

## СРАВНЕНИЕ СХЕМ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ВОДОПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ БЛОКА ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ В ТЕПЛОВЫХ ПУНКТАХ ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

И. И. Мацко

*Гомельский государственный технический университет  
имени П. О. Сухого, Беларусь*

Научный руководитель А. В. Овсянник

Двухступенчатый подогрев воды в тепловых пунктах зданий, присоединенных к системе централизованного теплоснабжения, решает две задачи.

Во-первых, снижается расход сетевой воды, что способствует увеличению пропускной способности трубопроводов тепловой сети и снижению потребляемой сетевыми насосами электрической мощности. Во-вторых, снижается температура воды в обратном трубопроводе, что уменьшает потери тепла в наружных сетях, а при теплоснабжении от ТЭЦ способствует дополнительной выработке электрической энергии по теплофикационному циклу.

Рассмотрим схемы приготовления горячей воды по двухступенчатой и параллельной схемам (рис. 1).

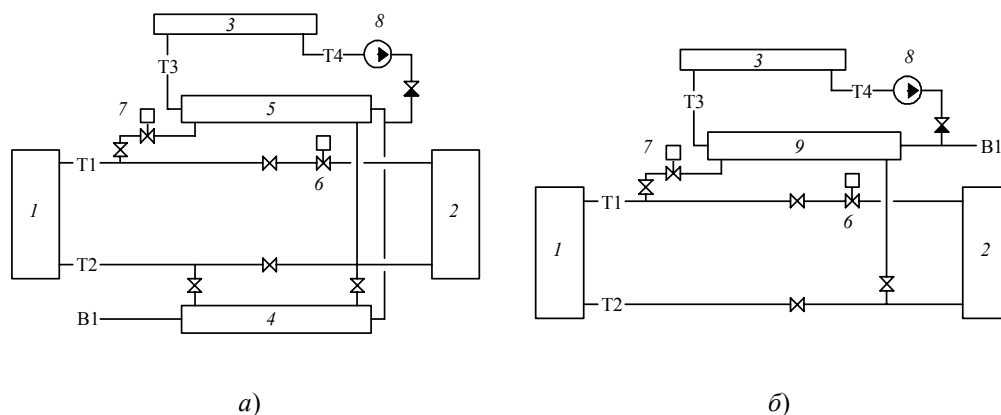


Рис. 1. Схемы подключения водоподогревателей блока горячего водоснабжения:  
*а* – по двухступенчатой схеме; *б* – по параллельной схеме:  
 1 – тепловая сеть; 2 – система отопления; 3 – система горячего водоснабжения;  
 4 – водоподогреватель первой ступени; 5 – водоподогреватель второй ступени;  
 6 – регулирующий клапан системы отопления; 7 – регулирующий клапан системы горячего водоснабжения; 8 – циркуляционный насос;  
 9 – одноступенчатый водоподогреватель

Действующими нормами [1, п. 11.7] регламентируется применение двухступенчатого подогрева воды в тех случаях, когда отношение тепловых мощностей систем горячего водоснабжения и отопления находится в интервале значений 0,2...1,0. В этом случае водопроводная вода предварительно нагревается в теплообменнике (поз. 4 на рис. 1, *а*) водой из обратного трубопровода системы отопления. В остальных случаях применяют одноступенчатый подогрев воды, и водоподогреватель (поз. 9 на рис. 1, *б*) присоединен по греющей воде параллельно системе отопления.

Во всех случаях общий расход сетевой воды на отопление и горячее водоснабжение определяется формулой

$$G = G_{\text{от}} + G_{\text{ГВС}}, \text{ т/ч}, \quad (1)$$

где  $G_{OT}$  – расход сетевой воды на отопление, который определяется по формуле

$$G_{OT} = \frac{10^3 \cdot Q_{OT}}{T_1 - T_2}, \text{ т/ч}, \quad (2)$$

где  $Q_{OT}$  – тепловая мощность отопительной системы, Гкал/ч;  $T_1$  и  $T_2$  – расчетные температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети, °С;  $G_{ГВС}$  – расход сетевой воды на горячее водоснабжение, который для двухступенчатой и параллельной схем определяется по разным формулам [1, п. 5.2].

Для одноступенчатого водоподогревателя при параллельной схеме:

$$G_{ГВС1} = \frac{10^3 \cdot Q_{ГВС}}{t_1 - t_2}, \text{ т/ч}, \quad (3)$$

где  $Q_{ГВС}$  – тепловая мощность системы горячего водоснабжения при максимальном часовом расходе горячей воды при ее подогреве в одноступенчатом водоподогревателе, Гкал/ч;  $t_1$  и  $t_2$  – расчетные температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети в точке нижнего излома отопительного графика, °С.

Для водоподогревателя второй ступени при двухступенчатой схеме:

$$G_{ГВС2} = \frac{0,55 \cdot 10^3 \cdot Q_{ГВС}}{t_1 - t_2}, \text{ т/ч}. \quad (4)$$

Суммарные расходы сетевой воды на отопление и горячее водоснабжение в одноступенчатом  $G_1$  и двухступенчатом  $G_2$  подогревателях определяются выражениями:

$$G_1 = \frac{10^3 \cdot Q_{OT}}{T_1 - T_2} \cdot \left[ 1 + \rho \cdot \frac{T_1 - T_2}{t_1 - t_2} \right], \text{ т/ч}; \quad (5)$$

$$G_2 = \frac{10^3 \cdot Q_{OT}}{T_1 - T_2} \cdot \left[ 1 + 0,55 \cdot \rho \cdot \frac{T_1 - T_2}{t_1 - t_2} \right], \text{ т/ч}, \quad (6)$$

где  $\frac{Q_{OT}}{Q_{ГВС}} = \rho$  – отношение тепловых мощностей систем горячего водоснабжения и отопления.

Таким образом, расход сетевой воды в двухступенчатом водоподогревателе меньше соответствующего расхода при одноступенчатом подогреве на величину:

$$\Delta G = G_1 - G_2 = \frac{10^3 \cdot Q_{OT}}{T_1 - T_2} \cdot \left[ 0,45 \cdot \rho \cdot \frac{T_1 - T_2}{t_1 - t_2} \right], \text{ т/ч}, \quad (7)$$

где  $0,45 \cdot \rho \cdot \frac{T_1 - T_2}{t_1 - t_2} = \lambda_1$  – коэффициент, отражающий увеличение расхода сетевой воды при использовании параллельной схемы вместо смешанной схемы в долях от

расчетного расхода на отопление. Как видно из формулы (7), превышение расхода зависит от соотношения тепловых мощностей систем горячего водоснабжения и отопления и температурного графика.

Значения температуры обратной сетевой воды при температурах нижнего излома 65 и 70 °С и графиках 150/70 и 130/70 °С приведены в таблице согласно [2].

#### Значения температуры обратной сетевой воды

Температурный график, °С	150/70		130/70	
	Температура нижнего излома $t_1$ , °С	65	70	65
Температура обратной сетевой воды $t_2$ , °С	39,8	41,7	42,7	44,9

Выполненный анализ показывает, что применение двухступенчатого подогрева в большинстве случаев совершенно оправдано, потому что при этом расходы сетевой воды снижаются существенно.

Вместе с тем, опыт проектирования тепловых пунктов выявил ряд проблем, связанных с двухступенчатым подогревом [3], [4]. Нельзя не учитывать того факта, что двухступенчатые подогреватели внедрялись, когда системы отопления на абонентских вводах практически нигде не регулировались. Теперь, когда погодное регулирование в тепловом пункте здания стало правилом, выявилось, что эффективность работы первой ступени водоподогревателя заметно ухудшается в процессе регулирования, при котором расход греющей воды не постоянен по величине, и водоподогреватель второй ступени в этих условиях не всегда справляется с задачей поддержания температуры горячей воды на заданном уровне. При закрытии регулирующего клапана системы отопления расход греющей воды, подаваемой на водонагреватель первой ступени, уменьшится, ее тепловая мощность понизится, нагреваемая вода на выходе из первой ступени будет иметь недостаточную температуру. Во второй ступени нагреваемая вода тоже не сможет быть подогрета до проектного значения, потому что расход греющей воды, подаваемой на вторую ступень, ограничен дроссельной шайбой. Таким образом, тепловая мощность водоподогревателей горячего водоснабжения, рассчитанная по всем ныне действующим правилам, окажется недостаточной в часы максимального водоразбора. Кроме того, при использовании двухступенчатых схем подключения использовалось специфическое теплообменное оборудование. Это были громоздкие многосекционные «скоростные» бойлера, для размещения которых в тепловых пунктах требовались значительные площади. Для того чтобы хоть как-то сократить эти площади, приходилось рассчитывать теплообменные поверхности при рабочей разности температур, которая в несколько раз больше тех значений, при которых рассчитываются современные пластинчатые или интенсифицированные кожухотрубные теплообменные аппараты. Если принять рабочую разность температур на холодном конце противоточного теплообменного аппарата равной 10 °С, то при расчетной температуре водопроводной воды 5 °С температура греющей воды после теплообменника  $t_2 = 15$  °С. Температура  $t_1$  греющей воды на входе в теплообменник соответствует температуре в подающем трубопроводе в точке излома температурного графика, т. е. 70 (65) °С.

В этих условиях расход сетевой воды, используемой для приготовления горячей воды в одноступенчатом водоподогревателе, определяется по формуле

$$G_{\text{ГВС3}} = \frac{10^3 \cdot Q_{\text{ГВС}}}{t_1 - 15}, \text{ т/ч}, \quad (8)$$

а общий расход сетевой воды:

$$G_3 = \frac{10^3 \cdot Q_{\text{от}}}{T_1 - T_2} \cdot \left[ 1 + \rho \cdot \frac{T_1 - T_2}{t_1 - 15} \right], \text{ т/ч}. \quad (9)$$

При этом изменение расхода сетевой воды при использовании энергоэффективного водоподогревателя, подключенного по параллельной схеме определяется по формуле

$$\Delta G = G_3 - G_2 = \frac{10^3 \cdot Q_{\text{от}}}{T_1 - T_2} \cdot \left[ \rho \cdot \frac{T_1 - T_2}{t_1 - 15} - 0,55 \cdot \rho \cdot \frac{T_1 - T_2}{t_1 - t_2} \right], \text{ т/ч}, \quad (10)$$

где  $\rho \cdot \frac{T_1 - T_2}{t_1 - 15} - 0,55 \cdot \rho \cdot \frac{T_1 - T_2}{t_1 - t_2} = \lambda_2$  – коэффициент, отражающий изменение расхода

сетевой воды при использовании параллельной схемы с энергоэффективным водоподогревателем вместо смешанной схемы в долях от расчетного расхода на отопление.

При одноступенчатом подогреве в современных противоточных теплообменных аппаратах, рассчитанных с рабочей разностью температуры на холодном конце 10 °С, по сравнению с двухступенчатым подогревом имеется незначительное сокращение расхода сетевой воды. Некоторое увеличение теплообменной поверхности водонагревателей практически не повлияет на их габаритные размеры, а связанные с этим возможные дополнительные единовременные затраты будут компенсироваться упрощением монтажа и теми удобствами эксплуатации, которыми обычно отличаются параллельно включенные по греющему теплоносителю потребители тепла.

В тепловых пунктах зданий с водоподогревателями горячего водоснабжения при использовании современных противоточных теплообменных аппаратов, рассчитанных с рабочей разностью температур на холодном конце 10 °С, целесообразно применение одноступенчатых теплообменных аппаратов, присоединенных к тепловой сети параллельно системам отопления, что позволяет функционировать блоку горячего водоснабжения при наличии автоматики погодного регулирования.

#### Литература

1. СНиП 2.04.07-86\*. Тепловые сети.
2. Соколов, Е. Я. Теплофикация и тепловые сети / Е. Я. Соколов. – 7-е изд. стер. – Москва : Из-во МЭИ, 2001.
3. Энергосбережение в зданиях. – 2005. – Сб. № 25.