

## Тема 4. ОТОПЛЕНИЕ

1. Назначение и классификация систем отопления
2. Системы водяного отопления
3. Системы воздушного отопления
4. Отопительные и нагревательные приборы

### 1. НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ

**Отопление** — искусственный обогрев помещений с целью возмещения в них тепловых потерь и поддержания на заданном уровне температуры, отвечающей условиям теплового комфорта и/или требованиям технологического процесса. Под отоплением понимают также устройства и системы (калориферы, теплый пол, ИК-обогрев и пр.), выполняющие указанную функцию.

Отопление может быть индивидуальное и централизованное. По типу источника нагрева отопление бывает печное, от котельных агрегатов, электрическое, солнечное, с использованием геотермальных источников, отопление с помощью тепловых насосов.

**Система отопления** — это совокупность технических элементов, предназначенных для компенсации температурных потерь через внешние ограждающие конструкции (стены, пол, крыша), посредством получения, переноса и передачи необходимого количества теплоты во все обогреваемые помещения с целью поддержания температуры на заданном уровне.

Системы отопления можно классифицировать следующим образом:

- 1) По виду топлива – газовые, дровяные, пиролизные (газогенераторные), мазутные, угольные, торфяные, пеллетные и пр.;
- 2) По типу теплоносителя — водяные (жидкостные), воздушные, паровые, комбинированные;
- 3) По типу применяемых приборов — лучистые, конвективно-лучистые, конвективные;
- 4) По виду циркуляции теплоносителя — с естественной и искусственной циркуляцией (с использованием насосов, вентиляторов);
- 5) По мощности системы теплоснабжения характеризуются протяженностью передачи теплоты и числом потребителей;

Среда, при помощи которой теплота от источника теплоты передается к нагревательным приборам систем отопления, называется **теплоносителем**. В качестве теплоносителя используют воду, пар или воздух.

Преимущества воды как теплоносителя следующие: сравнительно низкая температура; возможность транспортирования воды на большие расстояния; большой срок службы систем теплоснабжения.

К преимуществам пара относятся: возможность применения не только для теплоснабжения, но и для технологических нужд; отсутствие расхода энергии на транспортирование пара.

Недостатки пара — повышение потерь теплоты паропроводами из-за более высокой температуры; меньшая безопасность при эксплуатации теплопроводов.

Преимущество воздуха как теплоносителя — удобство регулирования системы теплоснабжения; возможность совместить систему отопления с системой вентиляции.

Потребителей теплоты можно разделить на две группы: производственные и коммунально-бытовые.

#### Панельно-лучистое отопление

Панельно-лучистое отопление осуществляется за счет излучения теплоты специальными греющими панелями, расположенными в полу, стенах или потолке помещения.

Системы панельно-лучистого отопления можно применять в помещениях любого назначения. К их достоинствам следует отнести: пониженный расход металла при использовании теплоносителей с повышенными параметрами по сравнению с радиаторными системами

отопления. Недостатками панельно-лучистых систем отопления являются сложность ремонта и профилактики, а также значительный расход труб на изготовление змеевиков.

Панельно-лучистое отопление обеспечивает равномерную температуру воздуха по высоте помещения, но средняя температура воздуха может быть ниже, чем при радиаторном отоплении.

**Отопительные панели** — это монолитные железобетонные плиты с вделанными в них змеевиками или регистрами, изготовленными из стальных труб или труб из термостойкого стекла. В качестве теплоносителей используют горячую воду, пар или нагретый воздух.

## 2. СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Система водяного отопления здания состоит из источника тепловой энергии, узла приготовления теплоносителя, который расположен в тепловом пункте здания, распределительных магистралей, отдельных ветвей, подводок и отопительных приборов.

В зависимости от способа или источника теплоснабжения системы отопления бывают:

1) **индивидуального (автономного)** теплоснабжения, когда для каждого дома предусмотрена местная котельная, и

2) **централизованного** теплоснабжения от районной котельной или ТЭЦ;

В зависимости от способа обеспечения циркуляции теплоносителя бывают системы с **естественной** и **принудительной** циркуляцией. В первом случае вода движется благодаря разнице плотностей нагретой и охлажденной воды в местной системе отопления. Во втором случае циркуляция воды обеспечивается или сетевыми насосами при централизованном теплоснабжении, или насосом автономной системы отопления.

При централизованном теплоснабжении местные системы отопления объектов могут подключаться к внешним тепловым сетям по двум схемам:

1) **независимой**, когда теплота от теплоносителя из внешней сети передается теплоносителю системы отопления здания через поверхностный теплообменник. Т.е. теплоноситель внешней сети не смешивается с теплоносителем в здании. При этом гидравлический режим обогреваемого объекта не зависит от давления в трубопроводах тепловой сети;

2) **зависимой**, при которой теплоноситель внешней тепловой сети циркулирует непосредственно в системе отопления обогреваемого здания. Эта схема применима, если в местной системе отопления разрешается превышение гидростатического давления над давлением, под которым находится вода во внешнем обратном теплопроводе.

Зависимую схему подключения системы отопления к тепловым сетям подразделяют на два вида:

— схему с непосредственным присоединением, когда температурные режимы теплоносителя во внешних теплопроводах и в системе отопления совпадают;

— схему, в которой температура воды в подающем трубопроводе системы отопления снижается за счет ее смешивания с охлажденной водой после отопительной системы.

**Внешние сетевые магистрали** соединяют источник тепловой энергии и узел приготовления теплоносителя с системами отопления обогреваемых объектов.

К внешним сетевым магистралям подключаются **внутренние распределительные магистрали** зданий.

Разводка распределительных магистралей по зданию может быть горизонтальной или вертикальной.

Горизонтальная разводка магистральных трубопроводов в здании конструктивно может быть:

— **верхней**, если подающая и обратная распределительные магистрали прокладываются выше отопительных приборов здания;

— **нижней**, когда оба трубопровода расположены ниже отопительных приборов и прокладываются в подвале здания, а при его отсутствии — в цокольном или первом этаже;

— **смешанной**, когда один из распределительных трубопроводов прокладывается по крыше здания (выше отопительных приборов), а другой — по подвалу (ниже отопительных приборов).

Система отопления, в которой обратный трубопровод прокладывается выше отопительных приборов, называется **смешанной**.

По направлению движения воды в подающей и обратной магистралях различают:

- **тупиковые** системы отопления, для которых характерно встречное движение горячей и охлажденной воды в распределительных трубопроводах;
- системы отопления с **попутным движением** теплоносителя, когда направления потоков нагретой и охлажденной воды в магистральных трубопроводах совпадают. Системы с попутным движением проектируются таким образом, чтобы протяженность циркуляционных колец через все ветви системы отопления была одинаковой.

К внутренним распределительным магистралям подключаются **внутренние распределительные ветви**.

К ветвям через **трубные подводки** присоединяют отопительные приборы. По расположению в пространстве ветви могут быть вертикальными или горизонтальными. Вертикальные ветви принято называть **стояками**.

Присоединение подводок к ветви системы отопления бывает:

- 1) **однотрубное** с последовательным соединением отопительных приборов;
- 2) **двухтрубное** с параллельным присоединением отопительных приборов. В двухтрубной системе горячая вода и охлажденная вода соответственно подводятся к нагревательному прибору и отводятся от него по отдельным трубам.

В местах подключения ветвей к раздаточным трубопроводам устанавливается запорная арматура. Рекомендуется использовать, как правило, вентили с отверстиями для слива воды или выпуска воздуха, а при отсутствия таковых — тройники с кранами.

Водяное отопление с естественной циркуляцией устраивают в малоэтажных жилых или административных зданиях. В этом случае используют местные котельные с радиусом действия до 30 м.

Системы водяного отопления с естественным движением теплоносителя могут быть с верхней или нижней разводкой, одно- или двухтрубными и выполняются только по тупиковой схеме. Наиболее распространена однотрубная система с верхней разводкой, так как имеет меньшую металлоемкость и проста в монтаже.

Двухтрубная система водяного отопления с естественной циркуляцией показана на рис. 1. Из источника теплоснабжения (котла) 1 горячая вода через главный стояк 2 и горизонтальную магистраль 9 поступает по трубопроводам 11 к отопительным приборам 10. Из последних охлажденная вода по обратным трубопроводам 12 и обратной магистрали 13 возвращается в источник теплоснабжения 1. Расширительный бак 6 присоединен к главному стояку трубой 7 и к подающей магистрали 9 трубой 8. Из системы воздух удаляется через расширительный бак по трубе 5; 4 — сигнальная труба с вентилем 3.

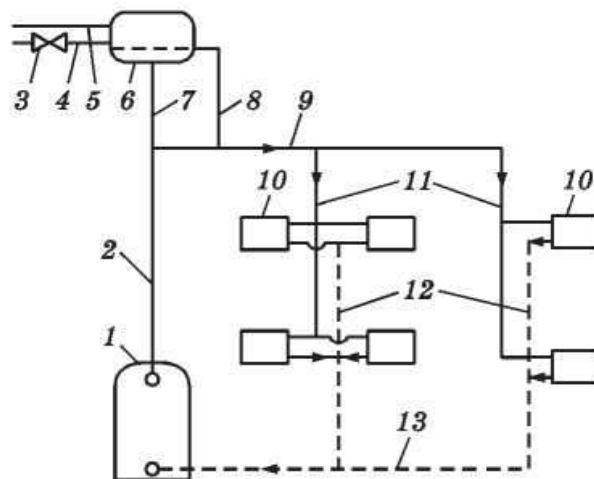


Рис. 1. Схема двухтрубной системы отопления с естественной циркуляцией

Для обогрева многоэтажных домов, домов большой длины широко применяются системы отопления с искусственной циркуляцией воды. Преимущество таких систем состоит в том, что они

могут быть центральными и обслуживать много объектов, которые стоят от котельной на значительном расстоянии (250...1000 м). В системах водяного отопления, где циркуляция воды осуществляется с помощью насосов, температура воды составляет 110/70, 130/70 и 150/70 °С. Это дает возможность уменьшить затраты на тепловые сети и транспортирование теплоты, а также автоматически регулировать в больших границах температуру теплоносителя.

На рис. 2...4 приведены некоторые варианты присоединения отопительных приборов к ветвям и распределительным трубопроводам водяной системы отопления.

На рис. 2 показана схема системы отопления с вертикальными двухтрубными стояками при горизонтальной верхней (а) и нижней (б) разводке. Схема с верхней разводкой рекомендуется для автономных систем теплоснабжения зданий с котельной на крыше. Слив воды из стояков на период ремонта системы отопления осуществляется через вентили 8, которые устанавливаются в нижней части трубопроводов стояков. Каждый отопительный прибор оснащен радиаторными термостатическими клапанами 5. Воздух из системы отопления удаляется через вентили 7.

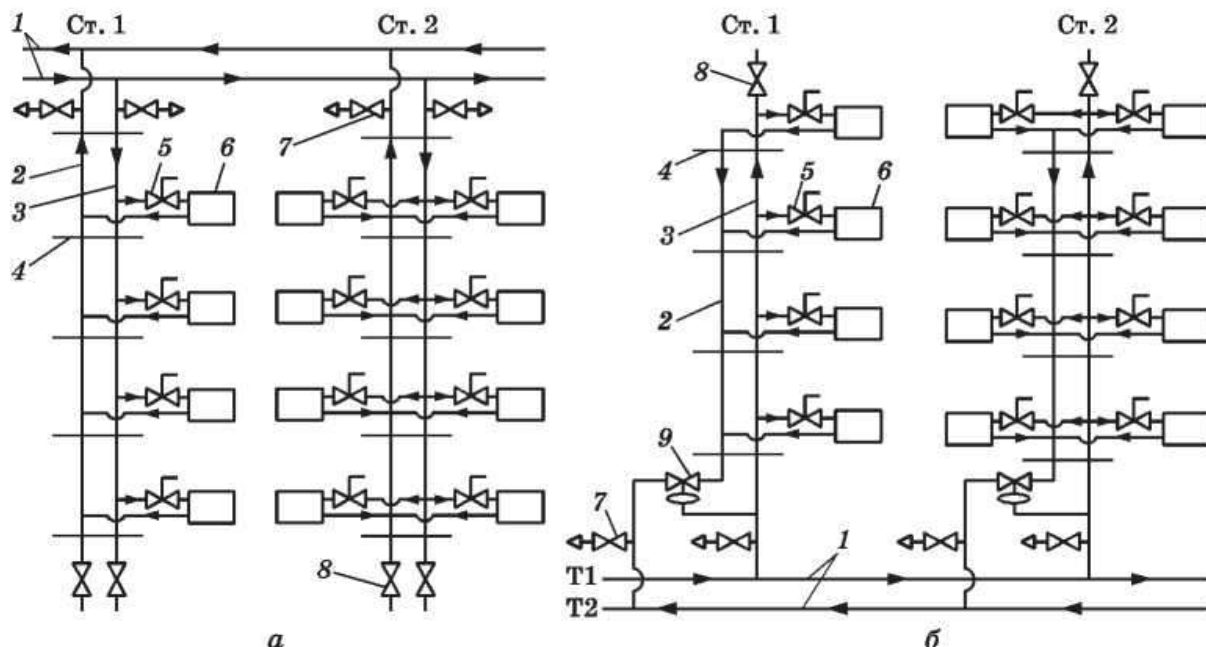


Рис. 2. Схемы фрагментов систем отопления с горизонтальной верхней (а) и нижней (б) разводкой, вертикальными двухтрубными ветвями (стояками) с односторонним (Ст. 1) и двусторонним (Ст. 2) присоединением радиаторов:

1 — распределительные трубопроводы системы отопления; 2, 3 — вертикальная двухтрубная ветвь (стояк); 4 — подводка; 5 — радиаторный термостатический клапан; 6 — отопительный прибор; 7 — воздуховыпускник; 8 — спускной вентиль; 9 — регулятор перепада давления

Схему системы отопления с нижней разводкой (рис. 2, б) рекомендуется использовать в бесчердачных зданиях с довольно высокими требованиями к уровню теплового комфорта. Каждый отопительный прибор оснащен радиаторным термостатическим клапаном (РТК). Установка регулятора перепада давления 9 на трубопроводах стояков предотвращает возникновение гидравлической неустойчивости системы отопления.

Горизонтальные магистральные трубопроводы прокладываются с уклоном 0,002. Трубы подводов к прибору должны иметь различные уклоны (5...10 мм) на всю длину подводки.

Однотрубная система водяного отопления со смешанной разводкой и разными схемами компоновки системы отопления приведена на рис. 3.

В первой — проточной — схеме (Ст. 1) вода последовательно перетекает из одного прибора в другой. Характерная особенность этой схемы — отсутствие регулирующих кранов возле нагревательных приборов.

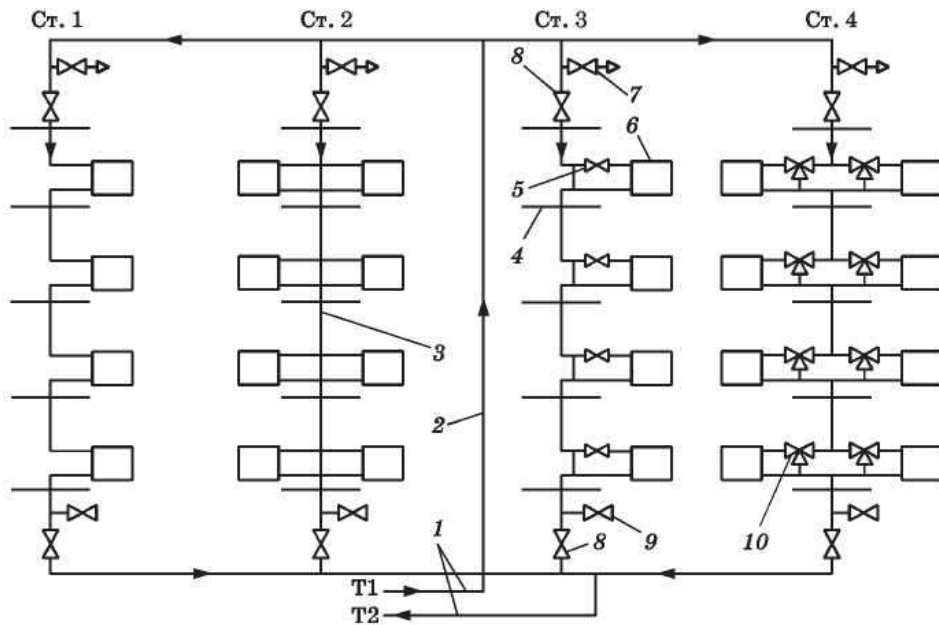


Рис. 3. Схема фрагмента системы отопления со смешанной горизонтальной разводкой, вертикальными однотрубными ветвями (стояками):

Ст. 1 — проточный нерегулируемый; Ст. 2 — с замыкающими осевыми участками;

Ст. 3, 4 — регулируемые с замыкающими смещенными участками:

1 — распределительные трубопроводы системы отопления; 2 — главный стояк; 3 — вертикальная однотрубная ветвь (стояк); 4 — подводка; 5 — проходной шаровый кран; 6 — отопительный прибор; 7 — воздуховыпускник; 8 — шаровый запорный кран; 9 — спускной вентиль; 10 — трехходовой регулирующий кран

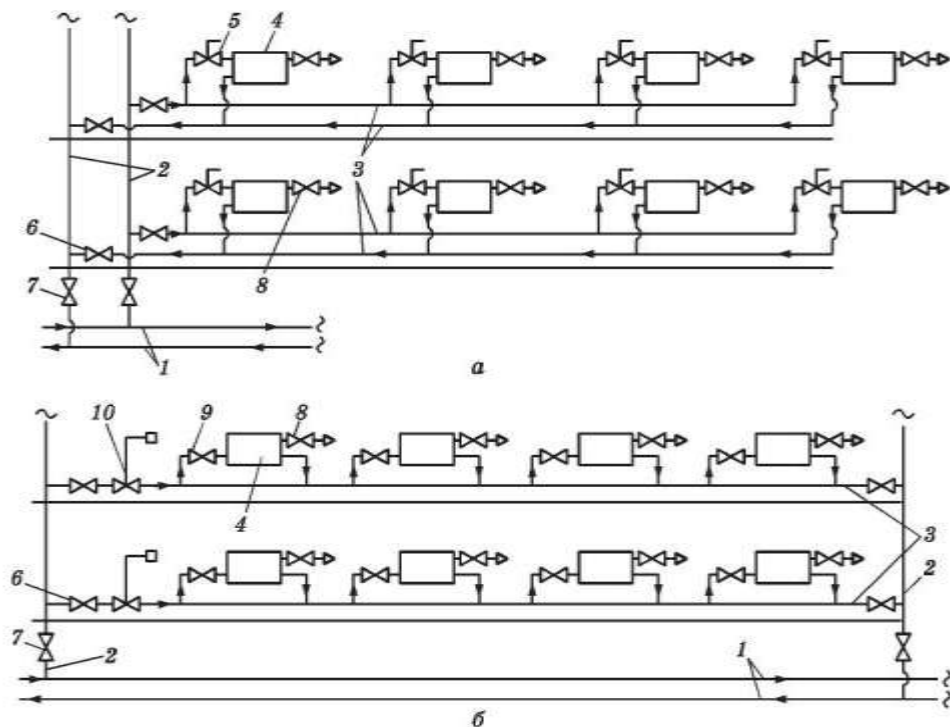


Рис. 4. Схемы фрагментов систем отопления с вертикальной разводкой, двухтрубными (а) и однотрубными (б) горизонтальными ветвями:

1 — распределительные трубопроводы системы отопления; 2 — трубопроводы вертикальной разводки; 3 — горизонтальные ветви; 4 — отопительный прибор; 5 — радиаторный термостатический клапан; 6, 7 — запорные шаровые краны; 8 — воздуховыпускник; 9 — проходной шаровый кран; 10 — групповой термостатический клапан с выносным термодатчиком

Вторая схема (Ст. 2) выполнена с осевыми замыкающими участками, расположенными параллельно отопительным приборам. В этом случае вода в узлах присоединения нагревательных приборов делится на два потока, из которых один поступает в отопительный прибор, а другой — в расположенные ниже приборы.

В схемах стояков Ст. 3, Ст. 4 предусмотрены смещенные замыкающие участки с установлением полнопроходных шаровых кранов 5 или регулирующих трехходовых кранов 10. Переключением трехходового крана 10 можно добиться, чтобы системы работали в проточном режиме или в режиме с замыкающими участками.

В однотрубной системе с верхней разводкой выпуск воздуха осуществляется с помощью воздухоотборников 7, расположенных в верхних точках системы. Для этой цели используют также расширительные баки.

Систему отопления с горизонтальной разводкой и двухтрубными горизонтальными ветвями (рис. 4, а) рекомендуется применять в зданиях большой длины, которые не имеют технических этажей для прокладки магистральных трубопроводов.

Для зданий с большими помещениями, в которых нужно установить несколько отопительных приборов, рекомендуется проектировать систему отопления с горизонтальной разводкой и однотрубными горизонтальными ветвями (рис. 4, б). Для каждого отдельного помещения устанавливается групповой регулятор тепловой мощности 10 с выносным датчиком температуры.

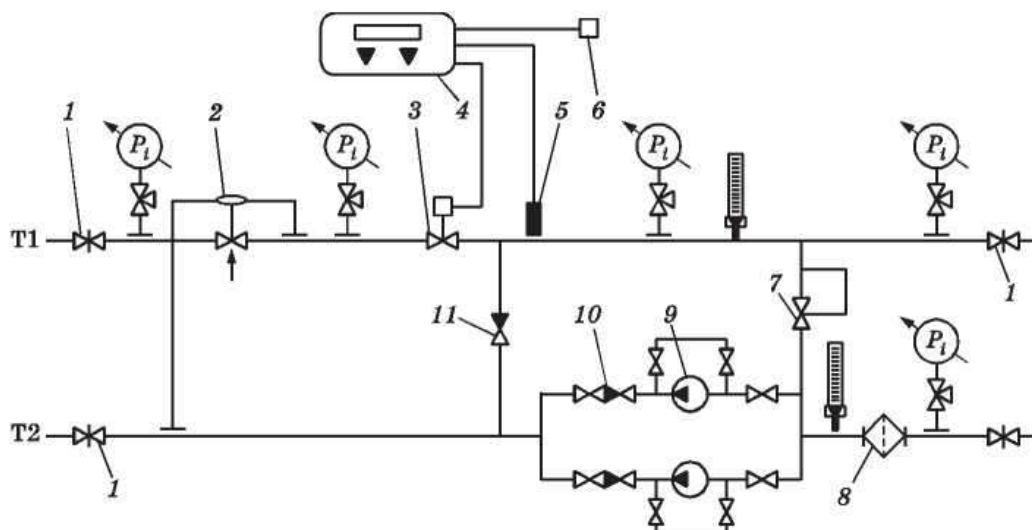


Рис. 5. Принципиальная схема узла приготовления теплоносителя системы отопления с зависимым присоединением к тепловой сети:

1 — задвижка; 2 — регулятор перепада давления; 3 — исполнительный механизм (регулирующий клапан); 4 — контроллер регулятора тепловой мощности; 5 — датчик температуры теплоносителя; 6 — датчик температуры наружного воздуха; 7 — перепускной клапан; 8 — фильтр; 9 — насос; 10, 11 — обратные клапаны

Тепловые пункты зданий должны оборудоваться узлом учета потребления тепловой энергии, узлом приготовления теплоносителя для системы отопления, узлом приготовления горячей воды. Если в здании есть система приточной вентиляции, в состав теплового пункта входит также узел приготовления теплоносителя для системы вентиляции.

Тепловой пункт оснащается необходимой запорной и регулирующей арматурой, а также контрольно-измерительными приборами.

Принципиальная схема теплового пункта при зависимом подключении к наружной тепловой сети и установлении насоса на обратной магистрали приведена на рис. 5.

**Тепловая мощность системы водяного отопления  $Q_{от}$**  определяется согласно приложению 12 СНиП 2.04.05-91 на основе теплового баланса отапливаемого здания по формуле:

$$Q_{от} = (Q_{пот} b_1 b_2 - Q_{пост}) + Q_{тр}, Вт \quad (1)$$

где  $Q_{пот}$  — тепловые потери здания, Вт;

$b_1$  — коэффициент, который зависит от типа отопительного прибора;

$b_2$  — коэффициент, учитывающий дополнительные потери теплоты за радиаторными участками наружных стен;

$Q_{ПОСТ}$  — тепловые поступления в помещение, Вт: для жилых зданий значение  $Q_{ПОСТ}$  согласно приложению 12 СНиП 2.04.05-91 следует принимать из расчета 10 Вт на 1 м<sup>2</sup> общей площади;

$Q_{ТР}$  — потери теплоты в трубопроводах, проложенных в неотапливаемых помещениях здания, Вт. Значения  $Q_{ТР}$  не должны превышать 4 % теплопотерь  $Q_{ПОТ}$ .

### Расчетные теплопотери:

$$Q_{ПОТ} = (Q_{ОГ} + Q_{В}), \text{ Вт} \quad (2)$$

$Q_{ОГ}$  — тепловые потери через конструкционные ограждения, Вт;

$Q_{В}$  — тепловые потери на нагревание наружного инфильтрационного воздуха, Вт.

Потери теплоты  $Q_{ТР}$ , трубопроводами, проложенными в неотапливаемых помещениях здания, надо определять с учетом эффективности теплоизоляционной конструкции.

### Расчетное (максимальное) годовое теплотребление системой отопления здания:

$$Q_{ГОД} = \frac{0,0864 \cdot Q_{ОГ} \cdot n_{СУТ} \cdot a \cdot b \cdot c}{t_{В} - t_{Н}}, \text{ ГДж} \quad (3)$$

где  $Q_{ОГ}$  — тепловая мощность системы отопления, кВт;

$n_{СУТ}$  — расчетное количество градусосуток отопительного периода, град/сут.: принимается по приложению 8 СНиП 2.04.05-91;

$a, b, c$  — коэффициенты:  $a = 0,8$  — для общественных зданий, оборудованных приборами автоматического уменьшения тепловой мощности в нерабочие часы;  $b = 0,9$  — для зданий, в которых применяются радиаторные термостатические клапаны;  $c = 0,95$  — для зданий с пофасадным регулированием тепловой мощности.

Определенные расчетом значения тепловой мощности  $Q_{ОГ}$  и максимального годового теплотребления  $Q_{ГОД}$ , отнесенные к 1 м<sup>2</sup> общей (для жилых зданий) или полезной (для общественных зданий) площади, не должны превышать нормативных контрольных значений, приведенных в приложении 25 СНиП 2.04.05-91.

## 3. СИСТЕМЫ ВОЗДУШНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Воздушное отопление имеет ряд преимуществ: обеспечивает равномерное распределение температуры в помещении; улучшает санитарно-гигиенические условия (удаление вредных из помещения, увлажнение воздуха и т.д.); требует меньших первоначальных затрат благодаря сокращению расходов на нагревательные приборы. Системы воздушного отопления можно совместить с системами вентиляции и кондиционирования воздуха.

Воздушным системам отопления присущи и недостатки: большой расход воздухопроводов и значительный расход теплоты при воздухопроводах большой протяженности.

Системы воздушного отопления могут быть с естественной циркуляцией или с механическим побуждением воздуха, местными или центральными, проточными или с рециркуляцией воздуха (полной или частичной).

**Местные системы воздушного отопления** (рис. 6) применяют при обогреве одного помещения. Они содержат тепловой центр 1, в который входят вентилятор и калориферы, и каналы вытяжной вентиляции 2. Для подогревания воздуха используют паровые, водяные и электрические калориферы или теплогенераторы.

На рис. 6, *a* показана проточная система, в которой количество подогретого воздуха, подаваемого в помещение, достаточно для вентиляции. В таком же количестве воздух удаляется из помещения.

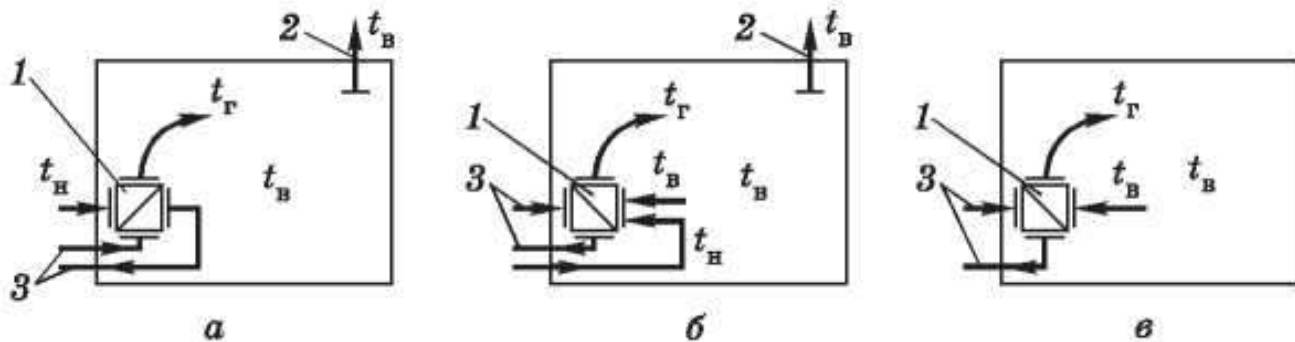


Рис. 6. Схемы местных систем воздушного отопления:

*a)* прямоточная; *б)* с частичной рециркуляцией воздуха; *в)* с полной рециркуляцией воздуха; 1 — тепловой центр; 2 — каналы вытяжной вентиляции; 3 — трубопроводы подвода и отвода теплоносителя

В системах с частичной рециркуляцией (рис. 6, б) часть воздуха забирается снаружи с температурой  $t_H$ , а другая часть — из помещения с температурой  $t_B$ . Смешанный воздух подогревается в калорифере и подается в помещение. Системой вытяжной вентиляции удаляется только часть этого воздуха (за вычетом количества воздуха, который забирается для смешивания с наружным воздухом).

Для систем с полной рециркуляцией характерно отсутствие вентиляции (рис. 6, в) — в помещении происходит циркуляция внутреннего воздуха без его замены. Такие системы применяют в помещениях, где не требуется вентиляция.

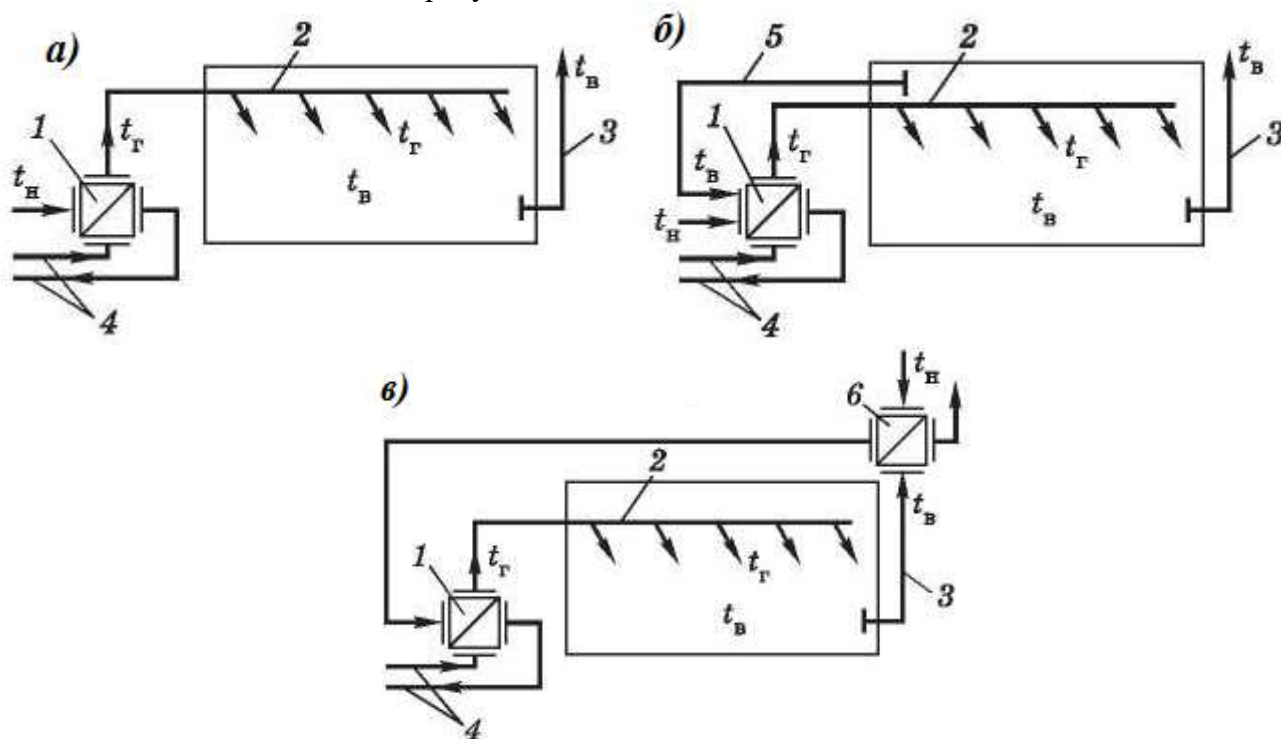


Рис. 7. Схемы центральных систем воздушного отопления:

*a)* прямоточная; *б)* с частичной рециркуляцией; *в)* прямоточная рекуперативная; 1 — тепловой центр; 2 — приточный воздуховод; 3 — вытяжной воздуховод; 4 — трубопровод теплоносителя; 5 — рециркуляционный воздуховод; 6 — теплообменник-утилизатор

Значительное снижение расхода теплоты достигается установкой теплообменника-утилизатора б (рис. 7, в), в котором поступающий наружный воздух подогревается за счет теплоты удаляемого из помещения внутреннего воздуха.

Схемы центральных систем воздушного отопления (рис. 7) могут быть также прямоточными, с частичной или полной рециркуляцией воздуха.



## 4. ОТОПИТЕЛЬНЫЕ И НАГРЕВАТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

### 4.1. Нагревательные приборы систем водяного отопления

Для отопления зданий в зависимости от их назначения и конструкции наружных стен применяют следующие типы нагревательных приборов: радиаторы, ребристые трубы, приборы из гладких труб (змеевики и регистры), конвекторы, отопительные панели.

Наиболее широко применяются радиаторы — чугунные и стальные штампованные (рис. 8) с интенсивной конвекционной теплоотдачей.

Чугунные радиаторы собирают из отдельных секций, имеющих с обеих сторон отверстия, в которые ввертываются ниппели для соединения секций между собой. Наибольшее распространение получили чугунные радиаторы М-140-АО. Они имеют относительно высокий коэффициент теплопередачи —  $9,1 \dots 10,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . Основной их недостаток — большая металлоемкость.

В системах центрального отопления, в которых используется вода, подвергнутая деаэрации, применяют стальные штампованные радиаторы. Их изготавливают из двух штампованных стальных листов, соединенных контактной сваркой. Присоединяют такие радиаторы к трубопроводам системы отопления так же, как и чугунные.

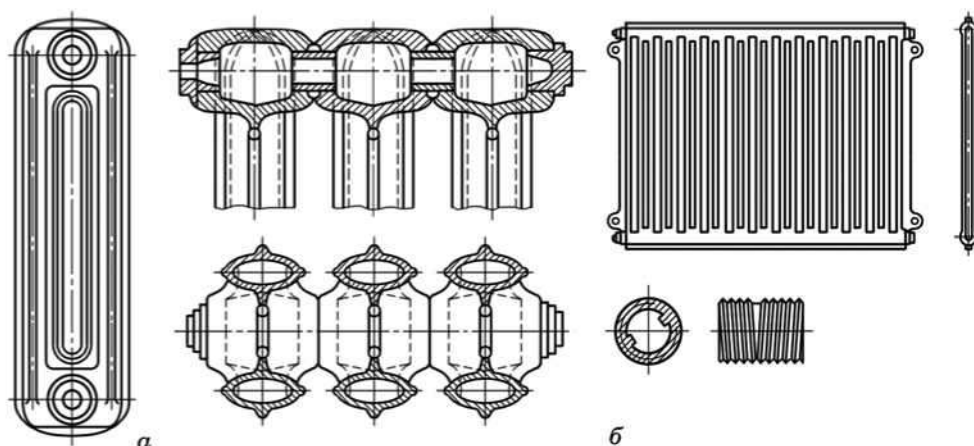


Рис. 8. Отопительные радиаторы:  
а) чугунные; б) стальные штампованные

Самые простые отопительные приборы — чугунные ребристые трубы. Наличие ребер на поверхности труб увеличивает теплоотдачу, но снижает санитарно-гигиенические качества прибора, так как между ребрами скапливается пыль, которую трудно удалять. Чугунные ребристые трубы изготавливаются с круглыми ребрами и имеют диаметр 175 мм. Длина труб 0,5; 0,75; 1,0; 1,5 и 2,0 м.

Нагревательные приборы из гладких труб — змеевики и регистры (рис. 9) — применяют в помещениях, воздух которых содержит значительное количество пыли. Они высокопрочны, имеют большой коэффициент теплоотдачи (теплота отдается в основном за счет конвекции), но занимают много места и дорогостоящи.

В системах отопления жилых и общественных зданий в настоящее время широко применяются конвекторы. Конвектор состоит из стальной или чугунной трубы диаметром 15...20 мм с оребрением из стальной ленты толщиной 0,5 мм. Около 75 % теплоты такой прибор отдает конвекцией.

Теплоотдача конвектора регулируется воздушным клапаном. Теплоотдача конвекторов плинтусного типа (рис. 10) составляет около 303 Вт. Оребрение прибора образует замкнутые каналы шириной 20 мм и высотой 80...90 мм. Глубина прибора — 60...70 мм.

Коэффициент теплопередачи конвектора равен  $4,65 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ , ребристых труб — 4,76, радиаторов различных типов —  $7,55 \dots 8,15$ , а гладких труб —  $10,47 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .

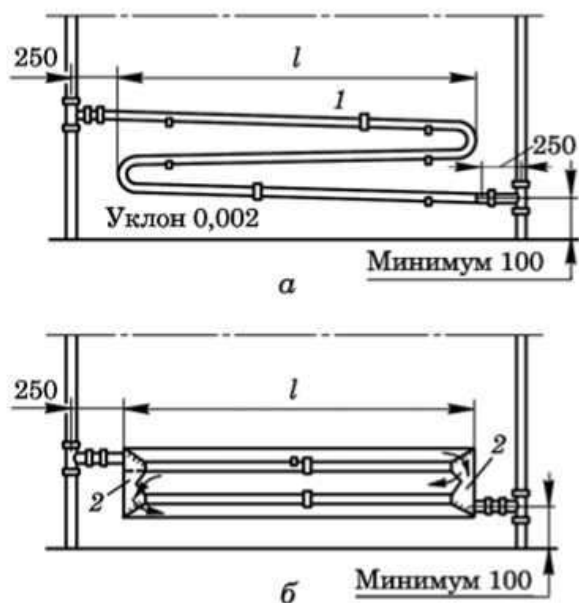


Рис. 9. Нагревательные приборы из гладких труб:  
 а) змеевик; б) регистр;  
 1 — трубы змеевика; 2 — перегородка

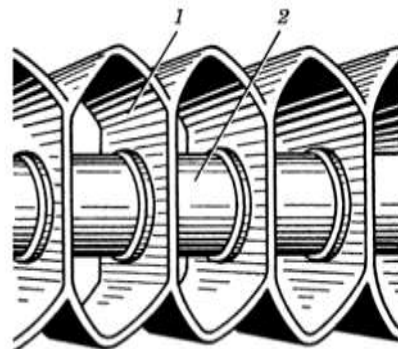


Рис. 10. Конвекторы плинтусного типа:  
 1 — ребристый элемент; 2 — труба

**Отопительные панели** — это монолитные железобетонные плиты с вделанными в них змеевиками или регистрами, изготовленными из стальных труб или труб из термостойкого стекла. В качестве теплоносителей используют горячую воду, пар или нагретый воздух.

Расчетная тепловая мощность отопительного прибора  $Q_{пр}$ , определяется формулой:

$$Q_{пр} = \left[ (Q_{ог} + Q_{в}) + Q_{вн} - 0,9Q'_{тр} - Q_{в.п} \right] K_{РТК}, \text{ Вт} \quad (4)$$

где  $Q_{ог}$  — тепловые потери через конструкционные ограждения, Вт;

$Q_{в}$  — тепловые потери на нагревание наружного инфильтрационного воздуха, Вт;

$Q_{вн}$  — потери теплоты через внутренние стены, отделяющие помещение, для которого рассчитывается тепловая мощность отопительного прибора, от смежного помещения, где возможно эксплуатационное снижение температуры при регулировании, Вт.;

$Q'_{тр}$  — тепловой поток от трубопроводов отопления (труб стояка, ветвей и подводок), открыто проложенных в помещении, для которого рассчитывается отопительный прибор, Вт;

$Q_{в.п}$  — тепловой поток, регулярно поступающий в помещение от освещения, оборудования, коммуникаций, материалов и других источников, Вт;

$K_{РТК}$  — коэффициент, учитывающий установку радиаторного термостатического клапана (РТК).

Потери теплоты  $Q_{ог}$  и  $Q_{в}$  рассчитываются для каждого помещения, где устанавливается отопительный прибор. Потери  $Q_{вн}$  следует учитывать только при расчете тепловой мощности отопительных приборов, на подводках к которым проектируются автоматические терморегуляторы. При этом для каждого помещения рассчитываются тепловые потери  $Q_{вн}$  только через одну внутреннюю стену при различии температур между внутренними помещениями не менее 8 °С. При расчете тепловой мощности отопительных приборов жилых, общественных и административно-бытовых зданий поток  $Q_{в.п}$  учитывать не следует. Бытовые тепловыделения учитываются для всего дома в целом при расчетах тепловой мощности системы отопления и общих затрат теплоносителя. Тепловая мощность отопительного прибора с РТК рассчитывается при значении  $K_{РТК} = 1,1$ , при отсутствии РТК — при  $K_{РТК} = 1,0$ .

Тепловой поток от трубопроводов отопления, открыто проложенных в помещении:

$$Q'_{\text{тр}} = q_B l_B + q_G l_G, \quad (5)$$

где  $q_B, q_G$  — теплоотдачи 1 м вертикальных и горизонтальных труб, Вт/м (для неизолированных труб принимается по СН-398-69 и СН-354-66, исходя из диаметра и положения труб, а также разницы температур теплоносителя на входе его в рассчитываемое помещение и воздуха в помещении; для изолированных труб — по данным СНиП 2.04.05-91);

$l_B, l_G$  — длины вертикальных и горизонтальных труб в пределах помещения, м.

Количество модулей (секций) отопительного прибора, который установлен открыто в помещении с тепловыми потерями ( $Q_0 + Q_B$ ), определяется по формуле:

$$n = \frac{Q_{\text{пр}}}{q_{\text{ном}} \left( \frac{\Delta t_p}{\Delta t_{\text{СТ}}} \right)^m \cdot \left( \frac{G_p}{G_{\text{СТ}}} \right)^\gamma} \quad (6)$$

где  $q_H$  — номинальный тепловой поток, Вт, одного модуля отопительного прибора при стандартных для этого прибора значениях  $\Delta t_{\text{СТ}}$  и  $G_{\text{СТ}}$ , которые приводятся в каталогах (как правило  $\Delta t_{\text{СТ}} = 70$  °С,  $G_{\text{СТ}} = 0,1$  кг/с);

$\Delta t_p$  и  $\Delta t_{\text{СТ}}$  — расчетный и стандартный температурные напоры на поверхности отопительного прибора, °С;

$G_p$  и  $G_{\text{СТ}}$  — расчетный и стандартный расходы воды через отопительный прибор, кг/с;

$m, \gamma$  — показатели степеней, значения которых указываются в каталогах заводов-изготовителей нагревательных приборов.

Расчетное температурное сопротивление на поверхности нагревательного прибора:

$$\Delta t_p = \frac{t_{\text{ВХ}} - t_{\text{ВЫХ}}}{2} - t_{\text{ВН}} = t_{\text{ВХ}} - \frac{\Delta t_{\text{пр}}}{2} - t_{\text{ВН}} \quad (7)$$

где  $t_{\text{ВХ}}$  и  $t_{\text{ВЫХ}}$  — температуры теплоносителя соответственно на входе и выходе отопительного прибора, °С;

$\Delta t_{\text{пр}}$  — перепад температур теплоносителя между входом и выходом отопительного прибора, °С;

$t_{\text{ВН}}$  — температура внутри отапливаемого помещения, °С.

#### 4.2. Оборудование для нагревания воздуха

В системе воздушного отопления и вентиляции используют калориферы, теплогенераторы, тепловентиляторы и приточно-вытяжные установки (ПВУ). Отопительные и отопительно-вентиляционные агрегаты включают калорифер, вентилятор и систему регулирования.

**Калориферы** — приборы, применяемые для нагревания воздуха в приточных системах вентиляции, системах кондиционирования воздуха, воздушного отопления, а также в сушильных и иных технологических установках.

**По виду** теплоносителя калориферы делят на огневые, водяные, паровые и электрические.

Водяные и паровые калориферы бывают гладкотрубные и ребристые; Ребристые бывают пластинчатые и спирально-навивные.

**По способу движения теплоносителя** различают одноходовые и многоходовые калориферы. В одноходовых теплоноситель движется по трубкам в одном направлении, а в многоходовых несколько раз меняет направление движения вследствие наличия в коллекторных крышках перегородок.

**Гладкотрубные калориферы** (рис. 11) выполнены из стальных трубок диаметром 20-32 мм. Трубки калорифера располагаются в коридорном или шахматном порядке. Концы их сварены в трубные решетки, к которым присоединены распределительная 4 и сборная 6 коробки. Теплоноситель — вода или пар — поступает через штуцер 3 в распределительную коробку, а затем, проходя по трубкам, нагревает их и через штуцер 5 удаляется из сборной коробки в виде охлажденной воды или конденсата.

Холодный воздух подогревается, проходя в просветах между трубками.

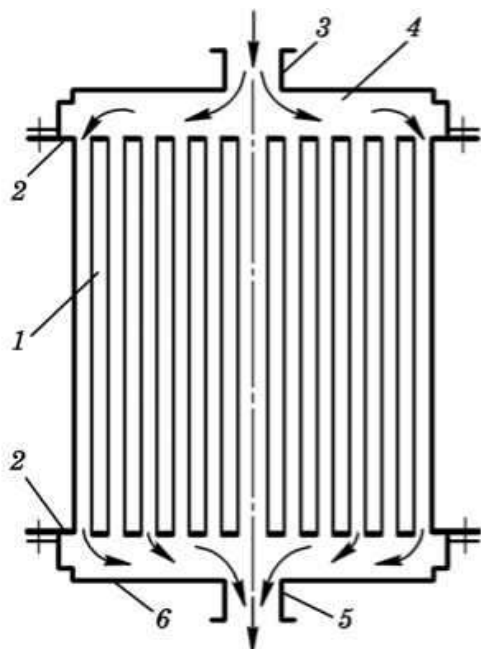


Рис. 11. Гладкотрубный калорифер:  
 1 — нагревательные трубки; 2 — трубные доски; 3 — входной патрубок; 4 — распределительная коробка; 5 — выходной патрубок; 6 — сборная коробка

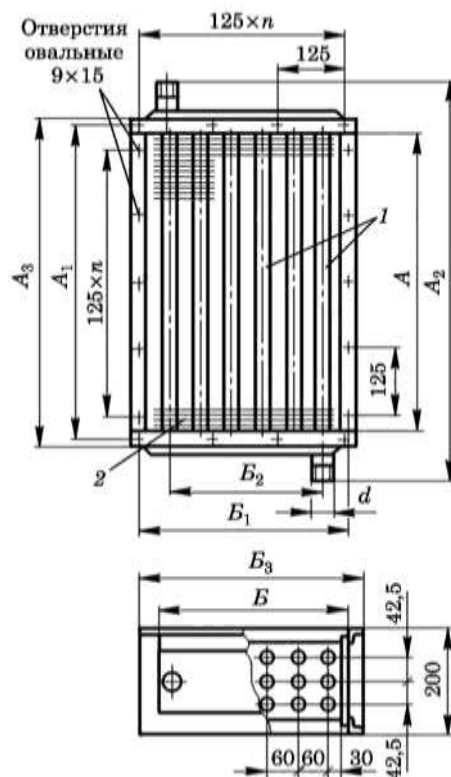


Рис. 12. Калорифер одноходовой пластинчатый

**Пластинчатые калориферы** (рис. 12) состоят из трубок 1, на которые насажены пластины 2 прямоугольной или круглой формы. Нагретые теплоносителем прямоугольные пластины отдают теплоту воздуху, проходящему по зазорам между ними.

При отоплении животноводческих ферм обычно используют калориферы КВС-П и КВБ-П, в которых теплоносителем является горячая вода, и калориферы КПС-П и КПБ-П, в которых теплоноситель — пар.

Калориферы КВС-П и КВБ-П пластинчатые, ребристые, многоходовые по горячей воде. Калориферы паровые КПС-П и КПБ-П мало отличаются по своим характеристикам от водяных.

Для отопления и вентиляции производственных помещений используют комплектное оборудование — тепловентиляторы, включающие радиальный вентилятор и калорифер. При децентрализованной системе теплоснабжения применяют также электрокалориферные установки и приточно-вытяжные установки (ПВУ).

Различают две схемы компоновки калориферов — параллельную и последовательную.

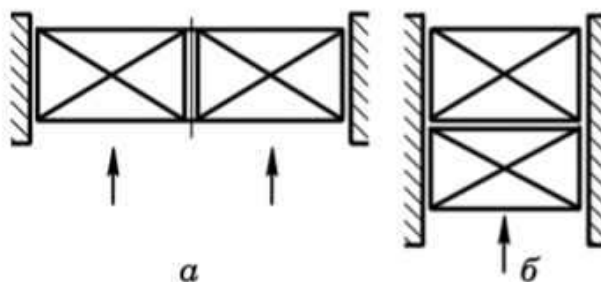


Рис. 13. Схемы компоновки калориферов:  
 а) параллельная; б) последовательная

Движение теплоносителя через калориферную установку также осуществляют по двум схемам. Если теплоноситель — вода, то соединять калориферы можно как по параллельной (рис. 13, а), так и по последовательной (рис. 13, б) схемам. Предпочтение отдается последовательной схеме движения теплоносителя через калориферы, так как в этом случае одинаковый расход

теплоносителя и скорость движения одинаковы в обоих калориферах, а, следовательно, и одинаковая теплоотдача. Если теплоноситель — пар, применяется только параллельная схема соединения калориферов трубопроводами.

**Расчет и подбор калорифера** производят в такой последовательности. Определяют тепловую мощность калорифера, т. е. тепловой поток, необходимый для нагревания воздуха, Вт:

$$Q_k = 0,278 c_p \rho L (t_k - t_n), \text{ Вт} \quad (8)$$

где 0,278 — коэффициент перевода кДж/ч в Вт;

$c_p$  — удельная изобарная теплоемкость воздуха, кДж/(кг·К);

$\rho$  — плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>, при температуре  $t_k$ ;

$L$  — объемный расход нагреваемого воздуха, м<sup>3</sup>/ч;

$t_k$  — температура воздуха на выходе из калорифера, °С;

$t_n$  — температура воздуха на входе в калорифер, °С.

Можно принять  $\rho = 1,2$  кг/м<sup>3</sup>;  $c_p = 1$  кДж/(кг·К).

Определяют расчетную площадь живого сечения калорифера для прохождения воздуха:

$$f_p = \rho L / (3600 v \rho), \text{ м}^2 \quad (9)$$

где  $v \rho$  — массовая скорость воздуха, кг/(м<sup>2</sup>·с). Для водяных калориферов ее значение принимают равным 7...10 кг/(м<sup>2</sup>·с), для паровых — 3...7 кг/(м<sup>2</sup>·с).

По таблицам конструктивных характеристик калориферов подбирают модель, номер и количество калориферов, установленных параллельно.

По действительному живому сечению устанавливаемых калориферов, пользуясь формулой (9), находят действительную массовую скорость воздуха в калорифере.

Вычисляют скорость горячей воды в трубах калорифера:

$$v_B = \frac{Q_k}{10^3 c_B \rho_B (t_{\Gamma} - t_o) f_{\text{тр}}}, \text{ м/с} \quad (10)$$

где  $c_B$  и  $\rho_B$  — теплоемкость и плотность воды;

$t_{\Gamma}$  и  $t_o$  — температуры воды горячей и обратной (на выходе из калорифера), °С;

$f_{\text{тр}}$  — площадь живого сечения трубок по теплоносителю, м<sup>2</sup>;

Можно принять  $c_B = 4,19$  кДж/(кг·К) и  $\rho_B = 1000$  кг/м<sup>3</sup>.

Рекомендуемая скорость воды в трубах калорифера  $v_B = 0,2...0,5$  м/с.

Определяют требуемую площадь поверхности теплообмена калорифера:

$$F_K = \frac{Q_k}{k(t_{CP}^{\Gamma} - t_{CP}^B)}, \text{ м}^2 \quad (11)$$

где  $k$  — коэффициент теплопередачи, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$t_{CP}^{\Gamma}$  — средняя температура теплоносителя, °С;

$t_{CP}^B$  — средняя температура нагреваемого воздуха, °С.

Определяют аэродинамическое сопротивление калорифера:

$$\Delta p_K = K_{\text{КОН}} (v \rho)^{1,65}, \text{ Па} \quad (12)$$

где  $K_{\text{КОН}}$  — коэффициент, зависящий от конструкции калорифера: для калориферов КВС-П  $K_{\text{КОН}} = 2,16$ ; для КВБ-П — 2,75; для КПС-П — 6,02; для КПБ-П  $K_{\text{КОН}} = 8,15$ . Аэродинамическое сопротивление калориферов определяют с запасом 10 %.