

Часть 3. Системы водяного отопления

3.1. Выбор схемных решений и оборудования индивидуального теплового пункта, определение расчетных параметров для системы отопления

Решения по индивидуальному тепловому пункту (ИТП), проектируемому в соответствии с требованиями СП 41-101-95, зависят от принятой в проекте схемы присоединения системы отопления к тепловой сети и размещения в помещении пункта основного отопительного оборудования. Расчетные параметры воды на вводе в здание (температура и разность давления) принимаются по заданию.

3.1.1. Зависимое присоединение системы отопления к тепловой сети без смешения

В этом случае циркуляция воды в системе отопления осуществляется за счет разности давления на вводе в здание, принимаемой в соответствии с заданием к курсовому проекту. Располагаемое циркуляционное давление (расчетная разность давлений в распределительном и сборном коллекторах) ΔP_p , Па, для гидравлического расчета системы отопления определяют по формуле:

$$\Delta P_p = (P_1 - P_2) - \Delta P_{\text{тп}} - \Delta P_{\text{рр}}, \quad (3.1)$$

где P_1 , P_2 - давления соответственно в подающей и обратной трубе тепловой сети на вводе в здание, Па;

$\Delta P_{\text{тп}}$ - потери давления в пределах ИТП (в трубах, арматуре и оборудовании), Па;

$\Delta P_{\text{рр}}$ - потери давления в регуляторе расхода (~ 50000 Па).

Примерная схема ИТП представлена на рис.3.1. ИТП оснащается распределительным и сборным коллекторами тепловой сети (соответственно РКТС и СКТС), грязевиками G_r , фильтрами Φ , необходимой запорно-регулирующей арматурой, контрольно-измерительными приборами

(термометры T , манометры P). На коллекторах РКТС и СКТС следует предусмотреть ответвления для других теплопотребителей здания (системы вентиляции (B), кондиционирования воздуха (KB) и горячего водоснабжения ($ГВ$)).

Необходимость установки регулятора расхода (PP) и его расчетная настройка ΔP_{pp} определяются по результатам гидравлического расчета системы отопления (CO).

Грязевики подбираются по диаметру подводящих труб. Скорость движения воды в поперечном сечении грязевика не должна превышать 0,05 м/с.

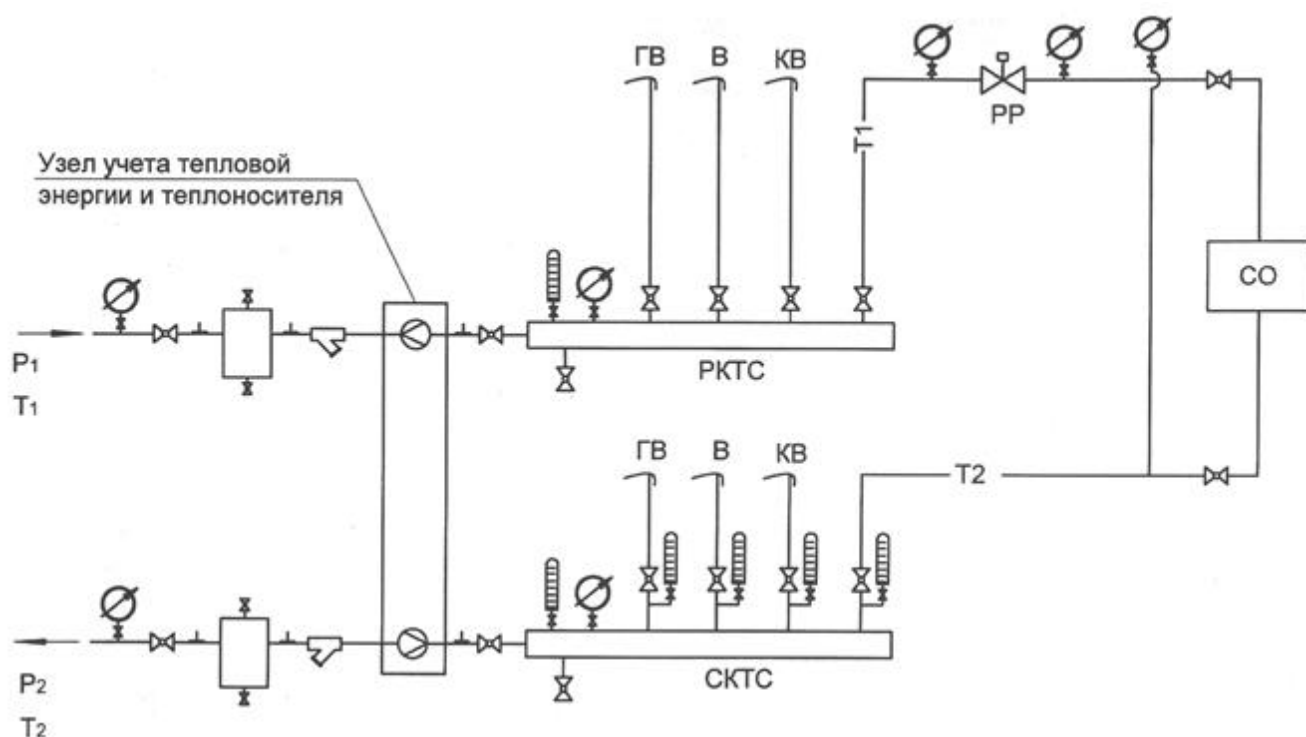


Рис. 3.1. Схема индивидуального теплового пункта при зависимом присоединении системы к тепловой сети без смешения

3.1.2. Зависимое присоединение системы отопления к тепловой сети с использованием смесительного насоса

Примерная схема ИТП представлена на рис. 3.2 Выбор основного оборудования и расчет параметров системы ведется аналогично п. 3.1.1.

Для подбора смесительного насоса (СН) необходимо определить массовый расход воды, поступающей в систему отопления из тепловой сети $G_{\text{ТС}}$, кг/ч:

$$G_{\text{ТС}} = 3,6 Q_{\text{со}} / [c (T_1 - T_2)], \quad (3.2)$$

где T_1 , T_2 - расчетная температура соответственно подающей и обратной воды в тепловой сети на вводе в здание, °С (по заданию к курсовому проекту).

Объемный расход воды в смесительной перемычке схемы $L_{\text{н}}$, м³/ч, определяется по формуле:

$$L_{\text{н}} = (G_{\text{со}} - G_{\text{ТС}}) / \rho_0, \quad (3.3)$$

где ρ_0 - плотность воды, кг/м³, соответствующая температуре t_0 .

Требуемое давление смесительного насоса $P_{\text{см}}$, Па, определяется разностью давления в точках присоединения смесительной перемычки «а» и «б» теплового пункта (см. рис. 3.2):

$$\Delta P_{\text{см}} = P_{\text{а}} - P_{\text{б}}, \quad (3.4)$$

где $P_{\text{а}} = P_1 - \Delta P_{\text{тп},1}$, Па; $P_{\text{б}} = P_2 + \Delta P_{\text{тп},2}$, Па;

$\Delta P_{\text{тп},1}$, $\Delta P_{\text{тп},2}$ - потери давления в трубах теплового пункта от точек присоединения системы отопления к тепловой сети (на вводе в здание) до точек присоединения смесительной перемычки к соответственно подающей и обратной магистрали теплового пункта, Па.

Потери давления в регуляторе температуры (РТ) можно принять ~ 50000 Па.

Рекомендации по выбору насоса будут рассмотрены в п. 3.1.4.

Расчетное насосное давление ΔP_n , Па, для гидравлического расчета системы отопления в этом случае равно $\Delta P_{см}$. При этом скорость движения воды в системе отопления не должна быть больше указанной в СП 60.13330. Напор смесительного насоса должен быть больше потерь давления в системе отопления на 0,02 - 0,03 МПа.

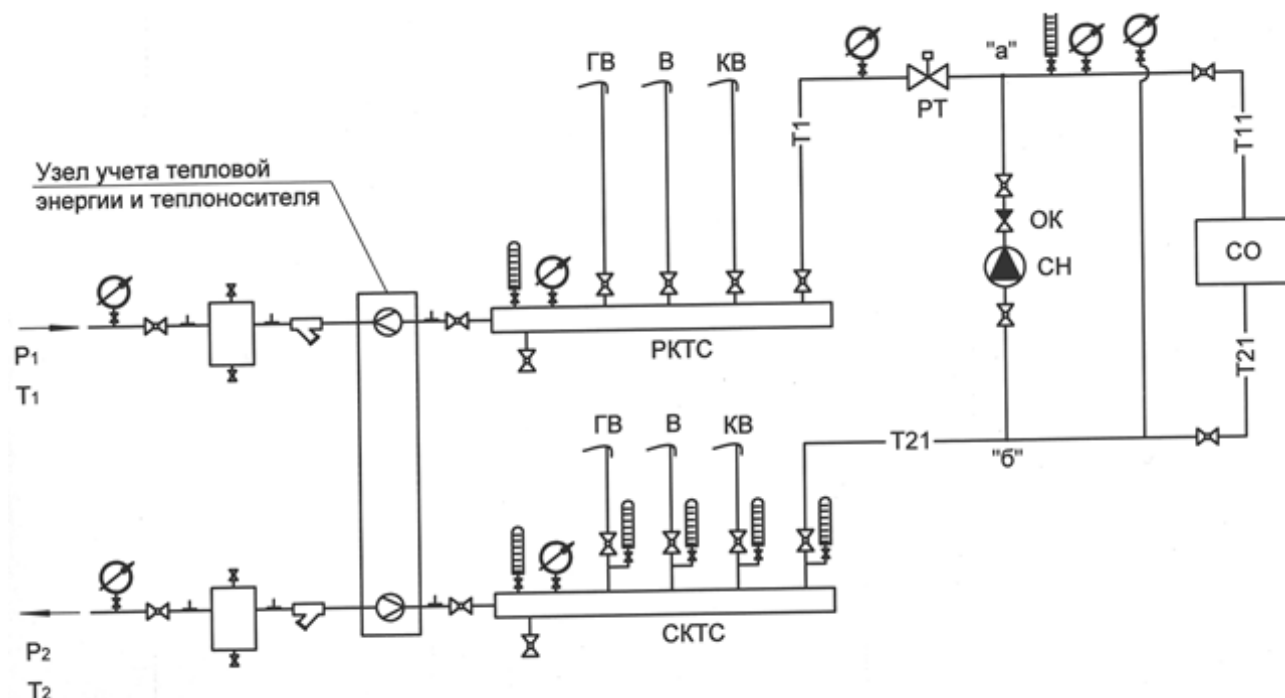


Рис. 3.2. Схема индивидуального теплового пункта при зависимом присоединении системы отопления к тепловой сети со смешением с помощью насоса

3.1.3. Зависимое присоединение системы отопления к тепловой сети со смешением с помощью водоструйного элеватора

Расчетное давление в системе отопления, Па, создаваемое элеватором, определяется по формуле:

$$\Delta P_{эл} = \Delta P_{вв} / [1,4 (1+U)^2], \quad (3.5)$$

где $\Delta P_{вв}$ - разность давлений воды, Па, в распределительном и сборном коллекторах теплосети;

U- коэффициент смешения, определяемый по формуле:

$$U = (T_1 - t_r) / (t_r - t_o) = (G_{co} - G_{tc}) / G_{tc}, \quad (3.6)$$

Тип и номер элеватора выбирают по диаметру горловины (камеры смешения) d_r , мм, (рис. 2.3) в зависимости от расчетного расхода воды G_{co} , т/ч, и расчетных потерь давления ΔP_{co} , кПа, в системе отопления, определяемому по формуле:

$$d_r = 1,55 G_{co}^{0,5} / \Delta P_{co}^{0,25}. \quad (3.7)$$

Диаметр отверстия сопла находят по формуле [4]:

$$d_c = d_r / (1 + U). \quad (3.8)$$

Рекомендуется принимать стандартный элеватор с меньшим диаметром горловины, т.к. завышенный диаметр горловины снижает КПД элеватора.

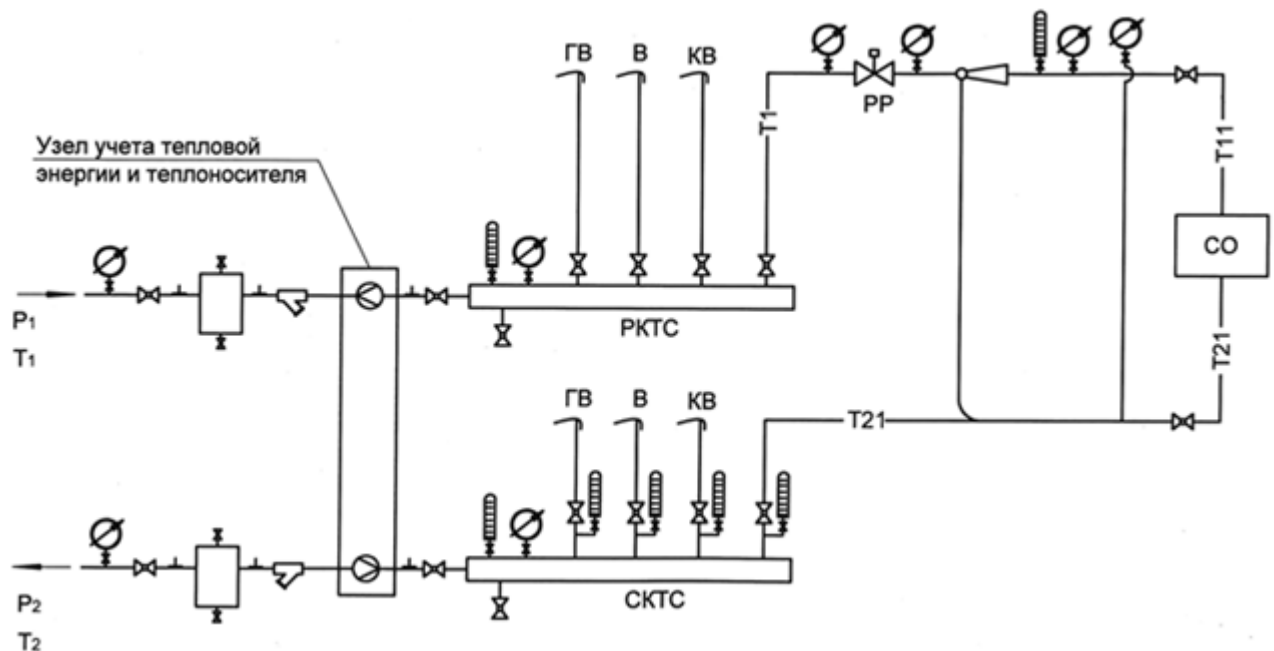


Рис. 3.3. Схема индивидуального теплового пункта при зависимом присоединении системы отопления к тепловой сети со смешением с помощью элеватора

3.1.4. Независимое присоединение системы отопления к тепловой сети

В курсовом и дипломном проектах присоединение систем отопления предусматривается, как правило, по независимой схеме. В помещении ИТП размещают необходимое оборудование: распределительный (РКТС) и сборный (СКТС) коллекторы теплосети, водоводяной подогреватель системы отопления (ВВП), группы насосов циркуляционных (ЦН) и подпиточных (ПН), распределительный (РКСО) и сборный (СКСО) коллекторы системы отопления.

В курсовом проекте рекомендуется устанавливать секционный водоводяной скоростной подогреватель в соответствии с СП 41-101-95 по ГОСТ 27590-2005. Схему движения воды в водоподогревателе выбирают при условии, что греющая вода теплосети пропускается по трубному пучку, а нагреваемая вода системы отопления – по межтрубному пространству. Длины секции водоподогревателя (2 или 4 м) следует выбирать из возможностей его размещения в помещении теплового пункта.

Выбор водоподогревателя делается по ориентировочной площади сечения пучка труб (трубное пространство) $f_{\text{тр}}^{\text{ор}}$, м², и по ориентировочной площади межтрубного пространства, $f_{\text{мтр}}^{\text{ор}}$, м², определяемым по формулам:

$$f_{\text{тр}}^{\text{ор}} = \frac{G_{\text{тс}}}{3600 \rho_{\text{тс}} w_{\text{тр}}^{\text{ор}}}, \quad (3.9)$$

$$f_{\text{мтр}}^{\text{ор}} = \frac{G_{\text{со}}}{3600 \rho_{\text{со}} w_{\text{мтр}}^{\text{ор}}}, \quad (3.10)$$

где $\rho_{\text{тс}}$ – плотность греющего теплоносителя при его средней температуре в теплообменнике, кг/м³; $w_{\text{тр}}^{\text{ор}}$ – ориентировочная скорость греющей воды в латунных трубах, принимаемая равной 1 м/с; $\rho_{\text{со}}$ – плотность нагреваемого теплоносителя при его средней температуре в теплообменнике, кг/м³; $w_{\text{мтр}}^{\text{ор}}$ – ориентировочная скорость нагреваемой воды в межтрубном пространстве, принимаемая равной 1 м/с.

Из каталога по величине $f_{\text{тр}}^{\text{ор}}$ и $f_{\text{мтр}}^{\text{ор}}$ определяются основные конструктивные характеристики выбранного водоподогревателя: наружный $D_{\text{н}}$, мм, и внутренний $D_{\text{в}}$, мм, диаметр корпуса, длина и поверхность нагрева $f_{\text{секц}}$, м^2 , одной секции, число трубок n , шт., площадь сечения трубок $f_{\text{тр}}$, м^2 , и межтрубного пространства $f_{\text{мтр}}$, м^2 , внутренний $d_{\text{в}}$, мм, и наружный $d_{\text{н}}$, мм, диаметр трубок (соответственно 14 и 16 мм), эквивалентный диаметр межтрубного пространства $d_{\text{экв}}$, мм.

Далее определяется расчетный коэффициент теплопередачи выбранного водоподогревателя $K_{\text{то}}$, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, по формуле:

$$K_{\text{то}} = \frac{\psi \beta}{\frac{1}{\alpha_{\text{тр}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{мтр}}} + \frac{\delta_{\text{тр}}}{\lambda_{\text{тр}}}}, \quad (3.11)$$

где ψ – коэффициент эффективности теплообмена, принимаемый для гладкотрубных водоподогревателей с опорами в виде полок равным 0,95, для гладкотрубных с блоком опорных перегородок равным 1,2, и для профилированных и с блоком опорных перегородок равным 1,65; β – коэффициент, учитывающий накипь и загрязнение на поверхности трубок в зависимости от химического состава воды и принимаемый равным 0,8...0,95; $\alpha_{\text{тр}}$, $\alpha_{\text{мтр}}$ – коэффициенты теплообмена на внутренней и наружной поверхности трубок теплообменника, соответственно, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$; $\delta_{\text{тр}}$ – толщина латунной трубки, 0,001 м; $\lambda_{\text{тр}}$ – коэффициент теплопроводности латуни, 105 $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$.

Формула для определения коэффициента теплообмена α , $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, имеет общий вид:

$$\alpha = 1,16 \left(1210 + 18t_{\text{ср}} - 0,038t_{\text{ср}}^2 \right) \frac{w^{0,8}}{d^{0,2}}, \quad (3.12)$$

где $t_{\text{ср}}$ – средняя температура теплоносителя, $^\circ\text{C}$; w – скорость теплоносителя, м/с; d – диаметр трубок внутренний $d_{\text{в}}$ или эквивалентный диаметр межтрубного пространства $d_{\text{экв}}$, м.

Средняя температура теплоносителя, его скорость и диаметры определяются следующим образом:

1. Для трубного пространства (теплообмен от греющей воды к стенке трубы):

$$t_{cp} = \frac{T_1 - T_2}{2}, \text{ } ^\circ\text{C}; \quad (3.13)$$

$$w = w_{тр} = \frac{G_{тс}}{3600 \rho_{тс} f_{тр}}, \text{ м/с}; \quad (3.14)$$

$$d = d_b, \text{ м.}$$

2. Для межтрубного пространства (теплообмен от стенки трубы к нагреваемой воде):

$$t_{cp} = \frac{t_r - t_o}{2}, \text{ } ^\circ\text{C}; \quad (3.15)$$

$$w = w_{мтр} = \frac{G_{co}}{3600 \rho_{co} f_{мтр}}, \text{ м/с}; \quad (3.16)$$

$$d = d_{экв}, \text{ м.} \quad (3.17)$$

После определения коэффициента теплопередачи определяется средняя разность температуры между греющей и нагреваемой воды в водоподогревателе (температурный напор), $\Delta t_{то}$, $^\circ\text{C}$:

$$\Delta t_{то} = \frac{(T_1 - t_r) - (T_2 - t_o)}{\ln \frac{(T_1 - t_r)}{(T_2 - t_o)}}. \quad (3.18)$$

Затем определяется расчётное количество секций кожухотрубного водоподогревателя $N_{секц}^p$, шт.:

$$N_{секц}^p = \frac{Q_{co}}{K_{то} f_{секц} \Delta t_{то}}. \quad (3.19)$$

Расчётное количество секций теплообменника округляется до целого в большую сторону, и получаем минимально необходимое количество секций выбранного теплообменника $N_{секц}$, шт.

Для оценки запаса реальной мощности принятого теплообменника относительно расчётной мощности системы определяют фактическую мощность водоподогревателя, $Q_{\text{вп}}$, Вт:

$$Q_{\text{вп}} = K_{\text{то}} f_{\text{секц}} \Delta t_{\text{то}} N_{\text{секц}}. \quad (3.20)$$

Требуемый запас величины $Q_{\text{вп}}$ по отношению к величине $Q_{\text{со}}$ должен составлять не менее 10 % и не более 50 %, что является подтверждением правильности выбора типоразмера водоподогревателя. В противном случае необходимо выбрать другой типоразмер и повторить расчет.

Потеря давления в межтрубном пространстве водоподогревателя $\Delta P_{\text{мтр}}$, кПа, составит:

$$\Delta P_{\text{мтр}} = B w_{\text{мтр}}^2 N_{\text{секц}}, \quad (3.21)$$

где B – коэффициент, принимаемый в зависимости от типоразмера и длины принятого водоподогревателя по табл. 3.1.

Таблица 3.1

Значение коэффициента B

Наружный диаметр корпуса секции $D_{\text{н}}$, мм	Значение коэффициента B при длине секции, м	
	2	4
57	25	30
76	25	30
89	25	30
114	18	25
168	11	25
219	11	24
273	11	20
325	11	20

Потеря давления $\Delta P_{\text{тр}}$, кПа, в гладких трубках водоподогревателей определяется по формулам [1]:

а) при длине секции 4 м:

$$\Delta P_{\text{тр}} = 7,5 \varphi \left(\frac{G_{\text{тс}}}{3600 f_{\text{тр}} \rho_{\text{тс}}} \right)^2 N_{\text{секц}}; \quad (3.22)$$

б) при длине секции 2 м:

$$\Delta P_{\text{тр}} = 5\varphi \left(\frac{G_{\text{тс}}}{3600 f_{\text{тр}} \rho_{\text{тс}}} \right)^2 N_{\text{секц}}, \quad (3.23)$$

где φ – коэффициент, учитывающий накипеобразование, принимается по опытным данным, а при их отсутствии равным 2 ... 3.

В тепловых пунктах также часто применяются разборные пластинчатые водоподогреватели. Пластинчатый теплообменник набирается из определенного количества профилированных пластин, профиль которых варьируется у каждой фирмы-производителя. В курсовом проекте, по заданию от руководителя, может подбираться пластинчатый теплообменник по ГОСТ 15518-87 с пластинами типа 0,3р и симметричной компоновкой.

Характеристики пластины типа 0,3р следующие: площадь поперечного сечения канала $f_k = 0,00245 \text{ м}^2$; поверхность нагрева одной пластины $f_{\text{пл}} = 0,3 \text{ м}^2$.

Методика расчёта пластинчатых водоподогревателей основана на определении количества пластин и оптимального соотношения числа ходов для греющей и нагреваемой воды.

В первую очередь следует определить требуемое количество каналов по нагреваемому контуру m_n , шт.:

$$m_n = \frac{G_{\text{от}}}{3600 w_{\text{опт}} f_k \rho_{\text{со}}}, \quad (3.24)$$

где $w_{\text{опт}}$ – оптимальная скорость воды в каналах, принимаемая 0,4 м/с; f_k – живое сечение одного межпластинчатого канала, м^2 .

Поскольку компоновка водоподогревателя симметричная, т.е. $m_{\text{гр}} = m_n$, то общее живое сечение каналов в пакете по ходу греющей и нагреваемой воды, м^2 :

$$f_{\text{гр}} = f_n = m_n f_k. \quad (3.25)$$

Находим фактические скорости греющей и нагреваемой воды, м/с:

$$w_{\text{гр}} = \frac{G_{\text{тс}}}{3600 \rho_{\text{тс}} f_{\text{гр}}}; \quad (3.26)$$

$$w_n = \frac{G_{co}}{3600 \rho_{co} f_n}. \quad (3.27)$$

Коэффициент теплоотдачи α , Вт/(м²·°C), от греющей воды к стенке пластины и от пластины к нагреваемому теплоносителю определяется по общей формуле:

$$\alpha = 1,16A(23000 + 283t_{cp} - 0,63t_{cp}^2)w^{0,73}, \quad (3.28)$$

где A – коэффициент, зависящий от типа пластин, и принимается равным 0,368 для пластины типа 0,3р.

Средняя температура теплоносителя и его скорость определяются следующим образом:

1. Для каналов с греющей водой (теплообмен от греющей воды к пластине):

$$t_{cp} = \frac{T_1 - T_2}{2}, \text{ } ^\circ\text{C}; \quad (3.29)$$

$$w = w_{гр}, \text{ м/с}. \quad (3.30)$$

2. Для каналов с нагреваемой водой (теплообмен от пластины к нагреваемой воде):

$$t_{cp} = \frac{t_r - t_o}{2}, \text{ } ^\circ\text{C}; \quad (3.31)$$

$$w = w_n, \text{ м/с}. \quad (3.32)$$

Далее определяется коэффициент теплопередачи $K_{то}$, Вт/(м²·°C), по формуле:

$$K_{то} = \frac{\beta}{\frac{1}{\alpha_{гр}} + \frac{1}{\alpha_n} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}}}, \quad (3.33)$$

где β – коэффициент, учитывающий уменьшение коэффициента теплопередачи из-за термического сопротивления накипи и загрязнений на пластине, в зависимости от качества воды принимается равным 0,7...0,85;

$\delta_{ст}$ – толщина пластины, 0,001 м; $\lambda_{тр}$ – коэффициент теплопроводности нержавеющей стали AISI 316, 16 Вт/(м·°C).

Необходимая поверхность нагрева теплообменника $F_{необх}$, м², составит:

$$F_{необх} = \frac{Q_{со}}{K_{то} \Delta t_{то}}, \quad (3.34)$$

где $\Delta t_{то}$ – температурный напор, определяемый по формуле (3.13), °C.

Расчетное количество ходов в теплообменнике X_p определяется по формуле:

$$X_p = \frac{F_{необх} + f_{пл}}{2m_n f_{пл}}, \quad (3.35)$$

где $f_{пл}$ – поверхность нагрева одной пластины, м².

Число ходов округляется до целой величины X .

Расчётное количество пластин, устанавливаемых в теплообменнике $n_{пл}$, шт., определяется по формуле:

$$n_{пл} = \frac{F_{необх}}{f_{пл}}, \quad (3.36)$$

Потерю давления в водоподогревателе следует определять по формулам:

- для нагреваемой воды:

$$\Delta P_n = \varphi Б (33 - 0,08 t_{ср}) w_n^{1,75} X; \quad (3.37)$$

- для греющей воды:

$$\Delta P_{гр} = \varphi Б (33 - 0,08 t_{ср}) w_{гр}^{1,75} X; \quad (3.38)$$

где $Б$ – коэффициент, зависящий от типа пластины, принимается для пластины типа 0,3р равным 4,5.

Пластинчатый теплообменник на чертеже условно обозначается параллелепипедом со следующими габаритами: высота 1400 мм (без учета фундамента), ширина 400 мм. Глубина теплообменника $b_{гл}$, мм, определяется согласно выбранному количеству пластин:

$$b_{гл} = (\delta_{ст} + \delta_{пр}) n_{пл} + b_p, \quad (3.39)$$

где $\delta_{\text{пр}}$ – толщина резиновой прокладки, принимаемой равной 3 мм;
 b_p – дополнительная глубина на размещения рамы теплообменника, принимаемой равной 200 мм.

Принципиальная схема ИТП при независимом присоединении системы отопления к тепловой сети представлена на рис. 3.4. В соответствии с ней, а также с учетом размещения основного оборудования и реальных размеров конструируется и вычерчивается в аксонометрической проекции (М 1:20) действительная схема ИТП.

При этом необходимо предусмотреть:

- запорно-регулирующую арматуру на всех ответвлениях и в местах установки основного оборудования;
- точки спуска воды и удаления воздуха, оснащенные необходимой арматурой;
- подключение к схеме труб от расширительного бака РБ;
- узел подпитки системы отопления водой из тепловой сети;
- контрольно-измерительные приборы, включая узел коммерческого учета теплоснабжения.

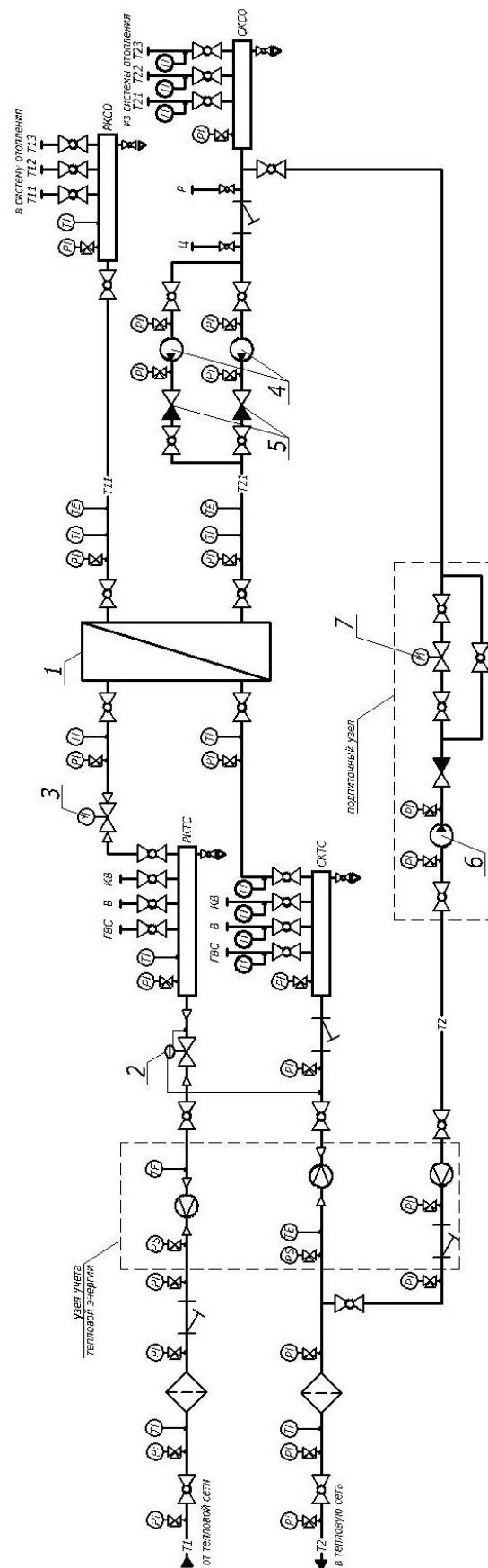


Рис. 3.4. Схема индивидуального теплового пункта при независимом присоединении системы отопления к тепловой сети

Распределительные и сборные коллекторы проектируются с учетом других возможных теплопотребителей здания. Выбор грязевика – см. п. 3.1.1. В насосной группе устанавливается два циркуляционных насоса – основной и резервный. Каждый из них выбирается по расчетному расходу воды в системе отопления. После каждого из насосов устанавливается обратный клапан (ОК) (см. рис. 3.4).

Гидравлический расчет для участков тепловодов в пределах теплового пункта проводят от сборного коллектора СКСО через грязевик, один из насосов, теплообменник до распределительного коллектора РКСО. В точках присоединения труб к коллекторам и водоподогревателям учитывают потери давления при внезапном сужении или расширении потоков воды. Диаметры труб выбираются в зависимости от их общей тепловой нагрузки при скорости движения воды не более 1 – 1,5 м/с.

Для обеспечения циркуляции воды в системе отопления применяются бесшумные насосы, закрепляемые непосредственно на трубах без фундамента. К ним относятся отечественные насосы типа ЦВЦ фирмы ПОМПА (г. Щелково Московской обл.) или импортные, например, фирмы GRUNDFOS, DAB, WILO и др. Выбор марки циркуляционного насоса осуществляется по характеристике насоса. При этом, по величине объемного расхода насоса $L_{\text{цн}}$, м³/ч, соответствующей расчетному массовому расходу воды в системе отопления $G_{\text{со}}$, и температуре теплоносителя $t_{\text{г}}$ и $t_{\text{о}}$ в магистрали, на которой установлен циркуляционный насос (установка импортного насоса допускается на подающей магистрали), определяется его расчетное давление $P_{\text{цн}}$, Па. Марка насоса выбирается из условия обеспечения в его рабочей точке максимально возможного КПД ($\eta_{\text{цн}}$). Определяется установочная мощность электродвигателя насоса $N_{\text{э}}$, Вт:

$$N_{\text{э}} = k L_{\text{цн}} P_{\text{цн}} / (3600 \eta_{\text{цн}}), \quad (3.23)$$

где k – коэффициент запаса мощности, принимаемый 1,1.

Располагаемое давление ΔP_{co} , Па, для последующего гидравлического расчета системы отопления при независимой схеме ее присоединения к тепловой сети определяется по формуле:

$$\Delta P_{co} = P_{цн} - \Delta P_{мтр} - \Delta P_{тп}, \quad (3.40)$$

где $\Delta P_{тп}$ - потери давления в трубах теплового пункта, Па.

Марку циркуляционного насоса необходимо выбрать (по согласованию с руководителем проекта) таким образом, чтобы величина ΔP_{co} в зависимости от мощности и конструкции системы отопления составила 10...20 кПа.

В том случае, когда гидравлический расчет производится методом, при котором диаметр труб системы отопления принимается по допустимой скорости теплоносителя, марку циркуляционного насоса выбирают после определения расчетных потерь давления в системе отопления – ΔP_{co} , Па. Расчетное давление насоса $P_{цн}$, Па, при этом определяется по формуле:

$$P_{цн} = \Delta P_{co} + \Delta P_{мтр} + \Delta P_{тп} - \Delta P_e, \quad (3.41)$$

где ΔP_e – естественное циркуляционное давление, возникающее в системе отопления, Па.

Подпитка системы отопления осуществляется водой из обратной магистрали тепловой сети. При конструировании узла подпитки следует убедиться, что давление P_2 , Па, обеспечит заполнение системы, т.е. будет выше минимально допустимого значения $P_{мин}$, Па. В противном случае, помимо регулятора подпитки узел оснащается подпиточным насосом. Напор подпиточного насоса $P_{пн}$, Па, определяется по формуле:

$$P_{пн} = P_{мин} - P_2, \quad (3.42)$$

где P_2 – давление в обратной магистрали тепловой сети, Па; $P_{\text{мин}}$ – минимальное давление, необходимое для заполнения системы, Па, определяемое по формуле при применении открытого расширительного бака:

$$P_{\text{мин}} = 9,81 \rho_0 H, \quad (3.43)$$

где ρ_0 – плотность воды в обратной магистрали тепловой сети, кг/м³; H – высота системы отопления от точки подключения подпитки до наивысшей точки системы отопления, м.

Если $P_{\text{пн}} < 0$, то установка подпиточного насоса не предусматривается.

Для определения расхода воды, который должен обеспечивать подпиточный насос $Q_{\text{пн}}$, м³/ч, используется следующая формула:

$$Q_{\text{пн}} = \frac{V_{\text{со}}}{\tau_{\text{зап}}}, \quad (3.44)$$

где $\tau_{\text{зап}}$ – время заполнения системы отопления, ориентировочно принимается 2...3 ч; $V_{\text{со}}$ – объем теплоносителя в системе отопления, м³, определяется по формуле:

$$V_{\text{со}} = (V_{\text{оп}} + V_{\text{кал}} + V_{\text{тр}} + V_{\text{кот}}) Q_{\text{со}} \cdot 10^{-6} \quad (3.45)$$

где $V_{\text{оп}}$, $V_{\text{кал}}$, $V_{\text{тр}}$, $V_{\text{кот}}$ – удельный объем воды соответственно в приборах, калориферах, трубах, котлах (теплообменниках) приходящий на 1 кВт тепловой мощности системы отопления, л/кВт.

В курсовом проекте предусматривается установка открытого расширительного бака. Расчет и выбор закрытого расширительного бака осуществляется по рекомендациям фирмы-производителя.

Для выбора расширительного бака определяется его необходимый полезный объем $V_{\text{пол}}$, л:

$$V_{\text{пол}} = 1000kV_{\text{со}}, \quad (3.46)$$

где k – коэффициент, учитывающий объемное расширение воды, определяемый по таблице 3.2.

Коэффициент объемного расширения воды

Расчетная температура горячей воды, °С	Коэффициент k	Расчетная температура горячей воды, °С	Коэффициент k
85	0,022	115	0,031
95	0,024	130	0,035
105	0,027	135-150	0,042
110	0,029	-	-

Примеры расчетов оборудования теплового пункта

Задача 1. Подобрать основное оборудование теплового пункта. теплообменник индивидуального теплового пункта. Исходные данные:

- расчетные тепловые потери здания $Q_{зд} = 55\,000$ Вт;
- система двухтрубная с нижней разводкой, с прокладкой магистралей по неотапливаемому подвалу;
- температурный график системы отопления 95/65 °С;
- температурный график тепловой сети 130/70 °С;
- давление в точках подключения к тепловой сети $P_1/ P_2 = 0,8/0,2$ МПа
- отопительные приборы – стальные панельные радиаторы.

Предварительно расчетная тепловая мощность системы отопления Q_{co} , Вт, определяется по формуле:

$$Q_{co} = kQ_{зд} \beta_1\beta_2 = 1,03 \cdot 55\,000 \cdot 1,03 \cdot 1,04 = 60\,684 \text{ Вт},$$

где k – поправочный коэффициент, учитывающий дополнительные тепловые потери, связанные с охлаждением теплоносителя в тепловых сетях и магистральных, проходящих в не отапливаемых помещениях (при прокладке обеих магистралей в техподполье или подвале принимается равным 1,03); β_1 – коэффициент, учитывающий тепловой поток отопительных приборов за счет округления их площади сверх расчетной величины, принимаемый по таблице 3.1; β_2 – коэффициент, учитывающий дополнительные потери теплоты отопительными приборами, расположенными у наружных ограждений, принимаемый по таблице 3.2.

Расход воды в системе отопления G_{co} , кг/ч, определяется по формуле:

$$G_{co} = \frac{3,6Q_{co}}{c(t_r - t_o)} = \frac{3,6 \cdot 60684}{4,2(95-65)} = 1734 \text{ кг/ч},$$

где c – удельная теплоемкость воды, принимаемая 4,2 кДж/(кг·°C);
 t_r – расчётная температура подающего (горячего) теплоносителя в системе отопления, °C; t_o – расчётная температура обратного (охлажденного) теплоносителя в системе отопления, °C.

Расход воды из тепловой сети G_{tc} , кг/ч, определяется по формуле:

$$G_{tc} = \frac{3,6Q_{tc}}{c(T_1 - T_2)} = \frac{3,6 \cdot 60684}{4,2(130-70)} = 867 \text{ кг/ч},$$

где T_1 – расчётная температура подающего теплоносителя из тепловой сети, °C;
 T_2 – расчётная температура обратного теплоносителя в тепловую сеть, °C.

Далее теплообменник выбирается по ориентировочной площади сечения пучка труб (трубное пространство) f_{tr}^{op} , м², и по ориентировочной площади межтрубного пространства, $f_{мтр}^{op}$, м², определяемым по формулам:

$$f_{tr}^{op} = \frac{G_{tc}}{3600\rho_{tc}w_{tr}^{op}} = \frac{866}{3600 \cdot 958 \cdot 1} = 0,000251 \text{ м}^2;$$

$$f_{мтр}^{op} = \frac{G_{co}}{3600\rho_{co}w_{мтр}^{op}} = \frac{1733}{3600 \cdot 972 \cdot 1} = 0,000495 \text{ м}^2,$$

где ρ_{tc} – плотность греющего теплоносителя при его средней температуре в теплообменнике, кг/м³; w_{tr}^{op} – ориентировочная скорость греющей воды в латунных трубах, принимаемая равной 1 м/с; ρ_{co} – плотность нагреваемого теплоносителя при его средней температуре в теплообменнике, кг/м³; $w_{мтр}^{op}$ – ориентировочная скорость нагреваемой воды в межтрубном пространстве, принимаемая равной 1 м/с.

К установке принимаем теплообменник со следующими характеристиками:

- наружный диаметр корпуса секции $D_H = 57$ мм;
- длина секции теплообменника 4 м;

- поверхность нагрева одной секции $f_{\text{секц}} = 0,75 \text{ м}^2$;
- число трубок $n = 4$ шт.;
- площадь сечения трубок $f_{\text{тр}} = 0,00062 \text{ м}^2$;
- площадь межтрубного пространства $f_{\text{мтр}} = 0,00116 \text{ м}^2$;
- внутренний $d_{\text{в}}$, мм, и наружный $d_{\text{н}}$, мм, диаметр трубок (соответственно 14 и 16 мм);
- эквивалентный диаметр межтрубного пространства $d_{\text{экв}} = 0,0129 \text{ мм}$.

Определяем коэффициенты теплообмена:

1. Для трубного пространства (теплообмен от греющей воды к стенке трубки):

$$t_{\text{cp}} = \frac{T_1 - T_2}{2} = \frac{130 - 70}{2} = 100 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$w = w_{\text{тр}} = \frac{G_{\text{тс}}}{3600 \rho_{\text{тс}} f_{\text{тр}}} = \frac{866}{3600 \cdot 958 \cdot 0,00062} = 0,41 \text{ м/с};$$

$$d = d_{\text{в}} = 0,014 \text{ м};$$

$$\begin{aligned} \alpha_{\text{тр}} &= 1,16 \left(1210 + 18 t_{\text{cp}} - 0,038 t_{\text{cp}}^2 \right) \frac{w^{0,8}}{d^{0,2}} = \\ &= 1,16 \left(1210 + 18 \cdot 100 - 0,038 \cdot 100^2 \right) \frac{0,41^{0,8}}{0,014^{0,2}} = 3511 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}. \end{aligned}$$

2. Для межтрубного пространства (теплообмен от стенки трубки к нагреваемой воде):

$$t_{\text{cp}} = \frac{t_{\text{г}} - t_{\text{о}}}{2} = \frac{95 - 65}{2} = 80 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$w = w_{\text{мтр}} = \frac{G_{\text{со}}}{3600 \rho_{\text{со}} f_{\text{мтр}}} = \frac{1733}{3600 \cdot 972 \cdot 0,00116} = 0,42 \text{ м/с};$$

$$d = d_{\text{экв}} = 0,0129 \text{ м};$$

$$\begin{aligned} \alpha_{\text{мтр}} &= 1,16 \left(1210 + 18 t_{\text{cp}} - 0,038 t_{\text{cp}}^2 \right) \frac{w^{0,8}}{d^{0,2}} = \\ &= 1,16 \left(1210 + 18 \cdot 80 - 0,038 \cdot 80^2 \right) \frac{0,42^{0,8}}{0,0129^{0,2}} = 3330 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}. \end{aligned}$$

Далее определяется расчетный коэффициент теплопередачи выбранного водоподогревателя $K_{то}$, Вт/(м²·°C), по формуле:

$$K_{то} = \frac{\psi\beta}{\frac{1}{\alpha_{тр}} + \frac{1}{\alpha_{мтр}} + \frac{\delta_{тр}}{\lambda_{тр}}} = \frac{0,95 \cdot 0,8}{\frac{1}{3511} + \frac{1}{3330} + \frac{0,001}{105}} = 1278 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)},$$

где ψ – коэффициент эффективности теплообмена, принимаемый для гладкотрубных водоподогревателей с опорами в виде полок равным 0,95; β – коэффициент, учитывающий накипь и загрязнение на поверхности трубок в зависимости от химического состава воды и принимаемый равным 0,8...0,95; $\delta_{тр}$ – толщина латунной трубки, 0,001 м; $\lambda_{тр}$ – коэффициент теплопроводности латуни, 105 Вт/(м·°C).

После определения коэффициента теплопередачи определяется средняя разность температуры между греющей и нагреваемой воды в водоподогревателе (температурный напор), $\Delta t_{то}$, °C:

$$\Delta t_{то} = \frac{(T_1 - t_r) - (T_2 - t_o)}{\ln \frac{(T_1 - t_r)}{(T_2 - t_o)}} = \frac{(130 - 95) - (70 - 65)}{\ln \frac{(130 - 95)}{(70 - 65)}} = 15,42 \text{ °C}.$$

Затем определяется расчётное количество секций кожухотрубного водоподогревателя $N_{секц}^p$, шт.:

$$N_{секц}^p = \frac{Q_{co}}{K_{то} f_{секц} \Delta t_{то}} = \frac{60684}{1278 \cdot 0,75 \cdot 15,42} = 4,11 \text{ шт.}$$

Принимаем к установке 5 секций выбранного теплообменника.

Определяем фактическую мощность водоподогревателя, $Q_{вп}$, Вт:

$$Q_{вп} = K_{то} f_{секц} \Delta t_{то} N_{секц} = 1278 \cdot 0,75 \cdot 15,42 \cdot 5 = 73900 \text{ Вт.}$$

Запас величины $Q_{вп}$ по отношению к величине Q_{co} составляет 18 %, количество секций теплообменника выбрано корректно.

Потеря давления в межтрубном пространстве водоподогревателя $\Delta P_{мтр}$, кПа, составит:

$$\Delta P_{мтр} = B w_{мтр}^2 N_{секц} = 30 \cdot 0,42^2 \cdot 5 = 26,46 \text{ кПа,}$$

где B – коэффициент, принимаемый в зависимости от типоразмера и длины принятого водоподогревателя.

Потеря давления $\Delta P_{\text{тр}}$, кПа, в гладких трубках водоподогревателя составит:

$$\Delta P_{\text{тр}} = 7,5 \varphi \left(\frac{G_{\text{тс}}}{3600 f_{\text{тр}} \rho_{\text{тс}}} \right)^2 N_{\text{секц}} = 7,5 \cdot 2 \left(\frac{866}{3600 \cdot 0,00062 \cdot 958} \right)^2 5 = 12,3 \text{ кПа},$$

где φ – коэффициент, учитывающий накипеобразование, принимается по опытным данным, а при их отсутствии равным 2 ... 3.

Напор подпиточного насоса $P_{\text{пн}}$, Па, определяется по формуле:

$$P_{\text{пн}} = P_{\text{мин}} - P_2 = 115483 - 200000 = -84517 \text{ Па}.$$

где P_2 – давление в обратной магистрали тепловой сети, Па; $P_{\text{мин}}$ – минимальное давление, необходимое для заполнения системы, Па, определяемое по формуле при применении открытого расширительного бака:

$$P_{\text{мин}} = 9,81 \rho_0 H = 9,81 \cdot 981 \cdot 12 = 115483 \text{ Па},$$

где ρ_0 – плотность воды в обратной магистрали тепловой сети, кг/м³; H – высота системы отопления от точки подключения подпитки до наивысшей точки системы отопления, м.

Так как $P_{\text{пн}} < 0$, то установка подпиточного насоса не предусматривается.

Объем теплоносителя в системе отопления $V_{\text{со}}$, м³, определяется по формуле:

$$V_{\text{со}} = (V_{\text{оп}} + V_{\text{кал}} + V_{\text{тр}} + V_{\text{кот}}) Q_{\text{со}} \cdot 10^{-6} = (7,1 + 6,9 + 0,21) 60684 \cdot 10^{-6} = 0,86 \text{ м}^3.$$

где $V_{\text{оп}}$, $V_{\text{кал}}$, $V_{\text{тр}}$, $V_{\text{кот}}$ – удельный объем воды соответственно в приборах, калориферах, трубах, котлах (теплообменниках) приходящий на 1 кВт тепловой мощности системы отопления, л/кВт.

Для выбора расширительного бака определяется его необходимый полезный объем $V_{\text{пол}}$, л:

$$V_{\text{пол}} = 1000 k V_{\text{со}} = 1000 \cdot 0,024 \cdot 0,86 = 28 \text{ л},$$

где k – коэффициент, учитывающий объемное расширение воды.

В качестве открытого расширительного бака выбираем по типовой серии 5.903-19 бак A16B162.000 с величиной полезного объема 88 л.

Расход воды на подпитку системы $Q_{\text{пн}}$, м³/ч, определяется по формуле:

$$Q_{\text{пн}} = \frac{0,86}{3} = 0,29 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где $\tau_{\text{зап}}$ – время заполнения системы отопление, ориентировочно принимается 2...3 ч;

3.2. Конструирование системы отопления

Перед конструированием систем отопления необходимо определиться с их количеством в здании. Количество и тип систем зависит от архитектурно-строительного решения здания, числа самостоятельных корпусов и блоков, часто имеющих, к тому же, разную этажность. Даже в здании с простой планировкой с целью повышения надежности количество систем отопления можно увеличить. Некоторые типы зданий могут иметь помещения с особым тепловоздушным режимом, система отопления которых должна быть самостоятельной, не связанной с основной системой (например, зрительные и спортивные залы, торговые залы магазинов и предприятий общественного питания, встроенные гаражи и т.п.).

От наличия или отсутствия чердака (технического этажа) будет зависеть прокладка подающей магистрали (верхняя или нижняя разводка).

В многоэтажных зданиях рекомендуется применять однотрубные стояки - проточные (при использовании в качестве отопительных приборов конвекторов с воздушной регулирующей заслонкой), проточно-регулируемые или с замыкающими участками (осевыми или смещенными), а также двухтрубные стояки.

Для отопления помещений большой площади, особенно при наличии в них ленточного остекления или витражей, применяют систему с горизонтальными (однотрубными или двухтрубными) или бифилярными ветвями и низкими отопительными приборами.

Схемы движения воды в магистралях (попутная или тупиковая) выбирают, прежде всего, исходя из необходимости гидравлической увязки отдельных циркуляционных колец и устойчивости работы системы отопления.

Тупиковая схема применяется с однетрубными стояками, имеющими большое гидравлическое сопротивление. Необходимо стремиться к тому, чтобы тупиковые ветви были как можно короче и включали не более четырех стояков (в противном случае потребуется обоснование).

При большом количестве стояков, а также для двухтрубной системы отопления следует применять схему с попутным движением воды в магистралях. В любом случае, окончательный выбор схемы и проверка выполнения условий устойчивой работы осуществляется в ходе гидравлического расчета системы отопления.

При наличии в зданиях нескольких систем отопления они могут быть различными как по схеме разводки теплопроводов, так и по типу применяемого отопительного прибора.

Возможные варианты размещения и обозначения на планах этажей здания отопительных приборов, подводок к ним, стояков и магистралей представлены на рис. 3.5.

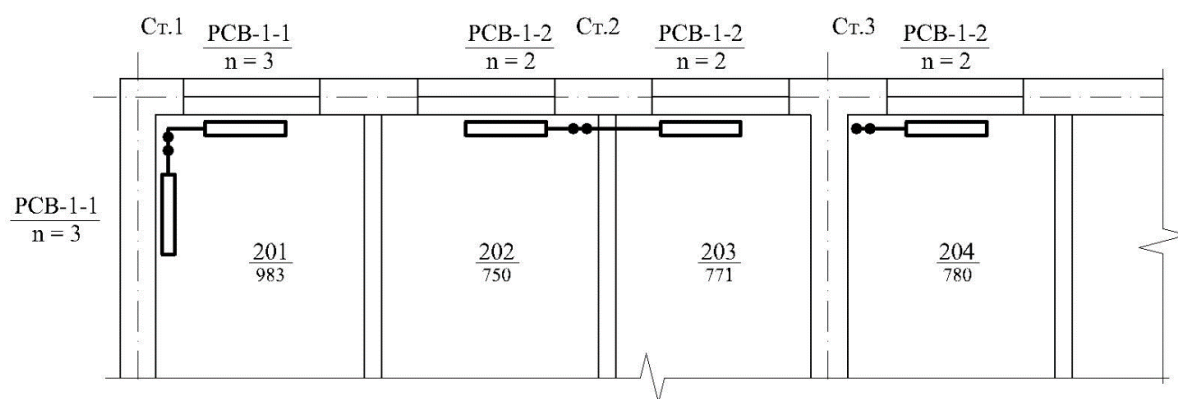


Рис. 3.5. Варианты размещения отопительного оборудования на поэтажных планах здания

Применяется двухстороннее и одностороннее присоединение отопительных приборов к трубам. Первый вариант более предпочтителен, так как в этом случае снижается общее количество стояков в здании и повышается их гидравлическое сопротивление. По возможности приборный узел стремятся

унифицировать. Разностороннее присоединение труб выполняется в случае прохождения магистралей непосредственно под прибором, его размещение ниже уровня прокладки магистралей или при последовательном соединении в одном помещении нескольких приборов.

Не следует путать подобное соединение с соединением на "сцепке", когда при одностороннем присоединении труб к прибору (как правило, секционному радиатору) с ним допускается соединять второй прибор, установленный в том же помещении на расстоянии не более 1,5 м от первого. Диаметры соединительных труб при этом должны быть не менее диаметра входного отверстия прибора (25 - 32 мм). Присоединение приборов, устанавливаемых в несколько ярусов или рядов (конвекторы без кожуха, гладкие или ребристые трубы), выполняется, как правило, по последовательной схеме при движении воды сверху вниз.

На подающей подводке к отопительному прибору устанавливается регулировочный кран, соответствующий выбранной схеме стояка. На выходе из прибора - специальный отключающий кран, дающий возможность при необходимости демонтировать прибор в действующей системе отопления и провести его гидравлическую регулировку при наладке системы отопления.

Обычно стояки размещают в наружных углах помещений, затем - остальные стояки с одно - или двухсторонним присоединением к ним отопительных приборов. Отдельно размещают стояки лестничных клеток, в которых приборы соединяют по проточной схеме без кранов у приборов. Стояки наносят на поэтажные планы в виде жирной точки (в двухтрубных системах изображают только подающий стояк), соединяют их с приборами одной (подающей) подводкой и нумеруют, начиная с левого верхнего угла здания, по часовой стрелке (Ст.1, Ст.2, и т.д.). Номера стояков помечают на всех планах по оси снаружи здания. При системе отопления с верхней разводкой или с опрокинутой циркуляцией на всех планах отмечают размещения главного стояка (Г.ст.).

Магистрали всех систем отопления здания начинаются в тепловом пункте от распределительного коллектора РКСО и заканчиваются в сборном коллекторе СКСО. Подающая магистраль на чердаке или верхнем техническом этаже (при верхней разводке, рис. 3.5) прокладываются на высоте 200 - 300 мм о верха перекрытия, на расстоянии от 1 до 1,5 м от наружных стен и соединяется с нанесенными на план стояками.

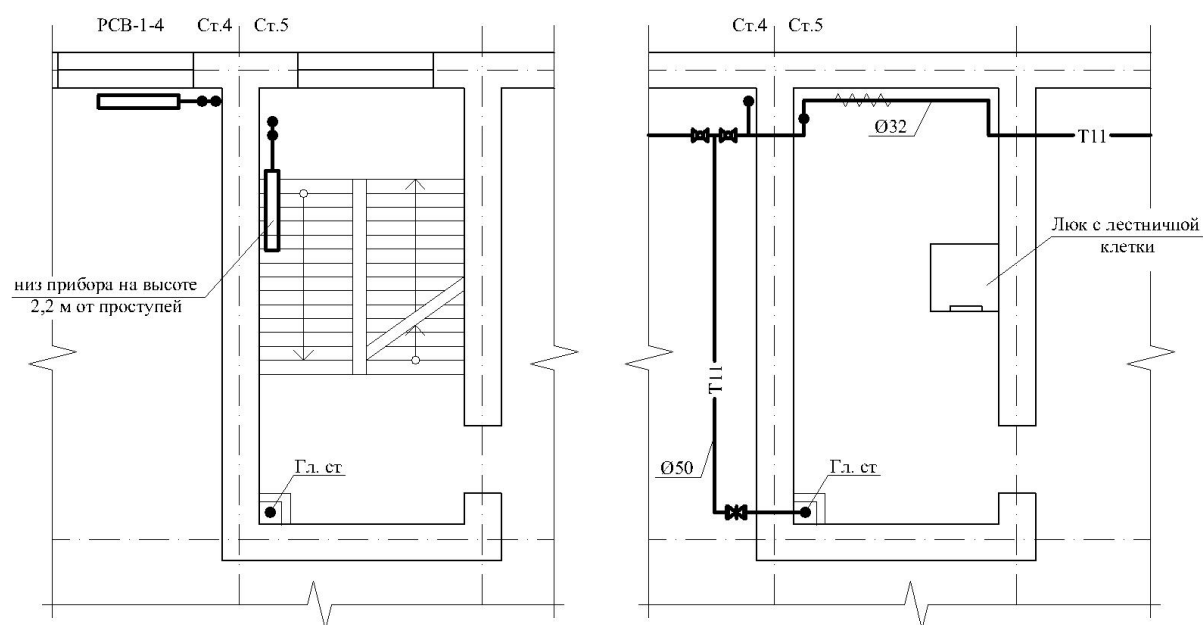


Рис. 3.5. Вариант прокладки главного стояка: а – на типовом этаже; б – на чердаке

В верхних точках, как правило, на предпоследних участках отдельных ветвей с верхней разводкой подающей магистрали, располагают проточные горизонтальные воздухооборники.

В системе с "опрокинутой циркуляцией" у главного стояка устанавливают вертикальный воздухооборник. На магистрали указываются величина и направление уклона труб от воздухооборника, а также места установки запорной арматуры для отключения отдельных ветвей системы отопления.

Прокладка магистралей в подвале или техническом подполье здания (см. рис. 3.6) осуществляется, как правило, под потолком, на расстоянии 500 - 600 мм от низа перекрытия для размещения запорной арматуры стояков. В системе с нижней разводкой магистрали наносят условно рядом (подающая - ближе к наружной стене), указываются величина и направление их уклона к тепловому

пункту. В местах отключения отдельных ветвей системы наносится запорная арматура.

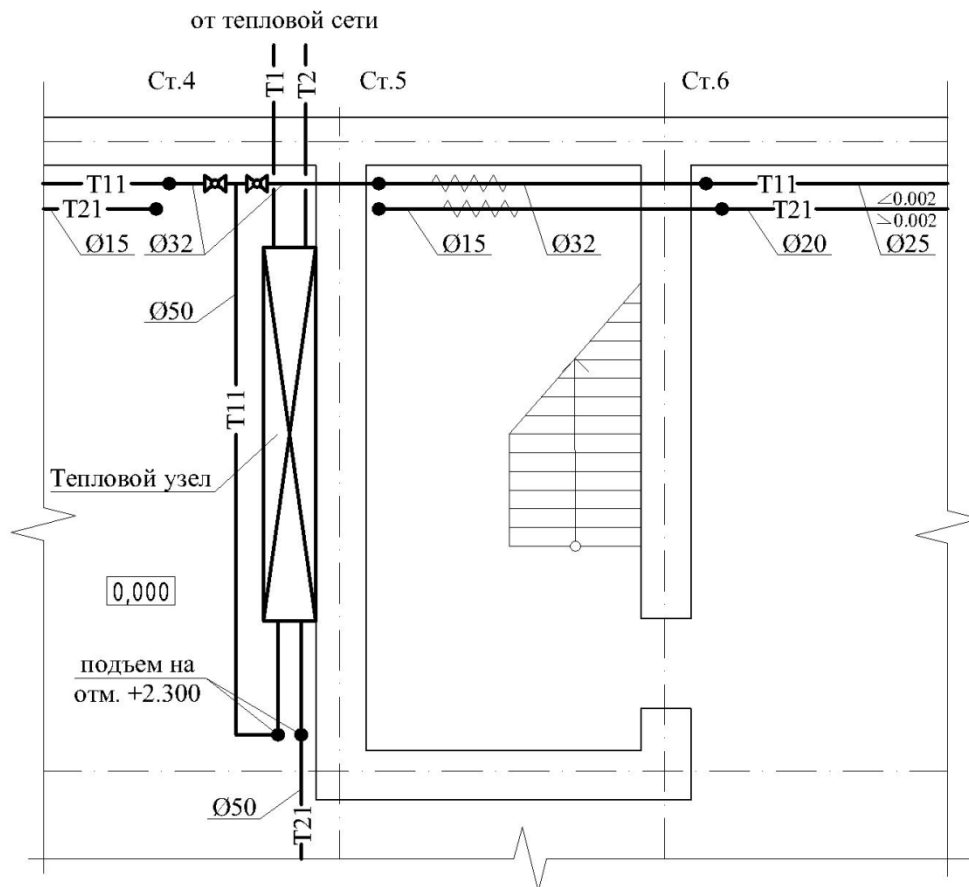


Рис. 3.6. Пример оформления плана подвала при нижней разводке магистралей

Расчет объема открытого расширительного бака (ОРБ) производится по рекомендациям предложенных ранее. Расчет и выбор закрытого расширительного бака осуществляется по рекомендациям фирмы-производителя.

Открытый расширительный бак наносится в месте его установки (на чердаке или при его отсутствии в специальном помещении, над тепловым пунктом). На поэтажных планах указываются места прокладки труб от бака в тепловой пункт (в штробе одной из внутренних стен).

Схему выбранной системы отопления разрабатывают во фронтальной аксонометрической проекции (без искажения размеров) в масштабе М 1:100,

начиная от распределительного и кончая сборным коллектором (пример на рис. 3.7).

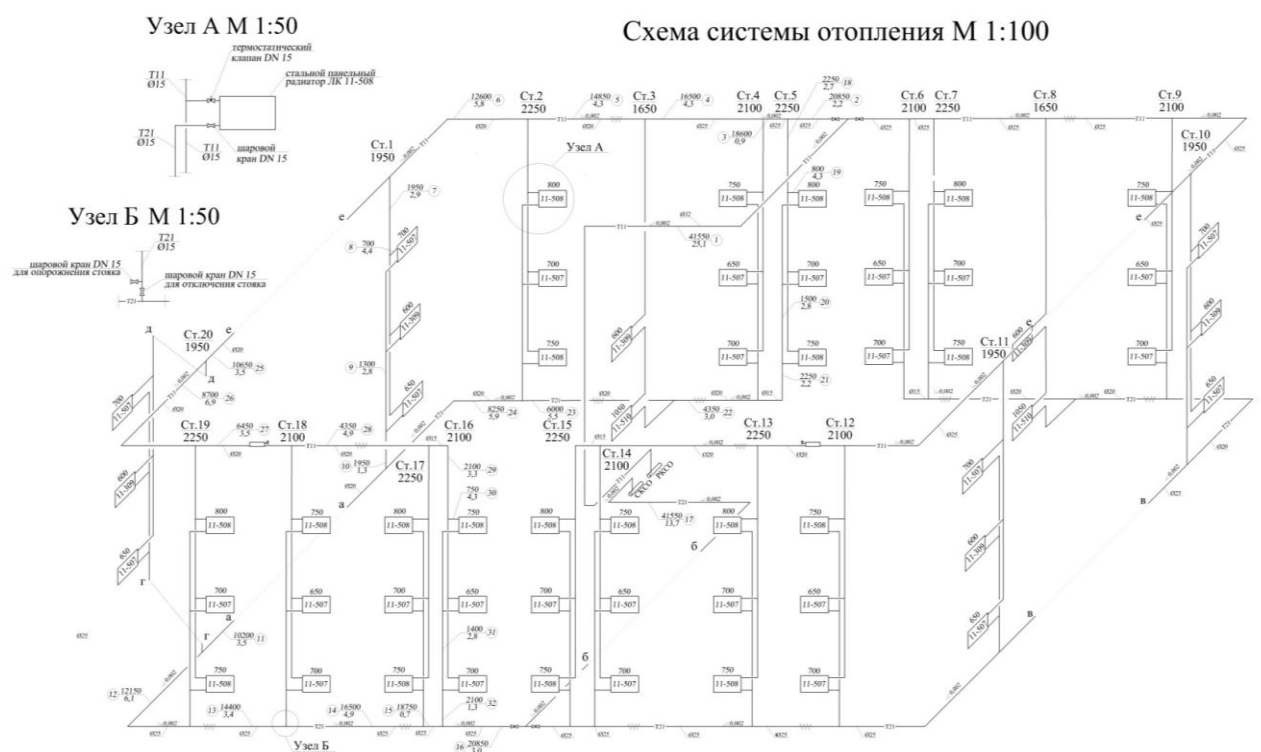


Рис. 3.7. Схема системы отопления в аксонометрической проекции

Отопительные приборы по схеме изображают в виде прямоугольников (параллелограммов), длина каждого из которых должна соответствовать принятой на планах, а высота и расстояние между подводками - конструктивным размерам приборов. Подводки к приборам показывают без утолщений (если они есть). При изображении присоединений двухсторонних подводок к угловым стоякам показывают изгиб одной из пары подводок. В случаях, когда взаимное наложение стояков затрудняет изображение и рассмотрение схемы, отдельные стояки или ветви переднего фасада здания смещают по отношению к стоякам заднего фасада, условно обрывая трубы и помечая буквами места обрывов. При изображении двухтрубных стояков подающий стояк вычерчивают справа при взгляде из помещения. На схеме изображают воздухоотводчики с воздухоотводчиками (если они есть), регулирующие (у приборов), запорные, спускные, воздушные краны, задвижки и другую арматуру. Фасонные части трубной разводки на схеме не показывают.

Для стояков лестничных клеток, а также стояков в зданиях свыше трех этажей показывают типовой узел присоединения этих стояков к магистралям с необходимой арматурой. В разрыве труб системы указывают их назначение (Т11, Т21), а также направление и величину уклона. Часто повторяющуюся величину уклона можно указать только в примечании к схеме системы отопления. Допускается прокладывать трубы без уклона при скорости движения воды 0,25 м/с и более.

3.3. Система насосного водяного отопления

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

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

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

Рассмотрим основные схемы одноконтурных, двухконтурных и бифидарных систем, практически используемые при водяном отоплении зданий (схемы в упрощенном плоском изображении).

Вертикальная одноконтурная система с верхней разводкой (с верхним расположением подающей и нижней прокладкой обратной магистралей) получила распространение в начале 50-х годов (рисунок 3.5). Она выполнялась сначала с **двухсторонним** (стояки 1, 2, 4), а потом и с **односторонним**

присоединением отопительных приборов к стоякам (стояки 3 и 5). Приборные узлы делались как **проточными** (стояк 1), так и с **закрывающими** (стояки 2 и 3) и **обходными** (стояки 4 и 5) участками. Все типы стояков показаны на рисунке 3.8 для примера, а в конкретной системе применяется какой-либо один (реже два) тип стояка.

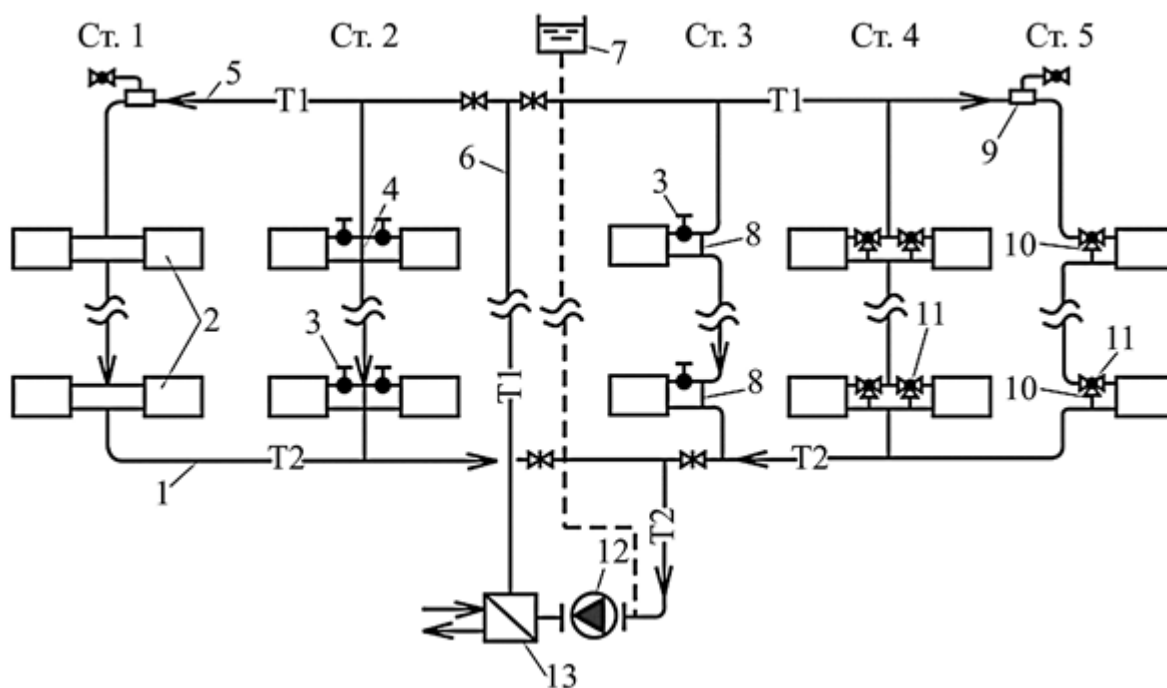


Рисунок 3.8. Схема вертикальной однотрубной системы водяного отопления с верхней разводкой подающей магистрали:

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

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

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

Вертикальная однотрубная система с нижней разводкой (с нижним расположением обеих магистралей) стала распространяться с начала 60-х годов

в связи с массовым строительством бесчердачных зданий (рисунок 3.9). В так называемых П-образных стояках этой системы, состоящих из восходящей и нисходящей частей, применялись и проточные приборные узлы (стояк 1), и узлы с замыкающими участками (стояки 2 и 3), и проточно-регулируемые узлы (стояки 4 и 5). При непарных отопительных приборах “холостой” (без приборов) делали восходящую часть стояков (стояки 3 и 5). В пробках верхних радиаторов или в верхних точках стояков с конвекторами устанавливали воздушные краны. Регулирующие краны типа КРП и КРТ помещали на подводках, по которым теплоноситель подается в приборы.

В стояках по типу стояка 2 (см. рисунок 3.9) при движении воды снизу вверх уменьшается затекание ее в приборы, особенно при увеличенном их сопротивлении. Поэтому предпочтение отдавалось проточно-регулируемым приборным узлам с двухсторонним присоединением приборов к трубам и смещенными обходными участками (стояк 4). В таком виде эту систему применяют в настоящее время в бесчердачных многоэтажных (три-семь этажей и более) зданиях, имеющих технические подполья или подвальные помещения.

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

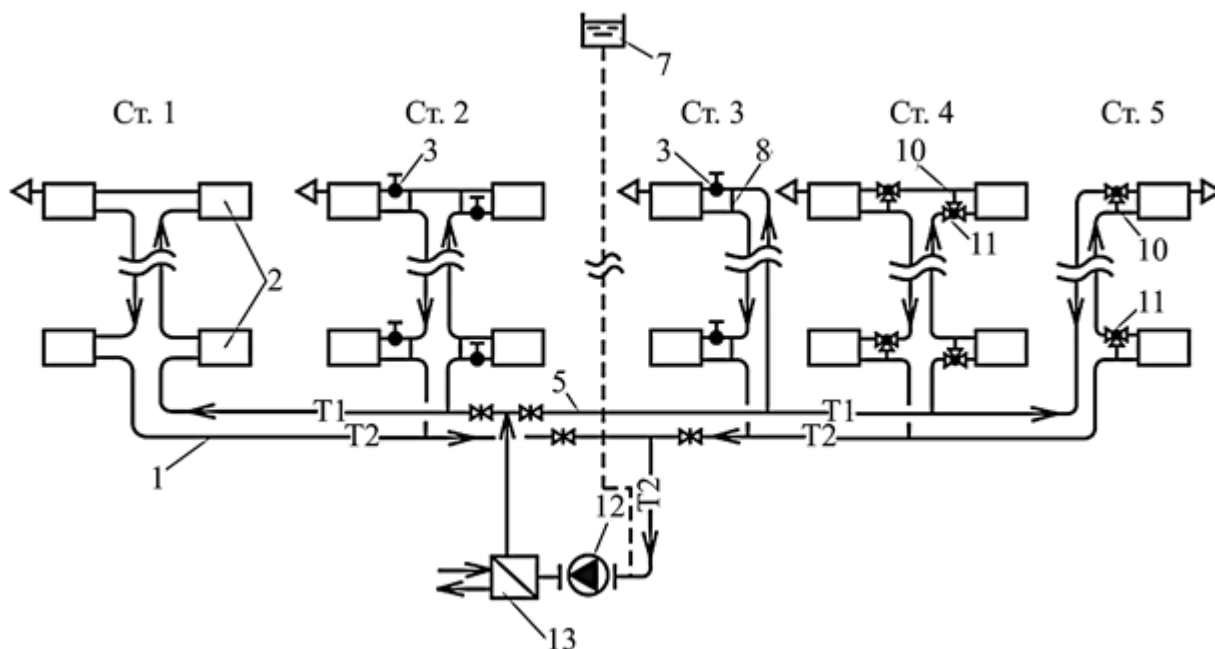


Рисунок 3.9. Схема вертикальной однотрубной системы водяного отопления с нижней разводкой обеих магистралей и П-образными стояками:

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

Вертикальная однотрубная система с “опрокинутой” циркуляцией воды (с нижним расположением подающей магистрали и верхней прокладной обратной магистрали), изображенная на рисунке 3.10, стала применяться с середины 60-х годов в зданиях повышенной этажности (10 этажей и более). Стояки таких систем делали проточными (стояки 1 и 3) или со смещенными замыкающими (стояк 4) и обходными (стояки 2 и 5) участками. Осевых замыкающих и обходных участков не применяли. Встречалось двустороннее присоединение приборов к стояку, например, при установке конвекторов с кожухом с двумя горизонтально расположенными греющими трубами (стояк 1). Потери давления в стояках таких систем предусматривают при расчете повышенными для обеспечения устойчивого гидравлического режима при эксплуатации. В этой системе иногда применялись проточные расширительные баки (см. рисунок 3.10).

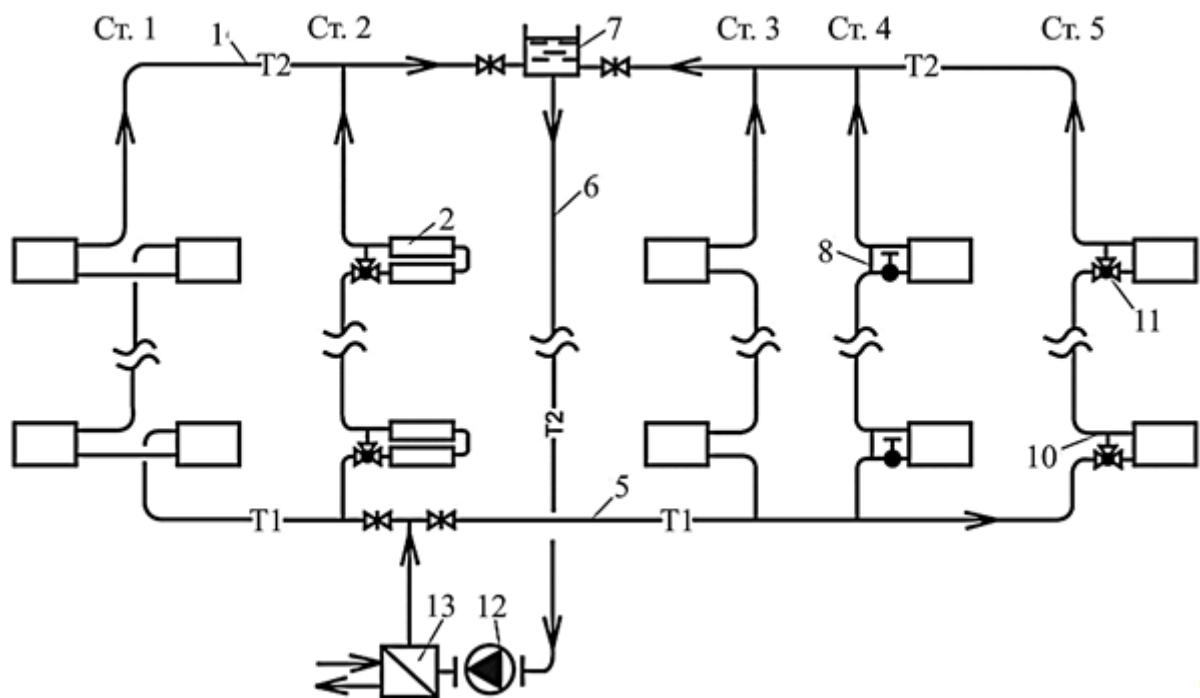


Рисунок 3.10. Схема вертикальной однотрубной системы водяного отопления с «опрокинутой» циркуляцией воды и проточным открытым расширительным баком:

Ст. 1 — проточный стояк с конвекторами с кожухом; Ст. 2 и Ст. 5 — проточно-регулируемые стояки соответственно с конвекторами без кожуха и радиаторами;

Ст. 3 — проточный стояк с радиаторами; Ст. 4 — стояк со смещенными к радиаторам замыкающими участками; обозначения 1—13 — см. рисунок 3.1

Система с опрокинутой циркуляцией воды способствует, не в пример системе с верхней разводкой, поддержанию равномерного теплового режима во всех помещениях и установке приборов одинаковой площади по высоте здания (когда степень охлаждения воды в стояках соответствует уменьшению теплопотерь однотипных помещений по вертикали). При проектировании этой системы избегают применения колончатых радиаторов из-за преувеличения их площади при движении воды в них по схеме «снизу-вверх» (до 12...14 % по сравнению с площадью при движении по схеме «сверху-вниз»), а также установки приборов с высоким гидравлическим сопротивлением в стояках с замыкающими участками.

В жилых зданиях с «теплыми» чердаками обратные магистрали рассматриваемой системы прокладывают на чердаках без тепловой изоляции

(чердаки с учетом теплоотдачи труб становятся “теплыми”). Такие чердаки используют для бесканального сбора вытяжного воздуха к вентиляционным шахтам.

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

Схемы двухтрубной системы водяного отопления представлены на рисунке 3.11 применительно к двухэтажному зданию. Слева показана часть системы с верхней разводкой (рисунке 3.11, *а*), справа - с нижней разводкой (рисунке 3.11, *б*), причем левый из двух стояков изображен с централизованным удалением воздуха, а правый - с местным через воздушные краны на отопительных приборах на верхнем этаже.

На рисунке 3.11 изображена распространенная так называемая столбовая схема прокладки стояков, при которой подводы присоединяются к отопительным приборам односторонне. Подающие и обратные части стояков при этом прокладывают рядом (подающие всегда справа при взгляде из помещения). Существует также цепочечная схема прокладки стояков, когда они располагаются разобщенно (по одному между приборами), а подводы присоединяются к приборам с разных сторон. При разностороннем (особенно диагональном) присоединении труб к радиаторам эти приборы лучше прогреваются, исключаются также скобы на стояках для огибания горизонтальных подводов. Все же преимущественно применяют столбовую

схему, при которой возможно независимое регулирование и отключение для ремонта обособленных парных стояков.

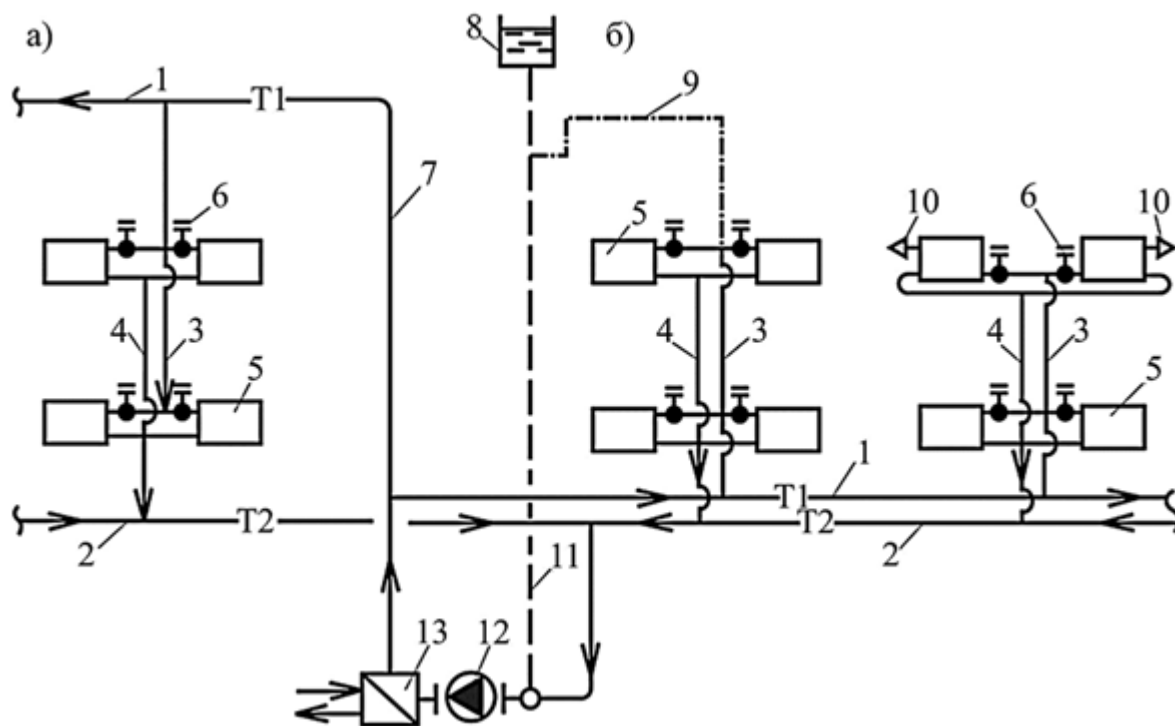


Рисунок 3.11. Схемы вертикальной двухтрубной системы водяного отопления:

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

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

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

13 — теплообменник

Горизонтальная однотрубная система, встречавшаяся ранее в основном в одноэтажных зданиях временного типа, в последнее время стала применяться для отопления сельскохозяйственных сооружений, многоэтажных зданий как производственных, так и гражданских (рисунок 3.12). Распространение горизонтальной системы связано с увеличением длины зданий, внедрением сборных каркасно-панельных конструкций с широким шагом колонн и удлиненными световыми проемами. Отсутствие в таких зданиях простенков и отверстий в панелях перекрытий затрудняло размещение традиционных вертикальных стояков. Наличие ленточных световых проемов предопределяло

размещение отопительных приборов не отдельными группами, а в виде цепочек (во избежание теплового дискомфорта в помещениях). Соединяя последовательно отопительные приборы увеличенной длины короткими трубными вставками, получали горизонтальные однетрубные ветви.

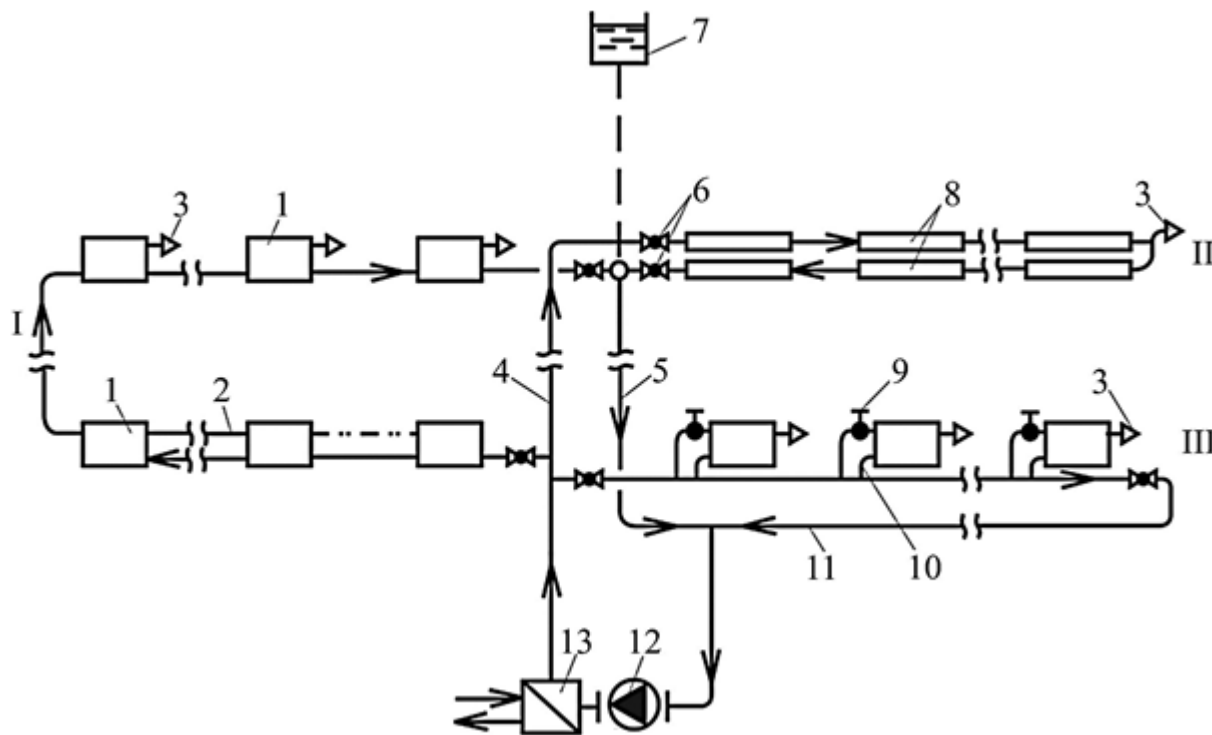


Рисунок 3.12. Схемы горизонтальной однетрубной системы водяного отопления:

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

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

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

В горизонтальной однетрубной системе сокращается по сравнению с вертикальной системой протяженность теплопроводов, особенно стояков и магистралей. Немногочисленные укрупненные стояки для горизонтальных однетрубных ветвей (см. рисунок 3.12) прокладывают во вспомогательных помещениях здания.

В горизонтальных однетрубных ветвях применяют проточные нерегулируемые приборные узлы (ветвь I) и регулируемые узлы с осевыми за-

мыкающими (ветвь III на рисунке 3.12) и обходными участками. При проточных ветвях регулирование теплоподачи в помещения осуществляют воздушными клапанами в конвекторах с кожухом или общим (для всех приборов на одном этаже) регулирующим вентилем. Подобная схема применяется с начала 70-х годов.

При использовании в системе отопления здания высокотемпературной воды применяют удлиненные горизонтальные однотрубные ветви с циркуляцией постепенно охлаждающейся воды снизу вверх через приборы на разных этажах (ветвь I на рисунке 3.12). Тогда высокотемпературная вода будет находиться в зоне повышенного гидростатического давления, что предотвратит ее вскипание.

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

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

В **вертикальной бифилярной системе** устраивают, как и в однотрубной системе с нижней разводкой, П-образные стояки. По такой схеме делали до середины 80-х годов отопление отдельных типов крупнопанельных жилых зданий. Там использовались трубчатые нагревательные элементы, встроенные вместе со стояками во внутренний бетонный слой наружных трехслойных стеновых панелей. При этом нагревательные элементы каждого помещения делились на два змеевика, и каждый змеевик отдельно присоединялся к восходящей и нисходящей частям стояка.

В **горизонтальной бифилярной системе** используют трубчатые отопительные приборы - конвекторы, бетонные радиаторы приставного типа, ребристые и гладкие трубы (см. ветвь II на рисунке 3.12). Стальные и чугунные

радиаторы могут быть применены только при двухрядной их установке. В такой системе так же, как и в однетрубной системе с проточными приборными узлами, невозможно индивидуальное количественное регулирование теплоотдачи отдельных отопительных приборов. Применяется количественное регулирование теплоотдачи сразу всей цепочки приборов или регулирование теплоотдачи каждого прибора “по воздуху”, если устанавливаются конвекторы с воздушным клапаном.

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

3.4. Система отопления с естественной циркуляцией воды

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

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

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

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

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

На рисунке 3.13 изображена принципиальная схема гравитационной системы водяного отопления с верхней разводкой и теплообменником, который применяют при независимом присоединении системы к наружным теплопроводам. Показано, что наполнение и подпитка системы делаются деаэрированной водой из наружного обратного теплопровода без насоса, что возможно при достаточно высоком давлении в нем. При местном теплоснабжении теплообменник заменяется котлом. Наполнение и подпитка при этом осуществляется из наружного водопровода, а при его отсутствии путем ручной заливки воды в расширительный бак.

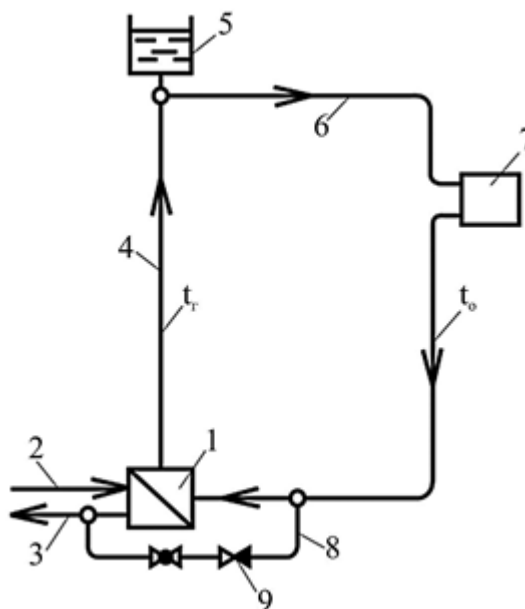


Рисунок 3.13. Схема гравитационной системы водяного отопления:

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

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

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

В двухтрубной гравитационной системе отопления для создания достаточного циркуляционного давления следует увеличивать вертикальное расстояние между нижними отопительными приборами и теплообменником, доводя его хотя бы до 3 м. Если это осуществимо в отдельных зданиях, то при

отоплении одноэтажных квартир и домов, а также железнодорожных вагонов теплогенератор (котел) приходится располагать на одном уровне с отопительными приборами. В этих случаях рассчитывают на создание циркуляции воды только за счет охлаждения ее в трубах.

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

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

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

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