

УДК 697.353.2

А. О. ОЛЕКСЮК, И. Г. ШИТИКОВА

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОМАССОБМЕННЫХ
ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ В МНОГОКОНТУРНЫХ ЗМЕЕВИКОВЫХ
ТЕПЛОБМЕННЫХ АППАРАТАХ**

Многоконтурные теплообменные аппараты находят все большее применение в системах теплоснабжения от индивидуальных пунктов (ИТП) с подогревательно-аккумуляторными установками (ПАУ) змеевикового типа для независимых систем отопления и горячего водоснабжения жилых и общественных зданий.

подогревательно-аккумуляторная установка, трехконтурный теплообменник, система независимого теплоснабжения

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Предложенные теплообменные аппараты являются незаменимыми, если используется теплоноситель от геотермального источника теплоты, содержащего твердые взвешенные частицы, которые могут оседать на теплообменных поверхностях.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Существует большое количество данных по интенсифицированным процессам, протекающим в теплообменных аппаратах, расчет теплообмена и сопротивления для которых проводят преимущественно по эмпирическим зависимостям [4]. В подавляющем большинстве случаев рекомендуемые расчетные зависимости получены по результатам экспериментов на опытных или находящихся в эксплуатации установках. Модели, позволяющие, даже приблизительно, оценить характеристики вновь создаваемых поверхностей без проведения эксперимента, практически отсутствуют. Основная проблема, затрудняющая создание моделей, – отсутствие в литературных источниках достаточной информации о геометрии исследованных поверхностей и протекающих в них процессах [1].

Рассмотрен многоконтурный теплообменник змеевикового типа, расположенный в ПАУ на ИТП, как показано на рисунке.

В теплообменном аппарате известны: температуры греющего теплоносителя t_1^I и t_1^{II} с расходом G_1 на входе и выходе из корпуса теплообменного аппарата; температуры нагреваемого теплоносителя отопительного контура t_2^I и t_2^{II} с расходом G_2 ; температура нагреваемого теплоносителя третьего контура системы горячего водоснабжения t_3^I и t_3^{II} с расходом G_3 , который сливался в бак-аккумулятор горячей воды [9, 10].

Неизвестными являются: расход первичного теплоносителя G_1 ; начальная и конечная температуры воды в аккумулирующей емкости t_4 ; расход воды из БА, поступающей в систему горячего водоснабжения, согласно графика суточного водопотребления G_4 ; диаметры первого, второго, третьего и четвертого контуров теплообменного аппарата F_1, F_2, F_3 и F_4 – всего семь неизвестных.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Для определения параметров теплообменного аппарата используется решение системы уравнений с помощью конструктивного и поверочного расчетов, которые позволят выбрать его оптимальные величины.

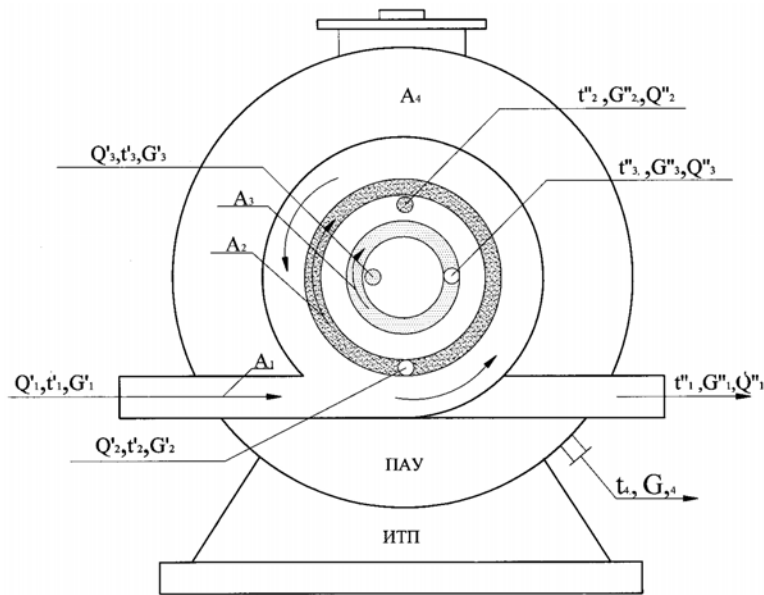


Рисунок – Многоконтурный теплообменный аппарат змеевикового типа для независимого присоединения систем отопления и горячего водоснабжения: A_1 – площадь поперечного сечения для прохода греющего теплоносителя; A_2 – площадь поперечного сечения змеевика контура системы отопления; A_3 – площадь поперечного сечения змеевика системы горячего водоснабжения (ГВС); A_4 – площадь поперечного сечения бака-аккумулятора горячей воды в ПАУ на ИТП.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Метод решения задачи сводится к следующему: записывается возможное число независимых балансовых уравнений теплоты, позволяющих определить семь неизвестных величин. Остальные неизвестные величины необходимо каким-то образом задать [5].

Определяется тепловая мощность теплообменника по нагреваемым теплоносителям для контуров системы отопления Q_2 и горячего водоснабжения Q_3 по формулам:

$$Q_2 = G_2 \cdot C_2 (t_2'' - t_2'), \quad (1)$$

$$Q_3 = G_3 \cdot C_3 (t_3'' - t_3'), \quad (2)$$

где G_2 и G_3 – расходы нагреваемых теплоносителей, кг/с;
 C_2 и C_3 – теплоемкости нагревательных теплоносителей при средних температурах нагреваемых теплоносителей t_2^{cp} и t_3^{cp} , кДж/(кг·К);

$$t_2^{cp} = \frac{t_2'' + t_2'}{2} \text{ и } t_3^{cp} = \frac{t_3'' + t_3'}{2}. \quad (3)$$

Все данные в уравнениях (1...3) известны.

С учетом тепловых потерь теплообменного аппарата (ТА) через наружную поверхность бака-аккумулятора определяется суммарная мощность ТА и расхода первичного теплоносителя по формуле, кг/с:

$$G_1 = \frac{Q_2 + Q_3}{C_1 (t_1' - t_1'')} \eta_{пот}. \quad (4)$$

Если первичным теплоносителем является пар, то формула (4) принимает вид, кг/с:

$$G_{II} = \frac{Q_2 + Q_3}{(i_{II}'' - t_K')} \eta_{пот}, \quad (5)$$

где C_1 – теплоемкость первичного теплоносителя при средней температуре, кДж/(кг·К);

$$t_1^{cp} = 0,5(t_1'' + t_1'), \quad (6)$$

$$i_{cp} = 0,5(t_n + t_k), \quad (7)$$

i^H – энтальпия насыщенного пара при давлении P_{HAC} кДж/кг;

i^l – энтальпия воды на линии насыщения при давлении P_{HAC} кДж/кг;

η_2 – коэффициент потерь теплоты через наружную поверхность бака-аккумулятора.

В дальнейшем расписывается уравнения теплового баланса:

– теплообмен между первичным теплоносителем и нагреваемым теплоносителем отопительного контура, Вт:

$$Q_{1-2} = K_1 \cdot F_2 (t_1^{cp} - t_2^{cp}), \quad (8)$$

– теплообмен между первичным теплоносителем и нагреваемым теплоносителем контура системы горячего водоснабжения, Вт:

$$Q_{1-3} = K_2 \cdot F_3 (t_1^{cp} - t_3^{cp}), \quad (9)$$

– теплообмен между первичным теплоносителем и водой, находящейся в аккумулирующей емкости через корпус теплообменника, Вт:

$$Q_{1-4} = K_3 \cdot F_4 (t_1^{cp} - t_4^{cp}). \quad (10)$$

При этом средние температуры греющего первичного теплоносителя и нагреваемых в змеевиках отопительного контура и системы горячего водоснабжения и воды в БА, соответственно равны:

$$t_1^{cp} = 0,5(t_1^l + t_1^H), \quad (11)$$

$$t_2^{cp} = 0,5(t_2^l + t_2^H), \quad (12)$$

$$t_3^{cp} = 0,5(t_3^l + t_3^H), \quad (13)$$

$$t_4^{cp} = 0,5(t_4^l + t_4^H). \quad (14)$$

Количество теплоты, воспринимаемое теплоносителем контура системы отоления, Вт:

$$Q_2 = G_2 \cdot c_2 (t_2^l - t_2^H). \quad (15)$$

Количество теплоты, получаемое нагреваемым теплоносителем контура горячего водоснабжения, Вт:

$$Q_3 = G_3 \cdot c_3 (t_3^H + t_3^l). \quad (16)$$

Количество теплоты, идущее на подогрев воды, находящееся в аккумулирующей емкости при снижении водоразбора на горячее водоснабжение через корпус теплообменника, Вт:

$$Q_4 = G_4 \cdot c_4 (t_4^{cp} - t_4^l). \quad (17)$$

Уравнения (8), (9), (10) и (15), (16), (17) представляют собой систему из шести уравнений с двадцатью неизвестными величинами:

$$Q_{1-2}, Q_{1-3}, Q_{1-4}, F_2, F_3, F_4, G_2, t_2^l, t_2^H, G_4, Q_2, Q_4.$$

Расход первичного теплоносителя G_1 определяется из суммарной мощности ТА по нагреваемым теплоносителем для контуров систем отопления и горячего водоснабжения G_2 и G_3 , которые считаются заданными и соответственно их температуры t_3^l и t_3^H , а также t_2^l и t_2^H [7].

С точки зрения минимальных потерь теплоты ТА унос теплоты в контуре системы отопления принят равным нулю, из этого условия вытекает неизменность температур нагреваемого теплоносителя, т. е. в расчете принято $t_2^l = t_2^H = t_2$.

При этом условии из последнего соотношения выпадает уравнение (15), а вместе с тем и три неизвестных величины t_2^H , Q_2 , G_2 .

После ряда преобразований и упрощений температура нагреваемого теплоносителя в змеевике контура горячего водоснабжения:

$$t_3^H = \frac{a_2}{1+a_2} (t_2^H - t_2^l) + 2 \frac{a_2}{1+a_2} t_2^l + \frac{1-a_3}{1+a_3} t_3^l + \frac{1-a_4}{1+a_4} t_4, \quad (18)$$

где $\frac{k_1 \cdot F_2}{2G_2 \cdot c_2} = a_1$; $\frac{k_2 \cdot F_3}{2G_3 \cdot c_3} = a_2$; $\frac{k_3 \cdot F_1}{2G_4 \cdot c_4} = a_3$; $\frac{k_4 \cdot F_4}{2G_4 \cdot c_4} = a_4$,

$$(t_2'' + t_2') = \frac{2a_1(1+a_3)t_1 + 2a_2 \cdot t_3' - 2t_2'(a_1 + a_2 + a_3 + a_1 \cdot a_4)}{1 + a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_1 \cdot a_4} \quad (19)$$

В уравнении (19) величину t_2' можно принять равной t_2 из предыдущего конструктивного расчета.

По условию задачи величина $(t_2'' - t_2')$ должна быть близкой к нулю. Отклонение ее от нуля может служить мерой обоснованности упрощающих допущений, принятых при конструктивном расчете. Если $(t_2'' - t_2') < 0$, то необходимо увеличить теплообменную поверхность змеевика отопительного контура в баке аккумулятора, а если $(t_2'' - t_2') > 0$, то теплообменную поверхность можно не изменять, а уменьшить расход первичного теплоносителя G_1 .

$$\begin{cases} 1. G_1 \cdot c_1(t_1' - t_1'') = G_2 \cdot c_2(t_2'' - t_2') + G_3 \cdot c_3(t_3'' - t_3) + G_4 \cdot c_4(t_3'' - t_4) + G_4 \cdot c_4(t_4 - t_{окр}); \\ 2. K_{общ} \cdot \sum F \cdot \Delta t_{cp}^{общ} = k_1 \cdot F_2(t_1^{cp} - t_2^{cp}) + k_2 \cdot F_3(t_1^{cp} - t_3^{cp}) + k_3 \cdot F_1^{TO}(t_1^{cp} - t_4^{cp}) + k_4 \cdot F_4^{TA}(t_4^{cp} - t_{окр}). \end{cases}$$

ВЫВОДЫ

Вышеизложенное теоретическое рассмотрение вопросов теплопередачи в многоконтурном теплообменнике ПАУ змеевикового типа позволяет сформулировать методику расчета ТА, которая должна включать в себя две части: конструктивный и поверочный расчеты, используя два уравнения теплового баланса (19 и 20).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бережная, О. К. Моделирование теплогидравлических процессов и разработка методики обобщения данных по эффективным теплообменникам [Текст] : дис. ... канд. хим. наук / Бережная О. К., Московский техн. ун-т. – М., 2005. – 166 с.
2. Усадский, Д. Г. Совершенствование схем автономных источников теплоты в системах отопления и горячего водоснабжения [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Д. Г. Усадский. – Волгоград, 2012. – 18 с.
3. Бодрова, Е. В. Совершенствование схем альтернативного использования геотермальных источников в системах теплоснабжения [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Е. В. Бодрова. – Волгоград, 2012. – 16 с.
4. Sadawarte, Y. A. Non Conventional Sources of Energy [Текст] / Y. A. Sadawarte, T. Hiware // International Conference on Emerging Frontiers Technology. Proceedings published in International Journal of Computer Applications (IJCA). – 2012. – Number 2. – P. 8. – ISSN 2278-0181.
5. Wang, L. Plate heat exchangers: design, applications and performance [Text] / L. Wang, B. Sundén, R. M. Manglik. – Great Britain : WIT Press, 2007. – 288 p. – ISBN 978-1-85312-737-3.
6. Greene, Richard. Process Energy Conservation [Текст] / Richard Greene. – New York : McGraw-Hill Publications Co., 1982. – 323 p. – ISBN 0-07-010697-5.
7. Манюк, В. И. Справочник по наладке и эксплуатации водяных тепловых сетей [Текст] / В. И. Манюк, Я. И. Каплинский, Э. Б. Хиж. – М. : Стройиздат, 1987. – 215 с.
8. Олексюк, А. О. Математическая модель расчета теплообменников змеевикового типа для независимых систем отопления и горячего водоснабжения [Текст] / А. О. Олексюк, И. Г. Шитикова, А. А. Горделюк // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. – 2012. – Вип. 2012-2(94) : Інженерні системи та техногенна безпека. – С. 70–75. – ISSN 1814-3296.
9. Олексюк, А. О. Конструктивный расчет теплообменника змеевикового типа для систем отопления и горячего водоснабжения [Текст] / А. О. Олексюк, И. Г. Шитикова, А. А. Горделюк // Сучасне промислове та цивільне будівництво. – 2012. – Т. 8, № 1. – С. 37–44. – ISSN 1993-3495.

Получено 26.09.2013

А. О. ОЛЕКСЮК, И. Г. ШИТИКОВА ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОМАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ, ЩО ПРОТІКАЮТЬ В БАГАТОКОНТУРНИХ ЗМІЙОВИКОВИХ ТЕПЛООБМІННИХ АПАРАТАХ Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Багатоконтурні теплообмінні апарати знаходять все більше застосування в системах теплопостачання від індивідуальних пунктів (ІТП) з підігрівально-акумуляторними установками (ПАУ) змійовикового типу для незалежних систем опалення та горячого водопостачання житлових і громадських будівель.
підігрівально-акумуляторна установка, триконтурний теплообмінник, система незалежного теплопостачання

ANATOLIY OLEKSIUK, IRINA SHITIKOVA
THEORETICAL SCIENTIFIC OF HEAT AND MASS EXCHANGING PROCESSES
RUNNING IN MULTICIRCUIT HEAT EXCHANGING UNITS OF A COILED
TYPE

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Multicircuit heat exchanging units are more and more frequently used in the heat supply systems from individual stations with reheating battery-driven units of a coiled type for the independent heating and hot water supply systems in residential and public buildings.

a heating-storage unit, a three-circuit heat exchanger, an independent hot water supply system

Олексюк Анатолій Олексійович – доктор технічних наук, професор кафедри теплотехніки, теплогазопостачання і вентиляції Донбаської національної академії будівництва і архітектури, член спеціалізованої вченої ради Д 12.085.02 ДонНАБА. Наукові інтереси: теорія, розрахунок та проектування систем теплопостачання з індивідуальними тепловими пунктами і багато-контурними теплообмінниками.

Шитікова Ірина Геннадіївна – аспірант кафедри теплотехніки, теплогазопостачання і вентиляції Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: енергоощадження в системах ТГВ.

Олексюк Анатолий Алексеевич – доктор технических наук, профессор кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, член специализированного ученого совета Д 12.085.02 ДонНАСА. Научные интересы: теория, расчет и проектирование систем теплоснабжения с индивидуальными тепловыми пунктами и многоконтурными теплообменниками.

Шитикова Ирина Геннадиевна – аспирант кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: энергоресурсосбережение в системах ТГВ.

Oleksiu Anatoliy – DSc (Eng.), Professor, Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, a member of the specialized scientific council D 12.085.02 DonNASA. Scientific interests: theory, calculation and designing energy recourse saving heat supply systems with individual heat points and many contours transformations.

Shitikova Irina – post-graduate student, Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: energy resource in the systems HGSV.