей; б) с верхней разводкой подающей магистрали.

1 и 2 — подающая (Т1) и обратная (Т2) магистраль; 3 и 4 — подающий и обратный стояк; 5 и 6 — подающая и обратная подводка; 7 — отопительные 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\*)  $D_y10...50$  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 76x2,8 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<sub>y</sub>20 со стенкой толщиной 2,0 мм (легкая водо-газопроводная труба D<sub>y</sub>20 имеет стенку толщиной 2,5 мм).

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

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

За последние годы, особенно в индивидуальном жилищном строительстве, все чаще 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. Этому 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**. Магистраль переносит 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  $\Delta l$ , м, определяется по формуле:

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

где  $\alpha$  - 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  $\Delta l$ , 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 однотрубной 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).

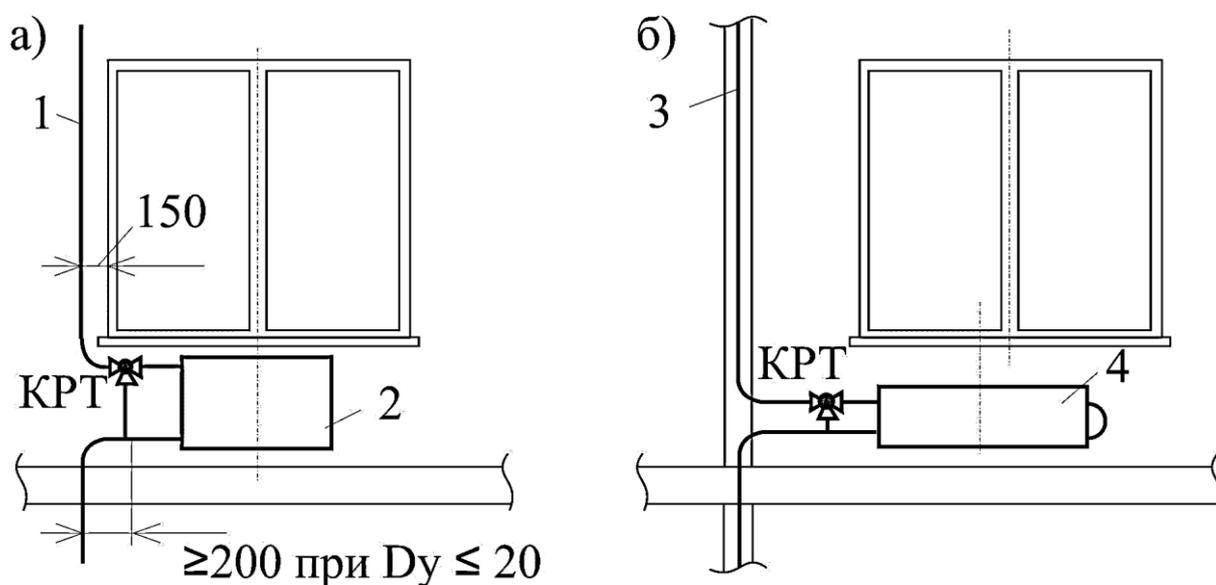


Рисунок 2.19. Этажестояки вертикальной однотрубной системы водяного отопления с трехходовыми кранами у приборов:

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 однотрубных 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.

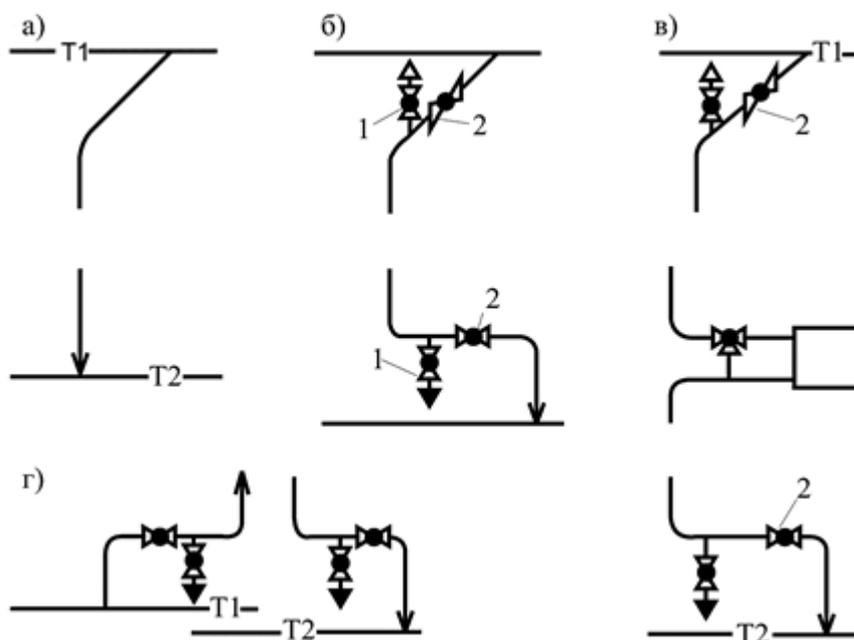
Кроме того, конструкция стояков должна способствовать унификации деталей для индустриализации процесса заготовки и уменьшения трудоемкости монтажа системы отопления.

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 теплопотери больше, чем при открытой прокладке, поэтому обычно принимаются меры для уменьшения теплопотерь.

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; в) то же при нижней разводке; г) 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 однотрубных 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 теплоподдачи отдельно для каждой стороны здания – так называемое “пофасадное” регулирование (рисунок 2.21, б).

Магистрали систем отопления гражданских зданий и вспомогательных зданий промышленных предприятий размещают, как правило, в чердачных и технических помещениях. В чердачных помещениях магистрали 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 магистрали 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.

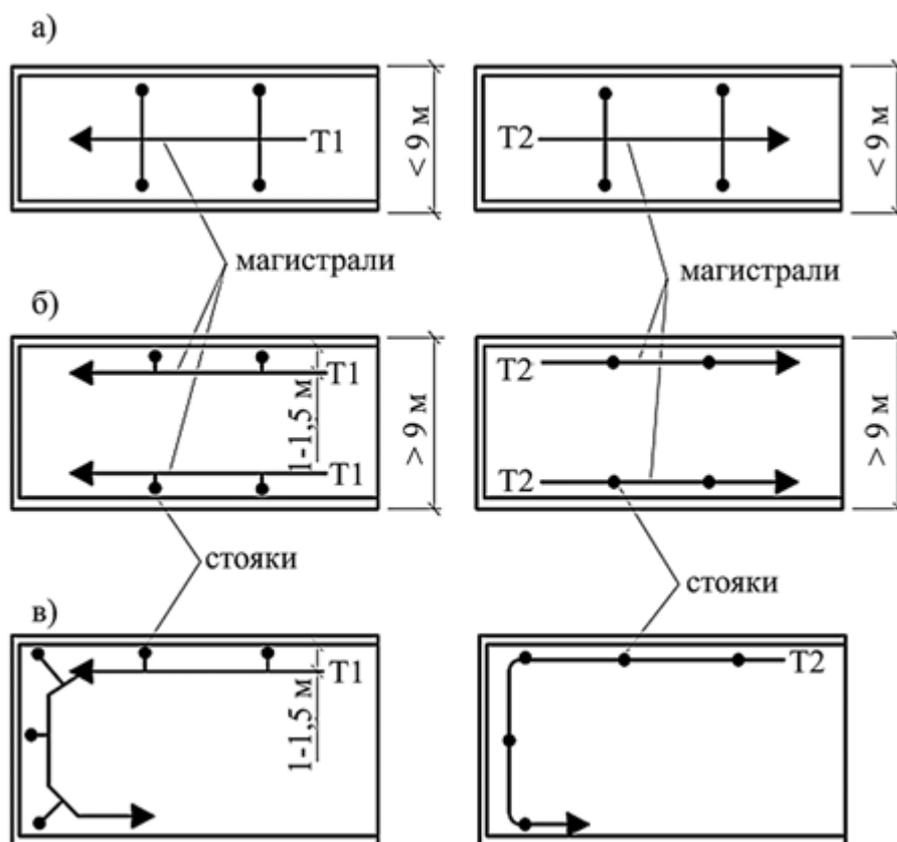


Рисунок 2.21. Размещение магистралей систем отопления в чердачных (слева), подвальных и технических (справа) помещениях зданий:

а) в зданиях шириной  $\leq 9$  м; б) в зданиях шириной  $> 9$  м при тупиковом движении теплоносителя в магистралах; в) то же при попутном движении

В гражданских зданиях повышенной этажности, особенно в высотных, магистралы 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 магистралы значительной длины, особенно при высокотемпературном

теплоносители, 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.

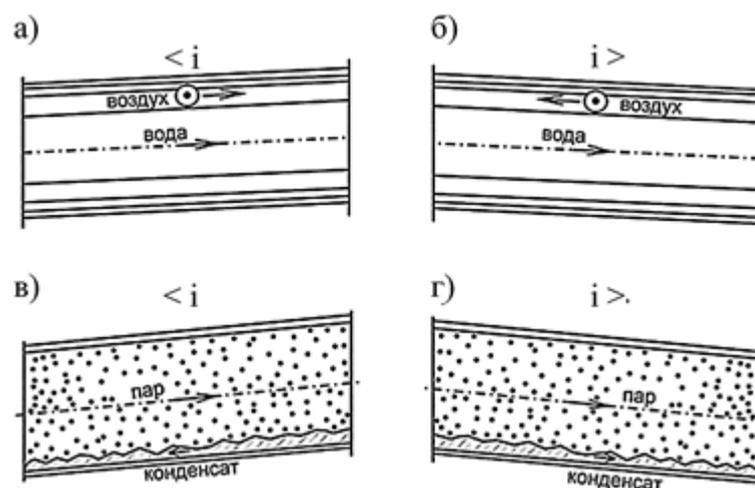


Рисунок 2.22. Направления движения теплоносителя и уклона труб в системах отопления:

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 теплопотерь 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, *a*), 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.

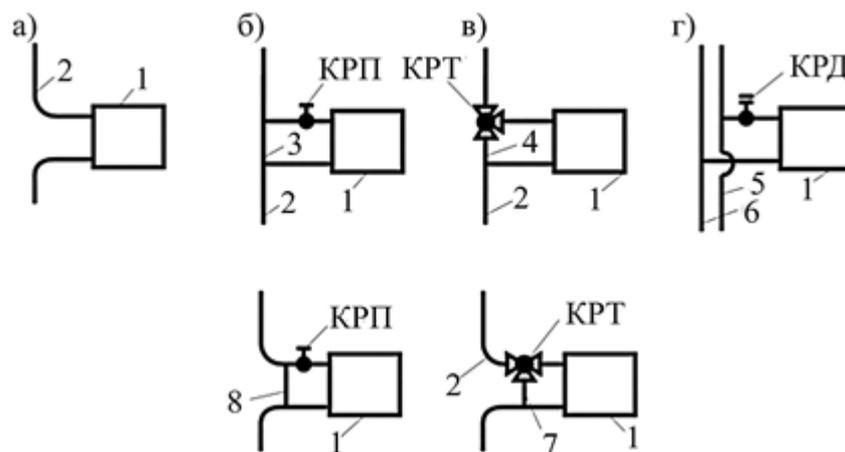


Рисунок 2.23. Одностороннее присоединение труб к отопительному прибору вертикальных систем отопления:

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 именуется **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 регулируемыми 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, *з*). 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 подводок ( $l = \text{const}$ , рисунок 2.24, *а, б*) и короткие подводки ( $l \leq 500$  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.

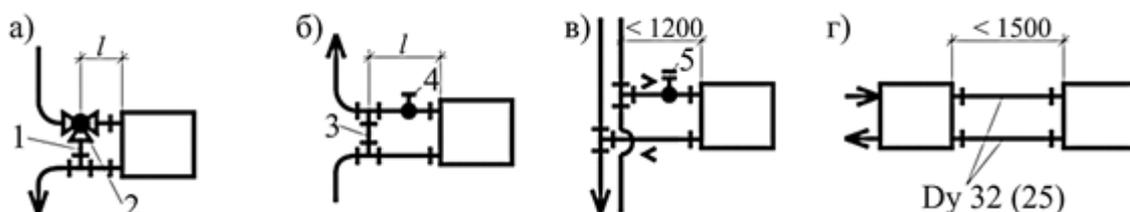


Рисунок 2.24. Унифицированное присоединение труб к отопительным приборам вертикальных систем отопления:

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 подводки при вынужденной установке крупного прибора (рис. 2.25, в) или для соединения нескольких отопительных приборов (рис. 2.25, г).

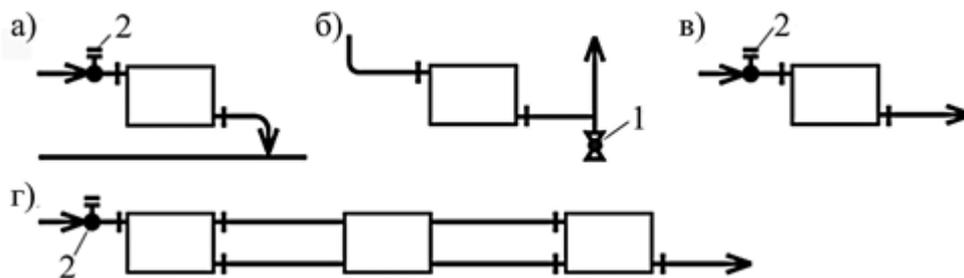


Рисунок 2.25. Разностороннее присоединение труб к отопительным приборам при движении теплоносителя в приборах сверху вниз:

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.

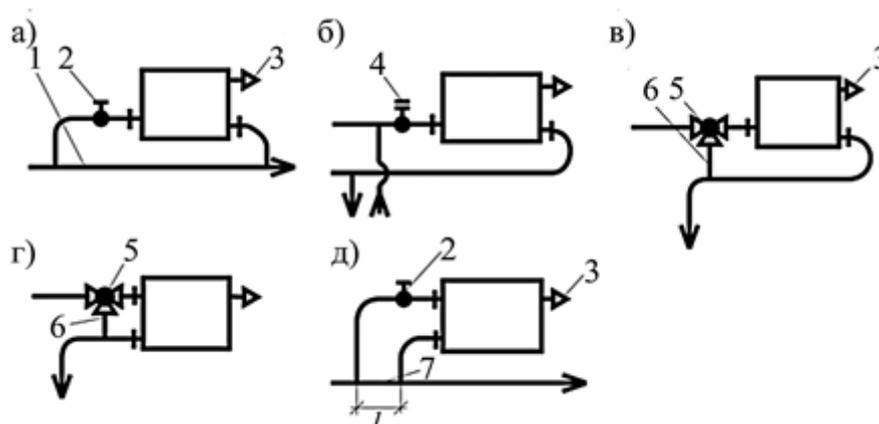


Рисунок 2.26. Присоединение труб к отопительным приборам систем водяного отопления:  
 а) к горизонтальной однотрубной с замыкающим участком ветви; б) и в) к верхним приборам в стояках с нижнем расположением обеих магистралей (с нижней разводкой) соответственно двухтрубном и однотрубном проточно-регулируемом; 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 1, включающим диафрагму (рис. 2.44, д), - так называемой редуцирующей вставкой.

### 2.3. 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 однострубных 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.

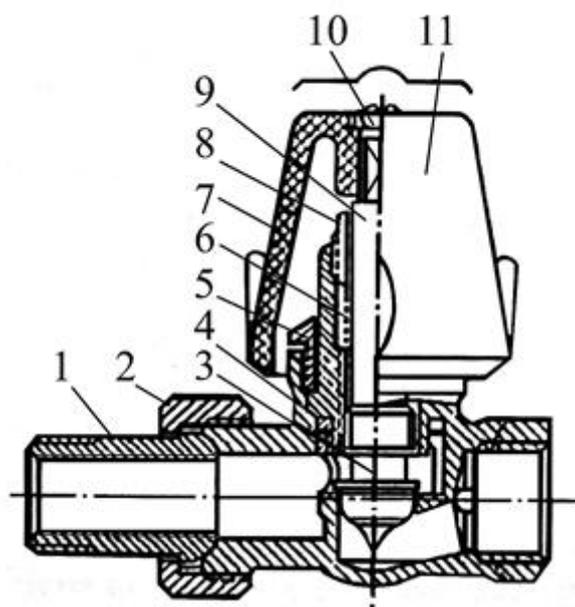


Рисунок 2.27. Кран двойной регулировки типа «Термис»:

- 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 вентиляного 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 однотрубному 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 однотрубной 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.

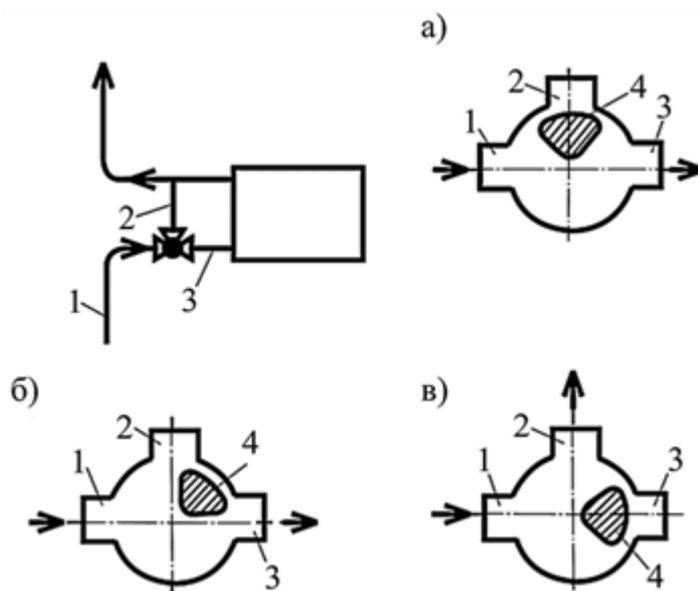


Рисунок 2.28. Регулирование расхода воды в отопительном приборе трехходовым краном:

а) вода из однотрубного 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 — однотрубный 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).

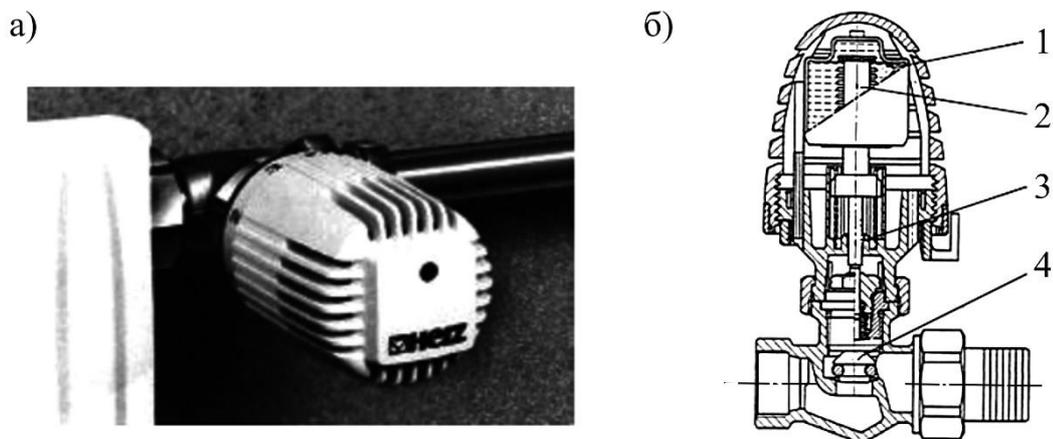


Рис. 2.29. Термокран с автоматическим регулированием:

*а – установка термодатчика на отопительном приборе; б – устройство термодатчика; 1 – сильфон;  
2 – настраиваемая 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.

Термокраны выпускаются с пониженным (для однотрубных 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 воздухоотборники.

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

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.

#### **2.4. 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<sup>3</sup> 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 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 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 воздействующих 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 магистралям придают определенный уклон в желательном направлении и устанавливают проточные воздухоборники (рис. 2.30) - вертикальные или горизонтальные.

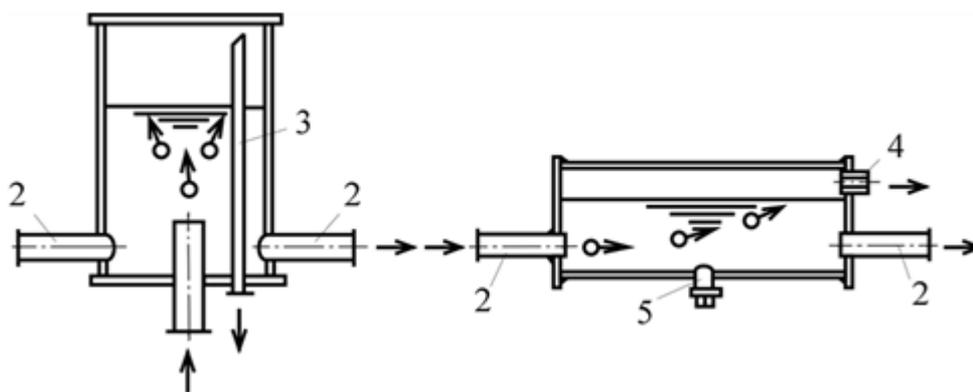


Рисунок 2.30. Проточные воздухоборники:

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).

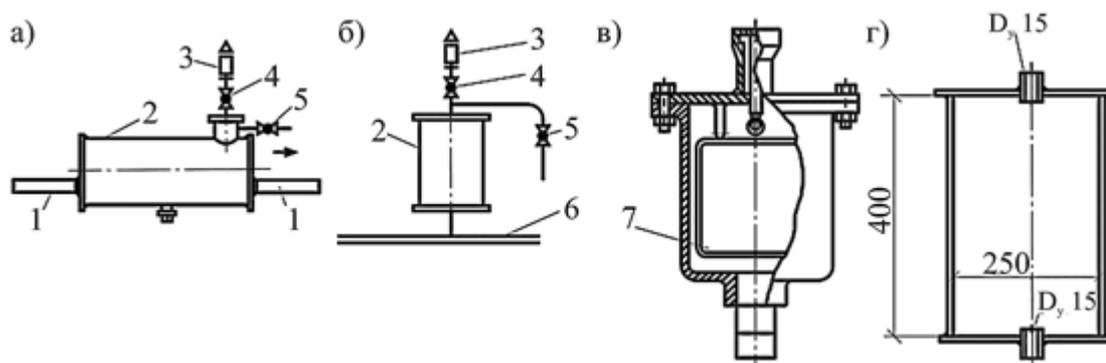


Рисунок 2.31. Схемы установки воздухоборников и воздухоотводчиков:

- 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 однотрубных 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 однотрубных 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/м<sup>3</sup> к 5,7 Н/м<sup>3</sup>, чем объясняется скопление воздуха над поверхностью конденсата. Так как раст-

воримость 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 малозумные 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.