



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
АСОЦІАЦІЯ ІНЖЕНЕРІВ ПО ВЕНТИЛЯЦІЇ, ОПАЛЕННЮ ТА
КОНДИЦІОНУВАННЮ «АВОК України»
СПІЛКА ХОЛОДИЛЬЩИКІВ УКРАЇНИ
МІЖНАРОДНА АКАДЕМІЯ ХОЛОДУ**

**XI Всеукраїнська науково-технічна конференція
XI Всеукраинская научно-техническая конференция
XI International scientific conference**

**СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ТА ТЕХНОЛОГІЙ
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ
MODERN PROBLEMS OF REFRIGERATION EQUIPMENT AND TECHNOLOGY**

21-22 вересня 2017 року

ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ



ОДЕСА 2017

УДК 621.565 (075.6)

Сучасні проблеми холодильної техніки та технології / Збірник тез доповідей XI Всеукраїнської науково-технічної конференції. – Одеса: ОНАХТ, 2017. – 243 с.

У збірнику наведені матеріали XI Всеукраїнської науково-технічної конференції «Сучасні проблеми холодильної техніки та технології» та розглянуто різні аспекти науково-технічних питань, пов'язаних з проектуванням, виготовленням та експлуатацією холодильного обладнання різного призначення, дослідженням робочих тіл та процесів в елементах холодильних та криогенних систем, застосуванням нано та когенераційних технологій, використанням холоду в харчових технологіях, застосуванням і впровадженням нетрадиційних джерел енергії.

В сборнике представлены материалы XI Всеукраинской научно-технической конференции «Современные проблемы холодильной техники и технологии» и рассмотрены различные аспекты научно-технических вопросов, связанных с проектированием, изготовлением и эксплуатацией холодильного оборудования различного назначения, исследованием рабочих тел и процессов в элементах холодильных и криогенных систем, применением нано и когенерационных технологий, использованием холода в пищевых технологиях, применением и внедрением нетрадиционных источников энергии.

Рекомендовано до видання Вченою Радою Одеської національної академії харчових технологій протоколом №6 від 07.11.2017 р.

Відповідальність за достовірність інформації несе автор публікації.
Матеріали публікуються мовою оригінала, наданого автором.

Голова конференції – Єгоров Богдан Вікторович – ректор Одеської національної академії харчових технологій, член-кореспондент НААН України, Заслужений діяч науки і техніки, д-р техн. наук, професор.

Заступник голови – Косой Борис Володимирович – директор Інституту холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського, д-р техн. наук, професор.

Члени наукового комітету:

Хмельнюк М.Г. – зав. кафедрою холодильних установок і кондиціонування повітря ОНАХТ, академік Міжнародної академії холоду, д-р техн. наук, професор.

Лагутін А.Є – академік Міжнародної академії холоду, д-р техн. наук, професор.

Морозюк Л.І. – д-р техн. наук, професор.

Желєзний В.П. – зав. кафедрою теплофізики та прикладної екології ОНАХТ, д-р техн. наук, професор.

Симоненко Ю.М. – зав. кафедрою криогенної техніки ОНАХТ, д-р техн. наук, професор.

Мілованов В.І. – зав. кафедрою компресорів та пневмоагрегатів ОНАХТ, заслужений діяч науки і техніки України, д-р техн. наук, професор.

Радченко М.І. – зав. кафедрою кондиціонування і рефрижерації НУК, академік Міжнародної академії холоду, д-р техн. наук, професор.

Бондаренко В.Л. – д-р техн. наук, професор.

Лавренченко Г.К. – д-р техн. наук, професор.

Семенюк В.О. – к.т.н., директор НВФ «Терміон».

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова – проф. Хмельнюк М.Г.

Науковий секретар – к.т.н. Зімін О.В.

Члени – к.т.н. Буданов В.О., к.т.н. Яковлева О.Ю., к.т.н. Желіба Ю.О., к.т.н. Стоянов П.Ф., к.т.н. Остапенко О.В., к.т.н. Ерін В.А., к.т.н. Гайдук С.В., к.т.н. Соколовская В.В., к.т.н. Подмазко І.О., к.т.н. Федоров О.Г.

ТЕМИ ДОКЛАДОВ ПЛЕНАРНОГО ЗАСІДАННЯ

1. 30 РОКІВ МОНРЕАЛЬСЬКОГО ПРОТОКОЛУ. СТРАТЕГІЇ В СФЕРІ ОБІГУ ОЗОНУЙНУЮЧИХ ХОЛОДОАГЕНТІВ

Возний В.Ф., к.т.н., президент ВГО «Спілка холодильщиків України»

2. РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ І СПОЖИВАННІ РІДКІСНИХ ГАЗІВ

Бондаренко В.Л., доктор техн. наук, професор, МДТУ ім. М. Е. Баумана, м. Москва;

Биканов О.М., «KLA–Tencor Corporation», Milpitas, California, USA;

Симоненко Ю.М., доктор техн. наук, професор, ОНАПТ, м. Одеса

Чигрин А.А., інженер-технолог, ООО «Кріоін Інжиніринг», м. Одеса;

e-mail: ysim1@yandex.ua

3. ТЕХНОЛОГИИ КОМБИНИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГИИ, ТЕПЛА И ХОЛОДА: РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ НА КАФЕДРЕ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ И РЕФРИЖЕРАЦИИ НУК ИМ. АДМИРАЛА МАКАРОВА

Радченко Н.И. доктор техн. наук, професор, Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова, г. Николаев, nirad50@gmail.com

4. КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА МАШИННОГО ОТДЕЛЕНИЯ УСТАНОВКИ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ

Трушляков Е.И., к.т.н., доц., Радченко А.Н., к.т.н., доц., Грич А.В., к.т.н., ассистент

Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова, г. Николаев,

nirad50@gmail.com

5. СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В СВЕТЕ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ. СОЛНЕЧНЫЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ АБСОРБЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛО-ХЛАДОСНАБЖЕНИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

А.В. Дорошенко, доктор техн. наук, профессор кафедры термодинамики и возобновляемой энергетики

6. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ВЫБОРЕ КОМПРЕССОРА. СРАВНЕНИЕ СОВРЕМЕННОГО ВИНТОВОГО И ПОРШНЕВОГО КОМПРЕССОРОВ

В. Гринько Региональный представитель J&E Hall и GEA BOCK/Генеральный директор ООО «Еврокул

**СЕКЦІЯ № 3. КОМПРЕСОРИ ТА ПНЕВМОАГРЕГАТИ
ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ. РОБОЧІ РЕЧОВИНИ**

стр.

79.	МЕТОДИ АНАЛІЗУ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ	181
	С. А. Задорожний, С.Г. Потапов, А.В. Форсюк	
80.	ВИЗНАЧЕННЯ СУМАРНОГО ТЕРМІЧНОГО ОПОРУ ТЕПЛОВІДДАЧІ БАГАТОШАРОВОЇ ЦИЛІНДРИЧНОЇ СТІНКИ ПРИ НЕСТАЦІОНАРНИХ УМОВАХ	183
	С.А. Задорожний, С.Г. Потапов, А.В. Форсюк	
81.	ДИНАМІКА ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ГАЗІВ В МАЛОРУХОМОМУ ШАРІ ЗЕРНА	184
	Гапонюк І. І.	
82.	АНАЛІЗ ПРИРОДНИХ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ХОЛОДОАГЕНТІВ В ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИНАХ І КОМПРЕСОРАХ МАЛОЇ ХОЛОДОПРОДУКТИВНОСТІ	186
	В.І. Мілованов, А.В. Зажий	
83.	ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГАЗОТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ	188
	В.І. Мілованов, О.Л. Клебан	
84.	ЗАСТОСУВАННЯ SCHUKER-ДВИГУНА ДЛЯ КОНДИЦІОНУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ	191
	Мілованова В.В	
85.	ВИЗНАЧЕННЯ УМОВ ВИНИКНЕННЯ ГІДРОУДАРІВ У ГІДРОСИСТЕМАХ	193
	Скалозубов В.І., Чулкін О.А, Пірковський Д.С.	
86.	ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБЛЕННЯ ТЕПЛОВОЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ	194
	Іщук В.І., Козлов Я.М.	
87.	СУЩЕСТВУЮЩИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОРШНЕВЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ КОМПРЕССОРОВ	195
	Яковлев Ю.А., Дяченко И. А., Чербаджи С. В.	
88.	ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИЛОВОЇ РЕГАЗИФІКАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ ЗПГ	197
	Ярошенко В.М. к.т.н., Бабамірадов Максат,	
89.	УТИЛІЗАЦІЯ АВТОТРАКТОРНИХ ШИН НА ОСНОВІ ТУРБОХОЛОДИЛЬНОГО ЦИКЛУ	199
	Ярошенко В.М., Кусік О.	
90.	АНАЛІЗ ХОЛОДИЛЬНОГО ЦИКЛУ З РТО ПРОМІЖНОГО ТИСКУ	201
	Ярошенко В.М., Переход О.,	
91.	ВРАХУВАННЯ ГРАНИЧНИХ УМОВ ПРИ РОЗРАХУНКАХ ЗАПІЗНЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНОЇ ХВИЛІ В ОГОРОДЖЕННІ	203
	Мирончук Ю. А	
92.	ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УГЛА НАКЛОНА СОПЛА ДВУХПОТОЧНОЙ ВИХРЕВОЙ ТУРБИНЫ С ВНЕШНИМ ПЕРИФЕРИЙНЫМ КАНАЛОМ НА ЕЕ ЭФФЕКТИВНОСТЬ	206
	Ванеев С.М., Д.В. Мирошниченко,	
93.	ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ФІЛЬТРАЦІЙНОГО СУШІННЯ ПІД ДІЄЮ ВИСОКОГО ТИСКУ	208
	Потапов В.О., Гриценко О.Ю	
94.	ПОРІВНЯННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УЛЬТРАЗВУКОВОГО І НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОГО ГЕМОЛІЗУ ЕРИТРОЦИТІВ КРОВІ	210
	Євлаш В.В., Погожих М.І., Потапов В.О.	
95.	ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДОБАВОК НАНОЧАСТИНОК TiO_2 НА ВНУТРІШНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕСУ КИПІННЯ ХОЛОДОАГЕНТУ R141B	213
	Хлієва О.Я., Гордейчук Т.В., Семенюк Ю.В.	
96.	ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЛОКАЛЬНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ТЕПЛОВІДДАЧІ ПРИ КИПІННІ РОБОЧИХ ТІЛ R600A/КОМПРЕСОРНЕ МАСТИЛО ТА R600A/КОМПРЕСОРНЕ МАСТИЛО /ФУЛЕРЕНИ C_{60} У ТРУБІ	216
	Мороз С.О., Хлієва О.Я., Железний В.П.	
97.	МОДЕЛЬ ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕПЛОЄМНОСТІ НАНОФЛЮЇДІВ	219
	Железний В.П., Мотовий І.В.	
98.	ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДОБАВОК НАНОЧАСТИНОК TiO_2 НА В'ЯЗКІСТЬ І ПОВЕРХНЕВИЙ НАТЯГ ХОЛОДОАГЕНТУ R141B	222
	Гордейчук Т.В., Лук'янов М.М., Семенюк Ю.В.	

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЛОКАЛЬНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ТЕПЛОВІДДАЧІ ПРИ КИПІННІ РОБОЧИХ ТІЛ R600A/КОМПРЕСОРНЕ МАСТИЛО ТА R600A/КОМПРЕСОРНЕ МАСТИЛО /ФУЛЕРЕНИ C₆₀ У ТРУБІ

Мороз С.О., Хлієва О.Я., Желєзний В.П.

Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса, frosthpyandex.ru

Дослідження впливу домішок наночастинок на процеси кипіння в трубі є важливою частиною комплексного дослідження перспектив впровадження нанотехнологій в холодильну промисловість. Механізм кипіння розчинів холодоагент/мастило з домішками наночастинок є в даний час найменш вивченим питанням. Як показано в роботах, опублікованих за останні роки [1, 2], певні перспективи для підвищення енергоефективності холодильної техніки мають фулерени C₆₀ як добавки до робочого тіла. Ефект добавок фулеренів може привести до зниження втрат на тертя у компресорі, до підвищення інтенсивності теплообміну при кипінні у випарнику, але однозначно спрогнозувати вплив цих добавок на протікання фізичних процесів у холодильній машині на сьогодні неможливо.

У зв'язку зі сказаним вище, необхідність додаткових досліджень впливу добавок наночастинок (у тому числі фулеренів) на процес теплообміну при кипінні робочих тіл у випарнику холодильної машини не викликає сумніву.

Дослідження впливу домішок наночастинок на інтенсивність кипіння робочого тіла в трубі виконано на установці, схема якої наведена на рис. 1. Детальний опис установки викладено у [3].

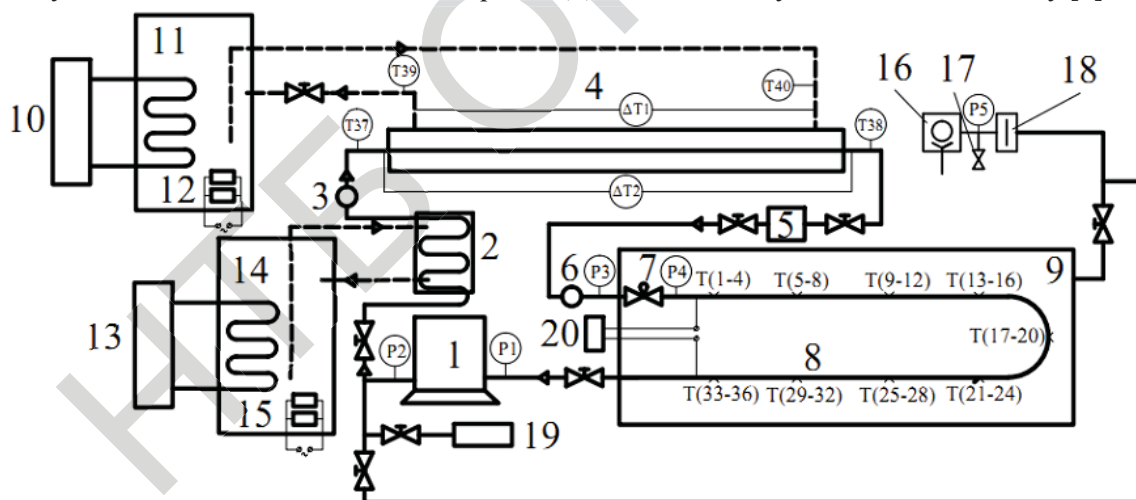


Рис.1. Принципова схема експериментальної установки для дослідження теплообміну при кипінні робочих тіл холодильних машин у трубі:

- 1 - компресор; 2 - конденсатор; 3, 6 - оглядові вікна; 4 - калориметрический витратомір; 5 - фільтр-осушувач; 7 - дросельний пристрій; 8 - робоча ділянка - тонкостінна нержавіюча трубка (випарник); 9 - вакуумна камера; 10, 13 - холодильні машини; 11, 14 - термостати; 12, 15 - нагрівачі; 16 - вакуумний насос; 17 - вентиль для напуску повітря; 18 - вакуумна пастка; 19 - заправний балон; 20 - джерело постійного струму.

Як робочі тіла розглядалися: розчин холодоагенту R600a (ізобутану) з компресорним мінеральним мастилом (РХМ) та розчин R600a/мастило/фулерен (РХМС₆₀). Концентрація фулерену в компресорному мастилі в даному дослідженні становила 0,2 мас.%. Дослідження процесу теплообміну при кипінні були проведені при температурі кипіння робочого тіла 256,15 К, в діапазоні

масових швидкостей робочого тіла від 9,5 до 29,64 кг/(м²с) і діапазоні теплових навантажень від 290 до 820 Вт/м². Робочі режими, при яких були проведені дослідження локальних коефіцієнтів тепловіддачі при кипінні об'єктів дослідження наведені у таблиці 1.

В розглянутій холодильній компресорній системі концентрація мастила в робочому тілі перед дроселем визначалася експериментально шляхом аналізу відібраних проб переохолодженого розчину холодоагент/мастило. У проведених дослідженнях концентрація мастила перед дроселем змінювалася в межах від 0,266 до 0,315 мас. %. З використанням інформації про концентрацію мастила перед дроселем була розрахована концентрація фулерену в робочому тілі.

Таблиця 1. Режими роботи холодильної компресорної системи, при яких проводився експеримент з вивчення процесу теплообміну при кипінні робочих тіл

P_0	P_k	q	$G \cdot 10^3$	M	w_m	$w_{нч}$
(кПа)	(кПа)	(Вт/м ²)	(кг/с)	(кг/м ² с)	(мас. %)	(мас. %)
R600a/мінеральне мастило						
37.4	375.2	790.00	0.271	13.80	0.304	-
25.0	374.3	294.88	0.255	12.99	0.315	-
47.0	377.8	294.88	0.417	21.27	0.308	-
53.0	383.5	500.68	0.289	14.74	0.297	-
98.2	378.9	813.99	0.285	14.53	0.284	-
63.8	388.0	294.88	0.287	14.61	0.284	-
75.5	377.0	294.88	0.233	11.85	0.280	-
93.8	374.7	516.04	0.250	12.75	0.280	-
R600a/мінеральне мастило/фулерен C ₆₀						
32.5	388.3	294.88	0.581	29.63	0.310	0.00650
71.8	379.9	294.88	0.237	12.09	0.308	0.00620
77.7	383.2	522.18	0.274	13.98	0.313	0.00616
76.5	379.0	798.64	0.185	9.45	0.300	0.00626
62.1	373.0	291.8	0.139	7.10	0.282	0.00600
61.0	381.1	509.9	0.137	7.00	0.268	0.00564
62.0	386.4	798.63	0.134	6.83	0.268	0.00536
36.5	372.0	294.88	0.195	9.95	0.266	0.00536
37.0	380.0	528.32	0.216	11.00	0.266	0.00531

де: P_0 - тиск кипіння робочого тіла; P_k - тиск конденсації робочого тіла; q - питомий тепловий потік;

G - масова витрата робочого тіла; M - масова швидкість робочого тіла; w_m - масова концентрація мастила в робочому тілі перед дросельним пристроєм; $w_{нч}$ - масова концентрація наночастинок у робочому тілі перед дросельним пристроєм.

На основі отриманої експериментальної інформації були визначені локальні коефіцієнти тепловіддачі при кипінні. З використанням термодинамічних властивостей РХМ з урахуванням режимів роботи холодильної компресорної системи була визначена залежність ступеня сухості від довжини випарника. Залежність коефіцієнтів тепловіддачі від ступеня сухості (по довжині випарника) для двох об'єктів дослідження при різних значеннях густини теплового потоку наведено на рисунку.

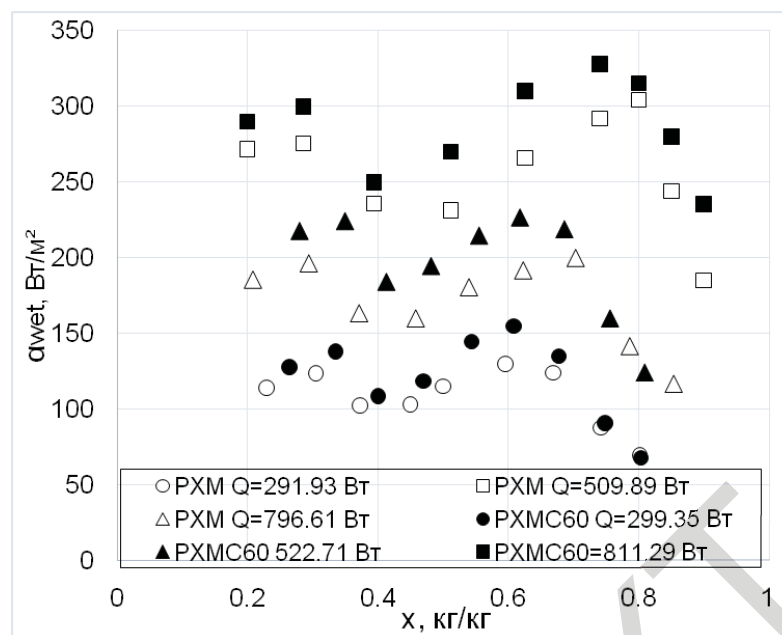


Рис. Залежність локального коефіцієнта тепловіддачі робочих тіл з боку змоченої поверхні труби α_{wet} від ступеня сухості x на різних ділянках випарника при масовій швидкості $m \approx 7.4 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ і різних теплових потоках

Відомо, що при ступеневі сухості киплячої рідини від 0 до 0,3% при течії усередині трубки переважає переривчастий потік, який переходить з підвищенням ступеня сухості у кільцевий та хвильовий потік. При кільцевому та хвильовому режимах руху киплячої рідини коефіцієнт теплопередачі зростає завдяки поступовому випаровуванню рідкої плівки. Пік коефіцієнта тепловіддачі визначається точкою початку часткового висихання рідкої плівки в нижній частині трубки.

Проведені експериментальні дослідження показують, що механізм впливу домішок фулеренів на процеси кипіння PXM_{60} у випарнику має багатофакторний характер. Коефіцієнт тепловіддачі при кипінні PXM і PXM_{60} залежить від концентрації домішок мастила в холодоагенті, теплового навантаження, процесів піноутворення, витрати і режиму течії робочого тіла у випарнику.

Попередній аналіз отриманої експериментальної інформації дозволяє зробити висновок (див. рис.), що присутність фулеренів сприяє підвищенню локальних коефіцієнтів тепловіддачі при кипінні робочого тіла у випарнику. Отримана експериментальна інформація показує, що детальний аналіз впливу фулеренів на значення локальних коефіцієнтів тепловіддачі можливий тільки з використанням моделей теплообміну, в яких використовується інформація про теплофізичні властивості реального робочого тіла R600a /мінеральне мастило/фулерен.

1. Мороз С.А., Хлиева О.Я., Лукьянов Н. Н., Железный В. П. Экспериментальное исследование влияния примесей фуллеренов C_{60} в компрессорном масле и величины вязкости масла на показатели эффективности холодильной компрессорной системы // Вестник Международной академии холода. - 2016. - № 1. - С. 41–46.

2. Xing M., Wang R., Yu J. Application of fullerene C_{60} nano-oil for performance enhancement of domestic refrigerator compressors // Int. J. Refrig. – 2014. – Vol. 40. – P. 398-403.

3. Мельник А.В., Железный В.П. Экспериментальная установка для исследования теплообмена при кипении растворов хладагент/масло в трубе // Холодильная техника и технология. – 2013. – № 4. – С. 4-11.