

Часть 7. Надежность и эффективность отопления

7.1. Режим работы системы отопления

Размеры конструктивных элементов системы отопления здания или сооружения (диаметр труб, воздухопроводов, площадь теплообменников и отопительных приборов) определяют для конкретных расчетных условий. Поддержание расчетных параметров теплоносителя (температура, расход) в этом случае обеспечивает максимально возможную теплоподачу системы, соответствующую теплотребности обогреваемых помещений при расчетных условиях наружного климата (температура воздуха, скорость ветра, интенсивность солнечной радиации). Подобные условия на территории нашей страны наблюдаются в течение короткого периода времени. Большую часть отопительного сезона климатические условия характеризуются показателями, при которых теплотребность для отопления ниже расчетной.

Влияние отдельных факторов по-разному сказывается как на величине, так и на характере изменения теплотребности каждого помещения. Неоднозначно это влияние и для различно расположенных однотипных помещений зданий (например, на верхних и нижних этажах или разноориентированных по сторонам горизонта). Переменный характер теплотребности здания в течение отопительного сезона предопределяет необходимость изменения теплоподачи системы отопления для поддержания расчетной температуры обогреваемых помещений.

Таким образом, режим работы системы отопления в течение отопительного сезона должен быть связан с переменным значением недостатка теплоты, определяемым изменением отдельных составляющих теплового баланса помещений.

Среди этих составляющих теплотери через наружные ограждающие конструкции $Q_{огр}$ вследствие постоянства их коэффициента теплопередачи можно считать изменяющимися пропорционально разности температуры внутреннего и наружного воздуха:

$$Q_{\text{огр}} = Q'_{\text{огр}}(t'_{\text{в}} - t_{\text{н}}) / (t'_{\text{в}} - t'_{\text{н}}), \quad (7.1)$$

где: $Q'_{\text{огр}}$ - теплопотери через ограждающие конструкции при расчетной температуре наружного воздуха; $t'_{\text{в}}$ и $t'_{\text{н}}$ - расчетная температура, соответственно, внутреннего и наружного воздуха; $t_{\text{н}}$ - текущая температура наружного воздуха.

Сложнее характер изменения теплопотерь, связанных с нагреванием поступающего в помещение наружного воздуха, $Q_{\text{и}}$. Помимо изменения температуры $t_{\text{н}}$ изменяется и расход воздуха $G_{\text{и}}$, зависящий от многих факторов и, прежде всего, от разности давления воздуха снаружи и внутри помещения.

Расход воздуха связан с воздушным режимом здания в целом. Например, в жилых многоэтажных зданиях отмечают значительное различие в количестве воздуха, проникающего через окна помещений, расположенных на разных этажах. В общем виде изменение теплопотерь на нагревание поступающего в помещение наружного воздуха определяют по формуле:

$$Q_{\text{и}} = Q'_{\text{и}} \check{G}_{\text{и}}(t'_{\text{в}} - t_{\text{н}}) / (t'_{\text{в}} - t'_{\text{н}}), \quad (7.2)$$

где $\check{G}_{\text{и}} = G_{\text{и}} / G'_{\text{и}}$ - относительный расход наружного воздуха, поступающего в помещение (отношение расхода при текущей температуре наружного воздуха к расходу при расчетной температуре).

Характер изменения величины $Q_{\text{и}}$ для зданий различной этажности показан на рис. 7.1.

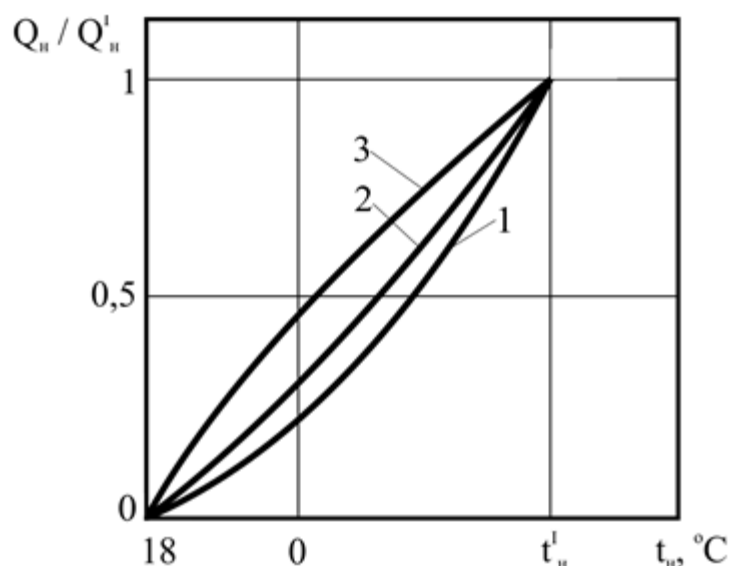


Рисунок 7.1. Изменение теплотребности на нагревание поступающего наружного воздуха в однотипные, расположенные на разных этажах, помещения многоэтажного жилого здания в течение отопительного сезона:

1 — на нижних этажах 5—12-ти этажного здания; 2 — на верхних этажах 5—12-ти этажного здания; 3 — на верхних этажах 16—22-ти этажного здания

Теплопоступления от технологического оборудования и других внутренних источников $Q_{\text{техн}}$ обычно считают в течение отопительного сезона постоянными (в производственных зданиях их устанавливают для часа с минимальными тепловыделениями).

Теплопоступления от солнечной радиации $Q_{\text{с.р.}}$, как правило, не учитывают в расчетах по определению мощности системы отопления. Однако солнечная радиация может существенно изменить температурную обстановку в помещениях, особенно в весенний период отопительного сезона. Изменение значения $Q_{\text{с.р.}}$ оценивают по данным об интенсивности прямой, рассеянной и отраженной солнечной радиации.

Как известно, начало и конец отопительного сезона относят к устойчиво установившейся среднесуточной температуре наружного воздуха $t_n = 8^\circ\text{C}$. На рис. 7.2 показано изменение теплотребности здания без учета и с учетом технологических и внутренних теплопоступлений и солнечной радиации. Видно, что учет $Q_{\text{техн}}$ и $Q_{\text{с.р.}}$ может привести к значительной экономии тепловой

энергии (заштрихованная область на графике).

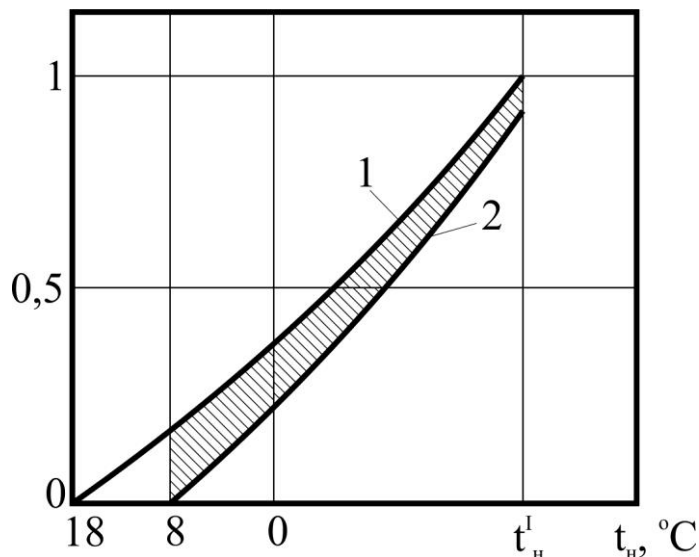


Рисунок 7.2. Изменение теплотребности зданий в течение отопительного сезона:

1 — без учета технологических и внутренних тепlopоступлений и солнечной радиации; 2 — с учетом технологических и внутренних тепlopоступлений и солнечной радиации

Текущая теплотребность $Q_{т.п}$ на отопление помещений в общем виде составляет:

$$Q_{т.п} = Q_{огр} + Q_{и} - Q_{техн} - Q_{с.р} . \quad (7.3)$$

Поддержание внутренней температуры воздуха в помещении на расчетном уровне в течение всего отопительного сезона обеспечивается при выполнении условия:

$$Q_{п} = Q_{т.п} , \quad (7.4)$$

где $Q_{п}$ - текущая теплоотдача элементов системы отопления в помещение.

Изменение теплоотдачи элементов постоянно действующей системы отопления обеспечивают, прежде всего, путем централизованного изменения параметров теплоносителя (температуры, расхода). Реже это достигают при прерывистом отоплении, при переходе к применению другой отопительной установки (дежурное отопление) или за счет изменения интенсивности теплоотдачи отопительных приборов (например, при использовании

воздушного клапана в конвекторе с кожухом). Иногда используют несколько факторов, вызывающих изменение теплоподдачи в помещении.

Регулирование разветвленной системы отопления должно сопровождаться равномерным изменением теплоотдачи всех элементов системы. Такое свойство системы пропорционально изменять теплоотдачу элементов при изменении какого-либо параметра или их сочетания называют **тепловой устойчивостью** системы отопления.

Часто тепловую устойчивость связывают с **гидравлической устойчивостью** - свойством пропорционально изменять расход теплоносителя во всех элементах системы отопления при централизованном изменении его количества. Полной взаимосвязи во всех системах отопления между гидравлической и тепловой устойчивостью не наблюдается. Связано это с непостоянством коэффициента теплопередачи нагревательных элементов системы при изменении в ней температуры и расхода теплоносителя.

Рассмотрим переменный тепловой режим элемента системы на примере участка системы водяного отопления. Теплоотдача участка системы сопровождается изменением температуры воды на выходе из элемента t_o при известных значениях температуры воды на входе t_r и расхода воды G по известному выражению:

$$Q = Gc(t_r - t_o) , \quad (7.5)$$

где c - удельная массовая теплоемкость воды.

Температура t_o может быть определена с использованием так называемой **тепловой характеристики элемента**. Тепловая характеристика предложена при решении дифференциального уравнения теплопередачи при движении нагретой жидкости через элемент системы отопления:

$$- Gc dt = m(\Delta t_{cp} / 70)^n (G / 0,1)^p \Delta t_{cp} dA , \quad (7.6)$$

где $\Delta t_{cp} = ((t_r + t_o) / 2) - t_b$,

Δt_{cp} - средняя разность температуры, °C; G - расход воды, кг/с; m , n , p - показатели, рассмотренный ранее.

После преобразований получим выражения для вычисления текущей средней разности температуры теплоносителя и окружающего элемент воздуха:

$$\Delta t_{cp} = (n(t_r - t_o) / ((t_o - t_b)^{-n} - (t_r - t_b)^{-n}))^{1/(1+n)}, \quad (7.7)$$

а также тепловой характеристики элемента T , определяющей процесс теплопередачи элемента системы отопления:

$$T = n / (70^n((t_o - t_b)^{-n} - (t_r - t_b)^{-n})). \quad (7.8)$$

Уравнения (7.7) и (7.8) совместно приводят к формуле для определения температуры на выходе из теплоотдающего элемента системы при расходе воды, равном расчетному:

$$t_o = t_b + ((1 / (t_r - t_b)^n) + (n / (70^n T)))^{-1/n}. \quad (7.9)$$

Переменный тепловой режим работы системы водяного отопления характеризуется также возможным изменением расхода теплоносителя G . Изменение расхода может происходить вследствие количественного регулирования или воздействия естественного циркуляционного давления. В этом случае значение тепловой характеристики элемента T уточняют по формуле:

$$T = T'(G / G')^{1-p}, \quad (7.10)$$

где T' - тепловая характеристика элемента, полученная при подстановке в формулу (7.8) расчетных температурных параметров.

7.2. Регулирование системы отопления

Под **регулированием системы отопления** понимают комплекс мероприятий, направленных на максимальное приближение теплоотдачи ее элементов к текущей переменной теплопотребности отапливаемых помещений в течение отопительного сезона для выдерживания расчетной температуры помещений.

Различают **пусковое** (монтажное) и **эксплуатационное** регулирование системы. Эти виды регулирования имеют свои особенности для водяной, воздушной и паровой систем отопления. Рассмотрим регулирование систем центрального отопления.

При пуске системы отопления группы зданий, присоединенной к теплопроводам централизованного теплоснабжения, обеспечивают распределение теплоносителя по отдельным зданиям пропорционально их расчетной теплопотребности. Обычно такое регулирование проводят в центральных тепловых пунктах (ЦТП) и во внутриквартальных тепловых сетях. Способы регулирования, как при зависимом, так и при независимом присоединении системы отопления к теплопроводам, рассматриваются в дисциплине “Теплоснабжение”.

Независимо от применяемого в системе отопления теплоносителя необходимость пускового регулирования объясняется тем, что в смонтированной системе может не обеспечиваться требуемая теплоотдача нагревательных элементов. Происходит это вследствие некоторого отличия фактических теплотехнических и гидравлических характеристик элементов от расчетных, неточности гидравлического расчета. Еще одна причина - возможные отклонения от расчетных размеров теплопроводов, допущенных при монтажных работах.

При пуске *системы водяного отопления* здания устанавливают соответствие расхода и температуры теплоносителя в индивидуальном (местном) тепловом пункте расчетным показателям при данной температуре

наружного воздуха. В процессе пуска указанные параметры контролируют по показаниям контрольно-измерительных приборов (термометров, манометров, тепломера) в местном тепловом пункте. На практике при отсутствии тепломера или даже расходомера в тепловом пункте с водоструйным элеватором расход высокотемпературной воды в его сопле G_1 определяют расчетным путем при известных разности давления в теплопроводах Δp_T и диаметре сопла элеватора d_c из формулы (3.18).

Устойчивость работы системы водяного отопления в целом оценивают, как и для любого элемента системы, по температуре воды t_o , возвращающейся из системы. Повышенное значение этой температуры свидетельствует о преувеличении ее суммарной теплоподачи в здание и, следовательно, о перегреве отапливаемых помещений, и наоборот.

Необходимую температуру подаваемого в систему отопления теплоносителя устанавливают путем изменения диаметра сопла элеватора, расхода охлажденной воды в подмешивающей перемычке при смесительном насосе (зависимое присоединение системы отопления к тепловой сети) или расхода высокотемпературной воды в теплообменнике с помощью регулирующей арматуры (независимое присоединение).

Пусковое регулирование элементов и узлов системы отопления связано с обеспечением в них расчетного расхода теплоносителя. В однотрубной системе, выполняемой, как правило, с тупиковым движением воды в магистралях, это достигается при значительном увеличении потерь давления в стояках по сравнению с потерями давления в разводящих (без головных участков) магистралях (рекомендуемое соотношение по СП – соответственно 70 и 30 %). Особо тщательным должно быть регулирование двухтрубной системы водяного отопления, где переменное действие естественного циркуляционного давления приводит к существенному перераспределению потоков теплоносителя, поступающего в отопительные приборы, по высоте стояков.

Требуемое распределение теплоносителя осуществляют при помощи запорно-регулирующей арматуры, установленной на стояках и отдельных ответвлениях системы. Регулирование распределения теплоносителя в стояках двухтрубной системы проводят путем повышения потерь давления в подводках к отопительным приборам. Потери давления повышают, регулируя степень открытия крана двойной регулировки в системе отопления малоэтажных зданий или применяя регулирующие краны с дросселирующим устройством в системах отопления многоэтажных зданий. Качественное пусковое регулирование двухтрубных стояков можно провести при использовании современного термклапана, установочное положение которого можно определить заранее, пользуясь специальными номограммами, предоставляемыми фирмами-изготовителями. Для этих же целей используют специальные отключающие краны, устанавливаемые на обратной подводке отопительных приборов.

Пусковое регулирование осложняется трудностями контроля расхода воды в отдельных элементах системы. Косвенно результат регулирования оценивают по температуре воды, выходящей из какого-либо элемента системы. При соблюдении расчетного расхода температура воды t_0 при известных теплотехнических характеристиках элемента, текущих и расчетных температурных условиях должна быть близка к полученной расчетным путем по формуле (12.9). О температуре воды в расчетной точке системы с достаточной точностью (± 2 °C) судят по температуре поверхности трубы, измеряя ее переносным электротермометром или ручным одноточечным потенциометром с термопарой в качестве датчика. При этом считают, что температура поверхности стальной тонкостенной неизолированной трубы незначительно отличается от температуры воды в измеряемой точке.

Пусковое регулирование *местного воздушного отопления* (с отопительными агрегатами) связано с обеспечением необходимого распределения теплоносителя (воды или пара) по калориферам агрегатов (в

водовоздушных калориферах результат регулирования можно контролировать по температуре t_0) с проверкой расчетной подачи вентиляторов. Струйная подача воздуха в помещение может привести к превышению допустимых температуры и скорости движения воздуха в рабочей зоне. Проверка этих параметров в ходе испытания предопределяет выбор способа подачи воздуха (наклонной или сосредоточенной струей).

Наладка рециркуляционного воздухонагревателя заключается в обеспечении требуемого количества циркулирующего воздуха. Способ регулирования нагревателя зависит от применяемого теплоносителя (вода или пар).

В ходе регулирования воздушно-тепловых завес проверяют соответствие подачи вентилятора проектному значению, скорость и температуру воздушной струи, а также уровень шума от работающего агрегата.

Регулирование *центральной системы воздушного отопления* в основном связано с обеспечением проектного расхода воздуха в ответвлениях системы и воздухораздающих устройствах и наладкой воздухонагревателей. Методы проведения этой работы и используемые при этом измерительные приборы рассматриваются в дисциплине “Вентиляция”. В ходе пусковой проверки такой системы следует убедиться, что охлаждение воздуха при его движении по каналам и воздуховодам находится в допустимых пределах.

Систему *парового отопления* после окончания монтажных работ тщательно промывают и продувают паром. Перед пуском системы отопления необходимо проверить работу редукционных клапанов, предохранительных устройств, конденсатоотводчиков. Пуск системы парового отопления (особенно высокого давления) начинают с обеспечения расчетного давления пара путем соответствующей установки редукционного клапана. Теплоотдачу отопительных приборов при низком давлении регулируют при открытой пробке тройника на конденсатной подводке прибора с помощью вентиля на паровой подводке до тех пор, пока поступление пара через конденсатопровод

не прекратится.

Регулирование расхода пара в отдельных ответвлениях и частях системы парового отопления проводят с помощью вентилях или путем установки дросселирующих шайб, обеспечивая полную конденсацию пара в отопительных приборах.

Эксплуатационное регулирование системы отопления проводят с целью обеспечения теплоподачи в отапливаемые помещения, соответствующей текущей теплопотребности. Способы регулирования различаются также в зависимости от применяемого в системе теплоносителя. В зависимости от места проведения регулирования в системе теплоснабжения различают центральное, групповое, местное и индивидуальное регулирование.

В системе *водяного теплоснабжения* центральное регулирование осуществляют на тепловой станции (ТЭЦ, котельной) по так называемому отопительному графику, устанавливающему связь между параметрами теплоносителя (температура при качественном или расход при количественном регулировании) и температурой наружного воздуха, как основного фактора, определяющего переменный характер составляющих теплового баланса здания в течение отопительного сезона (рис. 7.3). Построение графика ориентировано на обезличенное здание в районе действия тепловой станции при расчетной температуре внутреннего воздуха 18 °С (расчетная температура согласно СП в наиболее представительном помещении – в рядовой жилой комнате жилого дома).

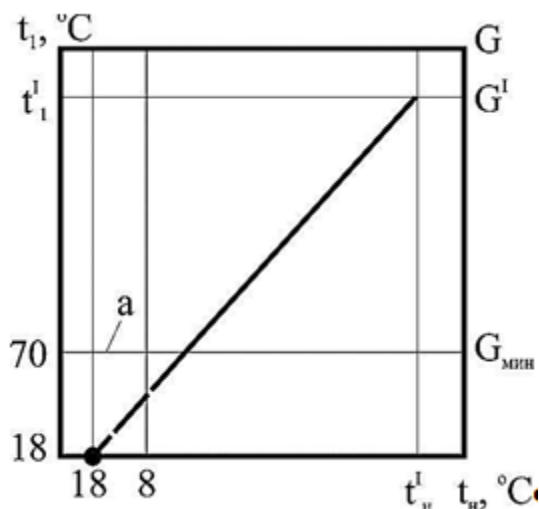


Рисунок 7.3. Принцип построения графика регулирования температуры или расхода теплоносителя в системе водяного теплоснабжения в течение отопительного сезона

Центральное регулирование на тепловой станции при теплоснабжении различных по назначению зданий (жилые, общественные, производственные и др.) и режиму теплопотребления их инженерных систем (отопление, горячее водоснабжение, вентиляция и др.) не может обеспечить устойчивой работы систем отопления.

Устойчивость работы повышается при приближении места проведения регулирования к теплопотребителю за счет более полного учета различных факторов, определяющих теплопотребность помещений отапливаемых зданий. Так, при групповом регулировании в ЦТП появляется возможность распределять теплоту по уточненным температурным графикам, что способствует повышению экономичности отопления каждого здания. При местном регулировании в тепловом пункте здания учитывают особенности режима его эксплуатации, ориентацию по сторонам горизонта, действие ветра и солнечной радиации.

При индивидуальном регулировании у каждого отопительного прибора можно независимо и наиболее точно реагировать на изменение температурной обстановки в отдельных помещениях.

Большой экономический эффект достигают при прерывистом отоплении зданий с переменным режимом работы со снижением температуры внутреннего воздуха в нерабочий период времени (например, в учебных зданиях) или в ночные часы (в жилых зданиях). Регулирование при этом осуществляют, используя одну систему отопления или две системы (например, водяную и воздушную), когда одна из них действует постоянно, а другую выключают периодически.

Способы регулирования систем *водяного отопления* отличаются параметром, по которому оценивают требуемую теплоподачу в систему. Чаще всего таким параметром является температура наружного воздуха (регулирование “по возмущению”). Индивидуальное регулирование проводят, контролируя температуру внутреннего воздуха в отапливаемом помещении (регулирование “по отклонению”). Местное (пофасадное) регулирование осуществляют с применением того и другого способов. Возможен также способ изменения теплоподачи в систему отопления в зависимости от температуры теплоносителя, возвращающегося из части системы или системы в целом. Как известно, эта температура - показатель изменения температурной обстановки в отапливаемых помещениях, и он может быть заранее рассчитан.

При эксплуатации систем *воздушного отопления*, как правило, используют качественное регулирование, осуществляемое путем изменения температуры подаваемого в помещение воздуха при переменном тепловом режиме работы нагревающего устройства. Достигается это путем изменения расхода теплоносителя через калорифер с помощью регулирующих устройств или запорно-регулирующей арматуры.

Центральное регулирование систем парового отопления из-за невозможности изменения в широком диапазоне давления пара, а значит, и его температуры, осуществляют пропусками. Вследствие такого регулирования может быть значительная неравномерность температуры воздуха в отапливаемых помещениях, что во многих случаях недопустимо по гигиеническим

соображениям.

В системе парового отопления при незначительном давлении пара перед отопительным прибором (около 2000 Па) эффективным может быть индивидуальное регулирование с помощью установленных у приборов вентилей.

7.3. Управление работой системы отопления

В зданиях и сооружениях в зависимости от их назначения поддерживают постоянный или переменный тепловой режим. В зданиях с постоянным тепловым режимом системы отопления работают круглосуточно, с переменным режимом - прерывисто.

Поддержание необходимых температурных условий в течение суток, недели, отопительного сезона обеспечивают путем изменения теплоподачи в помещения. Работа системы отопления эффективна, когда теплоподача соответствует теплопотребности в каждый момент времени. Для этого система отопления должна обладать достаточной тепловой мощностью и способностью изменять теплоподачу в помещения в широких пределах. Работа такой системы нуждается в управлении: ручном или автоматическом.

Для управления работой систему отопления снабжают контрольно-измерительными приборами, сигнальными устройствами, централизуют управление запорно-регулирующей арматурой и отопительными установками.

Контрольно-измерительные приборы (КИП) позволяют измерять и устанавливать соответствие работы систем действительным потребностям. **Дистанционная сигнализация** обеспечивает передачу показаний КИП в **центр управления** (диспетчерский пункт), где происходят обработка данных наблюдений и принятие решений по проведению регулирования. Из диспетчерского пункта осуществляют управление исполнительными механизмами - **регулирующими органами** для необходимого изменения работы отдельных приборов, узлов и частей системы отопления.

Наиболее совершенным решением является **система автоматического управления (АСУ)** отоплением здания по заданной программе. При применении АСУ уменьшается численность обслуживающего персонала, улучшаются условия его работы, снижаются энергозатраты на отопление.

В крупных зданиях и сооружениях принято проектировать автоматизацию и диспетчеризацию работы систем отопления, основанные на следующих принципах:

- автоматическое регулирование - для узлов, в которых требуются постоянное в данный момент времени поддержание регулируемой величины (температуры, давления), а также автоматическая защита от аварии (например, при возможности превышения рабочего давления для отопительных приборов);
- дистанционное управление из диспетчерского пункта - для удаленных отопительных установок;
- ручное управление (пуск, остановка, переключение) - в местах нахождения обслуживающего персонала или редко переключаемых узлов (сетевые задвижки, краны).

Рядом с тепловым пунктом здания размещают диспетчерский пункт, куда передаются сигналы (в том числе светом и звуком), где они обрабатываются и откуда осуществляются управление узлами, агрегатами и установками, а также общая координация работы инженерного оборудования здания.

Наиболее полно реализуются перечисленные принципы при автоматизации работы систем водяного отопления и, прежде всего, с целью экономии тепловой энергии. Системы проектируют с автоматическим регулированием теплового потока по зданию в целом или по каждому фасаду, или по крупным помещениям с неравномерным поступлением в них теплоты.

Кроме того, предусматривают контроль и автоматизацию работы следующих основных узлов систем отопления (применительно к водяному теплоснабжению зданий):

- измерения и регистрации температуры воды в основных магистралях

системы отопления, температуры воздуха в контрольных помещениях;

- измерения и регистрации теплотрат на отопление;
- контроля и регулирования давления воды в наружных теплопроводах;
- управления работой циркуляционных и подпиточных насосов;
- сигнализации на щит диспетчера работы насосов, агрегатов воздушного отопления, воздушно-тепловых завес, уровня воды в расширительном баке.

Автоматическое управление работой агрегатов воздушного отопления и воздушно-тепловых завес у ворот и входных дверей делают индивидуальным в зависимости от температуры воздуха в обслуживаемых помещениях.

В зданиях с переменным тепловым режимом дополнительно предусматривают программное управление работой системы отопления в течение суток. Если какую-либо систему проектируют состоящей из двух частей (постоянно и периодически действующих), то автоматизируют действие части системы, осуществляющей “натоп” помещений. Эта часть системы отопления должна работать по программе, обеспечивающей нагревание помещений перед началом работы (натоп), а также поддержание в них минимально допустимой температуры в нерабочий период времени.

В зданиях с постоянным тепловым режимом введение пофасадного автоматического регулирования работы систем водяного отопления позволяет устранять воздействие на температуру воздуха в помещении изменений направления и скорости ветра, солнечной радиации, температуры наружного воздуха. Поэтому современные системы водяного отопления разделяют, если это возможно, на пофасадные части, предусматривая автоматическое регулирование температуры воды, например, по схеме на рис. 7.4, когда температура воды, направляемой в северо-восточную часть системы, регулируется “по возмущению”, а в юго-западную часть – “по отклонению”.

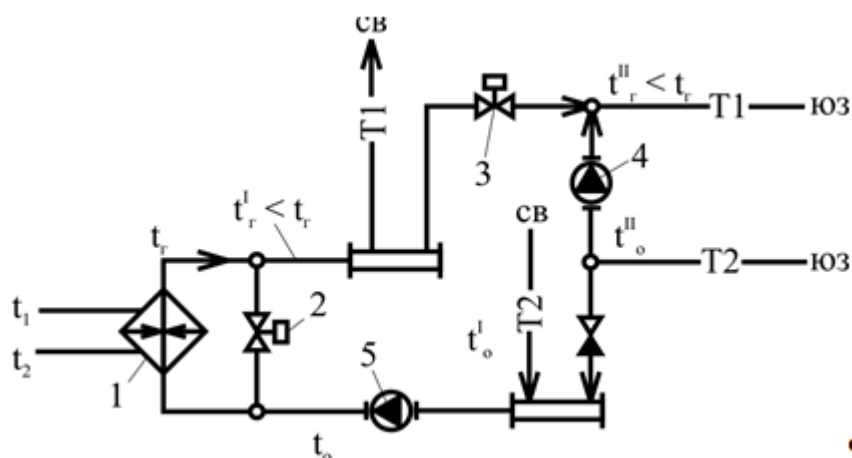


Рисунок 7.4. Схема автоматического регулирования температуры воды, направляемой в пофасадные (северо-восточную и юго-западную) части системы отопления:

1 — теплообменник; 2 — регулятор температуры «по возмущению»; 3 — регулятор температуры «по отклонению»; 4 — смесительный насос; 5 — циркуляционный насос

Индивидуальное автоматическое регулирование с использованием термостатического регулятора в настоящее время начинают применять повсеместно, так как при нем наиболее заметно можно сократить расход теплоты на отопление.

7.4. Особенности режима работы и регулирования различных систем отопления

Режим работы систем водяного отопления различаются, прежде всего, в зависимости от принятого способа регулирования. Изменение **температуры воды** (качественное регулирование) проводят для системы в целом или ее частей. Такое изменение планируют заранее, что при достаточной тепловой устойчивости системы обеспечивает необходимое пропорциональное изменение теплоотдачи отопительных приборов. В системе отопления в течение отопительного сезона могут происходить незапланированные изменения (чаще всего понижение) температуры теплоносителя из-за нарушений теплоснабжения (несоблюдения графика качественного регулирования, излишних теплопотерь в тепловой сети и др.).

Изменение **расхода воды** в системе отопления может быть, как и изменение температуры, планируемым при проведении количественного или смешанного (качественно-количественного) регулирования. Может быть и внеплановым, когда изменяется режим работы сетевых насосов, происходит аварийная утечка греющей воды, неравномерно воздействует естественное циркуляционное давление, а также нарушается структура самой системы.

Естественное циркуляционное давление Δp_e зависит, как известно, от плотности воды в вертикальных участках системы, а также от взаимного расположения участков с различной плотностью. Плотность воды изменяется с изменением температуры теплоносителя в рассматриваемых элементах, а их взаимное расположение зависит от конструкции системы водяного отопления. Степень влияния величины Δp_e на режим работы насосной системы зависит и от его доли в расчетном циркуляционном давлении.

Для установления связи между расходом воды в элементе системы и естественным циркуляционным давлением воспользуемся так называемым показателем гидравлической характеристики системы отопления:

$$\Gamma = \Delta p'_e / (\Delta p_n + \Delta p'_e), \quad (7.11)$$

где $\Delta p'_e$ - расчетное для системы отопления естественное циркуляционное давление; Δp_n - насосное циркуляционное давление.

Показатель Γ выражает существующее в расчетных условиях соотношение естественного и суммарного циркуляционного давления, обеспечивающего движение воды в системе отопления. Этот показатель в различных системах отопления может изменяться от 0 (в горизонтальной однетрубной системе одноэтажного здания) до 1 (в системе с естественной циркуляцией). Например, в насосной однетрубной системе 5-этажного здания при $\Delta p_n = 10$ кПа, расчетной температуре воды $t'_g = 105$ °С и $t'_o = 70$ °С гидравлическая характеристика составляет около 0,15. С увеличением высоты здания показатель Γ (при

незначительном изменении Δp_n) растет, что объясняется повышением условного среднего центра охлаждения в однотрубной системе отопления над центром нагревания.

Степень изменения расхода $\check{G} = G / G'$ в насосной системе отопления под влиянием естественного циркуляционного давления определяют по формуле:

$$\check{G} = (1 - \Gamma(1 - (\Delta p_e / \Delta p'_e)))^{0,5}. \quad (7.12)$$

Выразим соотношение текущего Δp_e и расчетного $\Delta p'_e$ значений естественного циркуляционного давления в системе через температуру теплоносителя:

$$((t_r - t_b) / (t'_r - t'_b)) = \beta(t_r - t_o) / (\beta'(t'_r - t'_o)), \quad (7.13)$$

где $\beta' = (\rho'_o - \rho'_r) / (t'_r - t'_o)$ - среднее увеличение плотности воды в расчетных условиях при понижении температуры теплоносителя на 1 °С, кг/(м³·°С).

Текущую температуру воды t_r и t_o для различных элементов системы можно найти, используя показатель тепловой характеристики системы T .

Относительное изменение расхода воды под действием температурных факторов должно свидетельствовать о достаточности гидравлической устойчивости системы отопления, т. е. о неподверженности ее гидравлическому разрегулированию под влиянием Δp_e .

В вертикальных однотрубных системах водяного отопления с их последовательным соединением отопительных приборов изменение температуры и расхода по-разному сказывается на теплоотдаче первых и последних приборов по ходу движения воды в стояках. В однотрубной системе с *верхней разводкой* и насосной циркуляцией (показатель Γ мал) понижение температуры воды сопровождается относительным ростом теплопередачи отопительных приборов на нижних этажах по сравнению с верхними приборами (до 40 %). Это необходимо учитывать при выборе способа регулирования таких систем.

Снижение расхода воды в стояке, прежде всего, сказывается на снижении теплоотдачи нижних приборов. Сказанное свидетельствует о том, что для равномерного изменения теплоотдачи всех отопительных приборов однотрубного стояка требуется проведение смешанного (количественно-качественного) регулирования.

В системе с естественной циркуляцией ($\Gamma = 1$) одновременно с понижением температуры уменьшаются расход воды в стояках и относительная теплоотдача приборов на нижних этажах (до 30 %). Опасность недогрева помещений нижних этажей возникает в стояках с высоко расположенными (например, при разной высоте стояков или при существенной неравномерности распределения между ними тепловой нагрузки) центрами охлаждения и увеличенным по сравнению с принятым для системы температурным перепадом.

В насосной системе с верхней подачей воды допускается снижение расхода до 11...38 % при допустимом снижении теплоотдачи приборов соответственно до 2,5...11 %. Для такой системы, особенно с высоким значением Γ , характерно явление **саморегулирования**. Оно происходит, когда при снижении по какой-либо причине температуры воздуха около одного или нескольких отопительных приборов из-за некоторого увеличения их теплоотдачи и снижения температуры воды на выходе из стояка повышается ее плотность, растет естественное циркуляционное давление и расход воды в стояке. Это, в свою очередь, приводит к еще большему увеличению теплоотдачи и частичному восстановлению температурной обстановки в обогреваемых помещениях.

При повышении температуры воздуха явление саморегулирования протекает в обратном порядке, но с тем же результатом. В таких системах применимо пофасадно-вертикальное регулирование при увеличении температуры t_r до 110 °С и расхода воды в системе $0,5 \leq \dot{G} \leq 1,9$. Однако в стояках такой системы с пониженным центром охлаждения и малым температурным

перепадом возникает опасность существенного снижения теплоотдачи приборов нижних этажей при уменьшении расхода, особенно при больших значениях Γ .

В однотрубной системе отопления с *нижней разводкой* обеих магистралей при расположении отопительных приборов как на подъемной, так и на опускной частях стояка в рядом расположенных помещениях из-за указанного выше различия в теплоотдаче первых и последних в стояке приборов может создаваться неравномерный тепловой режим. Допустимо снижение расхода воды, как и в системе с верхней разводкой, за исключением стояков с замыкающими участками из-за ухудшения прогрева отопительных приборов на подъемной части стояков. Пофасадно-вертикальное регулирование практически неосуществимо. Явление саморегулирования аналогично системе с верхней разводкой, но протекает менее интенсивно.

В однотрубной системе отопления с *“опрокинутой” насосной циркуляцией* (показатель Γ мал) понижение температуры воды приводит к увеличению до 40 % относительной теплоотдачи отопительных приборов на верхних этажах. В такой системе недопустимы естественная циркуляция воды из-за возможного прекращения циркуляции в отдельных стояках, а также применение приборных узлов с замыкающими участками. Допустимое снижение расхода такое же, как и в системе с верхней разводкой. Применение пофасадного регулирования определяется возможностью повышения температуры воды до 110 °С и относительного расхода в пределах $0,3 \leq \tilde{G} \leq 2,8$.

Для **бифилярной системы водяного отопления** характерно пропорциональное изменение суммарной теплоотдачи приборов, обслуживающих помещения на разных этажах, при изменении температуры подаваемой воды. Допустимы большие колебания расхода, чем в других однотрубных системах (18...52 %). Саморегулирующее влияние естественного циркуляционного давления такое же, как и в однотрубной системе отопления. Допустимо пофасадное регулирование, но вертикальное регулирование

практически неосуществимо.

В горизонтальной однотрубной системе с насосной циркуляцией при малом значении показателя Γ снижение температуры t_r сопровождается относительным увеличением теплоотдачи последних по ходу воды приборов (до 40 %). При естественной циркуляции в системе многоэтажного здания одновременно со снижением температуры теплоносителя снижается и расход воды, что приводит к уменьшению относительной теплоотдачи последних по ходу воды приборов (до 30 %). Допустимое понижение расхода и саморегулирующее влияние естественного циркуляционного давления такие же, как в вертикальной однотрубной системе. Допустимо пофасадное регулирование системы.

В вертикальной двухтрубной системе водяного отопления при равных расчетных перепадах температуры в приборах понижение температуры воды t_r сопровождается значительно большим снижением теплоотдачи отопительных приборов на верхних этажах по сравнению с теплоотдачей приборов на нижних. Исключение составляет крайний случай при $\Gamma = 1$ (система с естественной циркуляцией воды), когда происходит пропорциональное изменение теплоотдачи приборов. Понижение расхода воды в двухтрубной вертикальной системе вызывает существенное уменьшение теплоотдачи приборов на нижних этажах.

Нарушение структуры системы заметно сказывается на изменении теплоотдачи приборов в однотрубной (в отличие от двухтрубной) системе. Относится это, прежде всего, к приборам, непосредственно расположенным после прибора с умышленно увеличенной площадью теплоотдающей поверхности (после прибора понижается t_o) или с уменьшенным расходом воды при регулировании краном на подводке (повышение t_o). В системе водяного отопления с тупиковым движением воды в магистралях отключение отдельных стояков заметно изменяет расход воды по другим стоякам. Однако, чем больше стояков в тупиковой ветви системы, тем больше ее гидравлическая

устойчивость при отключении стояков в процессе эксплуатации системы.

В системе **местного воздушного отопления** эксплуатационное регулирование осуществляется достаточно легко рассмотренными выше способами. Системы **центрального воздушного отопления** многоэтажных зданий также подвержены тепловому и аэродинамическому разрегулированию. Как и в системе водяного отопления, это объясняется действием переменного естественного циркуляционного давления. Высокая температура воздуха в воздушной системе определяет высокую долю этого давления в общем циркуляционном давлении.

Добиться стабильности работы системы в течение всего отопительного сезона, особенно в разветвленной многоканальной сети, достаточно сложно. Достигается это обычно значительным увеличением потерь давления в воздухораздающих устройствах. Эффекта можно достичь при использовании ступенчатого нагревания, когда температура воздуха в каналах системы близка к температуре воздуха в помещениях, а до нужной температуры воздух догревается в специальных доводчиках, установленных непосредственно в обогреваемых помещениях.

Особенности работы **систем парового отопления** определяются, как уже отмечалось, невозможностью качественного регулирования систем и необходимостью осуществлять регулирование “пропусками”.

Пусконаладочные работы в системах отопления проводят при строгом соблюдении обеспечивающих безопасность правил. Особенно опасаются воздействия на работающих высокотемпературного теплоносителя, находящегося под высоким давлением в оборудовании, арматуре и трубах систем. Такого воздействия следует ожидать, прежде всего, в тепловых пунктах систем с их оборудованием, запорно-регулирующей арматурой, контрольно-измерительными приборами, имеющими резьбовые и фланцевые соединения.

Под особым контролем осуществляют заполнение и пуск систем водяного отопления с зависимым присоединением к тепловой сети. В такие системы

теплоноситель подают постепенно путем плавного открывания первой со стороны тепловой сети задвижки на обратном теплопроводе. Воздушные краны в верхних точках держат открытыми до заполнения системы водой. Открывают краны на импульсных линиях автоматических регуляторов. Только после этого открывают входную задвижку на наружном подающем теплопроводе для создания циркуляции воды. После пуска системы автоматические регуляторы настраивают на поддержание расчетных параметров.

Тщательно следят за исправностью контрольно-измерительных приборов, прежде всего, манометров. Осторожно обращаются с приборами, в которых в качестве рабочей жидкости используется ртуть (термометры, дифманометры).

Ремонтно-восстановительные работы проводят только после отключения части или системы отопления в целом и полного спуска теплоносителя. После монтажных и ремонтных работ системы отопления “опрессовывают”, т. е. заполняют водой и выдерживают под определенным давлением в течение заданного времени. При опрессовке части системы (например, труб и оборудования теплового пункта) отключение дополняют заглушками, устанавливаемыми между фланцами задвижек. Давление при испытании системы зависит от рабочего давления, установленного для элементов систем отопления (например, для отопительных приборов). Система или ее часть считается выдержавшей испытания, если в течение не менее 15 мин падение давления не превышает 0,01...0,02 МПа.

7.5. Спецификация и оценка коррупционных рисков в проектной и производственной деятельности

Спецификация оборудования, изделий и материалов – это текстовый документ, определяющий состав оборудования, изделий и материалов и предназначенный для комплектования, подготовки и осуществления строительства. Спецификацию выполняют и обозначают по ГОСТ 21.110-2013 с учетом требований ГОСТ 21.602-2016 для раздела ОВ (Отопление и вентиляция).

Спецификацию выполняют по форме представленной на рисунке 7.1.

Поз.	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа, опросного листа	Код продукции	Поставщик	Ед. измерения	Кол.	Масса 1 ед., кг	Примечание
				Основная надпись по ГОСТ 21.101				

Рис. 7.1. Форма спецификации изделий и материалов

В графе **"Поз."** указывают – позиционные обозначения (цифровые или буквенные) оборудования и изделий, предусмотренные рабочими чертежами.

В графе **"Наименование и техническая характеристика"** – наименования оборудования, изделий, материалов, их технические характеристики в соответствии с требованиями стандартов, технических условий и другой технической документации, а также другие необходимые сведения.

В графе **"Тип, марка, обозначение документа, опросного листа"** – тип, марку оборудования, изделия, обозначение стандарта, технических условий или другого документа, а также обозначение опросного листа, если порядок заказа предусматривает составление опросных листов.

В графе **"Код продукции"** – код продукции (оборудования, изделия, материала) по классификатору продукции страны - разработчика рабочей документации.

В графе "**Поставщик**" – наименование (адрес) изготовителя или поставщика оборудования (для импортного оборудования - страну, фирму).

В графе "**Ед. измерения**" – обозначение единицы измерения.

В графе "**Кол.**" – количество оборудования, изделий, материалов.

В графе "**Масса 1 ед., кг**" – массу единицы оборудования, изделия в килограммах. Допускается для тяжелого оборудования указывать массу в тоннах. Для оборудования или изделия массой до 25 кг, не требующего при монтаже применения подъемно-транспортных средств, графу допускается не заполнять.

В графе "**Примечание**" - дополнительные сведения.

Спецификации оборудования, изделий и материалов присваивают обозначение, состоящее из обозначения соответствующего основного комплекта рабочих чертежей по ГОСТ 21.101 и через точку шифра "С" (например: **2345-11-ОВ.С**).

Спецификацию или её части для документации шифра ОВ составляют по разделам:

- Отопление;
- Теплоснабжение установок систем;
- Вентиляция или вентиляция и кондиционирование (при его наличии).

В спецификации принимают следующие единицы измерений:

- оборудование, арматура, крепления, закладные конструкции и другие элементы систем – шт.
- радиаторы – секций/кВт (шт./кВт)
- конвекторы, трубы ребристые, регистры из гладких труб – шт./кВт;
- трубопроводы – м;
- материалы теплоизоляционные – м³;
- материалы покрытий и защиты – м²;
- другие материалы – кг.

Коррупционные риски при конструировании могут возникать на различных стадиях, от проектирования, до непосредственно ввода системы отопления в эксплуатацию.

Все мероприятия по противодействию коррупции регламентированы Федеральным законом "О противодействии коррупции" от 25.12.2008 N 273-ФЗ.

Рассмотрим основные этапы конструирования системы отопления, в которых наиболее представлены коррупционные риски:

1. Составление спецификаций и смет на оборудование
2. Проведение государственных тендеров на строительство
3. Проведение тендеров на закупку оборудования отопительной техники

Когда техническим заданием на проектирование не оговорено конкретное оборудование, при составлении спецификации, инженер выбирает то оборудование, которое считает наиболее экономически и технически обоснованно может применяться на том или ином объекте. На его мотивацию, к выбору основного оборудования, может повлиять финансовые, или иные блага, предлагаемые фирмами производителями данного оборудования. В результате в проект может быть заложено оборудование, по техническим и стоимостным характеристикам не подходящее для данного объекта.

При составлении смет по проектной документации систем отопления, инженер-сметчик, также может закладывать виды работ, не относящиеся как выполнению работ на объекте, завышать реальную рыночную стоимость оборудования, а также нерационально увеличивать предполагаемые объемы работ. Все это делается, для неоправданного увеличения стоимости конструирования отопления.

Признаки коррупционного тендера и госзаказа.

Первый из признаков коррупции в тендере - это цена. Конечно, можно определить цену отопительному оборудованию, но в случаях с большим количеством товаров, а также гибкой системе скидок от каждого

производителя, может быть не все так просто, поэтому выяснить насколько честна данная сделка могут специалисты или же самостоятельный анализ предыдущих сделок поставщика. Проведя анализ можно выяснить, кто побеждал в предыдущих торгах, при обнаружении одного и того же победителя или отмены несколько раз подряд того или иного тендера, стоит воздержаться от участия. Вторым признаком является срок выполнения сделки. Порой, можно увидеть закупку в которой проект практически завершился, осталось выполнить одну или две формальные процедуры, но вот в документах к конкурсу мы можем увидеть просто нереальные сроки на выполнения, что наводит на мысль, что данную процедуру уже начала выполнять заранее выбранная компания, поскольку только подготовленные специалисты, которые имеют все ресурсы или уже давно начали выполнение проекта могут уложиться в срок. Участие в подобных торгах - непростительное расточительство временем. Признак, под номером три - неясное тех.задание. Заказчик, прописывая техническое задание, ориентируется на собственные предпочтения исполнения контракта, выписывая пункты, которые помогут поставщику получить полную картину предполагаемых работ. Но чаще всего, все происходит наоборот, после прочтения технической части задания, определить, что от вас требует заказчик становится еще более не реально. Это делается все с той же целью - предоставить преимущество “своим” исполнителям, поскольку заказчик получает возможность отклонить заявку за “несоответствие” каким-либо своим, порой мифическим ошибкам. Поэтому прежде чем отослать заявку, сначала стоит подать запрос на разъяснение конкурсной документации. Четвертый признак, который может указать на коррупцию - объединение лотов. Иногда, мы можем видеть аукциона, в которых было объединено несколько разных видов работ в одной закупке. Как правило, в подобных видах торгов конкуренция - отсутствует, поскольку не каждая фирма может произвести выполнения всех видов сразу.