

## 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  $\tau_1$  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  $\tau_2$ . 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

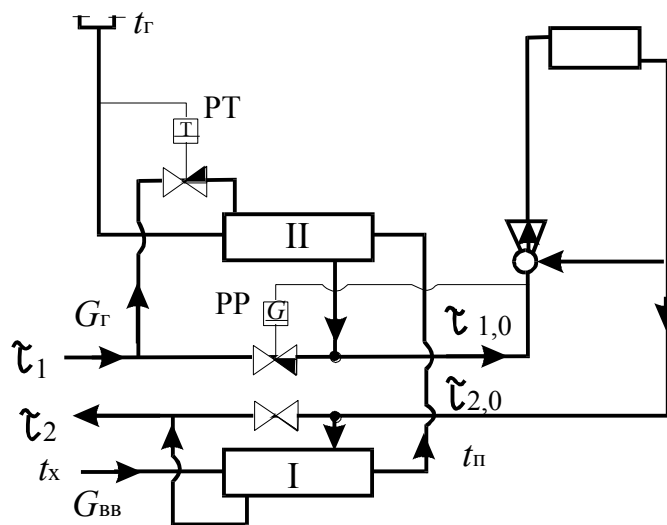


Рис. 11.1. Присоединение подогревателей горячего водоснабжения по двухступенчатой последовательной схеме

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  $Q_{\Gamma}^{\delta}$ , превышающей среднечасовой расход тепла на горячее водоснабжение:

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

где  $\chi^{\delta}$  - 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  $Q_{\Gamma}^{\delta}$  суммарный перепад температур сетевой воды в подогревателях верхней и нижней ступени  $\delta$  - 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  $Q_{\Gamma}^{\delta}$  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  $\delta$  значение  $\delta_1'''$  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  $\delta_1$  и  $\delta_2$  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  $\delta_2$ . 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 теплотребления «типового» абонента, для которого отношение средней часовой нагрузки горячего водоснабжения к расчетной отопительной такое же, как в целом по району. Для абонентов, режим теплотребления 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.

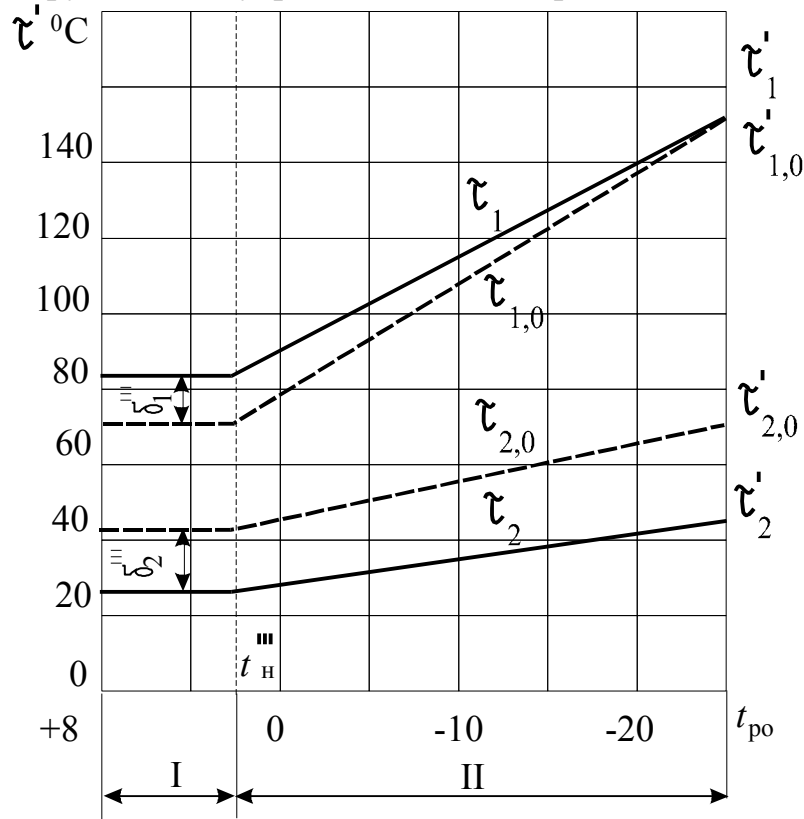


Рис. 11.2. График температур по совместной нагрузке отопления и горячего водоснабжения в закрытой системе теплоснабжения («повышенный» график)  $\tau_{1,0}$ ,  $\tau_{2,0}$  – отопительно - бытовой график;  $\tau_1$ ,  $\tau_2$  – «повышенный» график.

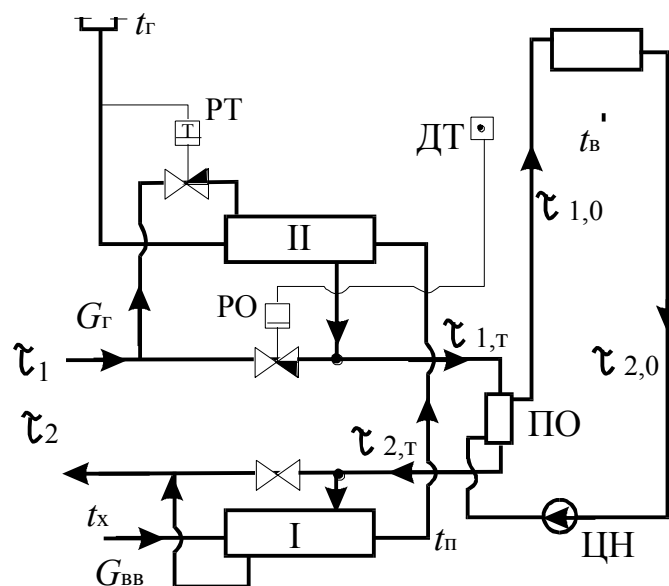


Рис. 11.3. Независимая схема присоединения отопительной системы при двухступенчатом последовательном присоединении подогревателей горячего водоснабжения:

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.

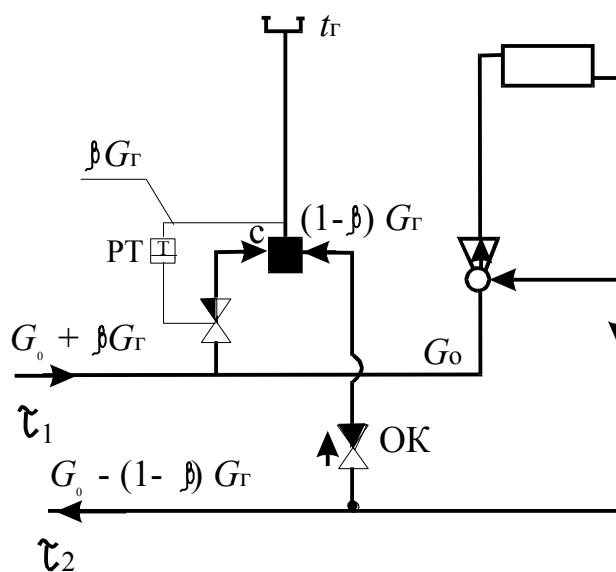


Рис. 11.4. Схема абонентского ввода в открытых системах теплоснабжения при центральном качественном регулировании по отопительной нагрузке:

*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  $\beta$  - доля водоразбора из подающего трубопровода.

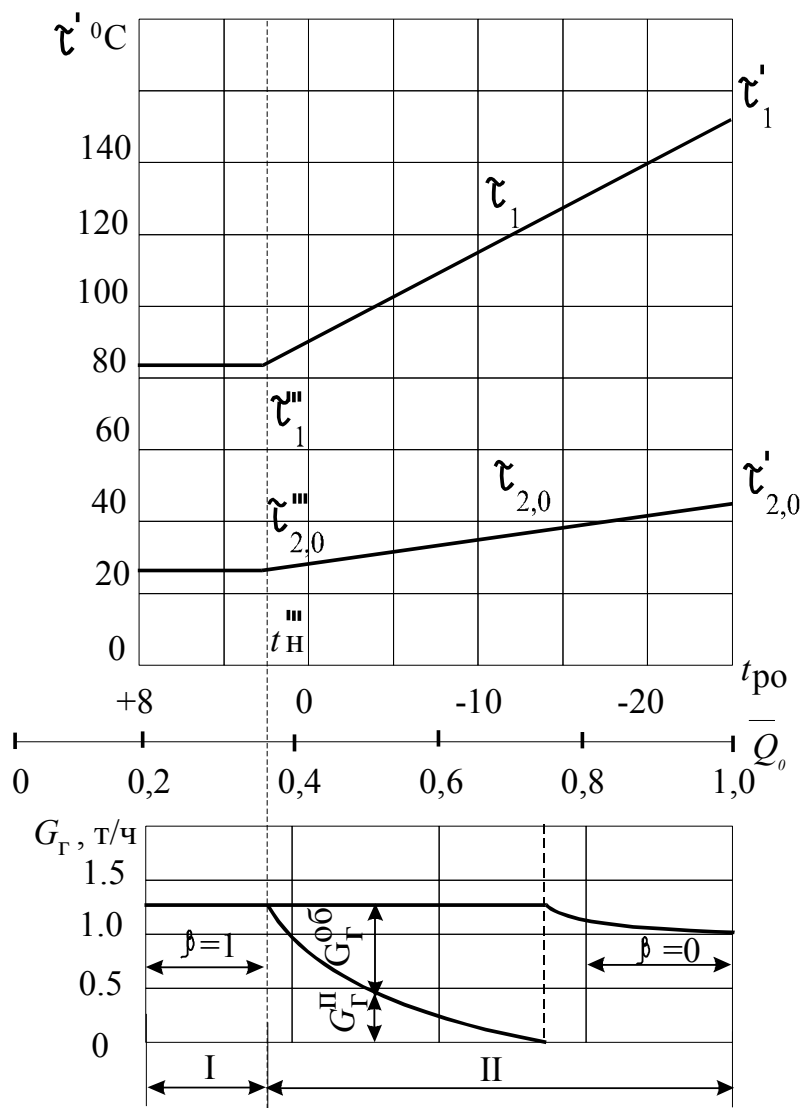


Рис. 11.5. Графики температур и расхода воды на горячее водоснабжение при центральном качественном регулировании открытых систем по отопительной нагрузке

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.