

Лекция №8

8.1. Центральное регулирование однородной тепловой нагрузки

Режим регулирования водяных систем теплоснабжения зависит от многочисленных факторов, но основным является вид тепловой нагрузки и схемы узлов вводов абонентов. Регулирование отпуска тепла значительно упрощается при однородной тепловой нагрузке.

В этих случаях можно ограничиться только центральным регулированием тепловой нагрузки.

Центральное регулирование отопительной нагрузки применяют в системах теплоснабжения с децентрализованным горячим водоснабжением. В таких системах отопление является основной тепловой нагрузкой. Центральное регулирование осуществляется в соответствии с потребностью тепла для отопления зданий при различных наружных температурах воздуха.

При качественном регулировании задача расчета состоит в определении температуры воды в зависимости от тепловой нагрузки. Расход воды остается постоянным в течение всего отопительного сезона.

Общее уравнение (7.4) для регулирования отопительной нагрузки при зависимых схемах присоединения отопительных установок к тепловой сети может быть представлено в виде

$$\bar{Q}_0 = \frac{Q_0}{Q'_0} = \frac{t_s - t_n}{t_s - t_o^p} = \frac{\tau_1 - \tau_{2,0}}{\tau'_1 - \tau'_{2,0}} = \frac{K \Delta t_0}{K' \Delta t'_0}, \quad (8.1)$$

где Q_0 - расход тепла на отопление при текущей температуре наружного воздуха t_n ;

$\tau_1, \tau_{2,0}$ - соответственно температура сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети;

K - коэффициент теплопередачи;

Δt_0 - температурный напор в нагревательном приборе при тех же условиях;

$Q'_0, \tau'_1, \tau'_{2,0}, K', \Delta t'_0$ - те же величины при расчетной температуре наружного воздуха t_o^p .

Заменив в уравнении (8.1) отношение коэффициентов теплопередачи зависимостью (7.16), получим

$$\bar{Q}_0 = \frac{\tau_1 - \tau_{2,0}}{\tau'_1 - \tau'_{2,0}} = \left(\frac{\Delta t_0}{\Delta t'_0} \right)^{1+n}. \quad (8.2)$$

Температурный напор при смешении воды в узле ввода определяют по формуле

$$\Delta t_0 = 0,5 \cdot (\tau_3 + \tau_{2,0}) - t_s, \quad ^\circ\text{C}, \quad (8.3)$$

$$\tau_3 = \frac{\tau_1 + u \tau_{2,0}}{1 + u}, \quad ^\circ\text{C}, \quad (8.4)$$

где τ_3 – температура воды в подающем трубопроводе отопительной системы после смесительного устройства; u – коэффициент смешения, равный отношению расхода воды из обратного трубопровода G_2 к расходу воды из подающей линии теплотрассы G_1 .

Уравнение (8.2), с учетом зависимостей (8.3) и (8.4), запишется в виде

$$\bar{Q}_0 = \frac{\tau_1 - \tau_{2,0}}{\tau_1' - \tau_{2,0}'} - t_e = \left[\frac{\tau_1 + \tau_{2,0}(1 + 2u) - 2t_e(1 + u)}{\tau_1' + \tau_{2,0}'(1 + 2u) - 2t_e(1 + u)} \right]^{1+n}. \quad (8.5)$$

Коэффициент смешения u определяют из уравнения теплового баланса

смесительного устройства $G_1 \tau_1' + G_2 \tau_{2,0}' = (G_1 + G_2) \tau_3'$:

$$u = \frac{\tau_1' - \tau_3'}{\tau_3' - \tau_{2,0}'} = \frac{\delta\tau_0'}{\Theta'} - 1 \quad (8.6)$$

где $\delta\tau_0'$ – расчетная разность температур сетевой воды;

Θ – расчетный перепад температур в отопительной системе.

Подставив значение коэффициента смешения u в уравнение (8.5) при $n = 0,25$, после преобразований получим выражение для определения температуры в подающем трубопроводе

$$\tau_1 = t_e + \Delta t_0' \bar{Q}_0^{0,8} + (\delta t_0' - 0,5 \Theta') \bar{Q}_0, \quad ^\circ\text{C}. \quad (8.7)$$

Температура воды после отопительной установки равна:

$$\tau_{2,0} = \tau_1 - \delta\tau_0' \bar{Q}_0 = t_e + \Delta t_0' \bar{Q}_0^{0,8} - 0,5 \Theta' \bar{Q}_0, \quad ^\circ\text{C}. \quad (8.8)$$

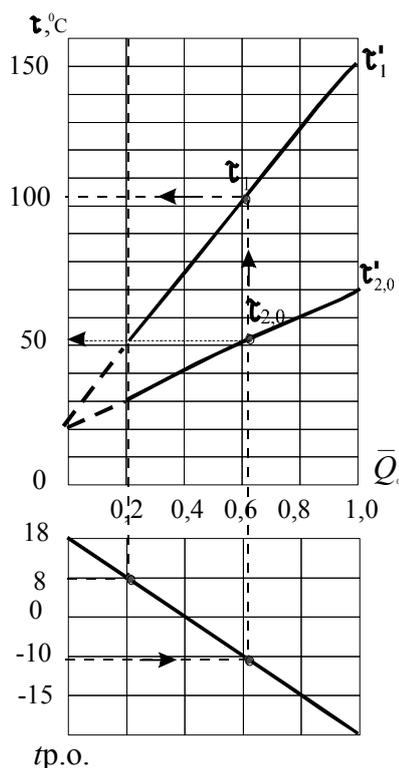
Температура воды после смесительного устройства на вводе составит

$$\tau_3 = \tau_{2,0} + \Theta' \bar{Q}_0 = t_e + \Delta t_0' \bar{Q}_0^{0,8} + 0,5 \Theta' \bar{Q}_0, \quad ^\circ\text{C}. \quad (8.9)$$

Как следует из формул (8.7)-(8.9), температура воды является однозначной функцией относительной нагрузки. Принимая $\bar{Q}_0 = 0 \div 1$, можно найти соответствующие значения температуры воды. Общий вид температурного графика при исходных данных $\tau_1' = 150^\circ\text{C}$, $\tau_{2,0}' = 70^\circ\text{C}$, $\tau_3' = 95^\circ\text{C}$, $t_b = 18^\circ\text{C}$ показан на рис. 8.1. Приведенный график называется *отопительным*.

Зависимость относительного расхода тепла на отопление от температуры наружного воздуха можно представить графически (рис. 8.1) с помощью отношения

$$\bar{Q}_0 = \frac{t_g - t_n}{t_g - t_o^p} \quad (8.10)$$



8.1. График температур качественного регулирования отопительной нагрузки (зависимые схемы присоединения отопительных установок)

Значения температур сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах, соответствующие различным относительным расходам тепла на отопление, приведены в справочной литературе.

Расчетный расход воды на отопление определяется по формуле

$$G'_0 = \frac{Q'_0}{c(\tau'_1 - t'_{2,0})}, \quad \text{т/ч.} \quad (8.11)$$

При *независимых* схемах присоединения абонентов к тепловой сети (рис. 8.2) в приборы отопительной системы поступает вода, нагреваемая в отопительном теплообменнике за счет тепла сетевой воды. Расчетные значения нагреваемой воды $\tau'_{1,0}$ принимают 95 – 140 °С, расчетная температура обратной воды $\tau'_{2,0}$ равна 70 °С.

Параметры сетевой воды на входе (τ_1) и выходе (τ_2) из отопительного подогревателя находят из уравнения регулирования (7.20)

$$Q_n = \varepsilon_n W_m (\tau_1 - \tau_{2,0}), \quad \text{кВт}, \quad (8.12)$$

где ε_n - безразмерная удельная теплопроизводительность подогревателя, определяемая по формуле (7.18);

W_m - меньшее значение эквивалента расхода воды через подогреватель.

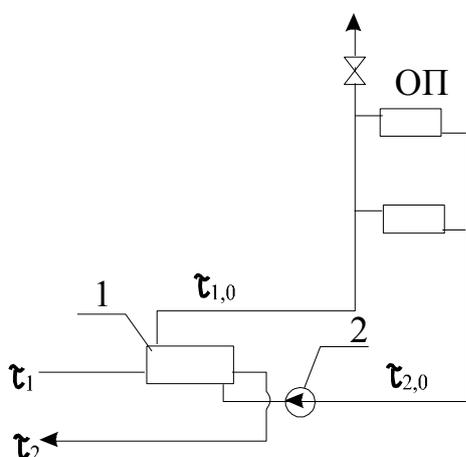


Рис. 8.2. Схема независимого присоединения отопительной установки:

1 – теплообменник системы отопления; 2 – циркуляционный насос

При качественном регулировании эквиваленты расхода сетевой и нагреваемой воды неизменны, поэтому величина ε_n будет также постоянной.

Из равенства (7.20) следует

$$\tau_1 = \tau_{2,0} + \frac{Q_0}{\varepsilon_n W_m} = \tau_{2,0} + \frac{W_0}{\varepsilon_n W_m} \delta\tau'_0 \bar{Q}_0, \quad ^\circ\text{C}, \quad (8.13)$$

где W_0 - эквивалент расхода нагреваемой воды;

$\delta\tau'_0$ - расчетная разность температур нагреваемой воды,

$\delta\tau'_0 = \tau'_{1,0} - \tau'_{2,0}$, Вт;

Заменив в равенстве (8.13) $\tau_{2,0}$ выражением (8.8), получим

$$\tau_1 = \tau_{1,0} + \left(\frac{W_0}{\varepsilon_n W_m} - 1 \right) \delta\tau'_0 \bar{Q}_0 = \tau_{1,0} + \left(\frac{W_0}{\varepsilon_n W_m} - 1 \right) \frac{Q_0}{W_0}, \quad ^\circ\text{C}. \quad (8.14)$$

Температура обратной воды на выходе из теплообменника равна

$$\tau_2 = \tau_{2,0} + \frac{Q_0}{W_0} \left(\frac{W_0}{W_m} \cdot \frac{1}{\varepsilon_n} - 1 \right), \quad ^\circ\text{C}. \quad (8.15)$$

Постоянный расход воды при центральном качественном регулировании упрощает эксплуатацию системы, поэтому этот метод регулирования нашел применение в существующих системах теплоснабжения от районных котельных.

При количественном регулировании температура сетевой воды в подающем трубопроводе постоянна. Регулирование тепловой нагрузки осуществляется изменением расхода воды. Задачей расчета является определение расхода и температуры обратной воды в зависимости от величины отопительной нагрузки. Расчетные выражения выводятся из общего уравнения регулирования (7.4) при условии $\tau_1 = \text{const}$.

Относительный расход сетевой воды и температуру обратной воды определяют из выражений (8.16) и (8.17):

$$\frac{\bar{G}_0}{G'_0} = \frac{\bar{Q}_0}{1 + \frac{\Delta t'_0}{\delta t'_0 - 0,5 \Theta} (1 - \bar{Q}_0^{0,8})}, \quad (8.16)$$

$$\tau_{2,0} = \tau'_1 - \delta \tau'_0 \frac{\bar{Q}_0}{W_0}, \quad ^\circ\text{C}. \quad (8.17)$$

График регулирования, построенный по формулам (8.16) и (8.17), показан на рис. 8.3. При уменьшении тепловой нагрузки и снижении расхода воды температура обратной воды достигает температуры воздуха помещения. Дальнейшее снижение теплоотдачи приборов происходит за счет частичного заполнения нагревательных приборов водой с температурой t_B .

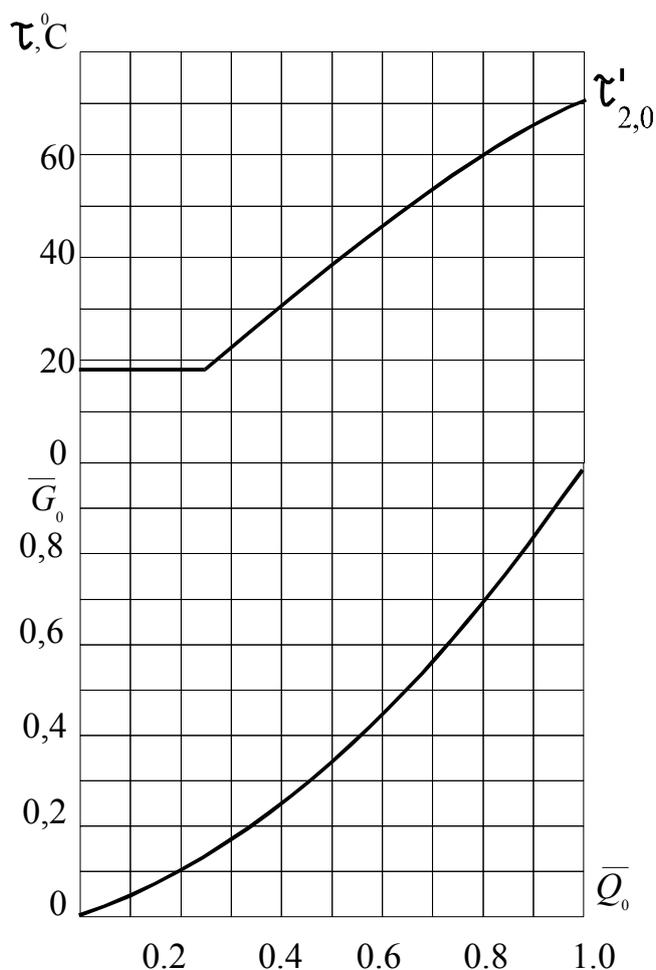


Рис. 8.3. График количественного регулирования отопительной нагрузки при $\tau_1' = 150 \text{ }^\circ\text{C}$; $\Theta' = 25 \text{ }^\circ\text{C}$; $t_b = 18 \text{ }^\circ\text{C}$

Основным достоинством количественного регулирования является сокращение расхода электроэнергии на перекачку теплоносителя. Это преимущество может быть использовано в магистральных трубопроводах двухступенчатых сетей, к которым абоненты присоединены по независимым схемам или с помощью смесительных насосных подстанций. При снижении расхода сетевой воды в магистральных сетях смесительные насосы, работающие с переменным коэффициентом смешения, увеличивают подачу воды из обратной магистрали. Благодаря этому в системах отопления сохраняется необходимый расход воды и тем самым устраняется основной недостаток количественного регулирования - разрегулировка отопительных систем.

При качественно-количественном регулировании осуществляется изменение расхода и температуры сетевой воды в зависимости от величины отопительной нагрузки. Исследованиями показано, что для устранения переменного влияния давления, вызывающего разрегулировку систем отопления, изменение расхода воды должно происходить по зависимости

$\overline{W}_0 = \overline{G}_0 = (\overline{Q}_0)^m$. Для двухтрубных систем отопления $m = 0,33$, для од-
нотрубных $m = 0,2 \div 0,25$.

Температура воды в подающем и обратном трубопроводах определяется из общего уравнения регулирования (7.4) с учетом изменения расхода воды по зависимости (7.7):

$$\tau_1 = t_e + \Delta t_0' \overline{Q}_0^{-0,8} + (\delta \tau_0' - 0,5 \Theta') \frac{\overline{Q}_0}{\overline{G}_0}, \quad ^\circ\text{C}, \quad (8.18)$$

$$\tau_{2,0} = t_e + \Delta t_0' \overline{Q}_0^{-0,8} - 0,5 \Theta' \frac{\overline{Q}_0}{\overline{G}_0}, \quad ^\circ\text{C}. \quad (8.19)$$

Плавное изменение расхода воды практически осуществить сложно, поэтому оно заменяется ступенчатым регулированием (рис. 8.4). В результате отопительный сезон делится на несколько диапазонов, в каждом из которых поддерживается постоянный расход воды. В холодный период система теплоснабжения работает с расчетным расходом воды. При повышении температуры наружного воздуха расход воды снижается. Переменный расход обеспечивается работой нескольких насосов с различной производительностью.

Ступенчатое изменение расхода сетевой воды приводит к ступенчатому изменению температуры (рис. 8.4). При уменьшении расхода воды температура в подающем трубопроводе должна быть выше, а в обратной линии несколько ниже, чем при отопительном графике. Применение качественно-количественного регулирования снижает расход электроэнергии на перекачку теплоносителя.

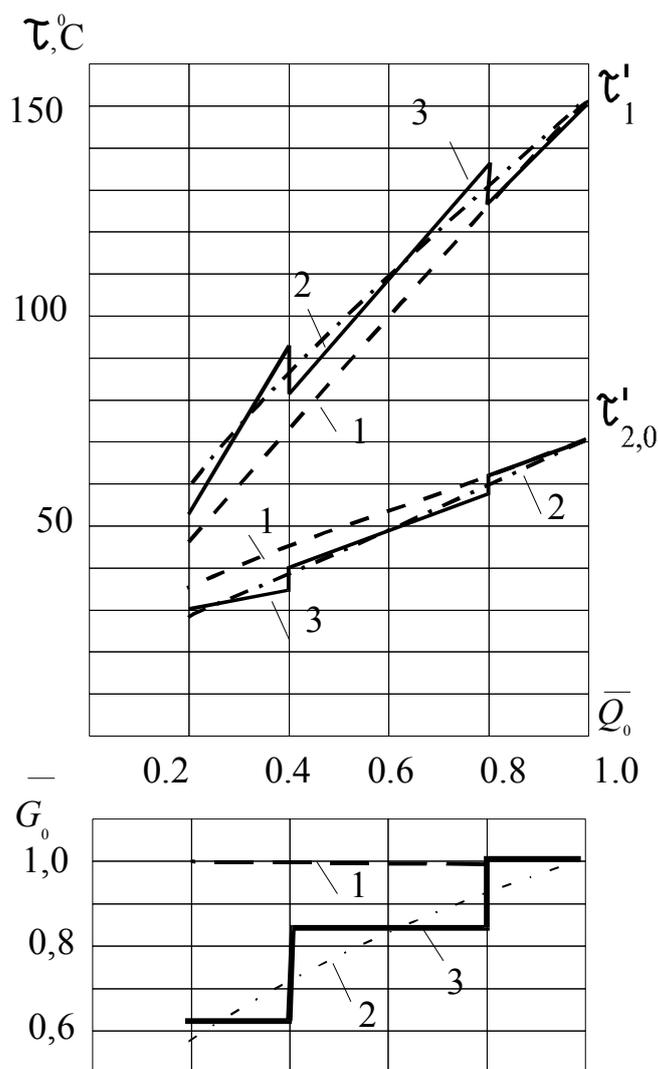


Рис. 8.4. График качественно-количественного регулирования

отопительной нагрузки:

1 – отопительный график; 2 – качественно-количественное регулирование при плавном изменении расхода воды; 3 – качественно-количественное регулирование при ступенчатом изменении расхода воды

Следует отметить, что центральное регулирование даже при однородной отопительной нагрузке не может обеспечить во всех помещениях расчетной температуры воздуха. Это объясняется тем, что при расчете графиков регулирования не учитывается влияние ветра, солнечной радиации, а также различие расчетных температур воздуха в помещениях разного назначения. Поэтому в разветвленных тепловых сетях центральное регулирование дополняется местным и индивидуальным регулированием, учитывающим особенности теплопотребления отдельных абонентов.