

Лекция № 11

11. Центральное регулирование закрытых систем по совместной нагрузке отопления и горячего водоснабжения

Наличие нагрузки горячего водоснабжения увеличивает расход сетевой воды, что приводит к увеличению диаметров труб, а, следовательно, и стоимости тепловой сети. Значительное сокращение расчетных расходов воды достигается при центральном качественном регулировании по совместной нагрузке отопления и горячего водоснабжения. При этом методе регулирования в системе поддерживается постоянный расход сетевой воды, равный расчетному расходу на отопление G_0' . Для удовлетворения нагрузки горячего водоснабжения температура воды в подающем трубопроводе должна быть выше, чем требуется по отопительному графику.

Центральное качественное регулирование по совместной нагрузке отопления и горячего водоснабжения принимается при суммарном среднечасовом расходе тепла на горячее водоснабжение более 15 % от расхода на отопление ($Q_{гр}^{ср}/Q_0' > 15\%$).

Присоединение подогревателей горячего водоснабжения не менее чем у 75 % абонентов должно быть выполнено по двухступенчатой последовательной схеме (рис. 11.1). Сетевая вода перед поступлением в систему отопления проходит через подогреватель верхней ступени, где температура ее снижается от τ_1 до $\tau_{1,0}$. Расход воды на горячее водоснабжение изменяется регулятором температуры РТ. Обратная вода после системы отопления поступает в подогреватель нижней ступени, где остывает от $\tau_{2,0}$ до τ_2 . Постоянный расход сетевой воды на вводе поддерживается регулятором РР. Последовательное включение подогревателя верхней ступени дает возможность использовать в качестве теплового аккумулятора строительные конструкции здания. В часы максимального водопотребления снижается температура воды, поступающей

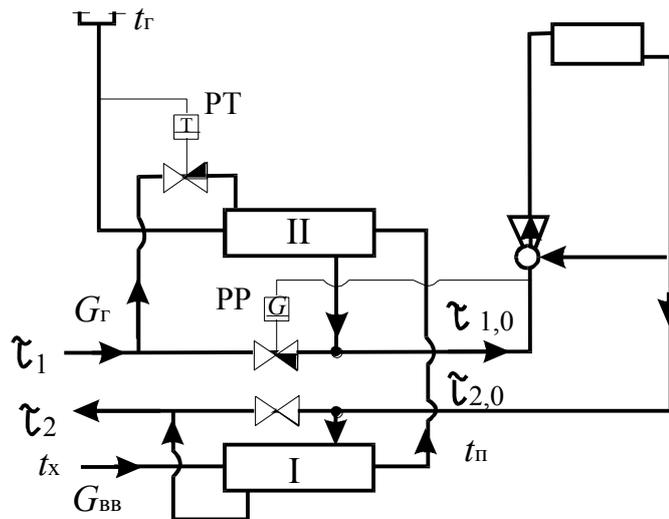


Рис. 11.1. Присоединение подогревателей горячего водоснабжения по двухступенчатой последовательной схеме

в систему отопления, что приводит к уменьшению отдачи тепла. Этот небаланс компенсируется в часы минимального водопотребления, когда в систему отопления поступает вода с температурой более высокой, чем требуется по отопительному графику.

Суточный баланс тепла на отопление обеспечивается при расчете температурного графика по «балансовой» нагрузке горячего водоснабжения Q_{Γ}^{δ} , превышающей среднечасовой расход тепла на горячее водоснабжение:

$$Q_2^{\delta} = \chi^{\delta} Q_{cp,2}, \text{ кВт}, \quad (11.1)$$

где χ^{δ} - балансовый коэффициент, учитывающий неравномерность суточного графика горячего водоснабжения, обычно $\chi^{\delta} = 1,2$.

Задачей расчета является определение перепадов температур сетевой воды в подогревателе верхней ступени ($\delta_1 = \tau_1 - \tau_{1,0}$) и нижней ступени ($\delta_2 = \tau_2 - \tau_{2,0}$).

При постоянном расходе сетевой воды и при «балансовой» нагрузке горячего водоснабжения Q_{Γ}^{δ} суммарный перепад температур сетевой воды в подогревателях верхней и нижней ступени δ - величина постоянная:

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 = \frac{Q_2^{\delta}}{c G_0'} = \frac{Q_2^{\delta}}{Q_0'} \delta \tau_0' = const, \text{ }^{\circ}\text{C}, \quad (11.2)$$

где $\delta \tau_0'$ - расчетная разность температур сетевой воды по отопительному графику.

Перепады температур сетевой воды в подогревателях верхней и нижней ступени определяют для каждого диапазона отдельно.

Диапазон I. Предварительно определяют температуру водопроводной воды на выходе из подогревателя нижней ступени I t_n''' и Q_{Γ}^{δ} при температуре наружного воздуха t_n'' , задавшись величиной недогрева $\Delta t_n''' = 5 \div 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$t_n''' = \tau_{2,0}''' - \Delta t_n''', \text{ }^{\circ}\text{C}. \quad (11.3)$$

Перепад температур сетевой воды в подогревателе нижней I ступени $\delta_2''' = \tau_{2,0}''' - \tau_2'''$ находят из уравнения

$$Q_1^{\delta} = Q_2^{\delta} \frac{t_n''' - t_x}{t_2 - t_x} = G_0' c \delta_2''', \text{ кВт}, \quad (11.4)$$

откуда

$$\delta_2''' = \frac{Q_2^{\delta} t_n''' - t_x}{c G_0' t_2 - t_x} = \frac{Q_2^{\delta} t_n''' - t_x}{Q_0' t_2 - t_x} \delta \tau_0', \quad ^\circ\text{C}. \quad (11.5)$$

При известном суммарном перепаде температур δ значение δ_1''' определяют из выражения

$$\delta_1''' = \delta - \delta_2''', \quad ^\circ\text{C}. \quad (11.6)$$

Диапазон II. Перепад температур сетевой воды в подогревателе нижней ступени находят по формуле

$$\delta_2 = \delta_2''' \frac{\tau_2 - t_x}{\tau_2''' - t_x}, \quad ^\circ\text{C}. \quad (11.7)$$

По найденным значениям δ_1 и δ_2 и известным температурам воды отопительно-бытового графика ($\tau_{1,0}, \tau_{2,0}$) находят температуры на подающем и обратном трубопроводах при регулировании по совместной нагрузке отопления и горячего водоснабжения

$$\tau_1 = \tau_{1,0} + \delta_1, \quad ^\circ\text{C}, \quad (11.8)$$

$$\tau_2 = \tau_{2,0} - \delta_2, \quad ^\circ\text{C}. \quad (11.9)$$

Графики температур, построенные с помощью равенств (11.8) и (11.9) называют повышенными (рис. 11.2).

По мере понижения температуры наружного воздуха и роста температуры воды после отопления соответственно возрастает нагрузка подогревателя нижней ступени и увеличивается значение δ_2 . Перепад температур сетевой воды в подогревателе верхней ступени пропорционально уменьшается.

При независимом присоединении установок (см. рис. 11.3) для расчета повышенного графика необходимо предварительно определить по формулам (8.14) и (8.15) температуры сетевой воды перед отопительным подогревателем $\tau_{1,т}$ и после него $\tau_{2,т}$. Расчет перепадов температур в ступенях I и II подогревателя горячего водоснабжения производится по формулам (11.1) - (11.9), при этом принимают вместо $\tau_{1,0}$ и $\tau_{2,0}$ соответственно $\tau_{1,т}$ и $\tau_{2,т}$.

Расчет графиков центрального регулирования производят по режиму теплоснабжения «типового» абонента, для которого отношение средней часовой нагрузки горячего водоснабжения к расчетной отопительной такое же, как в целом по району. Для абонентов, режим теплоснабжения которых отличается от типового, предусматривается групповое или местное регулирование.

При разнородной тепловой нагрузке абонентов целесообразно сочетание центрального качественного регулирования по совместной нагрузке с местным количественным регулированием. Это становится возможным при за-

мене регуляторов расхода РР регуляторами отопления РО, осуществляющими местное регулирование отопительных систем по импульсу от температуры воздуха в отапливаемом помещении (рис. 4.16) или от устройства, моделирующего внутренний тепловой режим помещения.

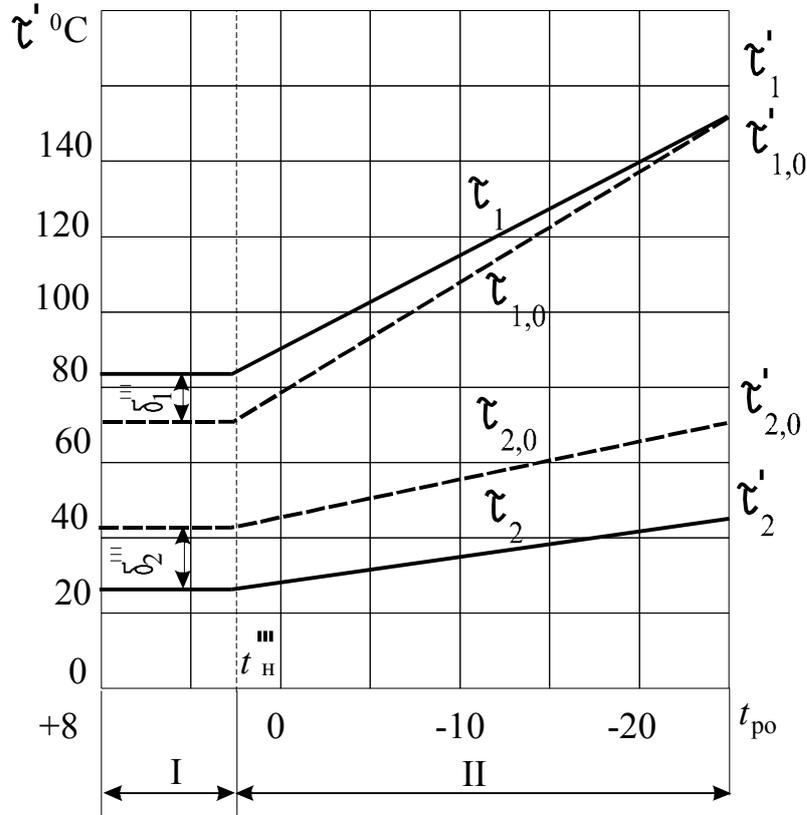


Рис. 11.2. График температур по совместной нагрузке отопления и горячего водоснабжения в закрытой системе теплоснабжения («повышенный» график) $\tau_{1,0}$, $\tau_{2,0}$ – отопительно - бытовой график; τ_1 , τ_2 – «повышенный» график.

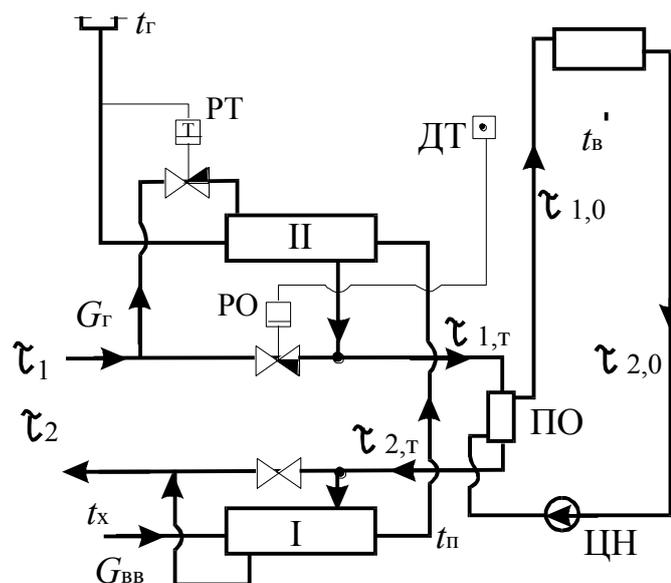


Рис. 11.3. Независимая схема присоединения отопительной системы при двухступенчатом последовательном присоединении подогревателей горячего водоснабжения:

ПО – подогреватель отопления; ЦН – циркуляционный насос; РО – регулятор отопления; ДТ – датчик температуры воздуха в помещении (или моделирующее устройство)

11.2. Регулирование открытых систем теплоснабжения

В открытых системах теплоснабжения разбор воды на горячее водоснабжение осуществляется в зависимости от температуры воды в сети. При температуре воды в подающем трубопроводе, равной $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, водоразбор ведется только из подающей линии. С повышением температуры сетевой воды ($\tau_1 > 60\text{ }^{\circ}\text{C}$) водоразбор осуществляется одновременно из обоих трубопроводов в таком соотношении, чтобы температура воды, поступающей на горячее водоснабжение, была равна $60\text{ }^{\circ}\text{C}$. В холодный период отопительного сезона при $\tau_{2,0} > 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ разбор воды происходит только из обратной магистрали. Для смешения воды в абонентских узлах ввода предусматривается установка терморегуляторов (рис. 11.4). Изменение места и величины водоразбора существенно влияет на гидравлический и тепловой режимы системы теплоснабжения.

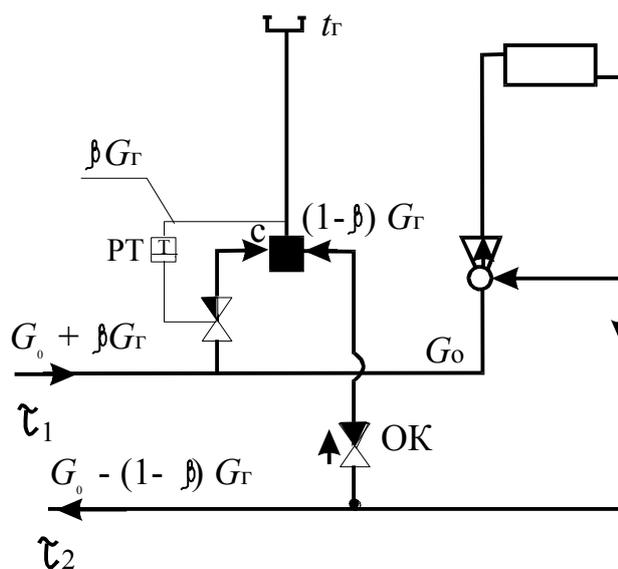


Рис. 11.4. Схема абонентского ввода в открытых системах теплоснабжения при центральном качественном регулировании по отопительной нагрузке:

С – смеситель; *ОК* – обратный клапан

Выбор метода центрального регулирования производится в зависимости от соотношения тепловых нагрузок горячего водоснабжения и отопления, а также схемы абонентского узла ввода. Центральное качественное регулирование по отопительной нагрузке применяется при отношении $Q_{\text{ср.г}} / Q_0' < 0,15$ и присоединении систем отопления и горячего водоснабжения к тепловой сети по принципу несвязанного регулирования (рис. 11.4). В этом случае

расход воды на отопление поддерживается регулятором расхода РР и не зависит от нагрузки горячего водоснабжения.

Температура сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах изменяется по графику качественного регулирования отопительной нагрузки при минимально допустимой температуре воды в подающей магистрали $\tau_1 = 60^\circ\text{C}$ (см. рис. 11.5).

Расчетный расход воды на горячее водоснабжение определяется по формуле

$$G_{\Gamma} = 3600 \frac{Q_{\Gamma}}{c(t_{\Gamma} - t_{\text{X}})}, \quad \text{кг/ч.} \quad (11.10)$$

Величина водоразбора из подающей линии $G_{\Gamma}^{\text{П}}$ и из обратной $G_{\Gamma}^{\text{Об}}$ равна

$$G_{\Gamma}^{\text{П}} = \beta G_{\Gamma}, \quad \text{т/ч,} \quad (11.11)$$

$$G_{\Gamma}^{\text{Об}} = (1 - \beta) G_{\Gamma}, \quad \text{т/ч,} \quad (11.12)$$

где β - доля водоразбора из подающего трубопровода.

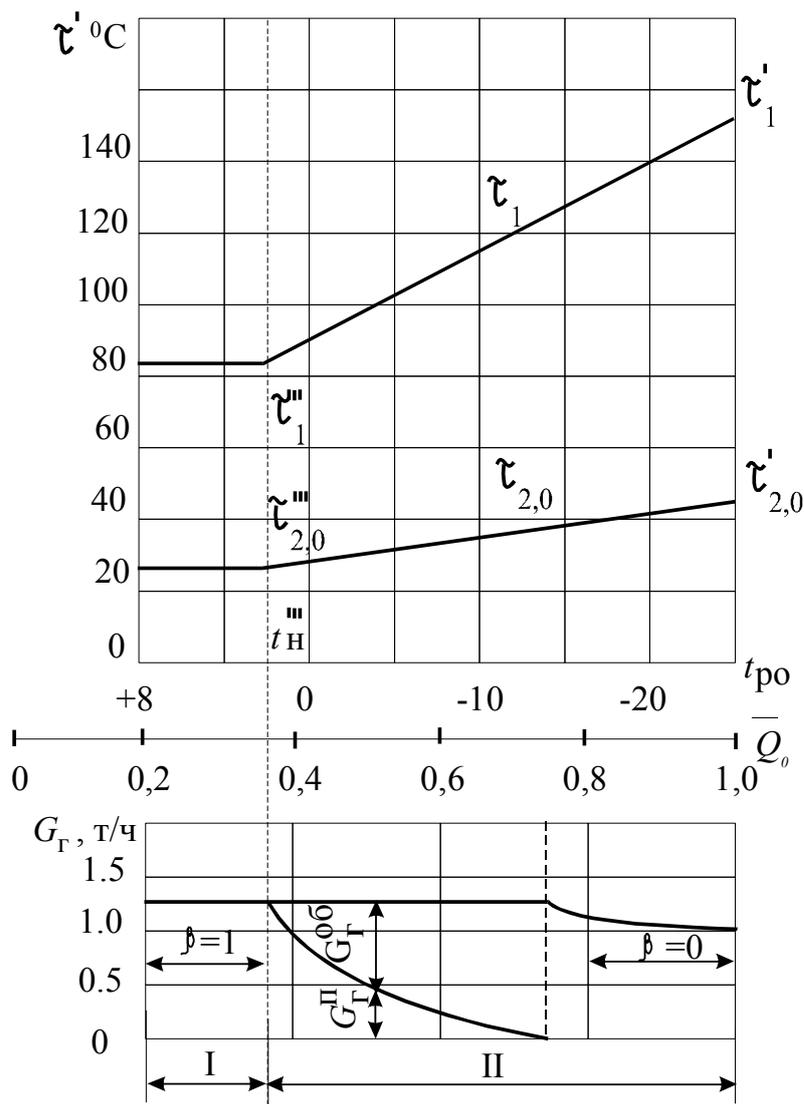


Рис. 11.5. Графики температур и расхода воды на горячее водоснабжение при центральном качественном регулировании открытых систем по отопительной нагрузке

Из уравнения теплового баланса узла смешения горячего водоснабжения

$$G_{\Gamma} t_{\Gamma} = G_{\Gamma}^{\Pi} \tau_1 + G_{\Gamma}^{\text{об}} \tau_{2,0}$$

и равенств (11.11), (11.12) получим

$$\beta = \frac{t_{\Gamma} - \tau_{2,0}}{\tau_1 - \tau_{2,0}}. \quad (11.13)$$

В течение отопительного сезона доля водоразбора из подающей магистрали изменяется в пределах $0 \leq \beta \leq 1$ (см. рис. 11.5). В холодный период отопительного сезона при температуре обратной воды $\tau_{2,0} > 60^{\circ}\text{C}$ расход воды на ГВС снижается пропорционально отношению $(t_{\Gamma} - t_{\text{х}})/(\tau_{2,0} - t_{\text{х}})$.

В этом диапазоне расход сетевой воды на горячее водоснабжение равен

$$G_{\Gamma} = 3600 \frac{Q_{\Gamma}}{c(\tau_{2,0} - t_{\text{х}})}, \quad \text{кг/ч.} \quad (11.14)$$

При суммарном среднечасовом расходе тепла на ГВС более 15 % расчетного часового расхода тепла на отопление ($Q_{\text{ГВС}}^{\text{ср}}/Q_0' > 0,15$) регулирование открытых систем производится по совместной нагрузке отопления и горячего водоснабжения качественным или качественно-количественным методом.