

гарантированных мощностей для балансировки переменной ветровой и солнечной генерации. Эта мощность может быть обеспечена за счет гидроэнергетики, геотермальной энергии, биомассы и накопителей энергии. Текущее состояние в области ВИЭ не может этого обеспечить, поэтому, управляя переходом к новой энергетической системе, мы должны совмещать развитие ВИЭ с развитием использования вторичных энергетических ресурсов, ядерной энергетики.

Литература

1. Кундас, С. П. Основы энергосбережения и нетрадиционные источники энергии: учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов» и 1-70 04 02 «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна» / С. П. Кундас; Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Теплогазоснабжение и вентиляция». – Минск: БНТУ, 2020. – 391 с.
2. Ember - Yearly Electricity Data (2023); Ember - European Electricity Review (2022); Energy Institute - Statistical Review of World Energy (2023) – with major processing by Our World in Data.
3. Divya, A. Review on recycling of solar modules/panels» / A. Divya, T. Adish, P. Kaustubh, P.S. Zade // Solar Energy Materials and Solar Cells, 2023. – Vol.253. – P. 112151.
4. Департамент по энергоэффективности Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь. – Режим доступа: – https://energoeffect.gov.by/news/news-2024/20240129_news3. – Дата доступа: 10.04.2024.

УДК 696.48: 697.34

К вопросу регулирования тепловой нагрузки горячего водоснабжения при использовании пластинчатых теплообменников

Нияковский А. М., Батенкова А. В., Коршун А. А., Милочкина А. Д.
Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой
Новополоцк, Республика Беларусь

С использованием цифровой модели для подбора водоподогревателей горячего водоснабжения исследованы переменные режимы работы пластинчатых теплообменников. Уточнены известные уравнения для определения параметра теплообменника и температуры греющего теплоносителя на его выходе из теплообменника при изменении начальной температуры, что сде-

дано 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 отпуска 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 отпуска 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:

$$\Phi = \frac{k \cdot F}{(G_r \cdot G_t)^{0,5}} \cdot 10^{-3} = \text{const}, \quad (1)$$

где k – коэффициент теплопередачи теплообменника при фактических расходах теплоносителей, Вт/(м²·°C); F – поверхность теплообмена, м²; G_r и G_t – расходы соответственно греющего и нагреваемого теплоносителей, кг/с.

Однако, в случае применения пластинчатых теплообменников взамен кожухотрубных соотношение (1) не соблюдается. Не позволяет 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 пла-

стинчатого теплообменника Φ по типу уравнения (1). Численные исследования были осуществлены с использованием программы для расчета и подбора водоподогревателей, предоставленной ООО «Производственная компания Теплосила» [4].

В ходе исследований было установлено, что для пластинчатых теплообменников параметр теплообменника может быть определен по уравнению:

$$\Phi = \frac{k \cdot F}{(G_t \cdot G_r)^m} \cdot 10^{-3} = const, \quad (2)$$

где m – показатель степени.

Исследования, выполненные при различных расходах теплоносителей и тепловых мощностях, показало адекватность уравнения (2) для выбранного дискретного ряда теплообменников при показателе степени $m = 0,27$.

С учетом этого для определения температур греющего теплоносителя на выходе водоподогревателя СГВ в переменном поддиапазоне регулирования тепловой нагрузки горячего водоснабжения и параллельной схеме подключения теплообменников может быть проложено следующее модифицированное уравнение:

$$\left(\frac{(\tau_{1r}^p - t_r) - (\tau_{2r}^p - t_x)}{\ln \frac{\tau_{1r}^p - t_r}{\tau_{2r}^p - t_x}} \right) \cdot \left(\frac{(\tau_{1o} - t_r) - (\tau_{2r} - t_x)}{\ln \frac{\tau_{1o} - t_r}{\tau_{2r} - t_x}} \right)^{-1} \cdot \left(\frac{\tau_{1o} - \tau_{2r}}{\tau_{1r}^p - \tau_{2r}^p} \right)^{0,27} = 1, \quad (3)$$

где t_r и t_x – температуры нагреваемой воды соответственно на выходе и входе теплообменника, °С; τ_{1o} и τ_{2r} – температуры греющего теплоносителя соответственно на входе и выходе теплообменника, °С; τ_{1r}^p и τ_{2r}^p – расчетные значения температур греющего теплоносителя на входе и выходе теплообменника, °С.

Уравнение (3) решается относительно τ_{2r} методом подстановки при значениях τ_{1o} , задаваемых по графику регулирования отопительной нагрузки.

Выводы

В результате проведения численных исследований установлено:

1. Уравнения для определения характеристики и параметра тепловых аппаратов, предложенные в [1] для кожухотрубных теплообмен-

ников, могут в случае изменения показателя степени в них с 0,5 на 0,27 использоваться для расчета переменных режимов работы пластинчатых водоподогревателей в СГВ.

2. Установлено, что значение показателя степени m в уравнении (2) равно 0,27 удовлетворяет рабочему диапазону тепловых мощностей и расходов теплоносителей, используемых в СГВ.

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.

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.

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://teplo-sila.com/programmy-podbora-oborudovaniya>. – Дата доступа: 31.03.2024.

УДК 66.042.945: 519.246.8

Организационно-логистический фактор и оценочное прогнозирование объемов обследования стальных подземных газопроводов

Струцкий Н. В.¹, Романюк В. Н.²

¹ГПО «Белтопгаз»

²Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

На основе методов и инструментария анализа временных рядов выполнено прогнозирование объемов работ по приборному обследованию стальных подземных газопроводов. Научная новизна исследования состоит в выявлении и включении в прогностическую модель комплексного организационно-логистического фактора, отражающего влияние сложившихся в газораспределительной отрасли республики производственных практик и управленческих подходов к осуществлению технического обслуживания.