

**ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

ЗБІРНИК ПРАЦЬ

VI МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ

**«ІННОВАЦІЙНІ
ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ»**



ОДЕСА
2017

Публікуються доповіді, представлені на VI Міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні енерготехнології» (4 – 8 вересня 2017 р.) і присвячені актуальним проблемам підвищення енергоефективності в сфері АПК, харчових та хімічних виробництвах, розробки та впровадження ресурсо-та енергоефективних технологій та обладнання, альтернативних джерел енергії.

Редакційна колегія:

доктор техн. наук, професор

О.Г. Бурдо

Ю.О. Левтринська

Е.Ю. Ананійчук

О.В. Катасонов

МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ОРГКОМІТЕТ

- Єгоров**
Богдан Вікторович - голова, Одеська національна академія харчових технологій, ректор, д.т.н., професор
- Бурдо**
Олег Григорович - вчений секретар, Одеська національна академія харчових технологій, д.т.н., професор
- Атаманюк**
Володимир Михайлович – Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор
- Васильєв**
Леонард Леонідович – Інститут тепло- і масообміну ім. А.В. Ликова, Республіка Білорусь, д.т.н, професор
- Гавва**
Олександр Миколайович – Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
- Гумницький**
Ярослав Михайлович – Національний університет „Львівська політехніка”, д.т.н., професор
- Долинський**
Анатолій Андрійович –Інститут технічної теплофізики, почесний директор, д.т.н., академік НАНУ
- Зав’ялов**
Владимир Леонідович – Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
- Керш**
Владимир Яковлевич – Одеська державна академія будівництва та архітектури, д.т.н., професор
- Колтун**
Павло Семенович – Technident Pty. Ltd., Australia, Dr.
- Корнієнко**
Ярослав Микитович – Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”, д.т.н., професор
- Малежик**
Іван Федорович – Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
- Михайлов**
Валерій Михайлович – Харківський державний університет харчування та торгівлі, д.т.н, професор
- Паламарчук**
Ігор Павлович – Вінницький національний аграрний університет, д.т.н., професор
- Снежкін**
Юрій Федорович –Інститут технічної теплофізики, директор, д.т.н., член-кор. НАНУ
- Сорока**
Петро Гнатович – Український державний хіміко-технологічний університет, д.т.н., почесний професор
- Тасімов**
Юрій Миколайович – Віце-президент союзу наукових та інженерних організацій України
- Товажнянський**
Леонід Леонідович – Національний технічний університет „Харківський політехнічний інститут”, д.т.н., професор
- Ткаченко**
Станіслав Йосифович – Вінницький національний технічний університет, г. Вінниця, д.т.н., професор
- Ульєв**
Леонід Михайлович – Національний технічний університет Харківський політехнічний інститут”, д.т.н., професор
- Черевко**
Олександр Іванович – Харківський державний університет харчування та торгівлі, ректор, д.т.н, професор
- Шит**
Михайл Львович – Інститут енергетики Академії Наук Молдови, к.т.н., в.н.с.

**РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ
КОЖУХОТРУБНИХ ТЕПЛООБМІННИКІВ ДЛЯ
ВИСОКОМІНЕРАЛІЗОВАНИХ СЕРЕДОВИЩ
DEVELOPMENT AND RESEARCH OF ENERGY EFFICIENT SHELL-
AND-TUBE HEAT EXCHANGERS FOR HIGH MINERALIZED MEDIA**

Чалаєв Д.М. канд. техн. наук, пров. наук. співр., **Шматок О.І.** канд. техн. наук, пров. наук. співр.,
Грабова Т.Л. канд. техн. наук, пров. наук. співр., **Сильнягіна Н.Б.** стар. наук. співр.

Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ

Chalaev D.M., PhD Candidate, Leading Researcher, **Shmatok O.I.**, PhD Candidate, Leading Researcher, **Grabova T.L.**, PhD Candidate, Leading Researcher, **Silnyagina N.B.**, Senior Researcher

Institute of Engineering Thermophysics of National Academy of Sciences of Ukraine Kyiv, Ukraine

Анотація. У харчовій промисловості часто використовують теплову обробку рідких продуктів в трубчастих теплообмінниках. Основною вимогою для теплообмінників є висока теплопередаюча здатність і низькі втрати на гідравлічний опір. При цьому теплообмінник повинен бути максимально компактним і легким. Виконати ці суперечливі вимоги можливо тільки використовуючи інтенсифікацію теплообміну. Ефективним способом поліпшення теплогідравлічних характеристик теплообмінників є використання в них профільованих теплопередаючих поверхонь різноманітних модифікацій. Одним із варіантів профільованої тепло передаючої поверхні є гофровані тонкостінні труби з нержавіючої сталі. Гофровані труби забезпечують турбулентність поблизу поверхні стінки труби, тим самим зменшують товщину теплового пограничного шару. Турбулізація рідини поблизу стінки труби, завдяки відривним збуренням від стінки до основного потоку, збільшує загальний коефіцієнт теплопередачі в теплообмінних системах. У роботі представлені результати теоретичних та експериментальних досліджень інтенсивності теплопередачі при використанні тонкостінних гофрованих труб різних модифікацій для роботи на модельних теплоносіях, що мають підвищену густину і в'язкість (в якості модельного середовища був взятий високомінералізований розчин з вмістом солей 250 г/кг). Порівняльний аналіз режимів роботи теплообмінника з гофрованою внутрішньою трубою різних модифікацій і теплообмінника з гладкою внутрішньою трубою при роботі на модельних теплоносіях показали, що не дивлячись на підвищену густину і в'язкість високомінералізованого розчину порівняно з водою, профільовані труби утворюють ефективну турбулізацію пристінного шару і забезпечують високі коефіцієнти теплопередачі. На підставі отриманих даних створено ефективний теплообмінник, в якому в якості теплообмінних елементів використовуються тонкостінні гнучкі нержавіючі профільовані труби з можливістю працювати з середовищами, що мають різноманітний хімічний склад і підвищену в'язкість. Даний теплообмінник призначений для вирішення стандартних теплотехнічних задач з врахуванням властивостей робочих середовищ

Abstract. The heat treatment of liquid products in tubular heat exchangers is often used in the food industry. The high heat exchange efficiency and low losses for hydraulic resistance are the main requirements for heat exchangers. In this case, the heat exchanger should be as compact and light as possible. In order to achieve these contradictory requirements is possible only by using intensification of heat exchange. The use of corrugated heat transfer surfaces of various modifications is an effective way to improve the thermal and hydraulic characteristics of heat exchangers. One of the variants of the heat transfer surface is corrugated thin-walled stainless steel tube. Corrugated tubes provide turbulence near the surface of the tube wall, thereby reducing the thickness of the thermal boundary layer. Liquid turbulence near the tube wall, due to tear-off disturbances from the wall to the main flow increases the overall heat transfer coefficient in heat exchange systems. The paper presents the results of theoretical and experimental studies of the intensity of heat transfer using thin-walled corrugated tubes of various modifications for operation on model heat carrier with high density and viscosity (high mineralized solution with a salt content of 250 g/kg was used as a model solution). A comparative analysis of the operating conditions of a heat exchanger with a corrugated inner tube of various modifications and a heat exchanger with a smooth inner tube was conducted. Despite the increased density and viscosity of the high mineralized solution in comparison with water, the corrugated tubes form an effective turbulence of the wall layer and provide high heat transfer coefficients when operating with model heat carrier. An efficient heat exchanger, in which thin-walled flexible stainless corrugated tubes are used as heat exchange elements, with the ability to work with different chemical composition and high-viscosity media is created on the basis of the obtained data. The heat exchanger is designed to solve standard heat engineering tasks taking into account the properties of working media.

Ключові слова: теплообмінник, гофровані труби, дискретні турбулізатори, гідравлічний опір, коефіцієнт теплопередачі.

Keywords: heat exchanger, corrugated tubes, discrete turbulators, hydraulic resistance, heat transfer coefficient.

Теплообмінні апарати займають важливе місце в промисловості і складають велику групу теплосилового обладнання, займаючи значні виробничі площі та перевищуючи найчастіше 20 % вартості загальної комплектації в теплоенергетиці, хімічній, нафтопереробній, харчовій промисловостях і ряді інших галузей [1, 2].

Створення сучасного теплообмінного обладнання – завдання складне і багатопланове. Необхідність скорочення витрати енергії й матеріалів, а також зниження вартості теплообмінного устаткування обумовило розширення робіт, спрямованих на інтенсифікацію процесу теплообміну, зниження маси й габаритів теплообмінників, зниження витрат енергії на здійснення процесів теплопередачі. Однак, на сьогоднішній день вважається майже вичерпані резерви реальної раціоналізації конструкцій теплообмінників [3].

Основною вимогою для теплообмінників є висока теплопередаюча здатність, низькі втрати на гідравлічний опір, при цьому вони повинні бути як можна більш компактними і легкими. При вирішенні стандартних теплотехнічних задач з використанням теплообмінників потрібно враховувати властивості робочих середовищ і можливість роботи з забрудненими середовищами. Актуальною проблемою є забруднення і чищення теплообмінного устаткування. Існуючі технології чистки нерозривно пов'язані з витратами праці, додатковими витратами палива, хімікатів, з питаннями охорони навколишнього середовища. Вирішити ці суперечливі питання можливо тільки при застосуванні новітніх дослідно-конструкторських розробок і технологій, які дозволяють отримувати максимальну ефективність теплообміну при зниженні габаритних розмірів, а також високу надійність в експлуатації та обслуговуванні теплообмінних апаратів.

У харчовій промисловості часто використовують теплову обробку різноманітних продуктів в трубчастих теплообмінниках [4-6]. Наприклад при переробці молока або молочних продуктів широко використовуються теплообмінники для нагріву або охолодження продуктів на різних технологічних стадіях. У деяких випадках продукти мають більш високу в'язкість, відмінну від молока такі як вершки, сироватка, йогурти, десерти, суміші для морозива, згущене молоко, кефір, вершкове масло, молочні концентрати, дитяче харчування і багатьох інших молочних продуктів, для яких потрібна делікатна термообробка в теплообмінниках. У лікєро-горілчаному виробництві теплообмінники використовуються при охолодженні цукрового сиропу на стадії його перекачування в проміжний збірник. Крім того, наливки та настоянки перед розливом необхідно охолодити, що також здійснюється за допомогою теплообмінників. Процеси теплообміну незамінні і на пивоварному виробництві, гаряче пивне сушло перед бродінням необхідно швидко охолодити для запобігання розвитку шкідливих мікроорганізмів. Застосування теплообмінників затребуване і в масложировій промисловості для нагрівання, рекуперації і охолодження рослинного масла. Також теплообмінні апарати активно використовуються на підприємствах з розливу питної бутильованої і мінеральної води. Теплообмінне обладнання в харчовій промисловості застосовується в багатьох технологічних завданнях, при цьому продукти, які піддаються термообробці знаходяться в різних агрегатних станах, з різним хімічним складом середовищ і мають різні реологічні властивості.

Більшість існуючого теплообмінного обладнання не враховує властивості робочих середовищ, тому працюють нестабільно. Наприклад, пластинчасті теплообмінники здатні працювати виключно з чистими середовищами, тому однією із переваг кожухотрубчастих апаратів є те, що вони не потребують чистого робочого середовища, і можуть ефективно працювати з середовищами, які мають різноманітний хімічний склад і підвищену в'язкість.

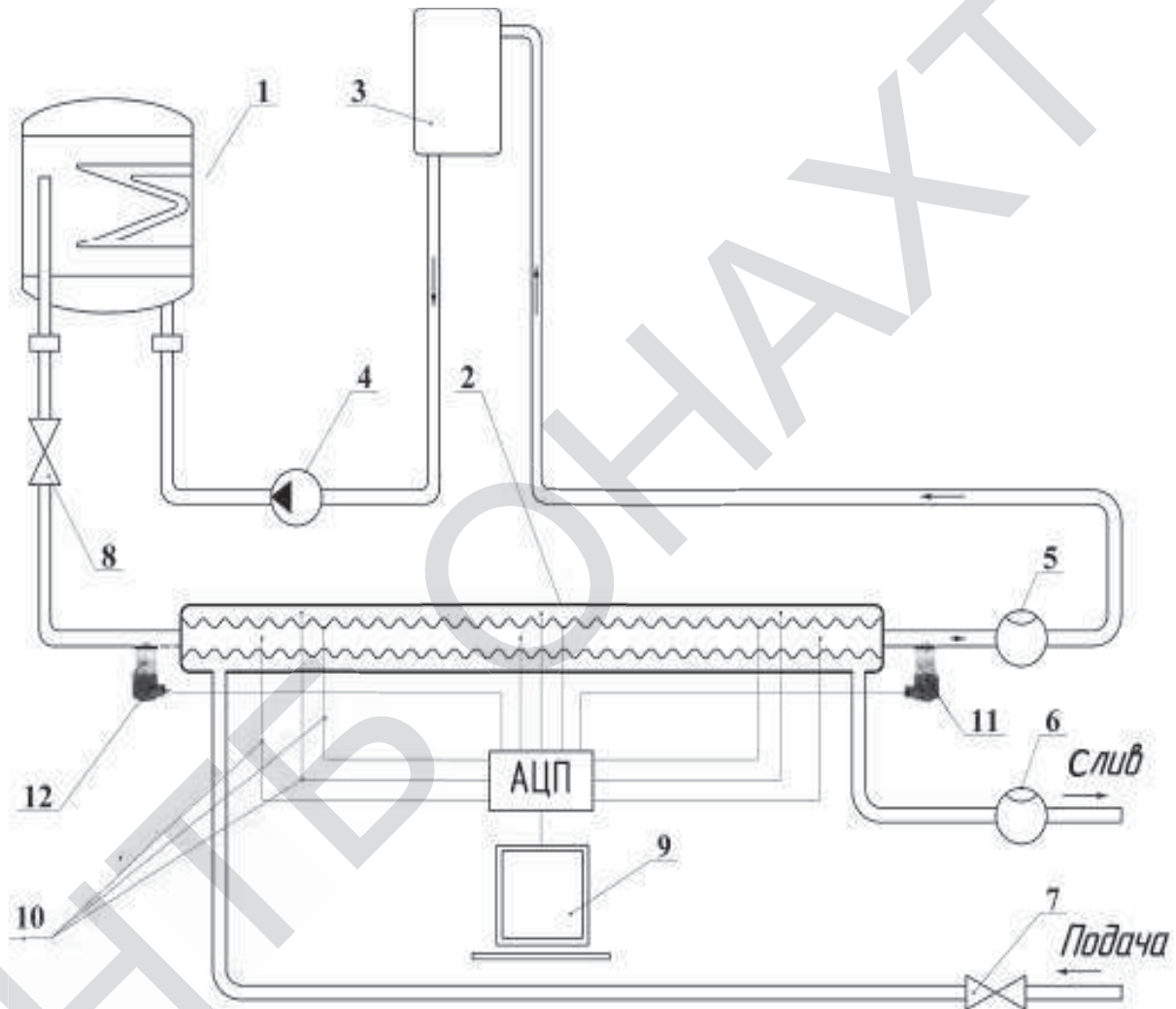
В останні роки вітчизняною промисловістю освоєне виробництво гнучких нержавіючих профільованих труб невеликого діаметра [7]. Така теплообмінна поверхня характеризується компактністю, невисокою питомою вартістю, можливістю створення складних теплообмінних поверхонь за рахунок «згину» теплообмінної поверхні і закрутки пучка профільованих труб. Гофровані труби забезпечують турбулентність поблизу поверхні стінки труби, тим самим зменшуючи товщину теплового пограничного шару. В результаті покращується перемішування рідини поблизу стінки труби, завдяки відривним збуренням від стінки до основного потоку, тим самим відбувається збільшення загального коефіцієнта теплопередачі в теплообмінних системах. Однак, в даний час в літературі практично відсутні надійні дані по теплообміну і гідравлічному опору для профільованих труб при роботі на модельних теплоносіях, що мають підвищену в'язкість. Це ускладнює проектування теплообмінних апаратів і оптимізацію їх параметрів. Для вирішення даного завдання в ІТТФ НАН України створено експериментальний стенд (рис. 1) і проведені дослідження інтенсивності теплопередачі при використанні тонкостінних гофрованих труб різних модифікацій для роботи на модельних теплоносіях з підвищеною в'язкістю (в якості модельного середовища був взятий високомінералізований розчин (250 г/кг)).

Стенд обладнаний приладами, які дозволяють вимірювати параметри необхідні для теплового розрахунку теплообмінника.

Порівняльний аналіз режимів роботи теплообмінника з гофрованою внутрішньою трубою різних модифікацій і теплообмінника з гладкою внутрішньою трубою при роботі на модельних теплоносіях показали, що не дивлячись на підвищену в'язкість високомінералізованого розчину порівняно з водою,

профільовані труби утворюють ефективну турбулізацію пристінного шару і забезпечують високі коефіцієнти теплопередачі. При швидкостях теплоносія в трубах 0,5 – 1,1 м/с середня величина коефіцієнта тепловіддачі високомінералізованого розчину складає 4500 Вт/м²·К (рис. 2 і рис 3).

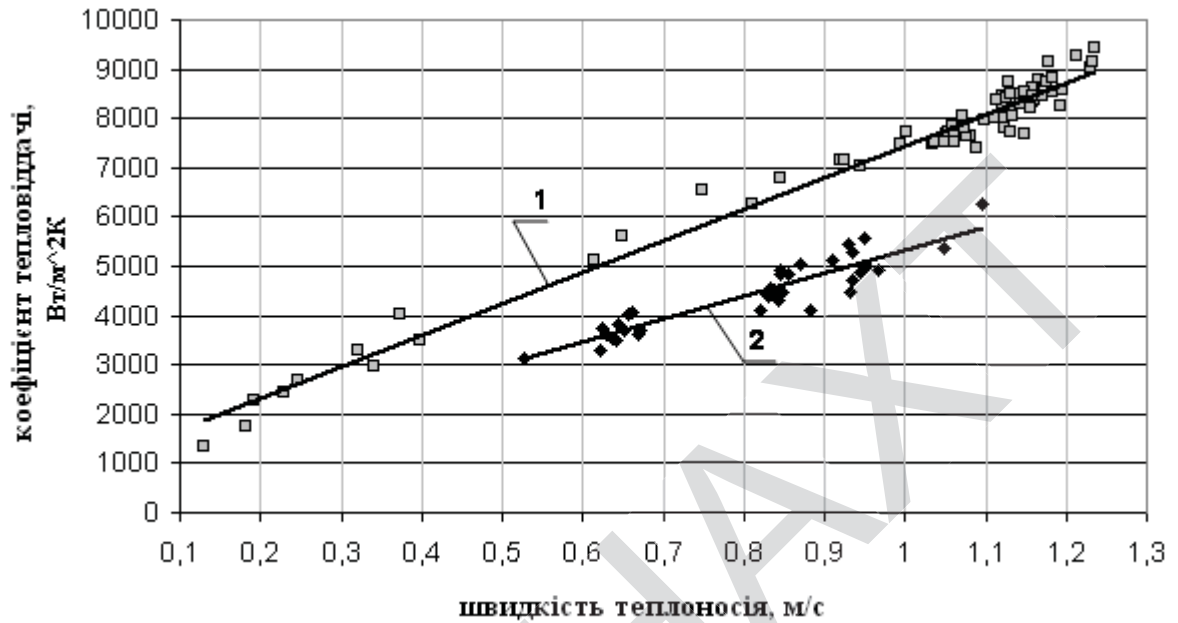
Результати порівняльних випробувань трубчатого теплообмінника з профільованою внутрішньою трубою при роботі на системах «вода – вода» і «високомінералізоване середовище – вода» показали, що лімітуючий фактор теплообміну приходиться на складову всередині труби. Залежність коефіцієнта теплопередачі від швидкості теплоносія для цих систем дана на (рис. 4). Отримані дані дозволяють оптимізувати співвідношення перерізу внутрішнього і кільцевого каналу при проектуванні трубчатих теплообмінників для високо мінералізованих середовищ.



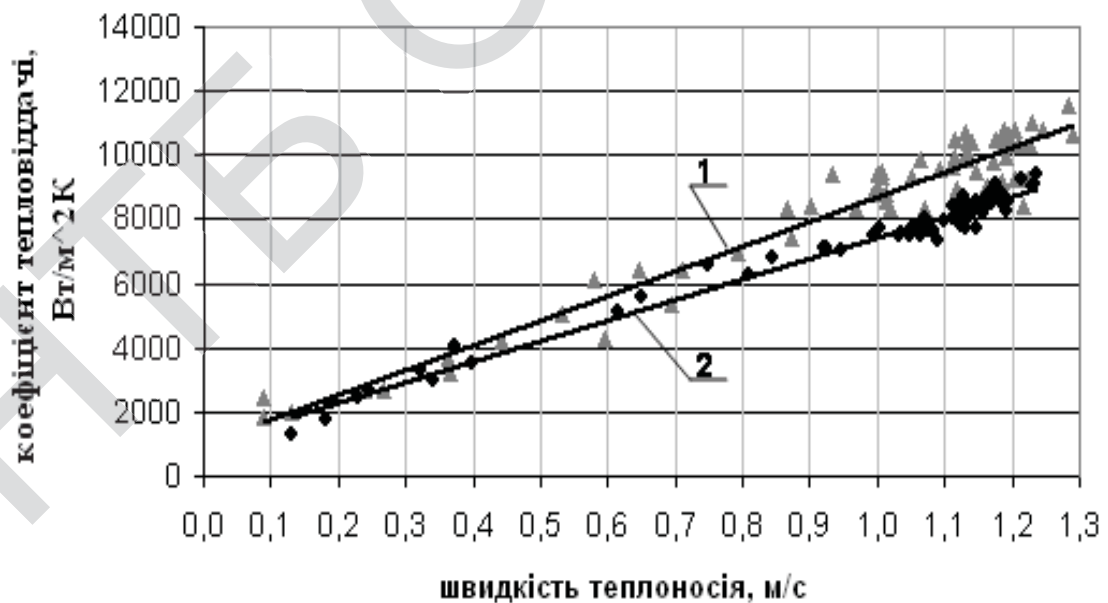
1 – теплоізований бойлер; 2 – теплообмінник типу "труба в трубі" з гофрованою внутрішньою трубою (з можливістю заміни на труби з іншою геометрією); 3 – розширювальний бак; 4 – циркуляційний насос; 5 – лічильник витрат гарячого теплоносія; 6 – лічильник витрат холодного теплоносія; 7 – вентиль подачі холодного теплоносія; 8 – вентиль подачі гарячого теплоносія; 9 – персональний комп'ютер; 10 – термопари хромель-копель (ХК) для визначення температури теплоносіїв на вході і виході (в трубному і міжтрубному просторах і на стінках труби) теплообмінника; 11, 12 – датчики для вимірювання тиску на вході і виході трубного простору теплообмінника; в основу апаратної частини вимірювальної системи введено аналого-цифровий перетворювач типу І-7018

Рис. 1 – Принципова схема лабораторного стенда для експериментального дослідження гідродинамічних і теплообмінних процесів в теплообмінниках на основі труб з різною геометрією для роботи на модельних теплоносіях

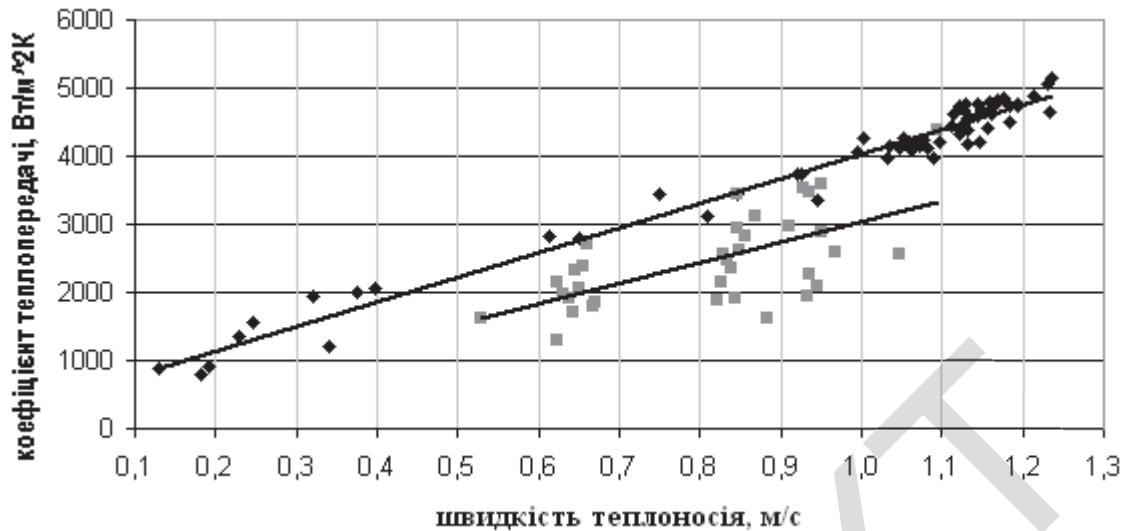
Теоретичні [7] та експериментальні дослідження показали перспективність даного напрямку і дозволили створити ефективний теплообмінник, в якому в якості теплообмінних елементів використовуються тонкостінні гнучкі нержавіючі профільовані труби з можливістю працювати з середовищами що мають різноманітний хімічний склад і підвищену в'язкість. Даний теплообмінник призначений для вирішення стандартних теплотехнічних задач з врахуванням властивостей робочих середовищ і оточуючих умов як охолоджувачів масла, води та інших рідин.



1 – вода; 2 – високо мінералізоване середовище.
Рис. 2 – Залежність коефіцієнтів тепловіддачі від швидкості теплоносія в трубі з профільованою поверхнею для води і високо мінералізованого середовища



1 – кільцевий канал; 2 – профільований канал.
Рис. 3 – Залежність коефіцієнта тепловіддачі від швидкості течії теплоносія в профільованій трубі і в кільцевому каналі



1 – система теплоносія вода – вода; 2 – систем високомінералізоване середовище – вода.

Рис. 4 – Залежність коефіцієнта теплопередачі від швидкості теплоносія в теплообмінниках на основі профільованої поверхні для систем теплоносія вода – вода та вода – високомінералізоване середовище

Ефективна турбулізація потоку теплоносія і створення режиму автоколивань теплообмінних трубок сприяють попередженню утворення відкладень на стінках труб, тому вирішується актуальна проблема забруднення і чищення теплообмінного обладнання, можлива експлуатація теплообмінників з інтенсифікаторами теплообміну без операцій очищення апаратів протягом всього періоду роботи, так як товщина забруднень в трубках з виступами після певного проміжку часу роботи практично стабілізується на допустимому рівні.

Дослідження проводяться за підтримки програми наукових досліджень НАН України «Ресурс-2» (проект Р 5.5)

Висновки.

Застосування гнучких нержавіючих профільованих труб в теплообмінних апаратах дозволяє створити високу турбулентність потоку при відносно низьких швидкостях теплоносія, що забезпечує великі коефіцієнти теплопередачі в апараті навіть при використанні високомінералізованих і в'язких середовищ. Результати дослідження експериментального зразка трубчастого теплообмінника і досягнуті значення коефіцієнта теплопередачі (більше 3000 Вт/м²К при мінералізації теплоносія близько 250 г/кг) ілюструють потенціал пропонованого підходу і можуть бути використані для розрахунку і проектування теплообмінників, призначених для застосування в енергетиці, харчовій промисловості, геотермальній енергетиці та ін.

Література

1. Калинин Э.К., Дрейцер Г.А., Копп И.З. и др. Эффективные поверхности теплообмена. М.: Энергоатомиздат, 1998. 407 с.
2. Мигай В.К. Повышение эффективности современных теплообменников. Л.: Энергия, 1980. 143 с.
3. Дрейцер Г.А. Современные проблемы интенсификации теплообмена в каналах // ИФЖ. 2001. Т. 74. № 4. С. 33.
4. Доліський А.А. Розробка ефективних теплообмінників нового покоління на основі труб з дискретними турбулізаторами / Чалаев Д.М., Грабов Л.Н., Переяславцева О.О., Сильнягіна Н.Б., Ковальов В.В. // Энергетика та електрифікація. - 2013. - Т.13. - № 4. -С. 28-33.
5. Грабов Л.М., Чалаев Л.М., Переяславцева Е.А., Сиильнягина Н.Б. Разработка конкурентноспособных трубчатых теплообменных аппаратов //Наукові праці ОНАХТ.-Одесса: 2014. – Вип. 45, том 2 – С. 93-97.
6. Сильнягіна Н.Б., Чалаев Д.М., Ковалев В.В. Создание высокоэффективных теплообменных аппаратов на основе труб с дискретными турбулизаторами для коммунальной энергетики. IX Міжнародна конференція «Проблеми промислової теплотехніки» (Київ, 20-23 жовтня 2015) // Електронне видання, с. 61-62

<http://www.eco-flex.com.ua> (дата звернення: 05.01.2017)

КИНЕТИКА КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ГРАНАТОВОГО СОКА В УСТАНОВКЕ БЛОЧНОГО ВЫМОРАЖИВАНИЯ	101
Стоянова А.М., Драгни Е.И., Терземан Е.Ф.	
РЕКОНСТРУКЦИЯ ТЕПЛООБМЕННЫХ СИСТЕМ С УТИЛИТНЫМИ ПУТЯМИ	
Ульев Л.М., Маатук А.	106
ПРОЕКТ ТЕРМОМОДЕРНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО КОРПУСА ОНАПТ	
Перетяка С. Н., Козинец А. Ю., Бандура Д. А.	111
ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛОНАСОСНОГО СУШІННЯ	
Дабіжа Н.О.	115
РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ КОЖУХОТРУБНИХ ТЕПЛООБМІННИКІВ ДЛЯ ВИСОКОМІНЕРАЛІЗОВАНИХ СЕРЕДОВИЩ	
Чаласєв Д.М., Шматок О.І., Грабова Т.Л., Сильнягіна Н.Б.	121

ІННОВАЦІЙНІ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ ХІМІЧНИХ ТА ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ВИРОБНИЦТВ

ПОГЛИНАННЯ ДВООКИСУ ВУГЛЕЦЮ ІЗ СУМІШІ ПОВІТРЯ З ДІОКСИДОМ СУЛЬФУРУ	
Дячок В. В., Гуглич С. І., Катишева В. В., Мандрик С. Т.	126
ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА МОНТМОРИЛОНІТУ, МОДИФІКОВАНОГО ПОЛІОНЕНАМИ	
Суха І.В., Томіло В.І., Белянєвська О.А., Сухий К.М.	131
ВИВЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОМАСООБМІНУ ПІД ЧАС ВЗАЄМОДІЇ ТВЕРДОГО ТІЛА З РІДКИМ РЕАГЕНТОМ	
Гумницький Я.М., Атаманюк В.М., Симак Д.М., Данилюк О.М.	138
АДСОРБЦІЙНО-ДИФУЗІЙНІ ПРОЦЕСИ У СТАТИЧНОМУ ШАРІ ДИСПЕРСНОГО МАТЕРІАЛУ В СТАЦІОНАРНИХ ТА ДИНАМІЧНИХ УМОВАХ	
Сабадаш В.В., Гумницький Я.М.	143
ПРОЦЕСИ ВИРОБНИЦТВА НЕЕНЕРГОСМНИХ КОНЦЕНТРАТИВ ФІТОПРЕПАРАТИВ	
Бурдо А.К., Альхурі Юсеф, Ананійчук Е.Ю., Велічко В.П.	148
РОЛЬ НАДЛИШКОВОГО МАРГАНЦЮ В ФОРМУВАННІ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАНОСТРУКТУРНОГО КОМПЗИТУ НА ОСНОВІ МАНГАНІТУ І СТАБІЛІЗОВАНОГО ДІОКСИДУ ЦИРКОНІУ	
Акимов Г.Я., Новохацька А.О.	153
ЗАХИСНІ ПОЛІЕТИЛЕНОВІ ТРУБИ ДЛЯ ОПТОВОЛОКОННИХ КАБЕЛІВ ЗВ'ЯЗКУ З АНТИФРИКЦІЙНИМ ВНУТРІШНІМ ШАРОМ	
Гоцький Я. Г., Двойнос Я. Г.	157
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЛУЧЕНИЯ КРЕМНИЯ ИЗ РИСОВОЙ ШЕЛУХИ	
Рябик П.В., Опарин С.А., Гриднева Т.В.	161
ИССЛЕДОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЭКСТРУДИРОВАННОГО ЯДРА ПОДСОЛНЕЧНИКА	
Евлаш В.В., Потапов В.А. Никитин С.В.	164
ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ БЛОКА ЛЬДА В УЛЬТРАЗВУКОВОМ ПОЛЕ	
Тришин Ф.А., Трач А.Р., Орловская Ю. В.	168
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЦЕССА ДЕМИНЕРАЛИЗАЦИИ МОРСКОЙ ВОДЫ В АППАРАТАХ БЛОЧНОГО ВЫМОРАЖИВАНИЯ	
Тришин Ф.А., Масельская Я.А.	174
ОЦІНЮВАННЯ БЕЗРЕАГЕНТНОЇ ОБРОБКИ ВОДИ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ	
Журавська Н. Е.	179