

УДК 696.48: 697.34

**К ВОПРОСУ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОЙ НАГРУЗКИ ГОРЯЧЕГО
ВОДОСНАБЖЕНИЯ В ЗАКРЫТЫХ СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ
ПРИ ОДНОСТУПЕНЧАТОЙ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СХЕМЕ
ПОДКЛЮЧЕНИЯ ВОДОПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ**

**А.В. БАТЕНКОВА, А.А. КОРШУН, А.Д. МИЛОЧКИНА,
А.А. НИКОНОВА, А.Н. МАЛЕВИЧ
(Представлено: А.М. Няковский)**

С использованием цифровой модели для подбора водоподогревателей горячего водоснабжения исследованы переменные режимы работа пластинчатых теплообменников. Уточнены известные уравнения для определения параметра теплообменника и температуры греющего теплоносителя на его выходе из теплообменника при изменении начальной температуры, что сделало возможным их использование при расчете регулирования пластинчатых теплообменников в системах горячего водоснабжения.

При эксплуатации централизованных систем теплоснабжения при совместном отпуске тепловой энергии на нужды отопления и горячего водоснабжения возникает необходимость в регулировании расхода греющего теплоносителя, поступающего в водоподогреватели системы горячего водоснабжения (СГВ), в зависимости от его температуры в подающей магистрали тепловой сети. При этом различают два поддиапазона регулирования отпуски теплоты на горячее водоснабжение: переменный – при температурах наружного воздуха, находящихся в пределах от точки излома температурного графика регулирования отопительной нагрузки до температуры наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92, и расчетный – при температурах наружного воздуха, превышающих его температуру в точке излома температурного графика.

В расчетном поддиапазоне температура и расход греющего теплоносителя остаются постоянными, инвариантными в отношении температуры наружного воздуха. В переменном диапазоне по мере изменения температуры греющего теплоносителя на входе водоподогревателя СГВ одновременно должен снижаться и расход теплоносителя.

Вопрос регулирования отпуски теплоты на горячее водоснабжение был достаточно подробно изучен в отношении кожухотрубных теплообменников [1; 2]. В частности, в [1] для этой цели было предложено уравнение характеристики теплообменного аппарата, позволяющее выполнять необходимые расчеты регулирования, причем, применительно к подогревателям горячего водоснабжения в указанной работе обосновывалось постоянство следующего комплекса, названного параметром теплообменника:

$$\Phi = \frac{k \cdot F}{c \cdot (G_{\tau} \cdot G_t)^{0,5}} = \text{const} , \quad (1)$$

где k – коэффициент теплопередачи теплообменника при фактических расходах теплоносителей, Вт/(м²·°С);
 F – поверхность теплообмена, м²;
 G_{τ} и G_t – расходы соответственно греющего и нагреваемого теплоносителей, кг/с,
 c – удельная теплоёмкость теплоносителя, Дж/(кг·°С).

Однако, в случае пластинчатых теплообменников соотношение (1), как показывают эксперименты и расчеты, не соблюдается. Не дает возможности получить однозначные практически полезные результаты и методика, представленная в [3]. В силу чего была **поставлена задача** выполнить численные исследования, позволяющие найти зависимость для расчета параметра пластинчатого теплообменника Φ по типу уравнения (1). Численные исследования были осуществлены **с использованием компьютерной программы** для расчета и подбора пластинчатых водоподогревателей, предоставленной ООО «Производственная компания Теплосила» [4].

В ходе исследований было установлено, что как для кожухотрубчатых, так и для пластинчатых теплообменников параметр теплообменника Φ может быть рассчитан с использованием уравнения:

$$\Phi = \frac{k \cdot F}{(cG_{\tau} \cdot cG_t)^m} = \text{const} , \quad (2)$$

где m – показатель степени, зависящий от типа теплообменника.

Исследования были выполнены для дискретного ряда теплообменников, сформированного по величине площади поверхности теплообмена, при различных расходах теплоносителей и разных величинах тепловой мощности каждого теплообменника, составляющего этот дискретный ряд с учетом выводов, содержащихся в [5].

При обработке данных численного эксперимента уравнение (2) было дополнено уравнениями (3) и (4), а также условием (5), справедливым для системы горячего водоснабжения:

$$Q = k \cdot F \cdot \Delta t_{cp}; Q' = k' \cdot F' \cdot \Delta t'_{cp}, \quad (3)$$

$$Q = cG_{\tau} (\tau - \tau_{2r}) = cG_t (t_r - t_x); Q' = cG'_{\tau} (\tau'_{1r} - \tau'_{2r}) = cG'_t (t_r - t_x); \quad (4)$$

$$Q/Q' = 1, \quad (5)$$

где Q – тепловая нагрузка горячего водоснабжения, Вт;

Δt_{cp} – средний температурный напор в теплообменнике, Вт/(°C·м²)

t_r и t_x – температуры нагреваемой воды соответственно на выходе и входе теплообменника, °C;

τ_1 и τ_{2r} – температуры греющего теплоносителя соответственно на входе и выходе теплообменника, °C; штрихами отмечены величины, относящиеся к расчетному режиму работы теплообменника, соответствующему точке излома температурного графика регулирования отопительной нагрузки.

Исходя из соотношений (3)–(5), уравнение (2) для переменного режима работы теплообменника можно записать в виде:

$$\Phi = \frac{k \cdot F}{\left(cG_{\tau} \cdot \frac{Q}{Q} \cdot cG_t \cdot \frac{Q}{Q}\right)^m} \cdot \frac{Q}{Q} = \frac{1}{\left(\frac{Q}{(\tau - \tau_{2r})} \cdot \frac{Q}{(t_r - t_x)}\right)^m} \cdot \frac{Q}{\Delta t_{cp}}. \quad (6)$$

Для расчетного режима уравнение (6) примет следующий вид:

$$\Phi = \frac{k' \cdot F}{\left(cG'_{\tau} \cdot \frac{Q}{Q} \cdot cG'_t \cdot \frac{Q}{Q}\right)^m} \cdot \frac{Q'}{Q'} = \frac{1}{\left(\frac{Q'}{(\tau'_{1r} - \tau'_{2r})} \cdot \frac{Q'}{(t_r - t_x)}\right)^m} \cdot \frac{Q'}{\Delta t'_{cp}}. \quad (7)$$

После почленного деления уравнения (6) на уравнение (7), приняв во внимание, что $\Phi = const$, а также условие (5) получим:

$$\left(\frac{\tau_1 - \tau_{2r}}{\tau'_{1r} - \tau'_{2r}}\right)^m \cdot \frac{\Delta t'_{cp}}{\Delta t_{cp}} = 1. \quad (8)$$

Если средние температурные напоры в уравнении (8) представить как среднелогарифмические, то окончательное уравнение регулирования тепловой нагрузки горячего водоснабжения в переменном поддиапазоне регулирования в случае использования пластинчатых теплообменников и одноступенчатой параллельной схеме их подключения будет иметь вид:

$$\left(\frac{\tau_1 - \tau_{2,r}}{\tau'_{1,r} - \tau'_{2,r}}\right)^m \times \frac{\left(\frac{(\tau'_{1,r} - t_r) - (\tau'_{2,r} - t_x)}{\ln \frac{\tau'_{1,r} - t_r}{\tau'_{2,r} - t_x}}\right)}{\left(\frac{(\tau_1 - t_r) - (\tau_{2r} - t_x)}{\ln \frac{\tau_1 - t_r}{\tau_{2,r} - t_x}}\right)} = 1. \quad (9)$$

В ходе проведенных исследований установлено, что в случае кожухотрубчатых теплообменников показатель степени m принимает значение равно 0,5, а в случае пластинчатых – значение 0,27.

Уравнение (9) решается относительно τ_{2r} методом подстановки при значениях τ_1 , задаваемых по графику регулирования отопительной нагрузки. Все остальные величины, входящие в уравнение (9), являются наперед заданными расчетными.

Выводы.

1. Предложено обобщенное уравнение для расчета регулирования тепловой нагрузки горячего водоснабжения в переменном поддиапазоне регулирования в случае использования кожухотрубчатых или пластинчатых теплообменников, подключенных по одноступенчатой параллельной схеме.

2. Установлено, что показатель степени m в уравнении регулирования нагрузки горячего водоснабжения в рассматриваемых условиях зависит от типа теплообменника и равен 0,5 для кожухотрубчатых теплообменников и 0,27 для пластинчатых.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соколов, Е.Я. Теплофикация и тепловые сети : Учеб. для вузов по спец. "Пром. Теплоэнергетика" / Е. Я. Соколов. – 5-е изд., перераб. – М. : Энергоиздат, 1982. – 360 с. : ил.
2. Теплоснабжение: Учебник для вузов / А. А. Ионин, Б. М. Хлыбов, В. Н. Братенков, Е. Н. Терлецкая; Под ред. А. А. Ионина. – М. : Стройиздат, 1982. – 336 с, ил.
3. Новый подход к обоснованию закона изменения расхода греющей воды при местном количественном регулировании теплового потока на горячее водоснабжение в закрытых водяных системах централизованного теплоснабжения – Режим доступа: <https://pandia.ru/text/81/130/33398.php> – Дата доступа: 31.03.2024.
4. Программы подбора оборудования ООО «Производственная компания Теплосила» – Режим доступа: <https://teplosila.com/programmy-podbora-oborudovaniya> – Дата доступа: 31.03.2024.
5. Нияковский, А.М., Москалёнок, Ф.И., Сидорова, А.Ю. К вопросу выбора расчётной производительности системы горячего водоснабжения при замене кожухотрубных подогревателей на пластинчатые / А. М. Нияковский, Ф. И. Москалёнок, А. Ю. Сидорова // Материалы докладов 51 Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов. Том 1. – Витебск: ВГТУ, 2018г. – С. 376–378.