

УДК 697.353.2

А. А. ОЛЕКСЮК, И. Г. ШИТИКОВА

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА В ТЕПЛООБМЕННИКЕ
ЗМЕЕВИКОВОГО ТИПА ДЛЯ НЕЗАВИСИМЫХ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ И
ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

В данной статье рассматривается моделирование процесса теплообмена в многоконтурном теплообменнике змеевикового типа, изолированного слоем пенополиуретана и ПЭТФ напылением, для независимого присоединения систем отопления и горячего водоснабжения. Показаны особенности течения потоков в межтрубном пространстве, их влияние на теплообмен и температуру теплоносителей первого и промежуточных контуров. Представлены картины распределения тепломассообменных потоков в змеевиках. Проводится сравнение и анализ результатов, полученных с использованием моделей.

подогревательно-аккумуляторная установка, трехконтурный теплообменник, система независимого теплоснабжения

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

В различных отраслях промышленности и ЖКХ одним из наиболее распространенных видов технологического оборудования являются теплообменные аппараты.

Внедрение эффективных и дешевых теплообменников змеевикового типа, выполненных в виде интенсифицированных теплообменных труб, приведет к существенной экономии материальных и энергетических ресурсов.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Рассмотрена статья [1, 2] в которой приводят сравнительный анализ параметров теплообменника, полученных по методике компьютерной гидрогазодинамики и практической методике проектирования теплообменных аппаратов. На основе предложенных решений сделана модель теплообмена и движения теплоносителя в сердцевине теплообменника змеевикового типа (промежуточном теплообменнике)

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Это позволит повысить степень достоверности основных расчетных параметров теплообмена и выбрать рациональные конструкции и режимы их эксплуатации. Наглядно увидеть модель потоков теплоносителя в теплообменнике змеевикового типа.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Важным направлением решения задач ресурсо- и энергосбережения является разработка и внедрение новых видов развитых конвективных поверхностей теплообмена, отличающихся высокой теплогидродинамической эффективностью, технологичностью и невысокой стоимостью. Теплообменник работает следующим образом: первичный теплоноситель поступает в межтрубное пространство теплообменника, образованное корпусом и змеевиковыми трубками. Отдав свою теплоту через поверхности змеевиков систем отопления и горячего водоснабжения и поверхности корпуса бака-аккумулятора, возвращается к источнику теплоты. Нагреваемая водопроводная вода поступает в

© А. А. Олексюк, И. Г. Шитикова, 2014

змеевик системы ГВ, где нагревается до температуры 55–60 °С, после чего сливается в аккумулирующую емкость, из которой расходуется на нужды горячего водоснабжения. По второму змеевику постоянно циркулирует вода системы отопления при помощи бесшумного насоса [7]. На рисунке 1 приведена модель корпуса и змеевиков теплообменника.

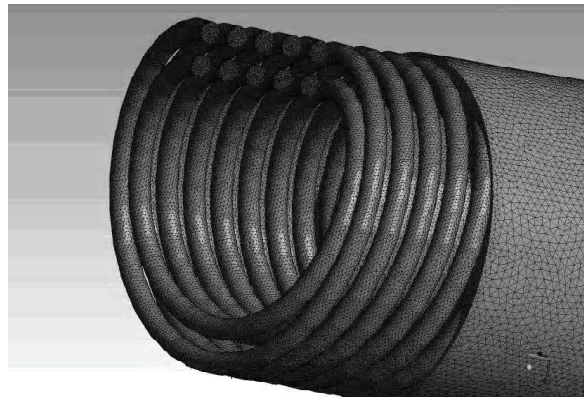


Рисунок 1 – Модель промежуточного теплообменника.

При таком конструктивном решении жидкость движется по сложной траектории в межтрубном пространстве из-за внешнего турбулентного движения реализуется закрученное течение со сложной трехмерной вихревой структурой, что интенсифицирует теплообменные процессы, протекающие в межтрубном пространстве. Внутренние змеевики теплообменных элементов закреплены в дополнительных трубных решетках, установленных в корпусе.

Сводка данных о геометрии течения в пространстве между трубами приведена в таблице 1, угол ориентации к горизонту, и на рисунке 2.

Таблица 1 – Характеристика геометрии трактов и течения потока в межтрубном пространстве

Змеевиков внутреннего ряда	91,5
Змеевиков наружного ряда	99,1
Потока у внутренней стенки	111,6
Потока в тракте между змеевиками	117,1
Потока у наружной стенки	113,7

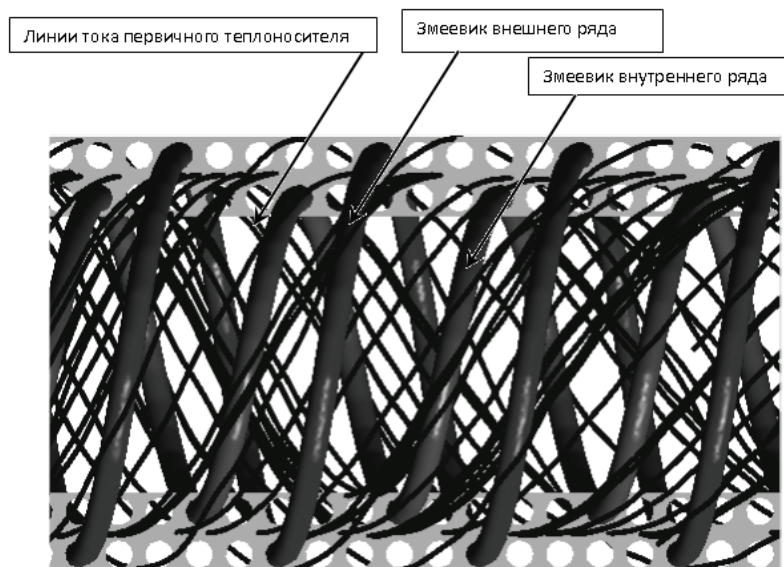


Рисунок 2 – Линии тока в поперечном сечении межтрубного пространства.

В целях улучшения внутренней гидродинамической обстановки целесообразно, на авторский взгляд, формировать поверхности теплообмена в виде змеевиков, что приведет к закрутке потока внутри трубы и, как следствие, к интенсификации теплообмена. Заметим также, что турбулизация потока увеличивается за счет поступления теплоносителя по тангенциальному входу в промежуточный теплообменник [3]. Интенсификация теплообмена в теплообменнике змеевикового типа позволяет уменьшить минеральные отложения на внутренней поверхности примерно в два раза по сравнению со скоростным теплообменником [4]. В связи с этим представляет практический интерес предлагаемый авторами тип теплообменника, витки которого выполнены из медной трубки поперечного сечения 0,02 м. Металлоемкость конструкций снижается как минимум на 20 %.

Распределение температуры на наружной поверхности змеевиков приведено на рисунке 3. Максимальное различие температур поверхности составляет ~15 °С. Результаты лабораторных исследований процессов теплообмена между греющим теплоносителем из котла и вторичными и для контуров отопления и ГВС приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты лабораторных исследований контура системы отопления в теплообменнике змеевикового типа на опытно-экспериментальном стенде

№ п/п	W_{om} , кг/с	G_c , кг/с	ω_{om}^{mp} , м/с	$\omega_c^{u.mp}$, м/с	T_1 , °С	T_2 , °С	Δt_{cp} , °С	Q_{om} , Вт	К, Вт/(м ² ·°С)	$\omega_{om}^{mp} / \omega_c^{u.mp}$	W_{om} / G_c
1	0,075	0,181	0,239	0,576	80	64	38,6	12 163	1 180	0,415	0,414
		0,305	0,239	0,970	80	68	48,8	15 372	1 330	0,246	0,245
		0,375	0,239	1,224	80	69	55	17 325	1 410	0,195	0,2
		0,430	0,239	1,369	80	71	51,6	16 254	1 575	0,175	0,174
2	0,125	0,181	0,398	0,576	80	57	33,3	17 485	1 700	0,690	0,690
		0,305	0,398	0,970	80	60	48,8	25 620	1 825	0,410	0,41
		0,375	0,398	1,224	80	62	54,0	28 350	1 970	0,325	0,333
		0,430	0,398	1,369	80	64	55,04	28 896	2 110	0,290	0,29
3	0,153	0,181	0,487	0,876	80	57	27,2	17 485	1 795	0,845	0,845
		0,305	0,487	0,970	80	60	39,85	25 620	1 945	0,502	0,50
		0,375	0,487	1,224	80	62,5	42,89	27 562	2 130	0,398	0,41
		0,430	0,487	1,369	80	64	44,97	28 896	2 280	0,356	0,356
4	0,295	0,181	0,938	0,576	80	57,5	13,80	17 104	2 120	1,628	1,63
		0,305	0,938	0,970	80	59,5	21,19	26 260	2 500	0,967	0,967
		0,375	0,938	1,224	80	62	22,88	28 350	2 720	0,766	0,766
		0,430	0,938	1,369	80	63	24,77	30 702	2 810	0,685	0,685
5	0,433	0,181	1,379	0,576	80	56	10,03	18 245	2 395	2,390	2,39
		0,305	1,379	0,970	80	59	14,79	26 901	2 710	1,421	1,42
		0,375	1,379	1,224	80	61	16,45	29 925	2 910	1,127	1,15
		0,430	1,379	1,369	80	62	17,87	32 508	3 170	1,007	1,007

$$1. Q_{om} = G_c \cdot 4\ 200(T_1 - T_2) \cdot \text{кг} / \text{с} = W_{om} \cdot 4\ 200(T_{10} - T_{20}) .$$

$$2. (T_{10} - T_{20}) = \frac{Q_o}{W_{om} \cdot 4\ 200}, \text{ } ^\circ \text{C} .$$

$$3. K = \frac{Q_{om}}{F_{зм}^{om} \cdot \Delta t_{cp}} \text{ [Вт/м}^2 \cdot \text{°С]} .$$

Обработка экспериментальных данных позволила построить модель распределения температуры на поверхности змеевиков системы отопления и горячего водоснабжения, при изменении расхода первичного теплоносителя с постоянной температурой $T_1 = 80$ °С показаны на рисунках 3. Значения температур поверхности промежуточного теплообменника лежат в пределах 10...80 °С.

ВЫВОДЫ

Выполненное моделирование позволило установить важные особенности течения и теплообмена в змеевиковых поверхностях модельного промежуточного теплообменника. Показано, что течение в межтрубном пространстве змеевиковой поверхности формируется как продольное вдоль осей труб спиральное течение, а не как поперечное обтекание коридорного пучка труб. Оценки показывают, что гидравлические потери при продольном течении потока вдоль змеевиков оказываются меньшими, чем при традиционно рассматриваемом поперечном обтекании пучков прямых, ориентированных нормально потоку труб [2]. Теплоотдача от отдельных областей течений в трактах между

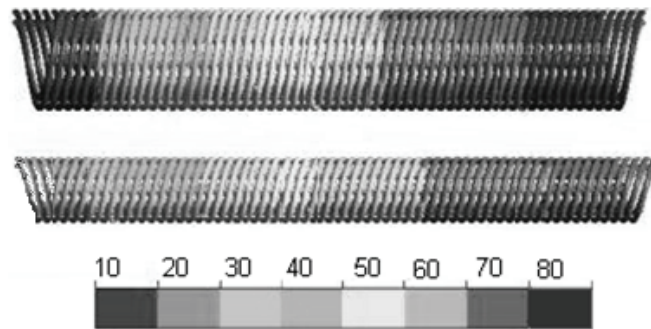


Рисунок 3 – Распределение температуры на поверхности змеевиков системы отопления и горячего водоснабжения.

змеевиками и кожухами к теплоносителю промежуточного контура оказывается различной, что объясняется гидродинамикой течения и выбранными размерами зазоров между трубами рядов змеевиков, змеевиками и кожухами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сравнительный анализ параметров противоточного теплообменника, полученных по методике компьютерной гидрогазодинамики и практической методике проектирования теплообменных аппаратов [Текст] / А. В. Жаров, А. А. Павлов, В. В. Власов [и др.] // *Фундаментальные исследования*. – Пенза : Изд-во ООО ИД «Академия Естественных наук», 2013. – Вып. 2013-3(11). – С. 423–429. – ISSN 1812-7339.
2. Солонин, В. И. Моделирование теплообмена в змеевиковом теплообменнике применительно к реакторной установке «УНИТЕРМ» [Текст] / В. И. Солонин, А. А. Сагин // *Наука и Образование / МГТУ им. Н. Э. Баумана*. – М. : Сетевое научное издание, 2014. – № 10. – С. 398–412. – ISSN 1994-0448.
3. Бережная, О. К. Моделирование теплогидравлических процессов и разработка методики обобщения данных по эффективным теплообменникам [Текст] : дис. ... канд. техн. наук / Московский гос. техн. ун-т. – М., 2005. – 166 с.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. 81831 Украина, МПК (2013.01), F 24 D 11/00. Многоконтурный теплообменный аппарат змеевикового типа для независимых систем отопления и горячего водоснабжения [Текст] / А. О. Олексюк, И. Г. Шитикова ; собственник патента И. Г. Шитикова. – № u 2013 01303 ; заявл. 04.02.2013 ; опубл. 10.07.2013, Бюл. № 13. – 4 с.

Получено 06.10.2014

А. О. ОЛЕКСЮК, І. Г. ШИТІКОВА
МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛООБМІНУ В ТЕПЛООБМІННИКУ
ЗМІЄВИКОВОГО ТИПУ ДЛЯ НЕЗАЛЕЖНИХ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ ТА
ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ
 Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У статті розглядається моделювання процесу теплообміну в багатоконтурному теплообміннику змієвидного типу, ізолюваного шаром пінополіуретану і ПЕТФ напиленням, для незалежного приєднання систем опалення та гарячого водопостачання. Показані особливості перебігу потоків в міжтрубному просторі, їх вплив на теплообмін і температуру теплоносіїв першого і проміжних контурів. Представлені рисунки розподілу тепломасообмінних потоків в змієвиках. Проводиться порівняння і аналіз результатів, отриманих з використанням моделей.

підігрівально-акумуляторна установка, теплообмінний апарат, триконтурний теплообмінник, система незалежного теплопостачання

ANATOLIY OLEKSIUK, IRINA SHITIKOVA
MODELLING OF THE HEAT EXCHANGE IN THE HEAT EXCHANGER OF A
COILED TYPE FOR THE INDEPENDENT HEATING AND HOT WATER SUPPLY
SYSTEMS

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Modelling of the heat exchange process in the multicircuit heat exchanger of the coiled type, isolated with a polyurethane layer and PTEF evaporation for the independent joining of the heating and hot water supply systems, is examined in the present article. The peculiarities of the currents flow in the intertubular space, their influence on the heat exchange and temperatures of the first and intermediate circuits heat carriers are shown. The images of the heat and mass transfer currents in the coils are represented, the results, received with the patterns usage, are being compared and analyzed.

reheating battery-driven unit, heat-exchanging apparatus, three-circuit heat exchanger, independent heat supply system

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

Шитикова Ірина Геннадіївна – викладач Донецького коледжу будівництва та архітектури. Наукові інтереси: енерго-ресурсозбереження 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 – преподаватель Донецкого колледжа строительства и архитектуры. Научные интересы: энергоресурсосбережение в системах ТГВ.

Oleksiuik Anatoliy – DSc (Eng.), Professor, Heat, Gas Supply and Ventilation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 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 multicircuit transformations.

Shitikova Irina – Competitor degree. Teacher of Donetsk College of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: energy resource in the systems HGSV.