

Національна академія наук України
Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору

ШИТІКОВА ІРИНА ГЕННАДІЇВНА

УДК 519.6; 697.3

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ
ТЕПЛООБМІННИКА ЗМІЄВИКОВОГО ТИПУ

01.05.02 - математичне моделювання та обчислювальні методи

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ 2016

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Інституті телекомунікацій і глобального інформаційного простору Національної академії наук України, м. Київ.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор,
член-кореспондент НАН України
Трофимчук Олександр Миколайович,
Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного
простору НАН України, м. Київ,
виконуючий обов'язки директора.

Офіційні опоненти: доктор фізико-математичних наук, професор,
член-кореспондент НАН України
Никифорович Євген Іванович,
завідувач відділу моделювання гідротермічних
процесів Інституту гідромеханіки
НАН України;

кандидат технічних наук, професор
Довгалик Володимир Борисович,
завідувач кафедри теплогазопостачання
та вентиляції Київського національного
університету будівництва та архітектури.

Захист відбудеться «1» листопада 2016 р. о 13⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д26.255.01 Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України за адресою: 03186, Київ 186, Чоколівський бульвар, 13, ауд. 601.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України за адресою: 03186, Київ 186, Чоколівський бульвар, 13.

Автореферат розісланий _____ вересня 2016

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради, к.т.н.



Лебідь О.Г

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Розвиток і вдосконалення енергозберігаючих технологій в сучасних теплообмінних системах, що включають велику кількість підсистем і зв'язків між ними, багато в чому стримуються відсутністю методів розрахунку і сучасних комп'ютерних комплексів, що дозволяють адекватно прогнозувати стан таких систем у всьому діапазоні навантажень обладнання. Перелік невирішених питань щодо вдосконалення систем централізованого тепlopостачання вимагає проведення наукових досліджень і розробки рекомендацій для їх практичного застосування. Тому підвищення ефективності роботи і експлуатації тепlopостачальних систем за рахунок розробки нових моделей установок і впровадження ресурсозберігаючих технологій є досить актуальною науково-технічною проблемою. В цьому сенсі однією з перспективних моделей теплообмінних апаратів є розглянута в даній роботі модель багатоконтурного теплообмінника змієвикового типу з акумулюючою ємністю.

Успішне розв'язання задач розрахунку і оптимізації теплообмінних процесів у багатоконтурних теплообмінних апаратах (ТА), так само як і самих апаратів, вимагає розробки і дослідження відповідних адекватних математичних моделей і систем імітаційного моделювання. Забезпечення цього дозволить розширити арсенал ефективних засобів аналізу такого типу складних систем та процесів в них та оптимізувати конструкцію теплообмінного апарату.

Вирішенню цієї проблеми присвячені роботи багатьох відомих вчених, таких як: Агєєв К.В., Алямовський А. О., Вабищевич П. М., Василенко С.М., Ганжа А.М., Голінко І.М., Довгалюк В.Б., Кубрак А.І., Лимаренко О.М., Михєєв М. О., Никифорович Є.І., Олексюк А.О., Самарський О.А., Тараненко О.О., Шутюк В.В., Sadawarte Y., Rajashree T., Taler D., Slota D., Crepeau C.

Роботи вітчизняних вчених розкривають питання моделювання теплових установок і не охоплюють питання оптимізації теплообмінних установок для роботи від геотермальних джерел і застосування їх у системах опалення та гарячого водопостачання. Широкому впровадженню таких систем заважають як проблеми природного характеру, зокрема глибина залягання води, її висока мінералізація, далека відстань до споживача, так і відсутність математичного забезпечення щодо створення, розрахунку та оптимізації багатоконтурних теплообмінних апаратів, орієнтованих на використання геотермальних джерел. Таким чином, розробка математичних моделей та оптимізація параметрів конструкцій багатоконтурних теплообмінних апаратів змієвикового типу з акумулюючою ємністю, орієнтованих як на традиційні, так і на геотермальні системи опалення і гарячого водопостачання є актуальним науково-технічним завданням.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертація виконана у 2012-2016 роках відповідно до науково-дослідницької роботи та дослідно-конструкторської роботи Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору, де виконувалися науково-технічні роботи за темами: «Розробка обчислювальних технологій моделювання нестационарних фізичних процесів» 2013-2015pp., (№ держреєстрації 0112U007538); «Дослідження

асиміляційного потенціалу поверхневих вод геологічного середовища та приземної атмосфери в умовах техногенезу» (2014-2016рр., № держреєстрації 0113U004982).

Напрямок, мета і завдання дисертаційної роботи відповідають змісту Енергетичної стратегії України на період до 2030 року (затвердженій розпорядженням Кабінету Міністрів України від 27 липня 2006 р.)

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є розробка математичних моделей, чисельних методів розрахунку процесу тепломасообміну та оптимізація ефективних рішень конструкції теплообмінних апаратів для незалежної системи опалення та гарячого водопостачання.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішуються наступні завдання:

1. На основі порівняльного аналізу існуючих типів і конструкцій теплообмінників обґрунтувати вибір трьохконтурного змієвикового теплообмінника з акумулюючою ємністю як основного об'єкта дослідження.
2. Побудувати загальний алгоритм імітаційного моделювання теплообмінних апаратів в різних режимах роботи з метою розрахунку параметрів і оптимізації конструкції теплообмінного апарату.
3. Розробити статичні математичні моделі багатоконтурних теплообмінників в стаціонарному режимі з метою розрахунку базових параметрів теплообмінника.
4. Розробити динамічні математичні моделі нових конструкцій трьохконтурних теплообмінників з паралельним і послідовним розташуванням змієвиків для дослідження в нестационарних режимах роботи.
5. Розробити ітеративну чисельну процедуру параметричної ідентифікації моделей теплообмінника в стаціонарних режимах роботи.
6. Дослідити експериментальний зразок з трьохконтурним змієвиковим теплообмінником з акумулюючою ємністю.

Об'єкт дослідження – процеси складного теплообміну в підігрівально-акумуляторній установці (ПАУ) з трьохконтурним теплообмінником змієвикового типу.

Предмет дослідження – математичні моделі і методи моделювання трьохконтурних теплообмінників змієвикового типу для незалежних систем опалення та гарячого водопостачання.

Методи дослідження. Для розв'язання поставлених задач було застосовано методи математичного моделювання систем з розподіленими параметрами для формалізації задач оптимізації параметрів теплообмінного апарату; методи математичної обробки результатів чисельного та натурального експериментів; метод синтезу програмно-апаратних спеціалізованих моделюючих пристроїв для підвищення ефективності розв'язання задач моделювання і оптимізації конструкції.

Наукова новизна отриманих результатів.

Наукова новизна отриманих в дисертаційній роботі результатів полягає у наступному:

1. Розроблено статичні математичні моделі теплообмінників змієвикового типу для незалежних місцевих систем опалення та гарячого водопостачання від індивідуального теплового пункту з ПАУ, за допомогою яких запропонована математична модель загального розрахунку конструктивних параметрів теплообмінних апаратів змієвикового типу.

2. Розроблено динамічні математичні моделі нових конструкцій трьохконтурних теплообмінників з паралельним і послідовним розташуванням змієвиків, що в рамках імітаційного моделювання дає можливість оптимізувати конструктивні параметри і режими роботи теплообмінних апаратів.

3. Вперше розроблена чисельна процедура параметричної ідентифікації математичних моделей теплообмінних апаратів в стаціонарних режимах роботи, яка базується на методах Ньютона-Рафсона та послідовних наближень і є, на відміну від існуючих, ефективним практичним інструментом для оптимізації конструктивних параметрів теплообмінних апаратів.

4. Встановлено температурні залежності від конструктивних параметрів, які отримані шляхом проведення експериментів на науково-дослідному стенді і стали основою розрахунку оптимальних конструкцій теплообмінних апаратів для реальних систем гарячого водопостачання і опалення.

5. Вдосконалено конструкцію теплообмінника змієвикового типу з метою підвищення його теплоефективності за рахунок зменшення металоємності контурів і визначення оптимальної довжини установки, яка складає 2,2 – 3 м.

Практичне значення результатів дослідження. Одержані результати можуть бути застосовані для: підвищення ефективності експлуатації багатоконтурних теплообмінних установок на індивідуальних теплових пунктах для незалежних систем опалення та гарячого водопостачання; реконструкції теплових пунктів та модернізації теплового фонду; дослідження теплообмінних установок змієвикового типу.

Впровадження математичних моделей, чисельних методів ідентифікації та оптимізації параметрів ТА підтверджується довідками та актами про їх використання у науковій і проектно-конструкторській діяльності: при модернізації житлового фонду, публічному акціонерному товаристві «Центренерго» Трипільська ТЕС (акт впровадження від 11.05.2016); при розробці методики дослідження теплообмінних процесів, міжгалузевої регіональної корпорації «Теплоенергія» (акт впровадження від 15.05.2013); 4-ма патентами на корисну модель.

Особистий внесок здобувача. Всі результати, які складають основний зміст дисертації, автор отримав самостійно. У наукових працях, опублікованих із співавторами, дисертанту належать такі результати:

- у роботі [1] зроблено спрощення динамічної математичної моделі процесу нагріву стінок, контурів та теплоносіїв теплообмінної установки;
- у роботі [2] автором на основі здобутих розрахунків отримано співвідношення ексергетичного та термічного коефіцієнту корисної дії;
- у роботах [4,7] автором наведені дослідження контуру системи опалення в теплообміннику змієвикового типу на дослідно- експериментальному стенді.
- у роботі [5] автором зроблено порівняння швидкості первинного теплоносія та кількості теплоти при різних температурах;
- у роботі [6] автором розписані рівняння теплового балансу усіх контурів;
- у роботі [8] зроблені розрахунки математичних моделей;
- у роботі [9] зроблено розрахунок габаритних розмірів конструкції;
- у роботі [10] автором розроблена візуалізація розрахункової сітки для моделі трьохконтурного теплообмінника, зроблена градація процесу нагріву та руху рідини;

- у патенті на корисну модель [11] автором запропонований апаратний принцип реалізації процесу формування теплоізоляції;
- у патентах на корисну модель [12,13] автором запропонована схема будови конструкції теплообмінної установки;
- у патенті на корисну модель [14] автором запропонований склад напilenня поліетилентерафталату;

Апробація результатів дисертації. Про основні положення дисертаційної роботи доповідалося й обґрунтовувалося на XVI Міжнародній конференції «Проблеми інформатики і моделювання» (Одеса 2016); на Всеукраїнській науково-практичній конференції «Проблеми енергоресурсозбереження в промисловому регіоні. Наука і практика», секція «Енергозбереження в теплоенергетичних установках і системах» (Маріуполь, 2016); на щорічних науково-технічних конференціях Донбаської національної академії будівництва і архітектури (м. Макіївка, 2012 – 2014 р.)

Публікації. Основні результати дисертаційної роботи викладені в 17 друкованих наукових працях, в тому числі 9 статей у наукових фахових виданнях України, 1 стаття у науковому фаховому виданні іноземної держави, 3 - матеріалів у збірниках наукових праць міжнародних науково-практичних конференцій в Україні, 4 патенти України на корисні моделі.

Структура роботи. Дисертаційна робота викладена на 116 сторінках друкованого тексту основної частини, яка складається зі вступу, чотирьох розділів та висновків. Повний обсяг дисертації складає 146 сторінок і включає 45 рисунків, 3 таблиці, список використаних джерел із 115 найменувань на 13 сторінках та 11 додатків на 13 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовані мета і завдання наукового дослідження, викладена наукова новизна, практична цінність і реалізація результатів роботи.

У **першому розділі** наведена класифікація та розглянуті типові конструкції існуючих теплообмінних апаратів (ТА), обґрунтовано вибір багатоконтурного теплообмінника змієвикового типу з акумулюючою ємністю як основний об'єкт дослідження. Поряд з його конструктивними та експлуатаційними перевагами вагоме значення має те, що, у зв'язку з енергетичною кризою в Україні, актуальним постає питання енергоресурсозбереження, зокрема, за рахунок геотермальних джерел, які вимагають періодичного очищення поверхонь нагріву, а саме такі теплообмінники з цієї точки зору зручні в експлуатації.

В результаті аналізу існуючих теплообмінних установок зроблено висновок, що існуючі конструкції не володіють усіма якостями для ефективного функціонування.

Основною особливістю ТА є перерозподіл тепла між системами опалення та гарячого водопостачання та поєднання трьох контурів з акумулюючою ємністю. Ця конструктивна особливість дає можливість постійного підтримання температури акумулюючої ємності та заощаджує робочий простір за рахунок відмови від окремо встановлених ємностей та теплообмінника. З метою забезпечення адекватності

розрахункових процедур реальним процесам наведені технічні характеристики багатоконтурного теплообмінника змієвикового типу з акумулюючою ємністю, обґрунтовано необхідність в розробці математичних моделей, методів розрахунку та імітаційного моделювання подібних пристроїв.

Сформульовано мету і завдання дослідження, які полягають у вивченні математичних моделей та методів розрахунку процесу теплообміну та імітаційного моделювання ТА.

У **другому розділі** розробляються статичні і динамічні математичні моделі багатоконтурних ТА змієвикового типу різних конструкцій. Зокрема, розглядається нова конструкція симетричного розбірного теплообмінника змієвикового типу для систем опалення і гарячого водопостачання будівель різної поверховості, робота якої здійснюється наступним чином: первинний теплоносій надходить в міжтрубний простір теплообмінника, утворений корпусом і змієвиковими трубками. Віддавши свою теплоту через поверхні змієвиків систем опалення, гарячого водопостачання і поверхню корпусу бака-акумулятора повертається до джерела теплоти. Вода, яка знаходиться у водопроводі, поступає в змієвик системи гарячого водопостачання, де нагрівається до температури 55-60°C, після чого зливається в акумулюючу ємність, з якої витрачається на потреби гарячого водопостачання. По другому змієвику постійно циркулює вода системи опалення за допомогою безшумного насоса.

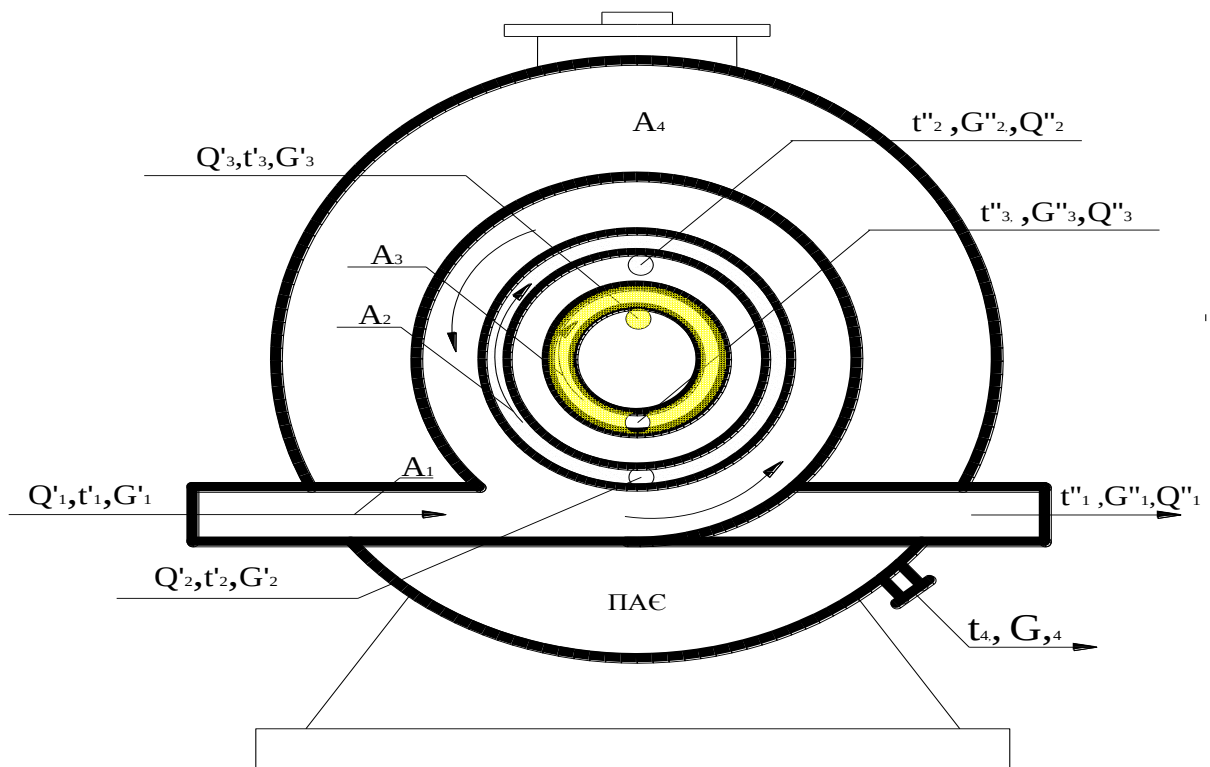


Рис.1. Перетин ПАУ для незалежних систем опалення та гарячого водопостачання

Відповідно до конструкції теплообмінної установки (рис. 1) та процесу тепломасопереносу розроблені статичні моделі для незалежних систем опалення і гарячого водопостачання від альтернативного джерела теплоти, засновані на спільному вирішенні системи рівнянь теплового балансу і рівнянь теплопередачі.

$$\begin{cases} Q_{1-2} = k_1 \cdot D_2 (t_1^{cp} - t_2^{cp}) \\ Q_{1-3} = k_2 \cdot D_3 (t_1^{cp} - t_3^{cp}) \\ Q_{1-4} = k_2 \cdot D_1 (t_1^{cp} - t_4^{cp}) \\ Q_2 = G_2 \cdot c_2 (t_2^I + t_2^{II}) \\ Q_3 = G_3 \cdot c_3 (t_3^I + t_3^{II}) \\ Q_4 = G_4 \cdot c_4 (t_1^{cp} + t_4^{cp}) \end{cases} \quad (1)$$

де: $t_1^{cp} = 0,5(t_1^I + t_1^{II})$, $t_2^{cp} = 0,5(t_2^I + t_2^{II})$, $t_3^{cp} = 0,5(t_3^I + t_3^{II})$, $t_4^{cp} = 0,5(t_4^I + t_4^{II})$ – середня температура теплоносія у відповідному контурі.

Рівняння (1) – є системою рівнянь з дванадцятьма невідомими величинами:

Q_{1-2} , Q_{1-3} , Q_{1-4} , D_2 , D_3 , D_1 , G_2 , t_2^I , t_2^{II} , G_4 , Q_2 , Q_4 .

У наведених рівняннях величину t_2^I можна прийняти рівною t_2 згідно з особливостями конструкції ТА. Звідси, за умовою завдання, величина ($t_2^{II} - t_2^I$) має бути близькою до нуля. Відхилення її від нуля може служити мірою обґрунтованості допустимих спрощень. Якщо ($t_2^{II} - t_2^I$) < 0, то необхідно збільшити теплообмінну поверхню змійовика опалювального контуру ТА, а якщо ($t_2^{II} - t_2^I$) > 0, тоді теплообмінну поверхню можна не змінювати, а зменшити витрату первинного теплоносія G_1 . Задаючи частину відомих конструктивних параметрів можливо визначити інші по заданим стаціонарним температурним режимам (конструктивний розрахунок).

Методика розрахунку ТА включає дві частини: конструктивний розрахунок, наведений вище, і перевірочний розрахунок з двох рівнянь теплового балансу:

$$\begin{cases} 1. G_1 \cdot c_1 (t_1^I - t_1^{II}) = G_2 \cdot c_2 (t_2^{II} - t_2^I) + G_3 \cdot c_3 (t_3^{II} - t_3^I) + G_4 \cdot c_4 (t_4^{II} - t_4^I) + G_4 \cdot c_4 (t_4^{II} - t_{om}); \\ 2. k_{заг} \cdot \sum D \cdot \Delta t_{cp} = k_1 \cdot D_2 (t_1^{cp} - t_2^{cp}) + k_2 \cdot D_3 (t_1^{cp} - t_3^{cp}) + k_3 \cdot D_1^{TO} (t_1^{cp} - t_4^{cp}) + k_4 \cdot D_4^{TA} (t_4^{cp} - t_{om}) \end{cases} \quad (2)$$

де G_1 , G_2 , G_3 , G_4 – витрати теплоносіїв, що нагріваються, у позначеному контурі, кг/с; c_1 , c_2 , c_3 , c_4 – теплоємкості теплоносіїв, що нагріваються, у контурі; t_1^I , t_2^I , t_3^I , t_4^I – температура на вході у контур; t_1^{cp} , t_2^{cp} , t_3^{cp} , t_4^{cp} – середні температури теплоносіїв позначених контурів; t_1^{II} , t_2^{II} , t_3^{II} , t_4^{II} – температура на виході контуру; $t_{от}$ – температура оточення теплообмінного апарата; D_1^{TO} , D_2 , D_3 і D_4^{TA} – діаметри першого, другого, третього і четвертого контурів ТА; k_1 , k_2 , k_3 , k_4 – витрати тепла першого, другого, третього і четвертого контурів; $k_{заг}$ – загальні витрати тепла; A_n – поперечні перетини контурів.

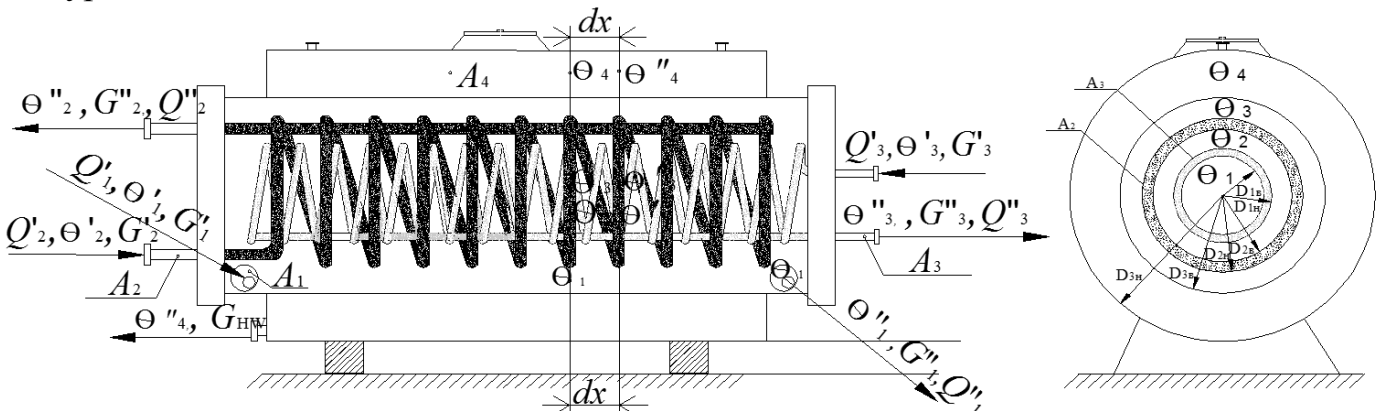


Рис.2. Температурні ділянки конструкції теплообмінника

Для дослідження нестационарних режимів роботи багатоконтурних теплообмінників змієвикового типу в роботі розроблені динамічні математичні моделі теплообмінників з паралельним і послідовним розташуванням змієвиків. В першому випадку теплообмінник має вигляд, наведений на рис.1. Для цього теплообмінника згідно рис. 2 отримана наведена нижче система рівнянь (3)-(5).

Для першого шагу ($i=1$), з врахуванням граничних умов, рівняння для контуру системи опалення мають вигляд:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{d\theta_{11}}{d\tau} &= -\left(\frac{\varpi_1}{\Delta x_1/2} + \frac{\pi \cdot D_{1н} \cdot \alpha_{11}}{A_1 \cdot \rho_1 \cdot c_{p_1}} \right) \cdot \theta_{11} + \frac{\varpi_1}{\Delta x_1/2} \cdot \theta_1' + \frac{\pi \cdot D_{1н} \cdot \alpha_{11}}{A_1 \cdot \rho_1 \cdot c_{p_1}} \cdot \theta_{cm.11}; \\ \frac{d\theta_{cm.11}}{d\tau} &= -\frac{\alpha_{11} + \alpha_{12}}{x_{cm.1} \cdot \rho_{cm.1} \cdot c_{cm.1}} \cdot \theta_{cm.11} + \frac{\alpha_{11}}{x_{cm.1} \cdot \rho_{cm.1} \cdot c_{cm.1}} \cdot \theta_{cm.11} + \frac{\alpha_{12}}{x_{cm.1} \cdot \rho_{cm.1} \cdot c_{cm.1}} \cdot \theta_{11}; \\ \frac{d\theta_{21}}{d\tau} &= -\left(\frac{\varpi_2}{\Delta x_1/2} + \frac{\pi \cdot D_{2с} \cdot \alpha_{21}}{A_2 \cdot \rho_2 \cdot c_{p_2}} \right) \cdot \theta_{21} - \frac{\varpi_2}{\Delta x_1/2} \cdot \theta_2' + \frac{\pi \cdot D_{2с} \cdot \alpha_{21}}{A_2 \cdot \rho_2 \cdot c_{p_2}} \cdot \theta_{cm.11}. \end{aligned} \right. \quad (3)$$

Для контуру системи гарячого водопостачання при $i=1$:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{d\theta_{11}}{d\tau} &= -\left(\frac{\varpi_1}{\Delta x_1/2} + \frac{\pi \cdot D_{1с} \cdot \alpha_{21}}{A_1 \cdot \rho_1 \cdot c_{p_1}} \right) \cdot \theta_{11} + \frac{\varpi_1}{\Delta x_1/2} \cdot \theta_1' + \frac{\pi \cdot D_{1с} \cdot \alpha_{21}}{A_1 \cdot \rho_1 \cdot c_{p_1}} \cdot \theta_{cm.21}; \\ \frac{d\theta_{cm.21}}{d\tau} &= -\frac{\alpha_{21} + \alpha_{22}}{x_{cm.2} \cdot \rho_{cm.2} \cdot c_{cm.2}} \cdot \theta_{cm.11} + \frac{\alpha_{21}}{x_{cm.2} \cdot \rho_{cm.2} \cdot c_{cm.2}} \cdot \theta_{11} + \frac{\alpha_{22}}{x_{cm.2} \cdot \rho_{cm.2} \cdot c_{cm.2}} \cdot \theta_{31}; \\ \frac{d\theta_{31}}{d\tau} &= -\left(\frac{\varpi_3}{\Delta x_1/2} + \frac{\pi \cdot D_{3н} \cdot \alpha_{31}}{A_3 \cdot \rho_3 \cdot c_{p_3}} \right) \cdot \theta_{31} - \frac{\varpi_3}{\Delta x_1/2} \cdot \theta_3' + \frac{\pi \cdot D_{3н} \cdot \alpha_{31}}{A_3 \cdot \rho_3 \cdot c_{p_3}} \cdot \theta_{cm.21}. \end{aligned} \right. \quad (4)$$

Для теплоносіїв третього і четвертого контурів при $i=1$:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{d\theta_{31}}{d\tau} &= -\left(\frac{\varpi_3}{\Delta x_1/2} + \frac{\pi \cdot D_{3с} \cdot \alpha_{31}}{A_3 \cdot \rho_3 \cdot c_{p_3}} \right) \cdot \theta_{31} + \frac{\varpi_3}{\Delta x_1/2} \cdot \theta_3' + \frac{\pi \cdot D_{3с} \cdot \alpha_{31}}{A_3 \cdot \rho_3 \cdot c_{p_3}} \cdot \theta_{cm.31}; \\ \frac{d\theta_{cm.31}}{d\tau} &= -\frac{\alpha_{31} + \alpha_{32}}{x_{cm.3} \cdot \rho_{cm.3} \cdot c_{cm.3}} \cdot \theta_{cm.31} + \frac{\alpha_{31}}{x_{cm.3} \cdot \rho_{cm.3} \cdot c_{cm.3}} \cdot \theta_{31} + \frac{\alpha_{32}}{x_{cm.3} \cdot \rho_{cm.3} \cdot c_{cm.3}} \cdot \theta_{41}; \\ \frac{d\theta_{41}}{d\tau} &= -\left(\frac{\varpi_4}{\Delta x_i} + \frac{\pi \cdot D_{3н} \cdot \alpha_{41}}{A_4 \cdot \rho_4 \cdot c_{p_4}} \right) \cdot \theta_{41} - \frac{\varpi_4}{\Delta x_1/2} \cdot \theta_4' + \frac{\pi \cdot D_{3н} \cdot \alpha_{41}}{A_4 \cdot \rho_4 \cdot c_{p_4}} \cdot \theta_{cm.31}. \end{aligned} \right. \quad (5)$$

Для протічії теплоносіїв θ_1 та θ_2 ; θ_1 та θ_3 ; θ_3 та θ_4 – граничним шагом є n-й шаг.

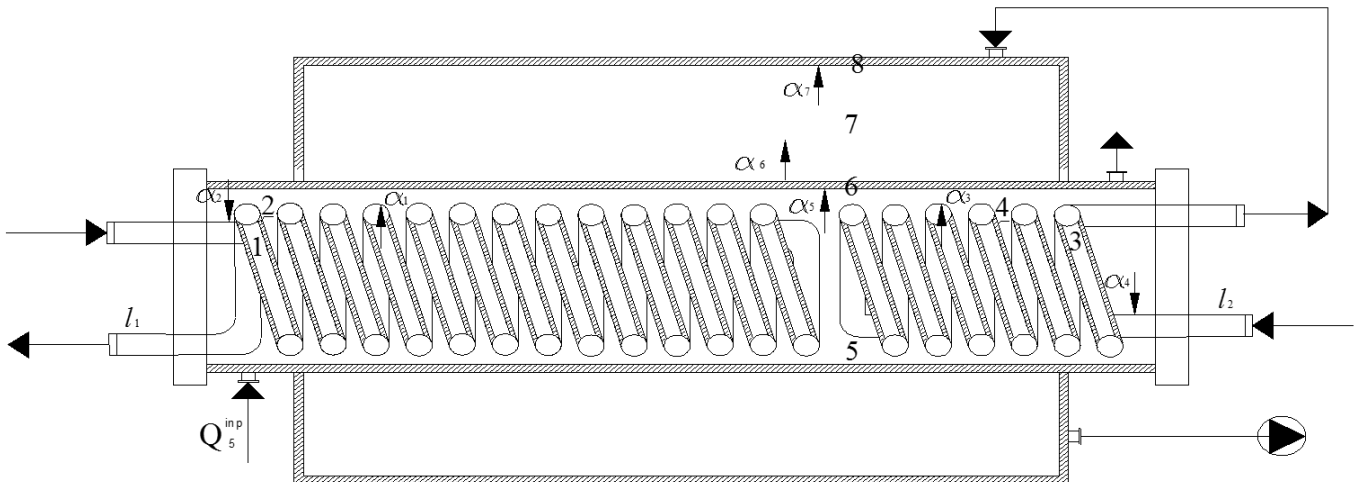


Рис. 3. Схема температурних ділянок та напрямку поширення тепла у конструкції теплообмінника

У другому випадку теплообмінника, наведеного на рис. 3, розроблена динамічна математична модель має вигляд рівнянь (6). При цьому, як і в першому випадку, вважається, що теплоносії у трубах і міжтрубному просторі не змінюють свого фізичного стану. Також вважається, що щільність води практично не залежить від температури та тиску в межах очікуваних діапазонів температур. Крім того, режим руху теплоносіїв у трубах приймається за поршневий режим (режим ідеального витиснення), а теплоносій у міжтрубному просторі ідеально перемішується.

$$\left\{ \begin{array}{l} T_1 \frac{\partial \theta_1(x_1, \tau)}{\partial \tau} + T_1 \omega_1 \frac{\partial \theta_1}{\partial x_1} + \theta_1(x_1, \tau) = \theta_2(x_1, \tau) \\ T_2 \frac{\partial \theta_2(x_1, \tau)}{\partial \tau} + \theta_2(x_1, \tau) = b_0 \theta_1(x_1, \tau) + b_1 \theta_5(\tau) \\ T_3 \frac{\partial \theta_3(x_2, \tau)}{\partial \tau} + T_3 \omega_2 \frac{\partial \theta_3}{\partial x_2} + \theta_3(x_2, \tau) = \theta_4(x_2, \tau) \\ T_4 \frac{\partial \theta_4(x_2, \tau)}{\partial \tau} + \theta_4(x_2, \tau) = b_2 \theta_4(x_2, \tau) + b_3 \theta_5(\tau) \\ T_5 \frac{\partial \theta_5(\tau)}{\partial \tau} + \theta_5(\tau) = \frac{b_4}{l_1} \int_0^{l_1} \theta_2(x_1, \tau) \partial x_1 + \frac{b_5}{l_2} \int_0^{l_2} \theta_4(x_2, \tau) \partial x_2 + b_5 \theta_5(\tau) + b_6 \theta_{5,inp} \\ T_6 \frac{\partial \theta_6(\tau)}{\partial \tau} + \theta_6(\tau) = b_7 \theta_5(\tau) + b_8 \theta_7(\tau) \\ T_7 \frac{\partial \theta_7(\tau)}{\partial \tau} + \theta_7(\tau) = b_9 \theta_6(\tau) + b_{10} \theta_7(\tau) + \theta_3(l_2, \tau) \\ T_8 \frac{\partial \theta_8(\tau)}{\partial \tau} + \theta_8(\tau) = b_4 \theta_7(\tau) + b_{12} \theta_5(\tau) \end{array} \right. \quad (6)$$

де θ – температура; τ – час; x – просторова координата; l – довжина теплообмінника (труб); c – теплоємність теплоносія; θ^i – температура на вході у ємність; α – коефіцієнт теплообміну між теплоносієм та внутрішньою поверхнею стінки; ω – швидкість; $i=1, \dots, 8$.

$$T_1 = \frac{S_1 \rho_1 c_1}{\alpha_1 p_1}, \quad T_2 = \frac{S_2 \rho_2 c_2}{\alpha_1 p_1 + \alpha_2 p_2}, \quad T_3 = \frac{S_3 \rho_3 c_3}{\alpha_3 p_3}, \quad T_4 = \frac{S_4 \rho_4 c_4}{\alpha_4 p_4 + \alpha_3 p_3}, \quad T_5 = \frac{S_5 \rho_5 c_5}{\alpha_5 p_5 + \alpha_2 p_2 + \alpha_4 p_4},$$

$$T_6 = \frac{S_6 \rho_6 c_6}{\alpha_6 p_6 + \alpha_5 p_5}, \quad T_7 = \frac{S_7 \rho_7 c_7}{\alpha_7 p_7 + \alpha_6 p_6}, \quad T_8 = \frac{S_8 \rho_8 c_8}{\alpha_8 p_8 + \alpha_7 p_7}, \quad b = \frac{\alpha p}{S \rho c},$$

де p – периметр поперечного перерізу; S – площа поперечного перерізу.

У **третьому розділі** побудована система імітаційного моделювання, яка дозволяє, на відміну від існуючих, моделювати широке коло тепломасообмінних процесів з графічною інтерпретацією отриманих результатів і дозволяє оптимізувати параметри ТА в інтерактивному режимі.

Методика розрахунку базових конструктивних параметрів, проєктованих теплообмінників змієвикового типу, представлена вище у розділі 2 та орієнтована на існуючі стандарти, досвід проєктувальника і відомі прототипи, які дають зазвичай лише наближені до оптимальних конструктивні значення параметрів. Тому в даному випадку, як і у випадку вже експлуатованих теплообмінників, великий інтерес представляє задача параметричної ідентифікації стаціонарних моделей теплообмінників, яка є практичним інструментом проєктування майбутніх конструкцій, аналізу існуючих конструкцій і їх ефективною модернізацією. Нижче

запропонована чисельна процедура параметричної ідентифікації стаціонарних моделей теплообмінників змієвикового типу, яка заснована на поєднанні методів Ньютона-Рафсона та послідовних наближень.

Процедура ідентифікації параметрів носить ітеративний характер і може бути представлена як алгоритм отримання значень на поточному кроці по значенням попереднього кроку $\bar{Y}_K = f(\bar{Y}_{K-1})$. Цілеспрямована корекція ідентифікованих параметрів можлива лише на основі використання інформації про їх вплив на роботу теплообмінника. Мірою виконання цієї умови є середньоквадратичні нев'язки $\bar{Q}_K$ між розрахунковим і теплоенергетичним показниками та реальними на існуючому теплообміннику. Ці нев'язки $\bar{Q}_K$ залежать від конструктивних параметрів $\bar{Y}$, що ідентифікуються, змінних стану теплообмінника $\bar{X}$ і незмінних конструктивних параметрів $\bar{Z}$ теплообмінника. Прирівнюючи нев'язки до нуля, отримуємо систему рівнянь:

$$(\bar{Q}(\bar{Y}, \bar{X}, \bar{Z})) = 0 \quad (7)$$

Для розв'язку даної системи використовуємо метод Ньютона-Рафсона. У цьому випадку, ітеративна процедура формується так, що на кожній ітерації визначається адитивна похибка $\Delta\bar{Y}_K$, тобто $\bar{Y}_K = \bar{Y}_{K-1} + \Delta\bar{Y}_K$. $\Delta\bar{Y}_K$ – є рішенням лінійного алгебраїчного рівняння

$$G_K = A_K \cdot \Delta\bar{Y}_K, \quad (8)$$

де A_K – матриця Якобі виду. Визначення елементів A_K матриці Якобі виконується чисельно шляхом послідовного варіювання кожного з конструктивних параметрів $\bar{Y}_K$ і визначення відповідних неузгодженостей $\bar{Q}_K$. Параметри рахуються визначеними, якщо виконується умова: $I = \frac{\sum_{K=1}^n Q_K}{n} \leq \varepsilon$, де n – число ітерацій; ε – задана допустима похибка.

Дана чисельна процедура входить до складу програмного забезпечення системи імітаційного моделювання разом з іншими програмними процедурами і розробленими математичними моделями ТА в стаціонарних і нестаціонарних режимах роботи.

Для стаціонарних режимів роботи підігрівально-акумуляторної установки з незалежними системами опалення і гарячого водопостачання було проведено імітаційне моделювання з дослідження згладжування "піків" на графіку нерівномірності споживання гарячої води в житлових будинках, що дозволило отримати початкові дані для складання методики розрахунку ПАУ.

Крім того, на основі імітаційного моделювання показників теплообмінних стаціонарних процесів в контурах опалення та гарячого водопостачання, були отримані залежності коефіцієнтів теплопередачі в теплообмінниках змієвикового типу при зміні витрати і швидкості теплоносія опалювального контуру, що нагрівається (рис. 4).

У результаті аналізу ефективності теплообміну в багатоконтурних ТА змієвикового типу для незалежних систем опалювання і гарячого водопостачання, величина коефіцієнтів теплопередачі, знаходиться в межах 2000....2800 Вт/(м² °С).

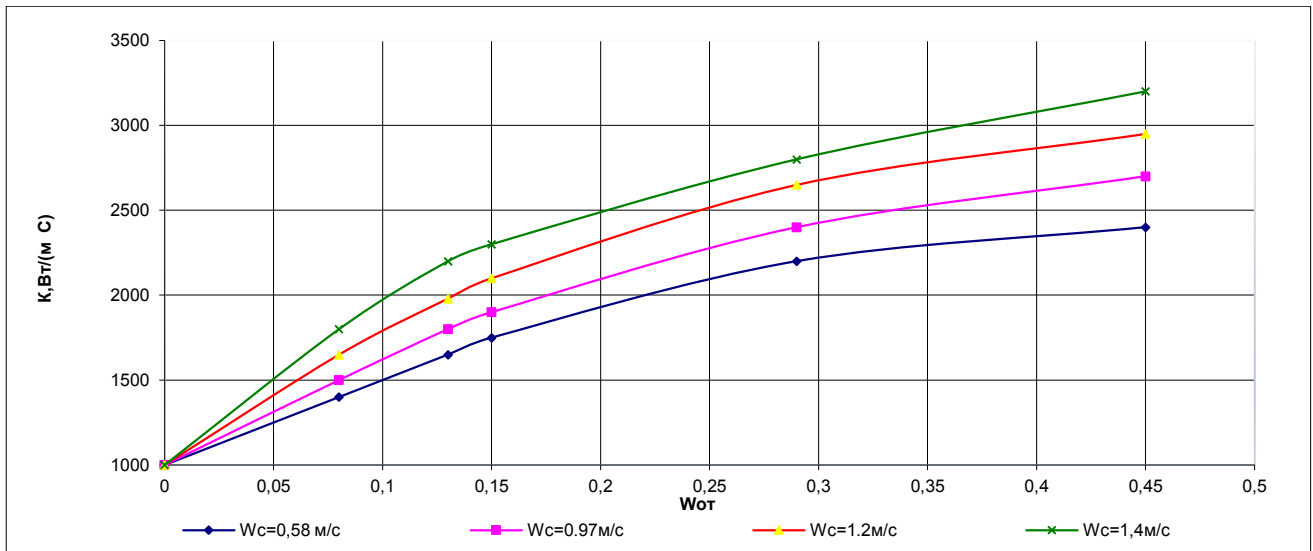


Рис. 4. Залежності коефіцієнтів теплопередачі в теплообміннику змієвикового типу при зміні витрати і швидкості теплоносія опалювального контуру, що нагрівається.

В разі моделювання процесів теплообміну в системі імітаційного моделювання виробляється так звана дискретизація простору і часу, при якому геометрія об'єкту розбивається на розрахункові комірки, а час процесу на розрахункові тимчасові інтервали.

Алгоритм моделювання гідродинамічних процесів в теплообмінному апараті включає наступні основні етапи:

- імпорт заздалегідь створеної розрахункової параметричної трьохвимірної моделі теплообміну в CFD-систему;
- завдання граничних умов;
- вибір моделей, які представляють фізичні явища, що відбуваються в рідких середовищах;
- вибір методу обчислення.

Рішення задачі гідродинамічного моделювання дозволяє отримати температуру і продуктивність, яка забезпечується модулем Solidworks flow simulation. Результати моделювання використовуються при ухваленні проектного рішення для конструкції теплообмінника залежно від поверховості будівлі. Вибір системи обумовлений великими можливостями аналізу потоку рідин, що забезпечуються обраним модулем Solidworks flow simulation системи Solidworks. Повністю вбудований в SolidWorks 3D CAD, інтерфейс цього модуля дозволяє моделювати потоки рідин з урахуванням геометрії теплообмінника, властивостей навколишнього середовища і умов протікання теплообмінних процесів.

Крім можливості чисельного рішення диференціальних рівнянь у частинних похідних з фіксуванням значень досліджуваних параметрів, система імітаційного моделювання дозволяє графічно відобразити процеси змішування і пересування теплообмінних мас води як в кожному контурі, так і в акумулюючому баку. Так, на рис. 5 і рис. 6 графічно представлені зазначені вище процеси для аналізу руху в контурі системи гарячого водопостачання.

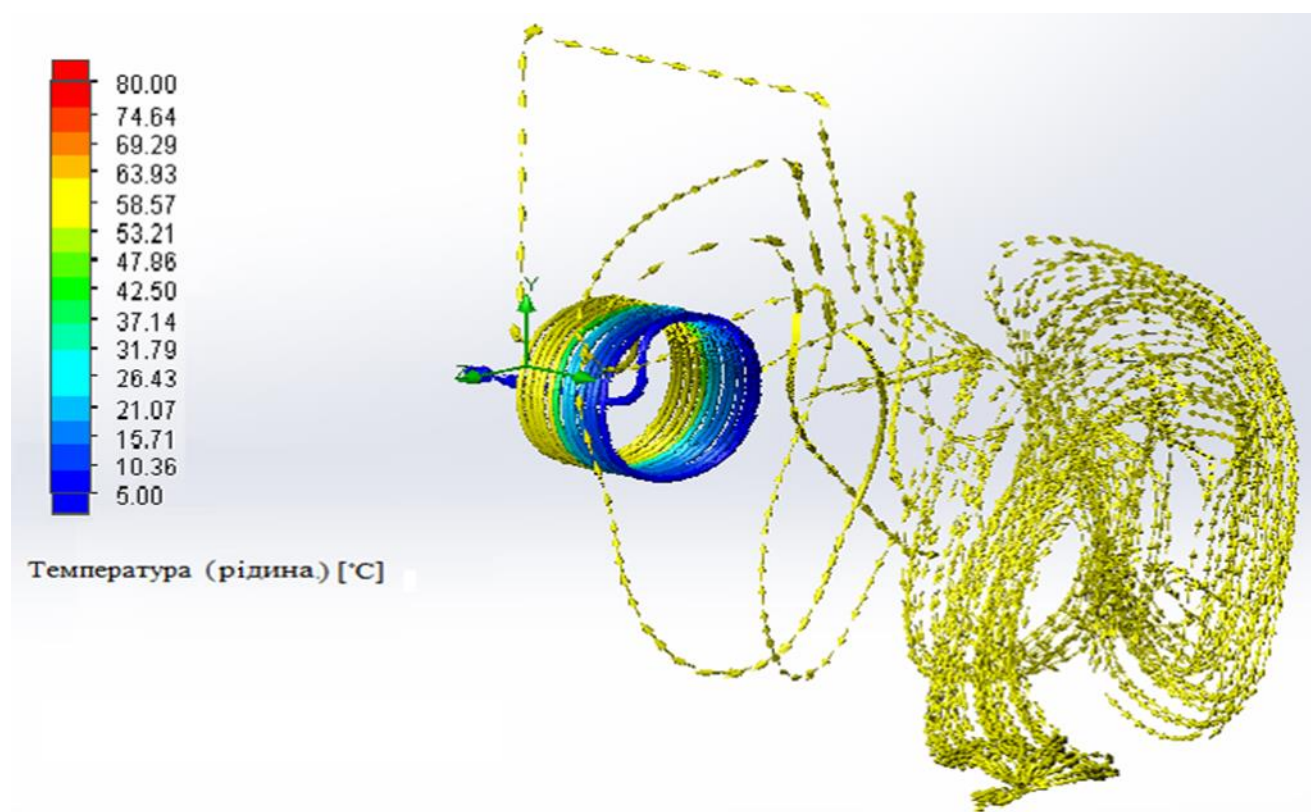


Рис. 5. Моделювання руху в контурі системи гарячого водопостачання

Важливим етапом імітаційного моделювання теплообмінних апаратів було дослідження динаміки зміни температурних полів як у контурах теплообмінників (рис. 6) , так і в акумулюючому баку (рис. 7).

Завдяки цій моделі було встановлено температурний перебіг усіх контурів теплообмінного апарату. Розрахунок первинного контуру (рис. 7) показав падіння температури в середині на 10°C. У контурі системи опалення (рис. 6) спостерігається поступовий нагрів теплоносія до нормативної температури.

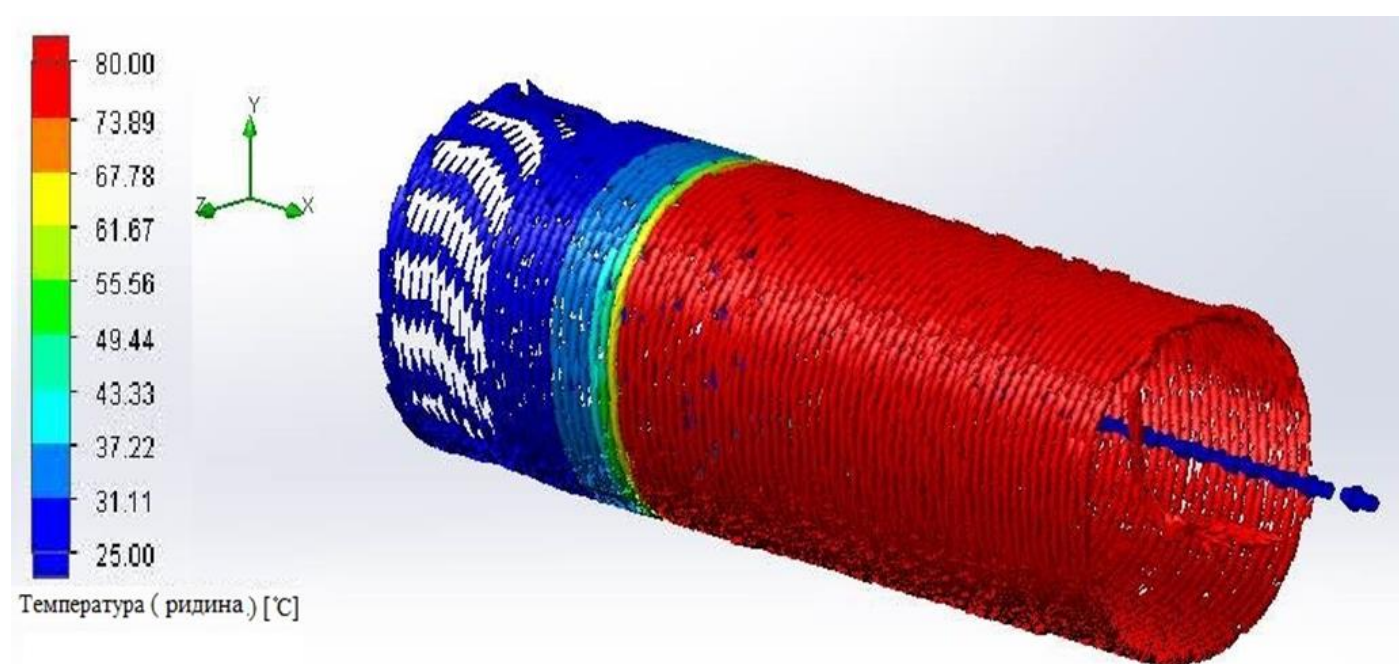


Рис.6. Моделювання поширення тепла в контурі опалення

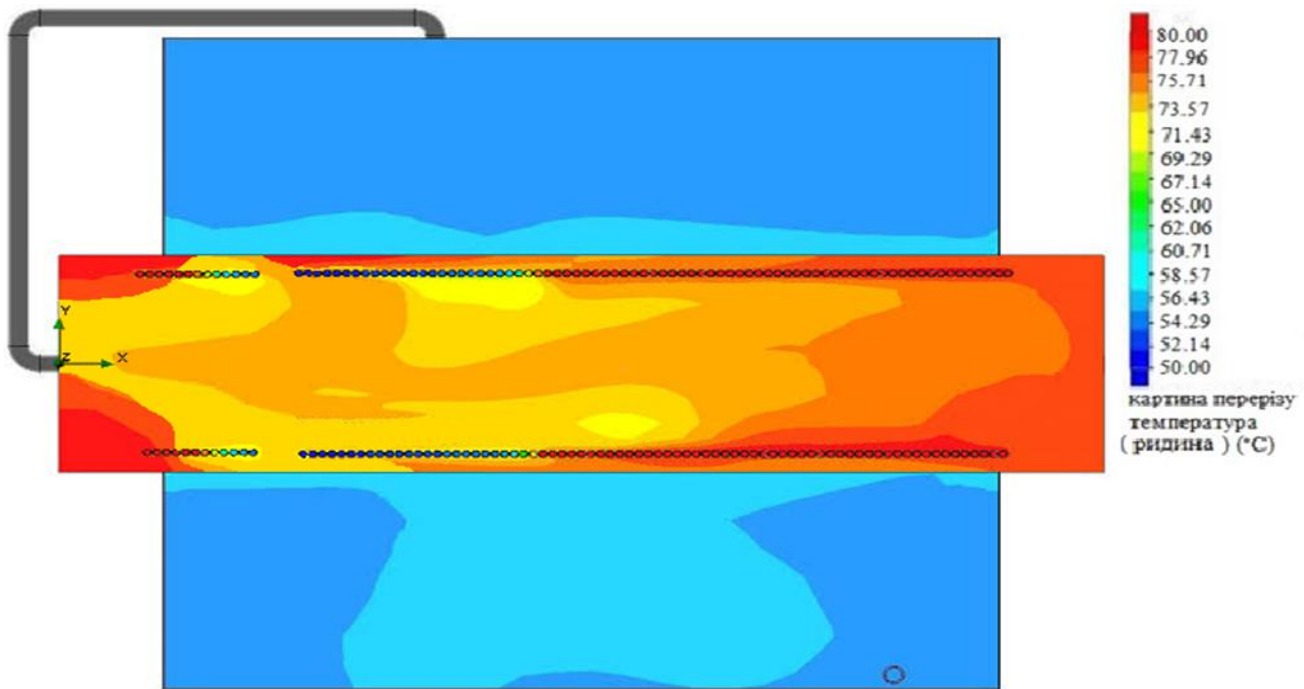


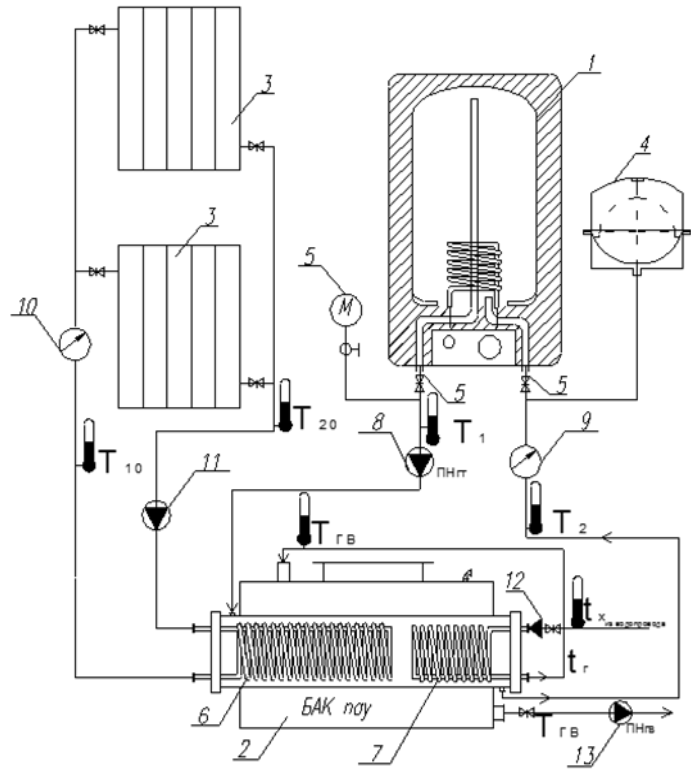
Рис.7. Моделювання теплообміну в ТА з акумулюючою ємністю.

Візуалізація контуру системи гарячого водопостачання (рис. 6) демонструє прогрів та перебіг теплоносія до акумулюючої ємності, в якій температура лише підтримується, що є підтвердженням теоретичних розрахунків по одній координаті.

У четвертому розділі представлена натурна модель дослідно-експериментального стенду теплообмінника змієвикового типу з акумулюючою ємністю (рис. 8). Наведено опис експериментальної установки, методику експерименту і обробки експериментальних даних.

При розробці нової конструкції ТА, в якій передбачені методи інтенсифікації теплообмінних процесів, виникає питання про оптимізацію його конструктивних і режимних параметрів. Вибір найкращих конструктивних характеристик і режимних параметрів може дати істотну економію капітальних витрат на проектування, виготовлення, монтаж, налагодження і експлуатаційні витрати на обслуговування, ремонт, споживання електричної енергії на переміщення теплоносіїв за час його повного терміну служби.

Однак формалізувати задачу їхньої оптимізації досить складно, оскільки процеси теплообміну і гідродинаміки, а також вартість апарату і експлуатаційні витрати, залежать від значної кількості різних факторів та існує безліч невизначеностей при виборі як цільової функції, так і можливих обмежень на незалежні змінні. Виходячи з цього, важливим є не тільки визначення оптимальних характеристик таких систем, але і створення універсального засобу оптимізації, що дозволяє конструювати оптимальний ТА для кожного конкретного об'єкта (групи однотипних об'єктів), або вибирати найкращий апарат із заданого типорозмірного ряду. З цієї точки зору, запропонований науково-дослідний стенд є ефективним практичним інструментом отримання оптимальних параметрів і конструкцій підігрівально-акумуляторної установки з багатоконтурним теплообмінником змієвикового типу як для незалежної системи опалювання, так і для системи гарячого водопостачання.



а) б)
Рис. 8. Натурна модель (б) і схема дослідно-експериментального стенду (а) теплообмінника змієвикового типу з акумулюючою ємністю,

– де: 1 - накопичувальний водопідігрівач (котел); 2 - бак – акумулятор; 3 - опалювальний прилад (радіатор); 4 - розширювальний мембранний бак; 5 - група безпеки (манометр, повітряний клапан, скидний клапан); 6 - змієвик опалювального контуру; 7 - змієвик контуру гарячого водопостачання; 8 - циркуляційний насос гріючого теплоносія; 9 - витратомір гріючого теплоносія; 10 - витратомір теплоносія на опалення; 11 - циркуляційний насос контуру опалення; 12 - витратомір холодної води; 13 - підвищувальна станція; 14 - термометр біметалевий радіальний (7шт.); 15 - шаровий кран.

За результатами проведеного експерименту були встановлені температурні залежності первинного теплоносія та підігріву контурів систем гарячого водопостачання та опалення (рис. 9). Представлені криві наочно показують значення теплопродуктивності змієвикового теплообмінника при зміні його витрати і швидкості теплоносія в міжтрубному просторі. Виміряні дані дозволяють визначити витрати і швидкості у змієвиках контурів систем опалювання і гарячого водопостачання. Чим менша швидкість тим менша різниця температур між контурами.

Встановлення залежності швидкості та температури впливає на зміну площі поверхні нагріву теплообмінних поверхонь ТА. Це доводить, що використання матеріалів з великою теплопровідністю є необхідним при створенні фізичної моделі. Встановлено, що при застосуванні індивідуальних теплових пунктів з підігрівально-акумуляторною установкою запропонованих в роботі конструкцій (з переходом на двотрубну систему тепlopостачання) навіть від районних котельних знижується металоемність системи на 30...35%.

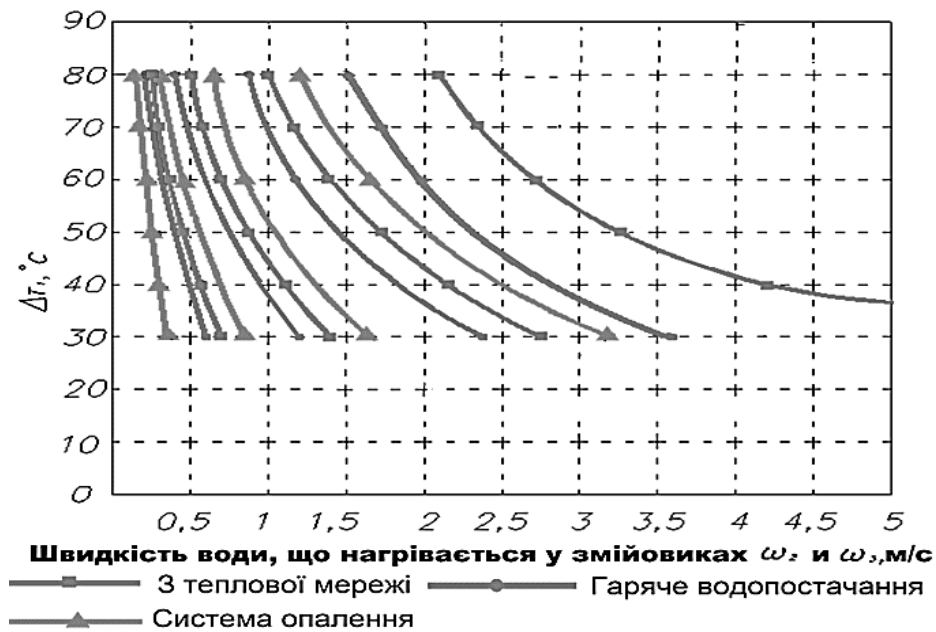


Рис. 9. Вплив зміни температури теплоносія на температуру нагріву вторинних теплоносіїв для систем опалювання та гарячого водопостачання.

Математичний розрахунок теплообмінного апарату робився з урахуванням малих теплових втрат за рахунок теплоізоляції, яка запатентована автором в Україні.

Крім того, доведено, що поєднання двох теплових поверхонь нагріву для незалежних систем опалення і гарячого водопостачання в одній конструкції ПАУ з двома змійовиками розміщеними усередині бака-акумулятора, повністю стабілізує роботу цих систем за рахунок перерозподілу їх теплових потоків протягом доби.

Визначені оптимальні розміри загальної конструкції ПАУ з трьохконтурним теплообмінником для індивідуального теплового пункту для забезпечення стабільного ефективного тепло масообміну. Оптимальна довжина ПАУ складає від 2,2 до 3,0 м. Такі конструкції ПАУ дозволяють приєднувати до теплової мережі будівлі підвищеної поверховості з обмеженою площею технічних приміщень. Це підвищує стійкість і надійність системи централізованого тепlopостачання при експлуатації і згладжує пікові навантаження на графіку добового водоспоживання в системі гарячого водопостачання.

Також доведено, що, використовуючи нову конструкцію змієвикового теплообмінника паралельного типу для систем індивідуального або централізованого тепlopостачання від теплового пункту з ПАУ, можна добитись збільшення теплопродуктивності за рахунок інтенсифікації теплообміну при одній і тій самій поверхні нагріву змійовиків для незалежних систем опалення і гарячого водопостачання. Крім того, використання таких змійовиків дозволяє спростити експлуатацію і обслуговування, оскільки кожен змійовик сполучений зі своїм торцевим фланцем. Змійовик системи опалення виконаний з більшим діаметром, а змійовик системи гарячого водопостачання виконаний з меншим діаметром, який вільно входить всередину змійовика системи опалення, а з протилежного боку, сполученим з правим фланцем теплообмінника.

ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі вирішена актуальна науково-технічна задача - розробка математичних моделей, чисельних методів розрахунку процесу тепломасообміну та оптимізація ефективних рішень конструкції теплообмінних апаратів для незалежної системи опалення та гарячого водопостачання. Основні результати дисертаційної роботи полягають у наступному:

1. На основі аналізу існуючих конструкцій теплообмінних апаратів і теплообмінників різного типу обґрунтовано висновок, що запропоновані в роботі нові трьохконтурні змієвикові теплообмінники з акумулюючою ємністю ефективніші за існуючі і для широкого впровадження потребують розробки математичних моделей, чисельних методів розрахунку процесу тепломасообміну та оптимізації ефективних рішень побудови їхніх конструкцій.
2. Розроблено статичні математичні моделі теплообмінників змієвикового типу для незалежних місцевих систем опалення та гарячого водопостачання від індивідуального теплового пункту з підігрівально-акумуляторною установкою, на основі яких запропонована математична модель загального розрахунку конструктивних параметрів теплообмінних апаратів.
3. Запропоновано математичні моделі нових конструкцій трьохконтурних теплообмінників з паралельним і послідовним розташуванням змієвиків, що в рамках імітаційного моделювання дає можливість оптимізувати конструктивні параметри і режими роботи теплообмінних апаратів.
4. Побудовано алгоритм імітаційного моделювання, який дозволяє, на відміну від існуючих, моделювати широке коло тепломасообмінних процесів з графічною інтерпретацією отриманих результатів і дозволяє оптимізувати параметри теплообмінних апаратів в інтерактивному режимі, а саме визначити рекомендації щодо їх водопостачання і номінальні температурні показники в контурах опалення і гарячого постачання води при їх використанні в житловому комунальному господарстві.
5. Розроблена чисельна процедура параметричної ідентифікації математичних моделей теплообмінних апаратів в стаціонарних режимах роботи, яка базується на методах Ньютона-Рафсона і послідовних наближень та є, на відміну від існуючих, ефективним практичним інструментом для оптимізації конструктивних параметрів теплообмінних апаратів.
6. Побудовано і досліджено натурний дослідно-експериментальний стенд підігрівально-акумуляторної установки з теплообмінником змієвикового типу. Визначено оптимальні розміри загальної конструкції підігрівально-акумуляторної установки з трьохконтурним теплообмінником для індивідуальних теплових пунктів для забезпечення стабільного ефективного тепломасообміну. Оптимальна довжина підігрівально-акумуляторної установки складає від 2,2 до 3,0 м. Такі конструкції підігрівально-акумуляторної установки дозволяють приєднувати до теплової мережі будівлі підвищеної поверховості. Це підвищує стійкість і надійність системи централізованого тепlopостачання при експлуатації і згладжує пікові навантаження на графіку добового водоспоживання в системі гарячого водопостачання.

7. Доведено, що, використовуючи нову конструкцію змієвикового теплообмінника для систем індивідуального або централізованого теплопостачання від індивідуального теплового пункту з підігрівально-акумуляторною установкою, можна добитись збільшення теплопродуктивності за рахунок інтенсифікації теплообміну при одній і тій самій поверхні нагріву змієвиків для незалежних систем опалення і гарячого водопостачання. Оптимізовано діаметр трубки змієвика гарячого водопостачання до 8 мм, що зменшує металоємність контуру і залишає нормативною температуру 55°C при незмінній температурі гріючого контуру 80°C.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Шитикова И. Г. Динамические характеристики подогревательно-аккумуляторных установок / А. А. Олексюк, А. М. Трофимчук, И. Г. Шитикова // Обчислювальна і прикладна математика. – 2016. – №1(121). – С. 78-88.
2. Shytikova I. G. The constructive calculation of heating-accumulating unit with the heat exchanger of a coiled type and the regulation conditions influence on the thermic and exergic efficiency factors size / Shytikova I., Trofymchuk O., Oleksiuk A. // Journal of Energy and Power Engineering by David Publishing Company located at 3592 Rosemead Blvd #220, Rosemead, CA 91770, USA. –2016.– С. 288-291
3. Шитикова И. Г. Дослідження теплообмінних процесів, які протікають в контурах систем опалення та гарячого водопостачання, в теплообмінному апараті змієвикового типу // Вісник Приазовського державного технічного університету. – 2016. – №32. – С. 80-85.
4. Шитикова И. Г. Экспериментальные исследования путей интенсификации теплообмена в трехконтурных теплообменниках змеевикового типа для независимых систем отопления и ГВС / И. Г. Шитикова, А. А. Олексюк // Вісник ДонНАБА. –2015. – №5. – С. 98-104.
5. Шитикова И. Г. Моделирование теплообмена в теплообменнике змеевикового типа для независимых систем отопления и горячего водоснабжения / А. А. Олексюк, И. Г. Шитикова // Вісник ДонНАБА. – 2014. – №5. – С. 68-72.
6. Шитикова И. Г. Оценка работы системы теплоснабжения от индивидуальных тепловых пунктов с подогревательно-аккумуляторными установками / А. А. Олексюк, И. Г. Шитикова, Н. В. Долгов // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту. Науково-виробничий збірник – 2013. – № 1(16). – С. 146-155.
7. Олексюк А. А. Теоретические исследования тепломассообменных процессов, протекающих в многоконтурных змеевиковых теплообменных аппаратах / А. А. Олексюк, И. Г. Шитикова // Вісник ДонНАБА. – 2013. – № 5(103). – С. 47-51.
8. Шитикова И. Г. Выбор оптимальной конструкции подогревательно-аккумуляторных установок с многоконтурным теплообменником змеевикового типа для независимых систем отопления и горячего водоснабжения от ИТП с помощью номограмм / А. А. Олексюк, И. Г. Шитикова // Науковий вісник будівництва. – 2013. – № 72. – С. 310-314.
9. Олексюк А. А. Математическая модель расчета теплообменников змеевикового типа для независимых систем отопления и горячего водоснабжения / А. А.

- Олексюк, И. Г. Шитикова, А. А. Горделюк // Вісник ДонНАБА. – 2012. – № 2 (94). – С. 70-74.
10. Шитікова І. Г. Конструктивный расчет теплообменника змеевикового типа сттем отопления и горячего водоснабжения / А. А. Олексюк, И. Г. Шитікова, А. А. Горделюк // Журнал «Сучасне промислове та цивільне будівництво». – 2012 – Т.8. – №1. – С. 37-44.
 11. Теплоізоляційна труба : пат. 71442, Україна, МПК F16L 59/00 / Шитікова І. Г., Бачурін О. М., Олексюк А. О. (Україна) ; заявник і власник Шитікова І. Г. – № U201200447 ; заявл. 16.01.2012 ; опубл. 10.07.2012, Бюл. № 13. – 4с.
 12. Симетричний розбірний теплообмінник змієвикового типу для систем опалення та гарячого водопостачання : пат. 72193, Україна, МПК F24D 11/00/ Шитікова І. Г., Горделюк А. А., Олексюк А. О. (Україна) ; заявник і власник Шитікова І. Г. – № U201200987 ; заявл. 31.01.2012 ; опубл. 10.08.2012, Бюл. №15. – 4с.
 13. Багатоконтурний теплообмінний апарат змієвикового типу для незалежних систем опалення та гарячого водопостачання : пат. 81831, Україна, МПК F24D 11/00/. Шитікова І. Г., Олексюк А. О. (Україна) ; заявник і власник Шитікова І. Г. – № U 201301303 ; заявл. 04.02.2013 ; опубл. 10.07.2013, Бюл. №13. – 4с.
 14. Каналізаційна склопластиковая труба : пат. 50996, Україна, МПК E03F 3/00/. Шитікова І. Г., Бачурін О. М., Найманов А. Я. (Україна) ; заявник і власник Шитікова І. Г. – № U 201000761 ; заявл. 26.01.2010 ; опубл. 25.06.2010, Бюл. №12. – 4с.
 15. Шитикова И. Г. Моделирование и исследование эффективности конструкции теплообменника змеевикового типа / И. Г. Шитикова // Проблеми енергоресурсосбереження в промисловому регіоні. Наука і практика : зб. наук. праць за матеріалами II всеукраїнської наук.-практ. конф., 11-12 травня 2016 – Маріуполь, 2016. – С. 62-64.
 16. Шитікова І. Г. Математична модель багатоконтурного теплообмінника змієвикового типу / І. Г. Шитікова // Проблеми інформатики і моделювання : Вісник Національного технічного університету ХПІ XVI міжнар.наук.-техн. конф., 12–16 вер 2016 р. – Харків – Одеса, 2016. – С. 79-80.
 17. Шитікова И. Г. Повышение эффективности эксплуатации теплообменников змеевикового типа / И. Г. Шитікова // Науково-методичне та практичне забезпечення містобудування, територіального і стратегічного планування : зб. наук. праць за матеріалами IV міжнар. наук.-практ. конф., 15–16 травня 2014. – Макіївка, – С. 112-115.

АНОТАЦІЯ

Шитікова І.Г. Математичне моделювання і оптимізація конструкції теплообмінників змієвикового типу. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.03 – математичне моделювання та обчислювальні методи. - Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору Національної академії наук України, Київ, 2016.

Дисертація присвячена актуальній проблемі підвищення ефективності роботи та експлуатації теплопостачальних систем за рахунок розробки і впровадження нових ресурсозберігаючих технологій, оптимізації існуючих та впровадженню нових конструкцій теплообмінних апаратів.

Розроблено математичні моделі теплообмінників змієвикового типу для незалежних місцевих систем опалення та гарячого водопостачання від індивідуального теплового пункту з підігрівальною акумуляторною установкою, на основі яких отримана математична модель загального розрахунку конструктивних параметрів теплообмінних апаратів. Розроблено загальну математичну модель процесу теплообміну для підігрівально-акумуляторній установці з трьохконтурним теплообмінником, використання якої дає можливість оптимізувати конструктивні параметри теплообмінників.

Побудована система імітаційного моделювання, яка дозволяє, на відміну від існуючих, моделювати широке коло тепломасообмінних процесів з графічною інтерпретацією отриманих результатів і оптимізувати параметри теплообмінних апаратів в інтерактивному режимі.

На основі побудованого натурного експериментально-дослідного стенду трьохконтурного теплообмінника з акумулюючою ємністю оптимізовано ряд оригінальних конструкцій теплообмінників, на які отримано патенти на корисну модель.

Ключові слова: багатоконтурні теплообмінні апарати, теплообмінні процеси, математичне моделювання, чисельні процедури, ідентифікація та оптимізація параметрів, імітаційне моделювання.

ANNOTATION

Shitikova I. Mathematical modeling and optimization of the heat exchangers of the coiled type construction. - as a manuscript.

A thesis for a degree of the Candidate of Engineering Sciences in profession 01.05.02 - mathematical modeling and computational approaches. The Institute of Telecommunications and Global Information Space, National Academy of Sciences in Ukraine, Kyiv, 2016.

The thesis is dedicated to the relevant issue of the heat supplying systems work and exploitation effectiveness promotion at the expense of new resource saving technologies development and implantation, optimization of the existing heat exchanging devices constructions and implantation of the new ones.

Mathematical models of the heat exchangers of the coiled type for the independent heating and hot water supplying systems from the local heating station with the heating-accumulating unit, with the help of which the mathematical model of the heat-exchanging devices constructional parameters calculation has been obtained, have been developed. The general mathematical model of the heat exchanging process for the heating-exchanging unit with three-circuit heat exchanger, the usage of which gives the opportunity to optimize the constructive parameters of the heat exchangers, has been developed.

The simulation modeling system, that allows to design a wide range of the heat exchanging processes with the graphic interpretation of the received results and allows to optimize the heat exchanging devices parameters in the interactive mode unlike the existing systems, has been constructed. The experimental researches of the heat exchanger of a coiled type work have been fulfilled on the full-sized pattern. The experiments results gave the opportunity to settle the temperature relations of the primary contour and two secondary ones with the constructive parameters of the heat exchangers of various constructions. The obtained relations propriety is verified with the computational modeling results. A new construction of the heat exchanger of a coiled type, with the help of which it is possible to obtain the heat productivity increase at the expense of heat exchange intensification at one and the same surface in independent heating and hot water supply systems, has been proposed for the systems of local or centralized heat supply from the local heating station with the heating-accumulating unit.

The range of heat exchangers original constructions has been optimized on the basis of the built full-sized experimental-investigative stand of the three-circuit heat exchanger with the accumulating capacity.

As a result of the experimental researches and computational modeling the recommendations for the practical usage of the heat exchangers of a coiled type with the heating-accumulating unit have been developed on principles of the energy saving technologies.

The key words: multicircuit heat-exchanging units, heat-exchanging processes, mathematical modeling, computational procedures, parameters identification and optimization.

АННОТАЦИЯ

Шитикова И.Г. Математическое моделирование и оптимизация конструкции теплообменников змеевикового типа. - На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.03 - математическое моделирование и вычислительные методы. - Институт телекоммуникаций и глобального информационного пространства Национальной академии наук Украины, Киев, 2016.

Диссертация посвящена актуальной проблеме повышения эффективности работы и эксплуатации теплоснабжающих систем за счет разработки и внедрения новых ресурсосберегающих технологий, оптимизации существующих и внедрению новых конструкций теплообменных аппаратов.

Разработаны математические модели теплообменников змеевикового типа для независимых местных систем отопления и горячего водоснабжения от индивидуального теплового пункта с подогреваемой аккумуляторной установкой, с помощью которых получена математическая модель общего расчета конструктивных параметров теплообменных аппаратов. Разработана общая математическая модель процесса теплообмена для подогревательно-аккумуляторной установки с трехконтурным теплообменником, использование которой дает возможность оптимизировать конструктивные параметры теплообменников.

Построена система имитационного моделирования, которая позволяет в отличие от существующих моделировать широкий круг теплообменных процессов с графической интерпретацией полученных результатов и позволяет оптимизировать параметры теплообменных аппаратов в интерактивном режиме.

На основе построенного натурального экспериментально-исследовательского стенда трехконтурного теплообменника с аккумуляющей емкостью оптимизирован ряд оригинальных конструкций теплообменников, на которые получены патенты на полезную модель.

Ключевые слова: многоконтурные теплообменные аппараты, теплообменные процессы, математическое моделирование, численные процедуры, идентификация и оптимизация параметров, имитационное моделирование.