

УДК 697.32(083.74)

**Расчет двухступенчатой смешанной схемы системы горячего водоснабжения теплового пункта**

**Calculation of two-stage mixed scheme of hot water supply system of heat point**

А. Б. Сухоцкий к. т. н., научный сотрудник; А. С. Сыровинский, инженер-теплоэнергетик

A. B. Sukhotski, assistant professor; A. S. Syrovinski, heat power engineer

ООО «Завод Теплосила»,

220090, Республика Беларусь, г. Минск, Логойский тракт, 22а, корпус 2, офис 702

E-mail: [a.syrovinski@teplo-sila.com](mailto:a.syrovinski@teplo-sila.com)

Представлена методика расчета двухступенчатой смешанной схемы системы горячего водоснабжения теплового пункта с учетом температурного графика тепловой сети, температурного графика модуля управления и типа схемы подключения системы отопления.

Приведен пример расчета двухступенчатой смешанной схемы системы горячего водоснабжения с использованием программы подбора теплообменного оборудования ООО «Завод Теплосила».

**Ключевые слова:** тепловой пункт, тепловой поток, система отопления, система горячего водоснабжения, теплообменник, теплопередача.

Ил. 3. Библиогр. 6 назв.

При проектировании схем тепловых пунктов в жилых микрорайонах при закрытой системе водоснабжения основным вопросом является выбор схемы присоединения подогревателей горячего водоснабжения. При работе тепловой сети по отопительному графику выбор производят между параллельной и смешанной схем на основе технико-экономического расчета. Смешанная схема (рис. 1) может обеспечить более низкую температуру обратной воды от теплового пункта за счет дополнительного охлаждения воды, поступающей из системы отопления в обратный трубопровод, что помимо снижения расчетного расхода сетевой воды в тепловом пункте обеспечивает более экономичную выработку электроэнергии на ТЭЦ. Таким образом традиционно в практике проектирования при теплоснабжении от ТЭЦ предпочтение отдается смешанной схеме, а при теплоснабжении от котельной – более простой параллельной схеме [1, 2].

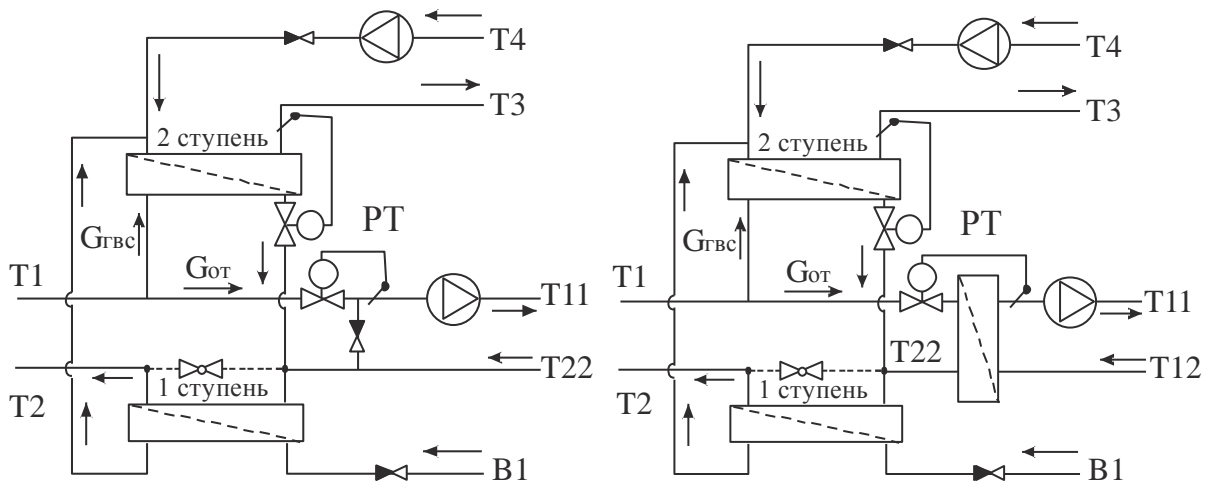


Рис. 1. Двухступенчатая смешанная схема системы горячего водоснабжения с зависимой а и независимой б системой отопления

Согласно нормативным документам [5, 6] в закрытых системах теплоснабжения следует присоединять водоподогреватели горячего водоснабжения по двухступенчатой

смешанной схеме при соотношении максимальных тепловых потоков на горячее водоснабжение  $Q_{ГВС}^{рас}$  и на отопление  $Q_{от}^{рас}$  равным  $Q_{ГВС}^{рас}/Q_{от}^{рас} = 0,2-1,0$ .

Исходными данными для расчета двухступенчатой схемы ГВС являются:  $Q_{от}^{рас}$  – максимальная тепловая мощность системы отопления, кВт;  $Q_{ГВС}^{рас}$  – максимальная тепловая мощность системы горячего водоснабжения, кВт;  $T1_{max}$ ,  $T2_{max}$  – температура теплоносителя в прямом и обратном трубопроводе тепловой сети по зимнему графику при расчетной температуре наружного воздуха  $t_{н.в}^{рас}$ , °С;  $T1$ ,  $T2$  – температура теплоносителя в прямом и обратном трубопроводе тепловой сети по летнему графику при температуре наружного воздуха в точке излома температурного графика  $t_{н.в}^{из}$ , °С;  $T3$  – температура теплоносителя в системе горячего водоснабжения, °С;  $V1$  – температура в системе холодного водоснабжения, °С;  $T4$  – температура рециркуляции теплоносителя в системе горячего водоснабжения, °С;  $T22$  – температура теплоносителя из системы отопления, °С;  $G_{ГВС}^{ц}$  – доля расхода по циркуляционному контуру от расхода в ГВС, %.

Основные температуры теплоносителя определяются по температурному график тепловой сети (рис. 2), который составляют в зависимости от температуры наружного воздуха.

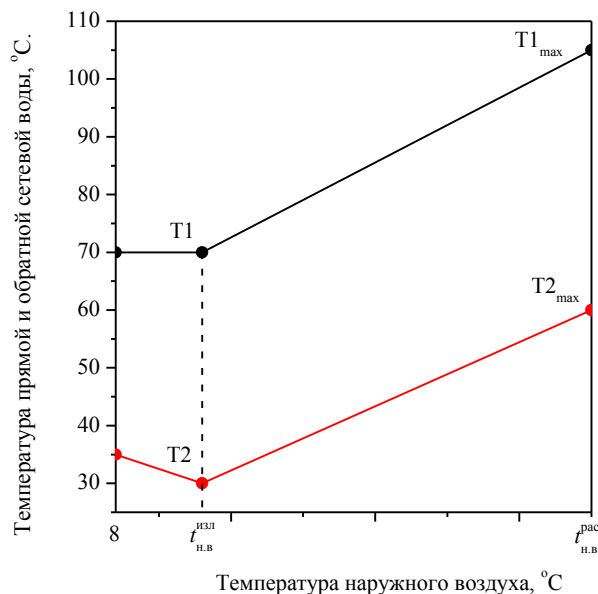


Рис. 2. Температурный график тепловой сети

Расчет теплообменников осуществляется на основе уравнений теплового баланса, теплопередачи и гидравлических потерь давления в каналах. Поскольку данные расчеты весьма трудоемки, то как правило авторитетные производители оборудования для тепловых пунктов разрабатывают компьютерные программы расчета и подбора теплообменников, которые предоставляют проектировщикам тепловых пунктов. Тем не менее, для качественной разработки тепловой схемы с помощью программного обеспечения необходимо знать методику расчета двухступенчатой смешанной схемы горячего водоснабжения.

Поскольку отопительная система является основной в тепловом пункте, то первым всегда рассчитывают ее по максимальной мощности  $Q_{от}^{рас}$  и температурам теплоносителя в прямом и обратном трубопроводе тепловой сети по зимнему графику  $T1_{max}$ ,  $T2_{max}$ .

Однако, при расчете двухступенчатой смешанной схемы горячего водоснабжения расчет подогревателей как для отопления, так и для горячего водоснабжения производится при наиболее низкой температуре воды в подающем трубопроводе тепловой сети, а именно в точке излома температурного графика.

Отопительная нагрузка в точке излома определяется по формуле:

$$Q_{от}^{изл} = Q_{от}^{рас} \frac{t_{п} - t_{н.в}^{изл}}{t_{п} - t_{н.в}^{рас}} = Q_{от}^{рас} \frac{T1 - t_{п}}{T1_{max} - t_{п}}, \quad (1)$$

где  $t_{п}$  – внутренняя температура отапливаемых помещений, °С.

Следующим этапом является определение расхода теплоносителя из тепловой сети  $G_{от}$  и температуры  $T22$  из теплообменника отопления в точке излома. Однако для данных расчетов необходимо знать температуры до приборов отопления в точке излома температурного графика. Т.е. необходимо знать, какую температуру  $T11$  (рис. 1) в системе отопления поддерживает модуль управления с помощью регулятора температуры (РТ) при температуре наружного воздуха  $t_{н.в}^{из}$ .

Для зависимой системы отопления расход  $G_{от}$  и температуры  $T22$  определяются из теплового и массового балансов, а также постоянства циркуляционного расхода  $G_{ц}$ :

$$T22 = T11 - (T11_{max} - T22_{max}) \frac{T1 - t_{п}}{T1_{max} - t_{п}}$$

$$G_{от} = \frac{Q_{от}^{изл}}{c_p \cdot (T1 - T22)}$$

Для независимой системы отопления наиболее достоверным способом определение этих параметров является использование в программном обеспечении поверочного расчета выбранного теплообменника отопления для тепловой нагрузки в точке излома. Причем температура  $T22$  подбирается такой, чтобы запас теплообменной поверхности равнялся нулю, а температура  $T12$  определяется из постоянства циркуляционного расхода  $G_{ц}$ :

$$T12 = T11 - (T11_{max} - T12_{max}) \frac{T1 - t_{п}}{T1_{max} - t_{п}}$$

Как правило, температурный график запрограммированный в модуле управления, разрабатывается из условия постоянства гидравлического режима (расход через систему отопления постоянен по зимнему и летнему графику).

$$T11 = \frac{t_{п} (T11_{max} - t_{н.в}^{рас}) - t_{н.в} (T11_{max} - t_{п})}{t_{п} - t_{н.в}^{рас}}$$

Для независимой системы отопления температуры  $T11$  и  $T12$  можно выразить через температуру  $T1$

$$T11 = T11_{max} - \frac{(T11_{max} - t_{п})(T1_{max} - T1)}{T1_{max} - t_{п}}$$

$$T12 = T12_{max} - \frac{(T12_{max} - t_{п})(T1_{max} - T1)}{T1_{max} - t_{п}}$$

Тогда расход теплоносителя в системе отопления определяется по формуле:

$$G_{от} = \frac{Q_{от}^{рас}}{c_p \cdot (T1_{max} - T2_{max})}, \quad (2)$$

где  $c_p$  – массовая теплоемкость теплоносителя, Дж/(кг °С).

Температура теплоносителя из системы отопления определяется из теплового баланса:

$$T_{22} = T_1 - \frac{Q_{от}^{изл}}{c_p \cdot G_{от}}. \quad (3)$$

Для постоянного гидравлического режима формулы (2) и (3) справедливы как для зависимой, так и независимой системы отопления.

Затем с помощью программы осуществляется подбор теплообменников горячего водоснабжения.

Рассмотрим пример расчета двухступенчатой смешанной схемы горячего водоснабжения для теплового пункта со следующими исходными данными:  $Q_{от}^{рас} = 430$  кВт,  $Q_{ГВС}^{рас} = 390$  кВт;  $T_{1max} = 105^\circ\text{C}$ ;  $T_{2max} = 70^\circ\text{C}$ ;  $T_1 = 60^\circ\text{C}$ ,  $T_2 = 30^\circ\text{C}$ ;  $T_3 = 55^\circ\text{C}$ ;  $V_1 = 5^\circ\text{C}$ ;  $G_{ГВС}^{II} = 0\%$ ,  $t_{II} = 22^\circ\text{C}$ .

Отопительная нагрузка в точке излома рассчитаем по формуле (1)

$$Q_{от}^{изл} = Q_{от}^{рас} \frac{T_1 - t_{II}}{T_{1max} - t_{II}} = 430 \cdot \frac{60 - 22}{105 - 22} = 197 \text{ кВт}.$$

Расход теплоносителя в системе отопления рассчитаем по формуле (2)

$$G_{от} = \frac{Q_{от}^{рас}}{c_p \cdot (T_{1max} - T_{2max})} = \frac{430000}{4186 \cdot (105 - 70)} = 2,93 \text{ кг/с} = 10,5 \text{ т/ч}.$$

Температура теплоносителя из системы отопления рассчитаем по формуле (3)

$$T_{22} = T_1 - \frac{Q_{от}^{изл}}{c_p \cdot G_{от}} = 60 - \frac{197000}{4186 \cdot 2,96} = 44,1^\circ\text{C}.$$

Заполнение исходных данных для подбора теплообменника с помощью программы [7] подбора теплообменного оборудования ООО «Завод Теплосила» приведено на рис. 3. В результате расчета для системы ГВС выбран моноблочный теплообменник ET-015M-22/26DN50MГВ(11НН+4LL9НЛ).

The screenshot shows a software interface for selecting heat exchangers. The interface is divided into sections for 'Отопление' (Heating) and 'ГВС' (Hot Water Supply). It contains various input fields for heat load, flow rate, temperatures, and pressure drops, along with checkboxes for optimization and material selection. A 'ВЫБОР МОДЕЛЕЙ' (Model Selection) section is visible at the bottom.

**Отопление (Heating):**

- $Q_{отопл}$ : 430 кВт
- $G_{отопл}$ : 10,501 т/ч
- $t_{из отопл}$ : 44,1 °C
- Греющий график (зима):  $t_{ex}$  105 °C,  $t_{вых}$  70 °C
- Греющий график (лето):  $t_{ex}$  60 °C,  $t_{вых}$  30 °C
- Греющая среда (вода): I ст. - 2, II ст. - 2, М. вод. ст.

**ГВС (Hot Water Supply):**

- $Q_{ГВС}$ : 390 кВт
- $G_{ГВС}$ : 6,7 т/ч
- $t_{ex}$ : 5 °C
- $t_{вых}$ : 55 °C
- Циркуляция:  $G_{ц}$  0 %,  $t_{ц}$  45 °C
- $Q_{от ст}$ : 0,1 % (Оптимизация), 50 % (Разбиение Q)
- Нагреваемая среда (вода): I ст. - 2, II ст. - 2, М. вод. ст.

**ВЫБОР МОДЕЛЕЙ (Model Selection):**

- Запас поверхности: I ступень - 10 %, II ступень - 10 %
- Расчетное давление: 16 атм
- Толщина пластин: 0,5
- Материал пластин: AISI 304
- Материал резины: EPDM
- Ограничения по пластинам/расходу:
- Включить в стоимость МК:
- Исполнение МК: Черный - Черный
- Конструктивное исполнение:  моноблок,  раздельные ступени

Рис. 3. Пример заполнения исходных данных для расчета двухступенчатой смешанной схемы горячего водоснабжения

**Список литературы**

1. Соколов Е. Я. Теплофикация и тепловые сети. М.: Энергоиздат, 1982. 360 с.
2. Водяные тепловые сети: справочное пособие по проектированию. Под ред. Н. К. Громова, Е. П. Шубина. М.: Энергоатомиздат, 1988. 376 с.
3. Сканави А. Н., Махов Л. М. Отопление. М.: АСВ, 2008. 576 с.
4. Тиатор И. Отопительные системы: перевод с немецкого. М.: Техносфера евроклимат, 2006. 271 с.
5. ТКП 45-4.02-183-2009 «Тепловые пункты»
6. СП 41-101-95 «Проектирование тепловых пунктов».
7. Программа подбора теплообменного оборудования ООО «Завод Теплосила». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://teplo-sila.com/login>. Дата доступа: 15.05.2020.