

Лекция № 9

9.1. Центральное регулирование закрытых систем по отопительной нагрузке

Современные системы теплоснабжения характеризуются наличием разнородных потребителей, отличающихся как видом теплопотребления, так и параметрами теплоносителя. Наряду с отопительными установками значительное количество тепла расходуется и на горячее водоснабжение, возрастает вентиляционная нагрузка. При одновременной подаче тепла по двухтрубным тепловым сетям для разнородных потребителей центральное регулирование, выполняемое по преобладающей нагрузке, должно быть дополнено групповым и местным регулированием.

При этом температура сетевой воды в подающем трубопроводе закрытых систем не должна быть ниже $70\text{ }^{\circ}\text{C}$, т.к. при более низких температурах нагрев водопроводной воды в теплообменнике до $60 - 65\text{ }^{\circ}\text{C}$ будет невозможен. В результате такого ограничения график температур имеет вид ломаной линии с точкой излома при минимально допустимой температуре воды (рис. 9.1).

Температура наружного воздуха, соответствующая точке «излома» или «срезки» графика, обозначается $t_{\text{н}}^{\text{'''}}$. При температурах наружного воздуха выше $t_{\text{н}}^{\text{'''}}$ центральное регулирование сезонной нагрузки во избежание перегрева помещений дополняется местным регулированием.

В зависимости от соотношения нагрузок горячего водоснабжения и отопления центральное регулирование разнородной нагрузки производится по отопительной нагрузке или по совместной нагрузке отопления и горячего водоснабжения.

Центральное качественное регулирование по отопительной нагрузке принимается в системах теплоснабжения со среднечасовой нагрузкой горячего водоснабжения, не превышающей 15 % от расчетного расхода тепла на отопление. Температура воды в подающем трубопроводе определяется по формуле (8.7). Точка излома температурного графика делит отопительный период на два диапазона (рис. 9.1): I - в интервале наружных температур $t_{\text{н}} = 8\text{ }^{\circ}\text{C} \div t_{\text{н}}^{\text{'''}}$; II - в интервале температур $t_{\text{н}}^{\text{'''}} \div t_{\text{о}}^{\text{п}}$. Граница между диапазонами находится в точке пересечения кривой $\tau_1 = f(t_{\text{н}})$ с горизонтальной линией, соответствующей $\tau_1^{\text{'''}} = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$. График температур на рис. 9.1 носит название *отопительно-бытового*.

При центральном качественном регулировании по отопительной нагрузке расход воды в отопительных системах остается постоянным в течении всего отопительного сезона. Требуемый расход сетевой воды на горячее водоснабжение и вентиляцию устанавливается соответствующими местными регуляторами. В этих условиях присоединение абонентских

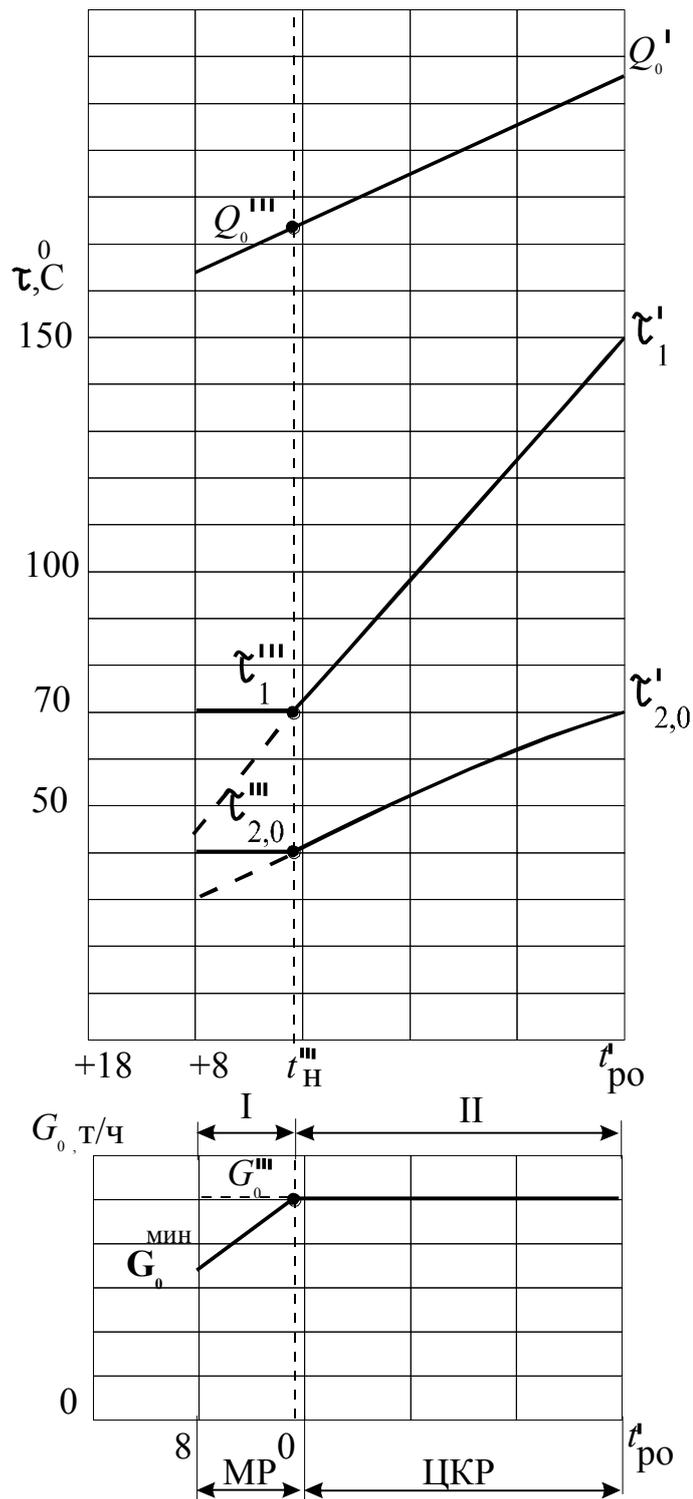


Рис. 9.1. График температур, расходов тепла и сетевой воды при комбинированном регулировании отопительной нагрузки:
 МР – местное регулирование; ЦКР – центральное качественное регулирование

установок к тепловой сети выполняется обычно по параллельной или двухступенчатой смешанной схеме.

Расчет и построение графиков регулирования рассмотрим отдельно для каждого вида нагрузки.

9.2. Графики температур, расходов тепла и воды на отопление

Температура воды в подающем и обратном трубопроводах определяется по формулам (8.7) и (8.8) с точкой излома температурного графика при минимально допустимой температуре воды в подающей линии $t_{1}''' = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

В диапазоне I (рис. 9.1) при постоянной температуре воды в подающем трубопроводе регулирование отопительной нагрузки осуществляется обычно местными пропусками. Периодическое отключение систем отопления предотвращает перегрев помещений.

Число часов ежесуточной работы системы определяют из уравнения

$$n = 24 \cdot \frac{t_e - t_n}{t_e - t_n'''}, \text{ час.} \quad (9.1)$$

В связи с периодическим отключением отдельных отопительных установок общий расход воды в сети сокращается по мере повышения температуры наружного воздуха. Температуру обратной воды для этого диапазона принимают постоянной и равной $t_{2,0}'''$.

Регулирование местными пропусками, осуществляемое вручную, приводит к значительным колебаниям температуры воздуха в помещениях и к перерасходу тепла. Более целесообразным является групповое или местное количественное регулирование, выполняемое автоматически. По мере повышения температуры наружного воздуха расход сетевой воды на отопление сокращается. Смесительные насосы, установленные в ЦТП после подогревателей горячего водоснабжения, увеличивают расход подмешиваемой воды из обратной линии для поддержания гидравлического и теплового режима системы отопления.

В диапазоне II при $t_n < t_n'''$ осуществляется центральное качественное регулирование. Расчетный расход воды на отопление определяется по формуле (8.11).

9.3. Графики температур и расходов тепла и воды на вентиляцию

При центральном качественном регулировании по отопительной нагрузке температура воды в подающем трубопроводе в диапазоне от t_0^p до t_n''' изменяется в зависимости от температуры наружного воздуха. По

характеру изменения температуры воды и расхода тепла на вентиляцию отопительный период делится на три диапазона (рис. 9.2).

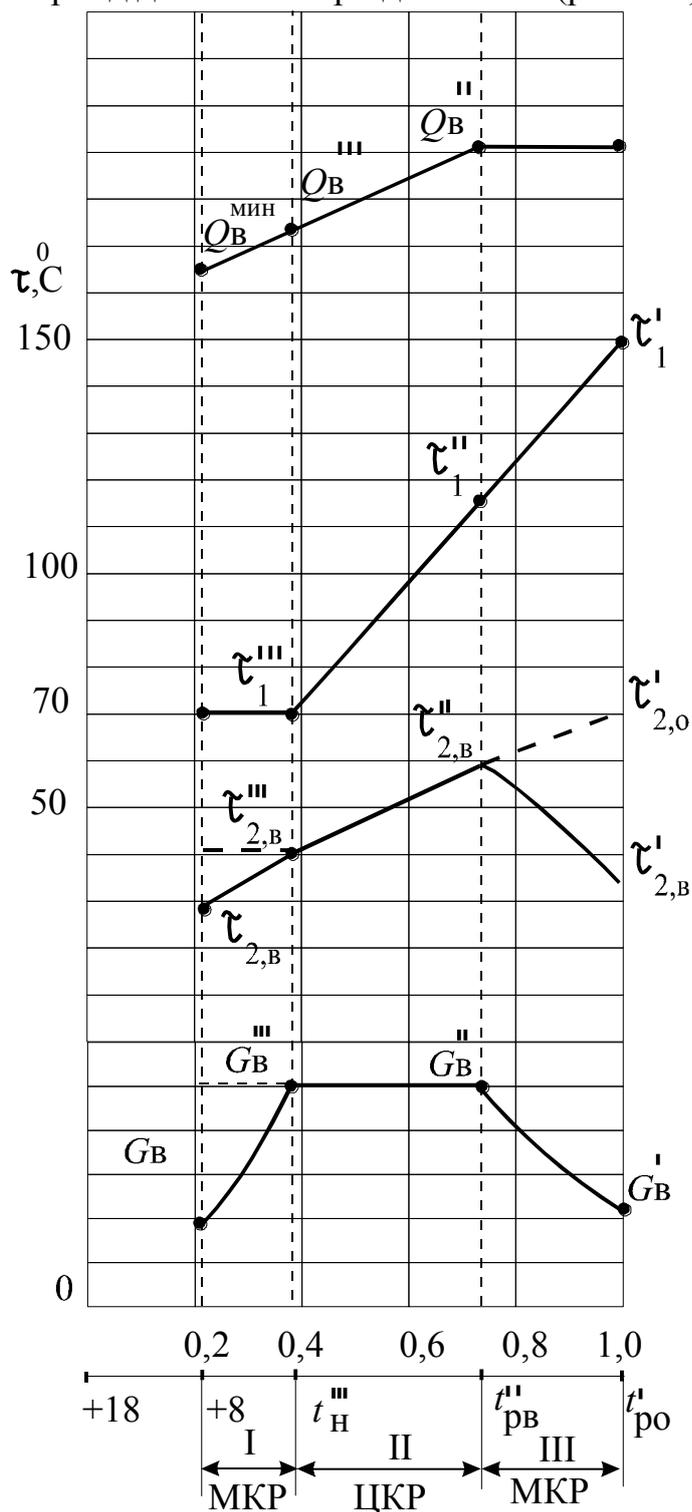


Рис. 9.2. График температур, расходов тепла и сетевой воды при регулировании вентиляционной нагрузки расходом сетевой воды:

МКР – местное количественное регулирование; ЦКР – центральное качественное регулирование

В диапазоне I (от $t_H = 8 \text{ }^\circ\text{C}$ до t_H''') при переменной вентиляционной нагрузке температура в подающей линии постоянна.

В диапазоне II (от t_H''' до t_B^p) по мере увеличения вентиляционной нагрузки возрастает и температура воды.

В диапазоне III (от t_B^p до t_0^p) при постоянном расходе на вентиляцию температура воды в подающей линии переменна.

Как следует из графиков, центральное качественное регулирование вентиляционной нагрузки возможно лишь в диапазоне II, где характер изменения температуры воды соответствует изменению нагрузки. В диапазонах I и III осуществляется местное количественное регулирование изменением расхода сетевой воды или расхода нагреваемого воздуха.

Задачей расчета является определение температуры воды после калориферов и расхода сетевой воды.

Расчет графиков производится отдельно для каждого диапазона с учетом принятого способа регулирования.

Регулирование расходом сетевой воды

Общее уравнение регулирования (7.4) применительно к вентиляционной нагрузке запишется в виде

$$\frac{Q_v}{Q_v''} = \frac{G_v (\tau_1 - \tau_{2,v})}{G_v'' (\tau_1'' - \tau_{2,v}'')} = \frac{k \Delta t}{k'' \Delta t''}, \quad (9.2)$$

где Q_v - расход тепла на вентиляцию при текущей температуре наружного воздуха;

G_v - расход сетевой воды на вентиляцию;

$\tau_{2,v}$ - температура воды после калориферов;

k - коэффициент теплопередачи;

Δt - температурный напор в калорифере.

(Двумя штрихами обозначены величины, относящиеся к расчетной температуре наружного воздуха, для проектирования вентиляции t_B^p).

Изменение коэффициента теплопередачи калорифера описывается зависимостью (7.15), преобразованной при постоянном расходе воздуха к виду

$$k \cdot F = \Phi_k (W_m)^{0,15} = \Phi_k (G_v c)^{0,15}, \quad \text{ккал}/(\text{час } ^\circ\text{C}), \quad (9.3)$$

где Φ_k - параметр калорифера;

$W = G_v c$ - эквивалент расхода сетевой воды на вентиляцию.

Уравнение (9.2), с учетом зависимости (9.3), запишется в виде

$$\frac{Q_B}{Q_B''} = \frac{G_B(\tau_1 - \tau_{2,B})}{G_B''(\tau_1'' - \tau_{2,B}'')} = \left(\frac{G_B}{G_B''} \right)^{0,15} \frac{\Delta t}{\Delta t''}. \quad (9.4)$$

Заменяв отношение расходов воды отношением расходов по зависимости (9.2), после преобразований получим

$$\left(\frac{Q_B}{Q_B''} \right)^{0,85} = \left(\frac{\tau_1'' - \tau_{2,\epsilon}''}{\tau_1 - \tau_{2,\epsilon}} \right)^{0,15} \frac{\Delta t}{\Delta t''}. \quad (9.5)$$

Неизвестное значение температуры обратной воды τ_{2B} определяется решением уравнения (9.5) методом последовательных приближений.

Расход воды находят по формуле

$$G_\epsilon = \frac{Q_\epsilon}{c(\tau_1 - t_{2,\epsilon})}, \quad \text{кг/ч.} \quad (9.6)$$

В диапазоне I (см. рис.9.2) с увеличением вентиляционной нагрузки возрастает расход воды, что приводит к сокращению времени пребывания воды в калорифере и к росту температуры обратной воды. Регулирование расхода воды осуществляется с помощью регулировочного клапана РК по импульсу от температуры воздуха за калорифером (рис. 9.3).

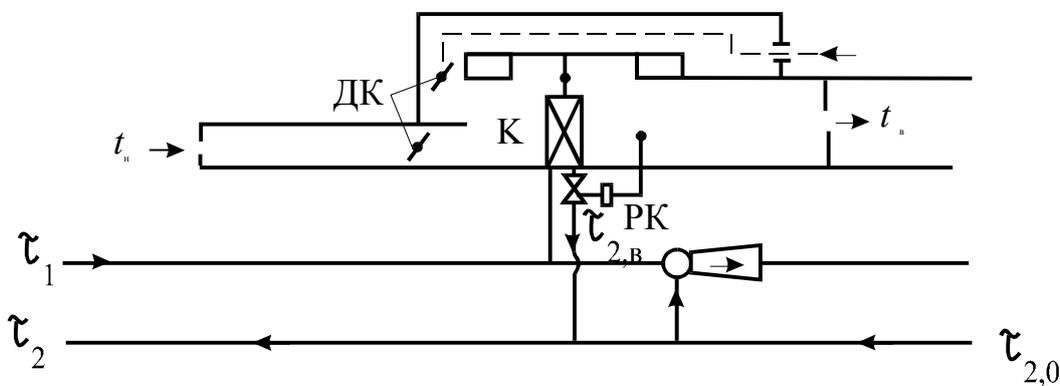


Рис. 4.8. Принципиальная схема присоединения калорифера к тепловым сетям
K – калорифер; *ДК* – дроссель клапан; *РК* – регулирующий клапан

Расчет графиков производится по формулам (9.5) и (9.6).

Для диапазона II, при постоянном расходе воды, уравнение (9.5) упрощается:

$$\bar{Q}_\epsilon = \frac{\tau_1 - \tau_{2,\epsilon}}{\tau_1'' - \tau_{2,\epsilon}''}, \quad (9.7)$$

отсюда температура воды после калориферов определится из выражения

$$\tau_{2,в}'' = \tau_1'' - (\tau_1'' - \tau_{2,в}'') \bar{Q}_в, \quad ^\circ\text{C}, \quad (9.8)$$

где $\tau_{2,в}''$ - расчетная температура воды на выходе из калорифера, принимаемая равной 60°C .

Расчетный расход сетевой воды определяют по формуле (9.6) при расчетных значениях тепловой нагрузки $Q_в''$ и температурах воды τ_1'' и $\tau_{2,в}''$.

В диапазоне III постоянный расход тепла на вентиляцию при переменной температуре сетевой воды обеспечивается местным количественным регулированием. Уравнение (9.5) для этого диапазона запишется так:

$$I = \left(\frac{\tau_1'' - \tau_{2,в}''}{\tau_1'' - \tau_{2,в}''} \right)^{0,15} \frac{\Delta t}{\Delta t''}. \quad (9.9)$$

Температуру обратной воды определяют методом подбора. Расчет графиков регулирования целесообразно начинать с расчетных условий, соответствующих $t_в^p$.

Регулирование расходом воздуха

Местное количественное регулирование осуществляется изменением расхода наружного воздуха, проходящего через калорифер при постоянном расходе сетевой воды. Общее уравнение регулирования в данном случае запишется в виде формулы (9.7).

Расчетный расход воды определится по формуле (9.6) при расчетном расходе тепла $Q_в''$ и температуре воды, соответствующей расчетным значениям τ_1'' и $\tau_{2,в}''$. В диапазоне I (рис. 9.4) рост вентиляционной нагрузки при постоянной температуре в подающем трубопроводе и постоянном расходе воды приводит к увеличению перепада температур сетевой воды.

Из уравнения (9.7) при $G_в = 1$ имеем

$$\tau_{2,в}''' = \tau_1''' - (\tau_1''' - \tau_{2,в}''') \bar{Q}_в, \quad ^\circ\text{C}. \quad (9.10)$$

В диапазоне II осуществляется центральное качественное регулирование.

В диапазоне III по мере понижения наружной температуры уменьшается количество наружного воздуха, поступающего в калорифер. Система работает с рециркуляцией.

Из уравнения (9.7) при $\bar{Q}_в = 1$ и $\bar{G}_в = 1$,

$$\tau_{2,6} = \tau_1 - (\tau_1'' - \tau_{2,6}''), \quad ^\circ\text{C}. \quad (9.11)$$

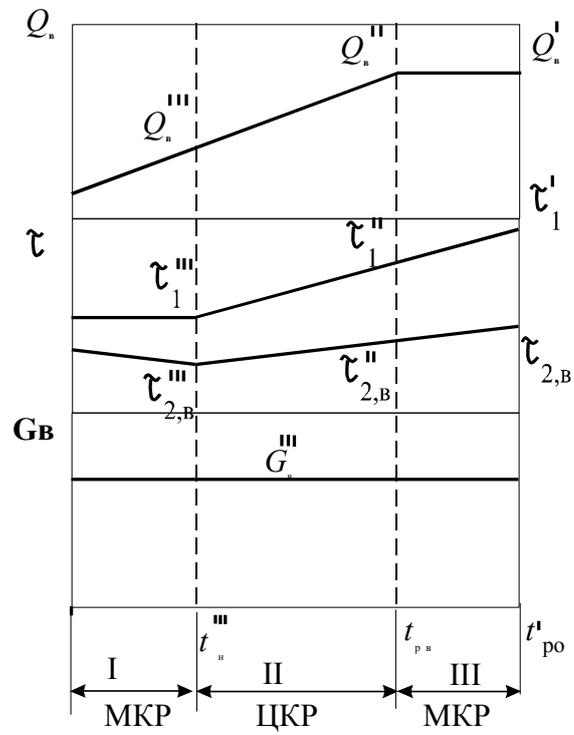


Рис. 9.4. Графики температур, расходов тепла и сетевой воды при регулировании вентиляционной нагрузки расходом воздуха