

УДК 697.33

Аналіз ефективності теплообмінників змієвикового типу

І. Г. Шитікова¹

¹к.т.н., м.н.с. Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, м. Київ, Україна, irinashitikova54@gmail.com

Анотація. У статті розглянуто саморегульовальна система теплопостачання від індивідуальних теплових пунктів з акумуляторною установкою і теплообмінниками змієвикового типу для незалежних систем опалення та гарячого водопостачання. Виконано порівняння двох конструктивних моделей теплообмінних апаратів для систем індивідуального теплопостачання: з паралельним та послідовним розташуванням змієвиків. Для цього використано розрахунково-моделювальний комплекс на базі CFD-моделювання. Наведені умови моделювання. У результаті визначена оптимальна конструкція для досягнення максимальної теплопередачі. Показано, що при однакових параметрах швидкість нагріву теплоносія гарячої води при послідовному розташуванні змієвиків вище завдяки безпосередньому контакту з первинним теплоносієм. У теплообміннику з послідовним розташуванням змієвиків бака-акумулятора може бути прийнятим більшого об'єму ніж для паралельного розташування, що стабілізує температурний режим гарячої води.

Ключові слова: теплообмінник змієвикового типу, конструкції з паралельним та послідовним розташуванням змієвиків, моделювальний комплекс.

Вступ. Розвиток і вдосконалення енергоефективних технологій у сучасних теплообмінних системах, що складаються з великої кількості підсистем і зв'язків між ними, багато в чому стримується відсутністю методів розрахунку і сучасних комп'ютерних комплексів, що дозволяють адекватно прогнозувати стан таких систем у всьому діапазоні навантажень обладнання.

Актуальність дослідження. Перелік невирішених питань щодо вдосконалення систем теплопостачання вимагає проведення наукових досліджень і розробки рекомендацій для їхнього практичного застосування. Тому підвищення ефективності роботи й експлуатації теплопостачальних систем за рахунок розробки нових моделей установок і впровадження енергоефективних технологій є досить актуальною науково-технічною проблемою.

Останні дослідження та публікації. Сучасні рішення теплообмінних апаратів [1, 2] не дозволяють досягти максимальної енергоефективності. Автором статті за-

пропоновані принципово нові конструкції теплообмінників змієвикового типу. На деякі з яких отримані патенти [3, 4]. Ці багатоконтурні теплообмінники мають суттєві переваги над існуючими [5]. Але при їхній практичній реалізації виникає питання, яка саме із запропонованих конструкцій теплообмінників змієвикового типу є більш ефективною. Згідно з роботами автора найбільш прийнятними для практичної експлуатації в житлово-комунальному господарстві є багатоконтурні теплообмінники з послідовним та паралельним розташуванням змієвиків (рис. 1). Метою даної статті є проведення порівняльного аналізу між ними з точки зору ефективності їхнього застосування.

Відомо, що найбільш повна оцінка ефективності створюваного теплообмінного апарату повинна враховувати конвекційні, масові, об'ємні та вартісні характеристики, показники технологічності та ступеня уніфікації вузлів і деталей, а також експлуатаційні показники.

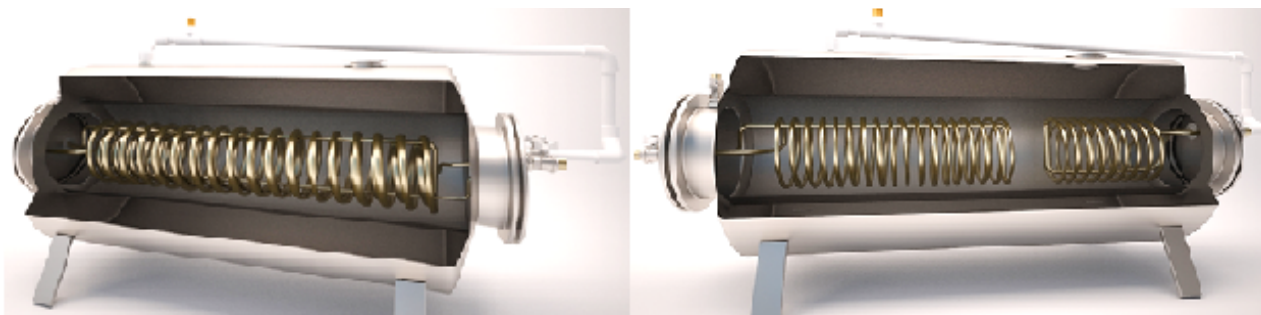


Рис. 1. Теплообмінники з паралельним та послідовним розташуванням змієвиків

При аналізі теплообмінників слід враховувати багато параметрів. Ефективним інструментом для проведення аналітичного порівняльного аналізу теплообмінних апаратів у такому випадку є математичні моделі та проведені на їхній основі імітаційне моделювання [6].

Формулювання цілей статті. Метою роботи є отримання на основі імітаційного моделювання найбільш важливих характеристик для порівняльного аналізу ефективності багатоконтурних теплообмінників з послідовним та паралельним розташуванням змійовиків.

Основна частина. Для наведених на рис. 1 конструкцій багатоконтурних теплообмінників з послідовним та паралельним розташуванням змійовиків автором в роботі [5] отримані статичні та динамічні моделі.

Для проведення імітаційного моделювання на базі отриманих моделей був обраний програмний модуль SolidWorks Flow Simulation системи SolidWorks [6]. Обраний модуль містить повноцінні інтегровані інструменти вирішення завдань аналізу динаміки процесів теплообміну, у яких забезпечується врахування спільної дії багатьох чинників: руху середовищ, теплопровідності тощо. Основними перевагами SolidWorks Flow Simulation при моделюванні і дослідженні теплообмінних апаратів є:

- можливість моделювання стаціонарного внутрішнього потоку рідини, вимушеної конвекції в ламінарному, перехідному та турбулентному режимах, а також можливість розрахунку траєкторій часток у потоку;
- вибір граничних умов: об'ємної витрати або швидкості на вході і на виході, температури на вході, нерухомі стінки з різних матеріалів;
- автоматичне створення розрахункової області і генерація сітки в ній, автоматичне налаштування параметрів розрахункової сітки для підвищення точності розрахунку зони теплопередачі, автоматична адаптація сітки до геометрії моделі і поля розв'язку;
- виведення результатів і візуалізація у формі різнокольорових епюр на площині або поверхні, тривимірних траєкторій течії, розподілів будь-якої характеристики вздовж кривої; анімації результатів тощо.

Також слід зазначити, що модуль SolidWorks Flow Simulation не розрізняє геометричну суть об'єктів, створених в SolidWorks або імпортованих в його базовий модуль, що дало

можливість повноцінного використання розроблених автором конструкцій у системі AutoCAD. В основі розрахункових алгоритмів SolidWorks Flow Simulation лежить метод кінцевих елементів (МКЕ), що дозволяє з максимальною ефективністю створювати моделі об'єктів із складною геометрією за допомогою розрахункових алгоритмів, вбудованих у систему проектування.

Для паралельної конструкції теплообмінника був змодельований температурний режим кожного контура. Виявлено падіння температури на великій площі посередині конструкції теплообмінника (рис. 2), що є також недоліком цієї конструкції. Встановлено також, що контур системи опалення розташований у найбільш гарячій температурній ділянці первинного контура. Цей фактор сприяє нагріву теплоносія до 77 °С у змійовику системи опалення (рис. 3). Ця температура виявляється вищою ніж нормативна температура подачі до споживача. Крім того, встановлено, що оскільки в паралельній конструкції змійовик системи гарячого водопостачання розташований ближче до низькотемпературної ділянки первинного контуру (рис. 4), тому температура теплоносія не прогривається до нормативних 55 °С. Для ефективної роботи цієї конструкції треба збільшувати площу змійовика системи гарячого водопостачання на 8 витків або діаметр.

Для первинного контура системи з послідовним розташуванням отримано графічне зображення руху та зміни температури в первинному контурі (рис. 5). Встановлено, що радіальний рух теплоносія сприяє обтіканню змійовиків та максимальній передачі теплоти в контурі гарячого водопостачання (рис. 6). Візуалізація контуру системи гарячого водопостачання (рис. 7) демонструє прогрів та рух теплоносія до бака-акумулятора, у якому температура є відносно стабілізованою.

Для конструкції з послідовним розташуванням змійовиків змодельовано температурний режим усіх контурів теплообмінного апарата. Розрахунок первинного контура (рис. 5, 8) показав падіння температури в середині на 10 °С. У контурі системи опалення (рис. 7) спостерігається поступовий нагрів теплоносія до нормативної температури. Отже, конструкція теплообмінного апарату з послідовним розташуванням змійовиків показала кращу здатність для теплообміну, оскільки обидва контури догріваються до нормативної температури згідно з теоретичними розрахунками [5].

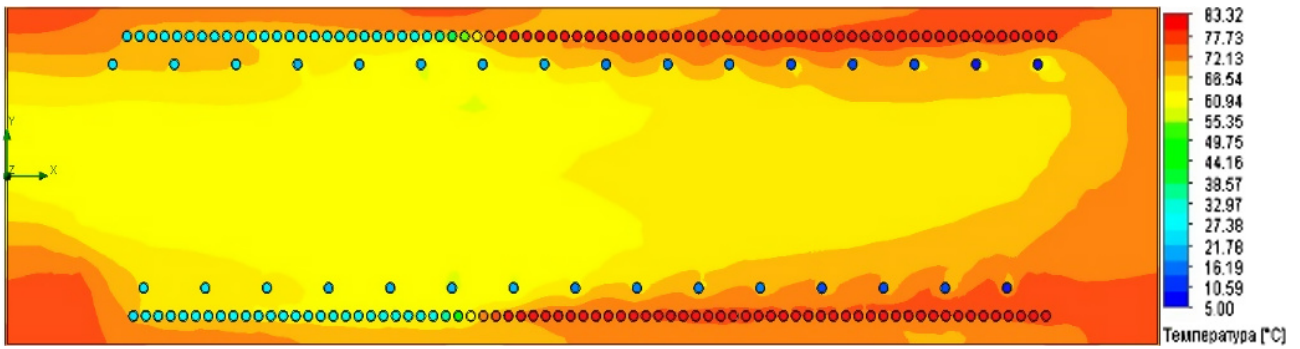


Рис.2. Модель поширення теплоти в контурі, що гріє, паралельного теплообмінника

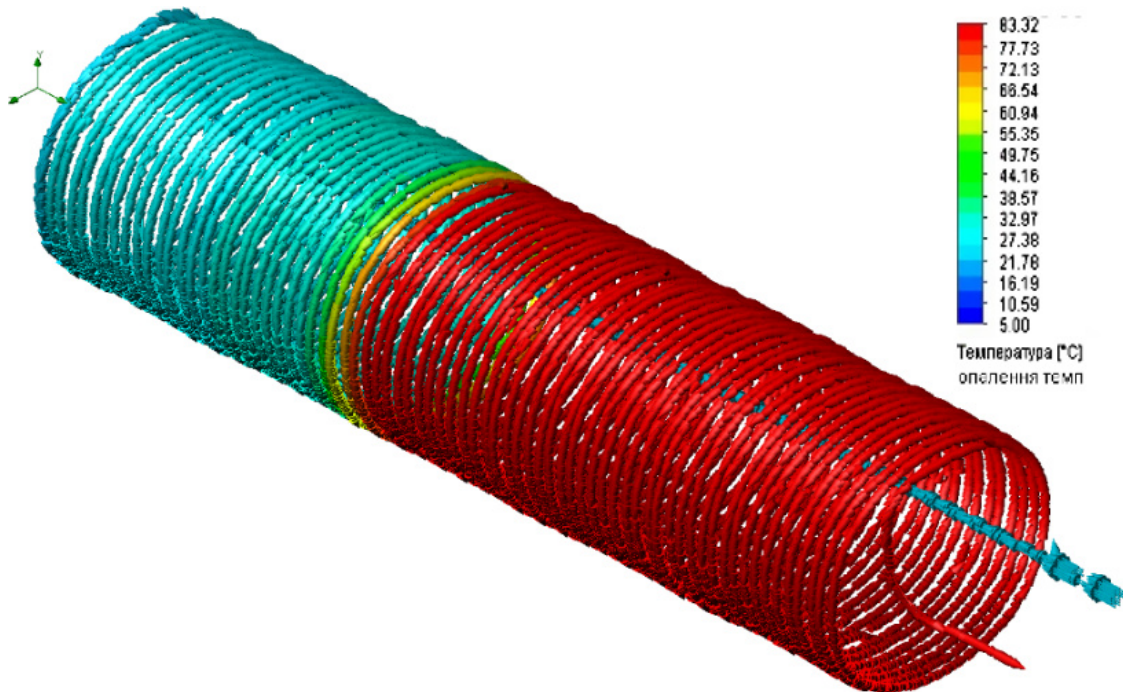


Рис. 3. Моделювання поширення теплоти в контурі опалення паралельного теплообмінника

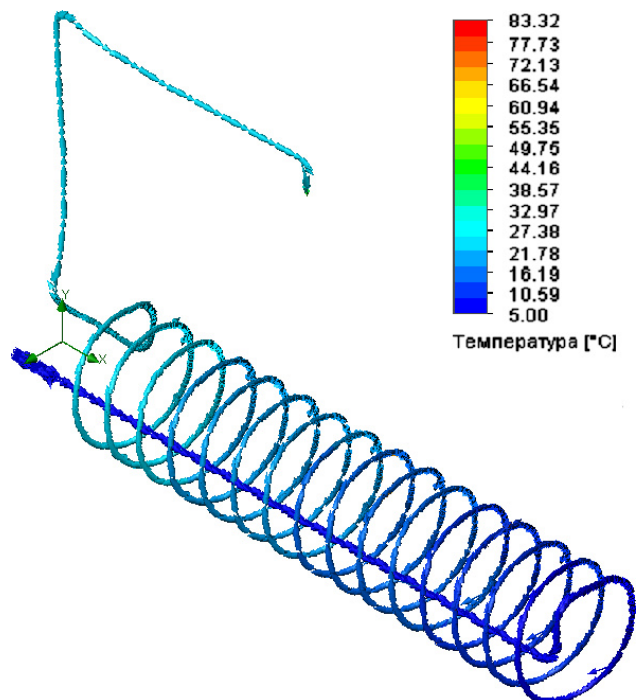


Рис.4. Модель руху в контурі системи гарячого водопостачання

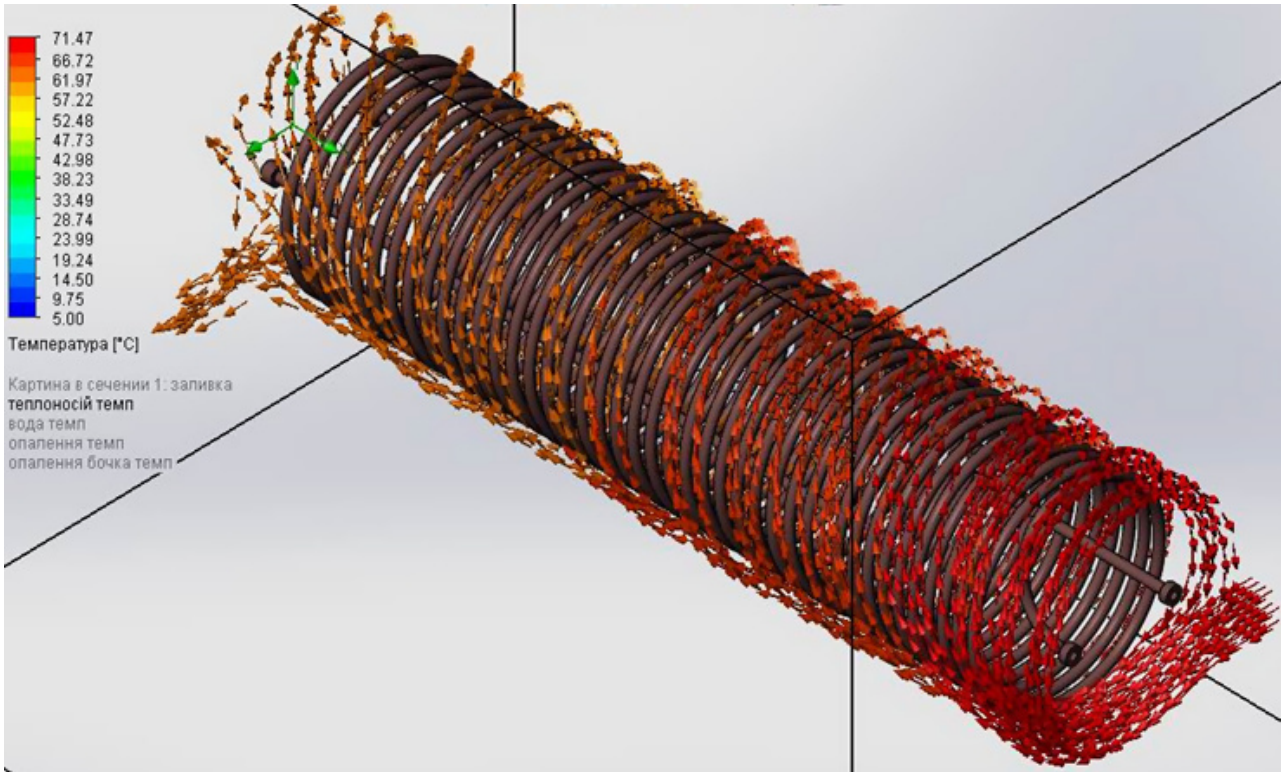


Рис 5. Графічне зображення руху та температурної зміни у первинному контурі

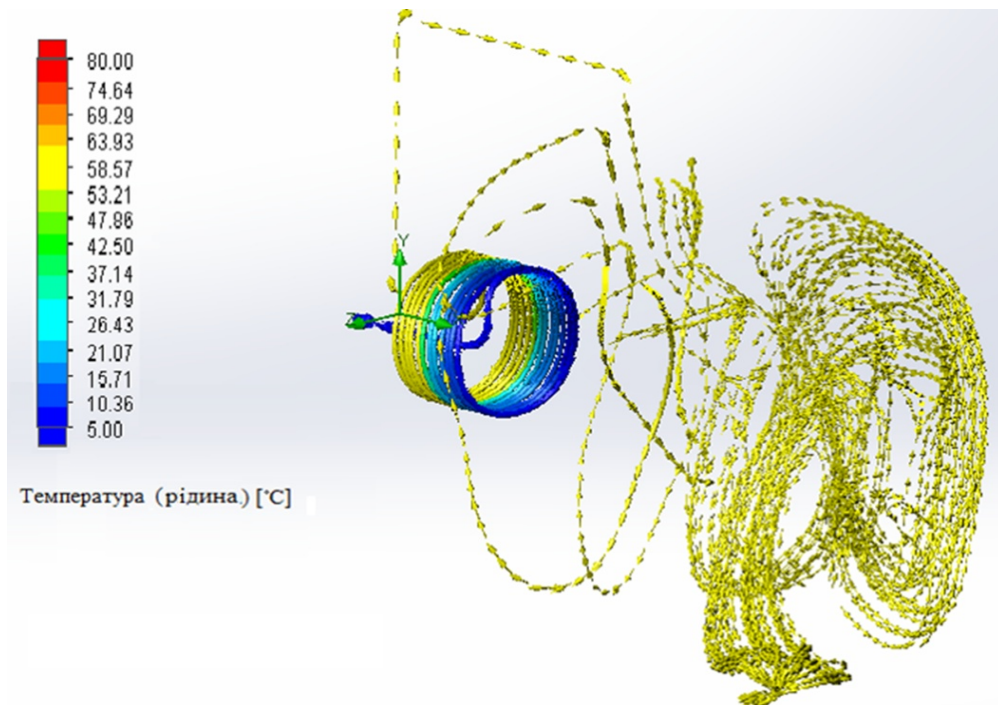


Рис 6. Моделювання поширення теплоти в контурі гарячого водопостачання

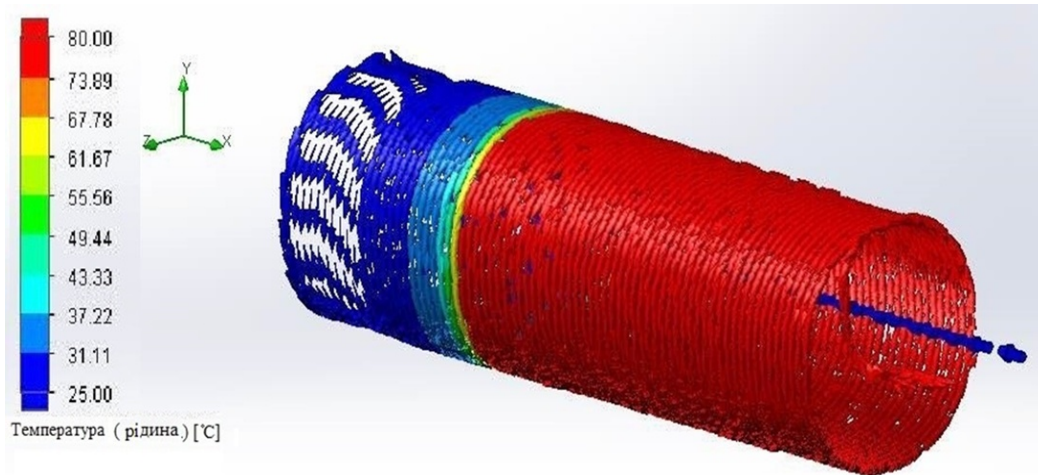


Рис 7. Моделювання поширення теплоти в контурі опалення теплообмінника з послідовним розташуванням змійовиків

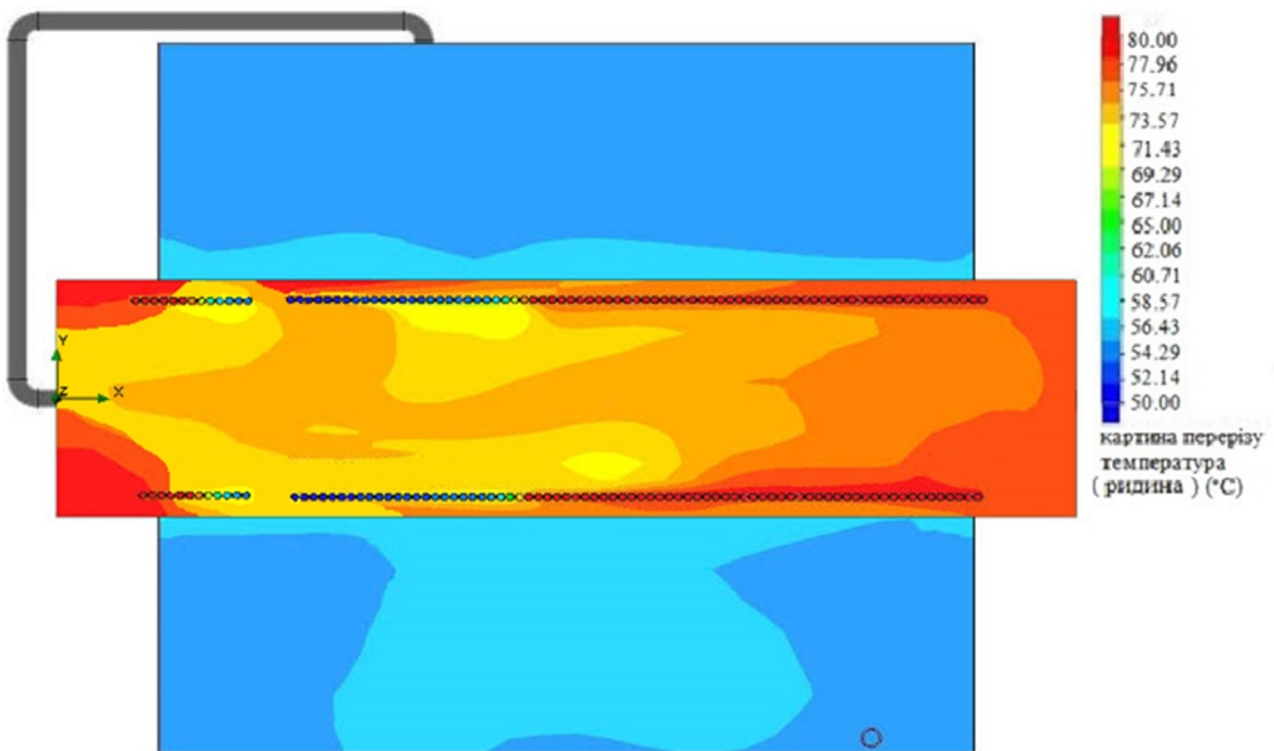


Рис.8. Графічне зображення теплообміну в теплообмінному апараті з акумулювальною ємністю

Висновки. Моделювання створених автором моделей багатоконтурних теплообмінників з послідовним та паралельним розташуванням змійовиків у SolidWorks Flow Simulation з урахуванням умов, зазначених у роботах [7, 8], показало, що при тих же параметрах змійовиків обох конструкцій швидкість нагріву теплоносія гарячої води в теплообміннику з послідовним розташуванням змійовиків вище, що можна пояснити безпосереднім контактом з первинним теплоносієм. Крім того, встановле-

но, що в теплообміннику з послідовним розташуванням змійовиків габарити бака-акумулятора можуть бути більше ніж для паралельного розташування, що значно підвищує стабільність температурного режиму подачі гарячої води.

Перспективи подальших досліджень. У подальшій перспективі робота обраного теплообмінного апарату буде вдосконалена за рахунок приладів автоматизації.

Література

1. Василенко С. М. Теплообмінні апарати. Основи розрахунку та вибору : Навч. посіб. для студ. техн. спец. / С. М. Василенко, В. В. Шутюк. – 2000. – 36 с.
2. Тепло- и массообменные аппараты и установки промышленных предприятий : Учеб. пособие по курсовому проектированию и самостоятельной работе студентов : В 2-х ч / под ред. Б.А. Левченко. – В 2-х ч. – Харьков: ХГПУ, 1999. – Ч.1. – 420 с.
3. Пат. 72193 Україна МПК^{2006.01} F24D 11/00. Симетричний розбірний теплообмінник змієвикового типу для систем опалення та гарячого водопостачання / Шитікова І. Г., Горделюк А. А., Олексюк А. О. ; власник І. Г. Шитікова. – № U201200987 ; заявл. 31.01.2012 ; опублік. 10.08.2012 бюл. №15. – 4 с.
4. Пат. 81831 Україна МПК^{2006.01} F24D 11/00. Багатоконтурний теплообмінний апарат змієвикового типу для незалежних систем опалення та гарячого водопостачання / Шитікова І. Г., Олексюк А. О. ; власник І. Г. Шитікова. – № 201301303 ; заявл. 04.02.2013 ; опублік. 10.07.2013 бюл. №13. – 4 с.
5. Шитікова І. Г. Математичне моделювання та оптимізація конструкції теплообмінника змієвикового типу: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 01.05.02 / Шитікова І. Г.; Національна академія наук України, Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору – Київ, 2016. – 22 с.
6. Алямовский А. А. SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике / А. А. Алямовский, А. А. Собачкин, Е. В. Одицов и др. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2008. – 1040 с.
7. Сеймов В. М. Колебания и волны в слоистых средах / В. М. Сеймов, А. Н. Трофимчук, О. А. Савитский. – Киев: Наукова думка, 1990. – 224 с.
8. Олексюк А. А. Динамические характеристики подогревательно-аккумуляторных установок / А. А. Олексюк А. М. Трофимчук, И. Г. Шитикова // Журнал обчислювальної та прикладної математики. – 2016. – №1(121). – с. 78-88.

References

1. Vasylenko S. M., Shutiuk V. V. *Teploobminni aparaty. Osnovy rozrakhunku ta vyboru.* 2000.
2. Levchenko B. A. *Teplo- i massoobmennye apparaty i ustanovki promyshlennykh predpriatii : Ucheb. posobiie po kursovomu proektirovaniuu i samostoiatelnoi rabote studentov.* Ch. 2. KHGPU, 1999.
3. Shitikova I. G., Gordeliuk A. A., Oleksyuk A. O. «Symetrychnyi rozbirnyi teploobminnyk zmievkovogo typu dlia system opalennia ta gariachogo vodopostachannia.» Patent of Ukraine 72193. 10 October 2012.
4. Shitikova I. G., Oleksyuk A. O. «Bagatokonturnyi teploobminnyi aparat zmievkovogo typu dlia nezaleznykh system opalennia ta gariachogo vodopostachannia.» Patent of Ukraine 81831. 10 July 2013.
5. Shitikova I. G. *Matematychnе modeliuвання та optymizatsiia konstruksii teploobminnyka zmievkovogo typu.* Diss. abstract. Kyiv Institute of telecommunications and global information space, 2016.
6. Alyamovsky A. A., Sobachkin A. A., Oditsov E. V., Kharitonov A. I., Ponomarev N. B. *Computernoe modelirovanie v inzhenernoi praktike.* BHV-Peterburg, 2008.
7. Seimov V. M., Trofimchuk A. N., Savitsky O. A. *Kolebaniia i volny v sloistykh sredakh.* Naukova Dumka, 1990.
8. Oleksiuk A. A., Trofimchuk A. M., Shytikova I. G. “Dynamicheskie kharakteristiki podogrevatelno-akkumulirovaniykh ustanovok.” *Zhurnal obchyliuvalnoi ta prykladnoi matematyky*, vol. 1, no. 121, 2016, pp. 78-141.

УДК 697.33

Сравнение эффективности теплообменников змеевикового типа

И. Г. Шитикова¹

¹к.т.н., м.н.с. Институт телекоммуникаций и глобального информационного пространства НАН Украины, г. Киев, Украина., irinashitikova54@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрена саморегулирующаяся система теплоснабжения от индивидуальных тепловых пунктов с аккумуляторной установкой и теплообменниками змеевикового типа для независимых систем отопления и горячего водоснабжения. Выполнено сравнение двух конструктивных моделей теплообменных аппаратов для систем индивидуального теплоснабжения: с параллельным и последовательным расположением змеевиков. Для этого использован расчётно-моделирующий комплекс на базе CFD-моделирования. Приведены условия моделирования. В результате определена оптимальная конструкция для достижения максимальной теплопередачи. Показано, что при одинаковых параметрах скорость нагрева теплоносителя горячей воды при последовательном расположении змеевиков выше благодаря непосредственному контакту с первичным теплоносителем. В теплообменнике с последовательным расположением змеевиков бак-аккумулятор может быть принят большего объёма чем для параллельного расположения, что стабилизирует температурный режим горячей воды.

Ключевые слова: теплообменник змеевикового типа, конструкции с параллельным и последовательным расположением змеевиков, моделирующий комплекс.

UDC 697.33

Comparison of the Efficiency of the Coiled-Type Heat Exchangers

I. Shitikova¹,

¹PhD of Engineering, Junior Researcher. Institute of Telecommunications and Global Information Space of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine, irinashitikova54@gmail.com

Abstract. In the article, the self-regulating heat supply system from individual heat points with heat storage devices and coil-type heat exchangers for independent heating and hot water supply systems is considered. A comparison of two constructive models of heat exchangers for the individual heat supply systems is performed: with parallel and serial arrangement of coils. For this purpose, a computational simulation complex, based on CFD-simulation, has been used. The simulation conditions are presented. As a result, an optimal design has been determined to achieve maximum heat transfer. It is shown that under the same parameters, the heating rate of the hot water heating medium with serial arrangement of the coils is higher due to direct contact with the primary heat carrier. In the heat exchanger with the serial arrangement of coils, the heat storage device of larger volume than for a parallel arrangement can be used, which stabilizes the temperature conditions of hot water.

Keywords: heat exchanger of coiled type, structures with parallel and sequential arrangement of coils, simulation complex.

Надійшла до редакції / Received 30.08.2017