

ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ХОЛОДУ, КРІОТЕХНОЛОГІЙ  
ТА ЕКОЕНЕРГЕТИКИ ім В.С. МАРТИНОВСЬКОГО  
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНОЇ ЕКОЛОГІЇ, ЕНЕРГЕТИКИ  
ТА НАФТОГАЗОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

**МАТЕРІАЛИ**

**XVI Всеукраїнської**

**науково-технічної**

**конференції**

**АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ**

**ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕКОЛОГІЇ**

5-7 жовтня 2016 року, м. Одеса



ОДЕСА

2016

## ОРГКОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

**Голова:**

Сторов Богдан Вікторович – ректор Одеської національної академії харчових технологій, д.т.н., професор.

**Замісники:**

Поварова Наталія Миколаївна – проректор з наукової роботи Одеської національної академії харчових технологій, к.т.н., доцент,

Косой Борис Володимирович – директор Навчально-наукового інституту холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського Одеської національної академії харчових технологій, д.т.н., професор.

**Члени оргкомітету:**

Артеменко С.В.	Котлик С.В.	Роженцев А.В.
Бошкова І.Л.	Крусір Г.В.	Сагала Т.А.
Бошков Л.З.	Мазур В.О.	Семенюк Ю.В.
Василів О.Б.	Мазур О.В.	Смирнов Г.Ф.
Гоголь М.І.	Мілованов В.І.	Тітлов О.С.
Дьяченко Т.В.	Морозюк Л.І.	Шпирко Т.В.
Желєзний В.П.	Нікулина А.В.	Хлієва О.Я.
Зацеркляний М.М.	Ольшевська О.В.	Хмельнюк М.Г.
Князева Н.О.	Плотніков В.М.	Хобин В.А.
Кологривов М.М.	Роганков В.Б.	Цикало А.Л.

Відповідальний за випуск: Тітлов О.С., завідувач кафедри теплоенергетики та трубопровідного транспорту енергоносіїв

Мова видання: українська, російська, англійська

За достовірність інформації відповідає автор публікації

Рекомендовано до друку Радою факультету прикладної екології, енергетики та нафтогазових технологій, протокол № 2 від 21 вересня 2016 року.

**А 43 Актуальні проблеми енергетики та екології /** Матеріали XVI Всеукраїнської науково-технічної конференції. – Херсон: ФОП Грінь Д.С., 2016. – 312 с.

**ББК 31:20.1**

**ISBN 978-966-930-137-6**

© Одеська національна академія харчових технологій  
© Факультет прикладної екології, енергетики та нафтогазових технологій

**СЕКЦІЯ 2:**

**ПРОЦЕСИ ТЕПЛОМАСООБМІНУ  
І ТЕПЛОМАСООБМІННІ АПАРАТИ**

**НАНОТЕХНОЛОГІЇ В ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЦІ  
І ЕНЕРГОМАШИНОБУДУВАННІ**

**ТЕПЛОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТЕПЛОНОСІЇВ  
І РОБОЧИХ ТІЛ**

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ КОНВЕКЦІЙНОГО КОЕФІЦІЄНТА ТЕПЛОВІДДАЧІ Й ВТРАТ НАПОРУ ПРИ ВИМУШЕНОМУ РУСІ НАНОХОЛОДОНОСІЯ НА ОСНОВІ ПРОПІЛЕНГЛІКОЛЮ В ТРУБІ

Рябікін С.С., Хлісва О.Я., канд. техн. наук, доцент  
Одеська національна академія харчових технологій

Інтерес к дослідженням застосування нанофлюїдів в якості тепло- і холодоносіїв останні роки значно посилюється. В якості особливостей, які визначають можливість використання нанофлюїдів в теплообмінному обладнанні, можна відзначити їх більш високу, у порівнянні з базовою рідиною, теплопровідність, відмінну седиментаційну стабільність (при правильно підбраному складі і наявності агрегативної стійкості наночастинок). Крім того, багатьма дослідниками експериментально показано збільшення величини конвекційного коефіцієнта тепловіддачі при використанні нанофлюїдів, у порівнянні з базовою рідиною, яка не завжди узгоджується зі збільшенням теплопровідності досліджуваного нанофлюїда. Ще одна особливість дослідження інтенсифікації процесу тепловіддачі при використанні нанофлюїдів, яка виявлена при аналізі наявних літературних даних, полягає в істотному розходженні впливу на коефіцієнт тепловіддачі добавок наночастинок до теплоносія. Різні дослідники показують як незначний (порівняний з похибкою експерименту), так і дуже великий внесок в збільшення коефіцієнта тепловіддачі добавок наночастинок до базової рідини. Пояснити такі різні ефекти добавок наночастинок досить складно. Частково такі результати пов'язані зі складним компонентним і дисперсним складом нанофлюїдів, який неможливо відтворити навіть одними і тими ж дослідниками. У зв'язку з викладеним слід констатувати необхідність проведення подальших експериментальних досліджень впливу добавок наночастинок на інтенсивність тепловіддачі. Кінцевою метою виконаних досліджень є правильний вибір складу нанофлюїда, який має певні перспективи як в холодильній техніці, так і в різноманітному теплоенергетичному обладнанні.

При виборі складу нанохолодоносія слід враховувати й негативні фактори впливу добавок наночастинок в базовий тепло- або холодоносіїв. Практично всіма дослідниками констатується збільшення в'язкості базової рідини при введенні наночастинок. Причому дане збільшення в'язкості тим істотніше, чим нижче температура нанофлюїду. Тому дуже важливим питанням при розгляді перспектив застосування нанофлюїдів як холодоносіїв є дослідження втрат напору в трубах і каналах теплообмінного обладнання. Тільки комплексне дослідження теплофізичних властивостей, коефіцієнтів тепловіддачі і втрат напору конкретного нанотеплоносія або нанохолодоносія може дозволити зробити висновок про перспективи впровадження даного нанофлюїда в холодильному або теплоенергетичному обладнанні.

Відповідно до викладеного метою дослідження є експериментальна оцінка як коефіцієнта тепловіддачі, так і втрат напору при вимушеному русі холодоносія та нанохолодоносія в трубі.

В якості об'єктів дослідження в роботі були розглянуті перспективні для застосування в енергетичному обладнанні та холодильній техніці водні розчини пропіленгліколю і речовини, що регулює в'язкість з домішками наночастинок  $Al_2O_3$ . При приготуванні нанофлюїда використовувалися наночастинок  $Al_2O_3$   $\alpha$ -модифікації виробництва Wenzhou Jingcheng Chemical Co з розміром наночастинок в порошок  $10 \pm 5$  нм. Нанофлюїд готувався двоступінчастим методом з диспергуванням наночастинок в бісерному млині з подальшою ультразвуковою обробкою.

Експерименти з вивчення інтенсивності процесу теплообміну при вимушеній конвекції холодоносія та нанохолодоносія на його основі, а так же втрат напору в трубі проводилися на експериментальній установці, розробленій в лабораторії кафедри теплофізики та прикладної екології ОНАХТ. Установка представляє собою прямооточний теплообмінний апарат типу «труба в трубі», в якому досліджуваний теплоносіїв (холодоносіїв або нанохолодоносіїв) рухається в трубі, а другий теплоносіїв (вода) - в міжтрубному просторі.

Схема руху теплоносіїв в розглянутій експериментальній установці була прийнята прямооточною. Внутрішня труба має діаметр  $0,01 \times 0,001$  м, довжина робочої ділянки труби становить 0,9 м. Зовнішній контур теплообмінника підключений до холодильної системи, тому температура води на вході у зовнішній контур в процесі експерименту на одному з обраних режимів підтримувалася практично постійною. В експерименті витрата води в зовнішньому контурі була фіксованою і рівною 0,0600 кг/с. Витрата холодоносія у внутрішньому контурі варіювалася за допомогою регулюючого вентиля в діапазоні від  $20,8 \cdot 10^{-6}$  до  $92,5 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с. Температура холодоносія і нанохолодоносія на вході в робочу ділянку змінювалася в інтервалі від 0 до 40 °С. Вимірювання локальних коефіцієнтів тепловіддачі і тиску

поводились на відстані  $X = 0,15; 0,30; 0,45; 0,60; 0,75$  і  $0,90$  м від входу холодоносія в робочу ділянку. Дана ділянка характеризувався гідродинамічно стабілізованим режимом течії рідини так як на вході холодоносія в робочу ділянку був практично ізоермічна ділянка труби довжиною близько 1 м.

На підставі виконаних експериментальних досліджень було встановлено вплив добавок наночастинок з певною концентрацією на коефіцієнт тепловіддачі і на втрати напору в залежності від числа Рейнольдса. Зроблено висновки про можливість застосування розглянутого нанофлюїда на основі водного розчину пропіленгліколю і наночастинок  $Al_2O_3$  у холодильній техніці.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ФАЗОВИХ ПЕРЕХОДІВ У НАНОФЛЮЇДІ ІЗОПРОПІЛОВИЙ СПИРТ / НАНОЧАСТИНКИ $Al_2O_3$

Лозовський Т. Л. докторант, Желізний В. П. д-р техн. наук, проф., Мотовой І. В. аспірант,  
Гордейчук Т.В. аспірант  
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

Питання впливу наночастинок на калорійні властивості і параметри фазових переходів базових речовин залишаються найменш вивченими. Методи адиабатної калориметрії дозволяють отримати необхідну інформацію не тільки о теплоємності нанофлюїдів, але і вивчати вплив наночастинок на структурні фазові переходи досліджуваних зразків у твердій і рідкій фазах. У доповіді представлені нові експериментальні дані про теплоємності на ліній фазових переходів для чистого ізопропілового спирту і нанофлюїдах (розчини ізопропілового спирту і наночастинок  $Al_2O_3$ ) в інтервалі температур від 190 до 324 К і масових концентраціях наночастинок 2,01%, 5,11%, 9, 96% (див. рис.1 і 2). Зразки нанофлюїдів ізопропанол- $C_3H_8O$ /наночастинки  $Al_2O_3$  готувалися шляхом змішування чистого ізопропанолу (CAS 67-63-0) з вихідним зразком нанофлюїда (CAS 70-21-29), що містив 80 мас.% ізопропілового спирту і 20 мас.% наночастинок  $Al_2O_3$ , середній розмір яких складав 50 нм. Як показало дослідження цих нанофлюїдів, вони залишалися стійкими в процесі експериментального дослідження.

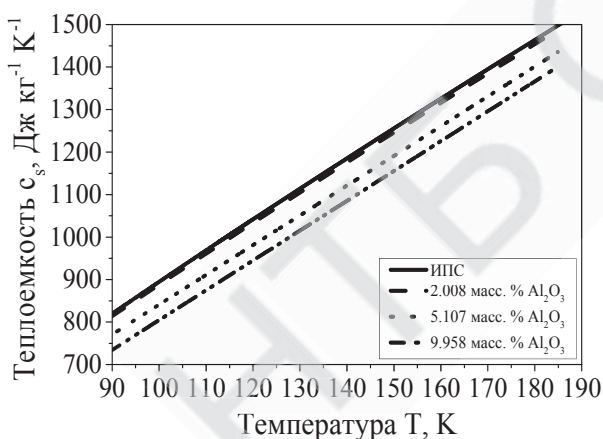


Рис.1 - Температурна залежність теплоємності досліджених зразків ізопропіловий спирт / наночастинки  $Al_2O_3$  в твердій фазі

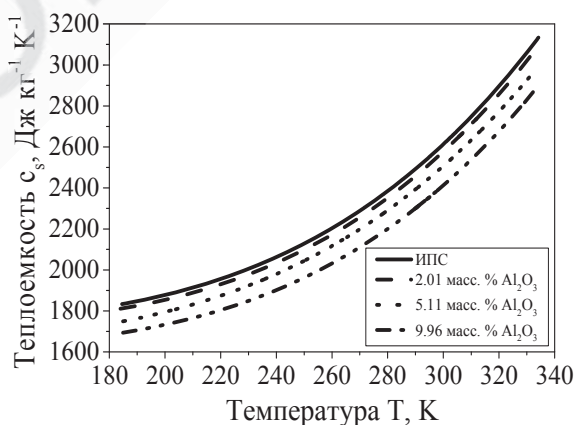


Рис.2 - Температурна залежність теплоємності досліджених зразків ізопропіловий спирт / наночастинки  $Al_2O_3$  в рідкій фазі

Дослідження проведені на експериментальній установці, що реалізує метод прямого нагріву в адиабатному калориметрі. Виконаний аналіз показує, що розширена невизначеність отриманих даних о теплоємності нанофлюїдів не перевищує 0.45%. Отримані дані вказують на те, що домішки наночастинок  $Al_2O_3$  призводять до зменшення теплоємності твердої і рідкої фази ізопропілового спирту. Отримані дані о калорійних властивостях ізопропілового спирту добре узгоджуються з довідковими та літературними даними.

У роботі вперше отримано інформацію про параметри структурних перетворень об'єктів дослідження в твердій фазі. Показано, що об'єкти дослідження, охолоджені зі швидкістю 6 - 2.5 град / хв, при збільшенні

СТРУЙНЫЕ АППАРАТЫ В СИСТЕМАХ ИСПАРИТЕЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ЖИДКОСТИ <i>Петухов И. И., Шахов Ю.В.</i> .....	37
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ КОНВЕКЦІЙНОГО КОЕФІЦІЄНТА ТЕПЛОВІДДАЧІ Й ВТРАТ НАПОРУ ПРИ ВИМУШЕНОМУ РУСІ НАНОХОЛОДОНОСІЯ НА ОСНОВІ ПРОПІЛЕНГЛІКОЛЮ В ТРУБИ <i>Рябікін С.С., Хлієва О.Я.</i> .....	41
ДОСЛІДЖЕННЯ ФАЗОВИХ ПЕРЕХОДІВ У НАНОФЛЮЇДІ ІЗОПРОПІЛОВИЙ СПИРТ / НАНОЧАСТИНКИ $Al_2O_3$ <i>Лозовський Т. Л., Железний В. П., Мотовой И. В., Гордейчук Т.В.</i> .....	42
АНАЛІЗ МОЖЛИВИХ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГО-ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ЗА РАХУНОК ВПРОВАДЖЕННЯ НАНОТЕХНОЛОГІЙ <i>Хлієва О.Я.</i> .....	43
ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ ПОСДНАННЯ АВІАЦІЙНИХ БЕНЗИНІВ З АЛІФАТИЧНИМИ СПИРТАМИ <i>Бойченко С.В., Кондакова О.Г.</i> .....	45
ВРАХУВАННЯ ТЕРМОДИНАМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРИРОДНОГО ГАЗУ ЗА УМОВ СПІЛЬНОЇ РОБОТИ ГТС ТА ВАНТАЖНОЇ СИСТЕМИ LNG СУДНА <i>Волинський Д. А.</i> .....	46
ТЕРМОДИНАМІЧНА РІВНОВАГА СУМІШІ ХОЛОДОАГЕНТІВ R407C І R410A З КОМПРЕСОРНИМИ МАСТИЛАМИ <i>Геллер В.З., Губанов С.Н.</i> .....	50
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГЕТЕРОГЕННЫХ ЛИОФОБНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ГИДРОФОБИЗИРОВАННОГО СЕЛИКАГЕЛЯ <i>Железний В.П., Лозовський Т.Л., Лук'янов М.М., Нікулін А.Г.</i> .....	50
УСТАНОВКА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГЕТЕРОГЕННИХ ЛІОФОБНИХ СИСТЕМ <i>Железний В.П., Лозовський Т.Л., Лук'янов М.М., Нікулін А.Г.</i> .....	52
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОЄМНОСТІ РІДКОЇ ФАЗИ РОЗЧИНІВ ДИМЕТИЛОВОГО ЕТЕРУ (DME) З ТРИЕТИЛЕНГЛІКОЛЕМ (TEG) <i>Івченко Д.О., Мотовой І.В., Лозовський Т.Л.</i> .....	54
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ГУСТИНИ НАНОФЛЮЇДІВ ІЗОПРОПАНОЛ / $Al_2O_3$ <i>Лозовський Т.Л., Полюганіч М.П., Швидюк Г.О.</i> .....	55
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДОМІШОК ФУЛЕРЕНІВ $C_{60}$ НА В'ЯЗКІСТЬ КОМПРЕСОРНОГО МАСЛА ХФ16-12 І РОЗЧИНІВ ХОЛОДОАГЕНТУ R600a /МАСЛО ХФ16-12 <i>Мороз С.О., Лозовський Т.Л., Лук'янов Н.Н.</i> .....	57
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ й РОЗРАХУНКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ГУСТИНИ та В'ЯЗКОСТІ трикомпонентних ВОДНИХ РОЗЧИНІВ СПИРТІВ <i>Полюганіч М.П., Хлієва О.Я., Нікуліна А.С.</i> .....	59
ТЕРМОДИНАМІЧНА РІВНОВАГА СУМІШІ ХЛОДОГЕНТІВ R407C І R410A З КОМПРЕСОРНИМИ МАСЛАМИ <i>Романенко В.С.</i> .....	61
ИССЛЕДОВАНИЕ КРАЕВОГО УГЛА СМАЧИВАНИЯ ТЕПЛООБМЕННОЙ ПОВЕРХНОСТИ НАНОФЛЮИДАМИ ПРИ ИХ КИПЕНИИ <i>Семенюк Ю.В., Никулин А.Г.</i> .....	62
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООТДАЧИ ПРИ КИПЕНИИ НАНОФЛЮИДОВ В СВОБОДНОМ ОБЪЕМЕ <i>Якуб Л.Н., Бодюл Е.С.</i> .....	65
ПЛАВЛЕНИЕ И СВОЙСТВА СОСУЩЕСТВУЮЩИХ ФАЗ МЕТАНА ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ .....	69
<b>СЕКЦІЯ 3</b>	
<b>Енергоресурсозбереження в нафтогазовому комплексі</b> .....	72
ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЦИРКУЛЯЦИОННОЙ СИСТЕМЫ <i>Андерсон А.Ю., Кологривов М.М.</i> .....	73
ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О РАСЧЁТЕ ВРЕМЕНИ СЛИВА НЕФТЕПРОДУКТОВ НА АЗС <i>Бузовский В.П., Кологривов М.М.</i> .....	77
РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ЗМІНИ ТИСКУ В ЛІНІЙНІЙ ЧАСТИНІ МАГІСТРАЛЬНОГО НАФТОПРОВОДУ ПРИ ЗАПУСКАХ НАСОСНИХ АГРЕГАТІВ <i>Григорський С. Я., Середюк М. Д.</i> .....	81

ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ХОЛОДУ, КРІОТЕХНОЛОГІЙ  
ТА ЕКОЕНЕРГЕТИКИ ім В.С. МАРТИНОВСЬКОГО  
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНОЇ ЕКОЛОГІЇ, ЕНЕРГЕТИКИ  
ТА НАФТОГАЗОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

## **МАТЕРІАЛИ**

**XVI Всеукраїнської  
науково-технічної конференції**

# **АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕКОЛОГІЇ**

**5-7 жовтня 2016 року, м. Одеса**

Підписано до друку 28.09.2016 р.  
Формат 60x84/8. Папір Офс.  
Ум. арк. 34,64 . Наклад 300 примірників.

Видання та друк: ФОП Грінь Д.С.,  
73033, м. Херсон, а/с 15  
e-mail: dimg@meta.ua  
Свід. ДК № 4094 від 17.06.2011