

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ  
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

## **ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

за матеріалами  
XVIII Всеукраїнської науково-технічної  
онлайн-конференції  
**«АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ  
ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕКОЛОГІЇ»**

29-30 вересня 2020 року



Одеса  
Видавець Бондаренко М. О.  
2020

УДК 621.31(075.8)

ББК 31.2я73

3-41

*Рекомендовано до друку Вченою радою  
Одеської національної академії харчових технологій,  
протокол № 3 від 6 жовтня 2020 р.*

Відповідальний редактор:

*Тітлов О. С.*, завідувач кафедри нафтогазових технологій, інженерії та теплоенергетики, д-р. техн. наук, професор.

*За достовірність інформації  
відповідає автор публікації*

**Збірник** наукових праць за матеріалами XVIII Всеукраїнської 3-41 науково-технічної онлайн-конференції «Актуальні проблеми енергетики та екології» 29-30 вересня 2020 року / ред. О. С. Тітлов. – Одеса : ФОП Бондаренко М. О., 2020. – 280 с.

ISBN 978-617-7829-81-1

До збірника включені матеріали сучасних наукових досліджень, що представлені вченими України, Білорусії, Молдови, Росії, а також роботи студентів.

Розглянуто наступні напрямки досліджень: тепломасообмін; теплофізичні властивості робочих тіл енергетичного обладнання; нанотехнології в холодильній техніці; екологічні проблеми енергетики; теплові насоси. Системи опалення та кондиціонування; теплообмінні апарати; енергетичні та екологічні проблеми нафтогазової галузі; енергетичні та екологічні проблеми холодильної техніки; енергетичні та екологічні проблеми харчової промисловості; екологічна безпека; екологічні проблеми сучасності; раціональне використання природних ресурсів.

УДК 621.31(075.8)

ББК 31.2я73

ISBN 978-617-7829-81-1

© Одеська національна академія  
харчових технологій, 2020

**Секція 1:**

**«АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ  
ЕНЕРГЕТИКИ»**

В стандартних сумісях, масова доля льда в суміші становить від 15 до 50% [4] в той час, як масова доля льда в запропонованому варіанті залишається майже незмінною в межах 45-55% на виході до споживача.

Поэтому, предпочтительнее использовать установки для производства бинарных мелкокристаллических ледяных суспензий на основе контактных эжекторных теплообменников.

#### Інформаційні джерела

1. Технологія перекачуваного льда [Електронний ресурс] URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Технология\\_перекачиваемого\\_льда#cite\\_ref-0\\_1-0](https://ru.wikipedia.org/wiki/Технология_перекачиваемого_льда#cite_ref-0_1-0) (дата звернення 19.09.2020).
2. Spraying system Co, Технічні характеристики, параметри форсунок [Електронний ресурс] URL: [https://www.spray.com.ua/Assets/UA/ssco\\_caf70m-ru\\_a.pdf](https://www.spray.com.ua/Assets/UA/ssco_caf70m-ru_a.pdf) (дата звернення 19.09.2020).
3. Голубев В.Н. URL: <https://doi.org/10.15356/2076-6734-2013-1-53-60> Зародження і ріст кристалів льда в атмосфері 2013. Лід і Сніг. 2013;53(1):53-60. [Електронний ресурс] Лід і сніг URL: <https://ice-snow.igras.ru/index.php/jour/article/view/83> (дата звернення 19.09.2020)
4. Pumpable ice technology [Електронний ресурс] <https://en.wikipedia.org> URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Pumpable\\_ice\\_technology](https://en.wikipedia.org/wiki/Pumpable_ice_technology) (дата звернення 19.09.2020).

УДК 621.59

### ПОРІВНЯННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТОРГОВОГО ХОЛОДИЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ПРАЦЮЮЧИХ НА РІЗНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ АГЕНТАХ

Константинов І.В., аспірант, Хмельнюк М.Г., д.т.н., професор  
Одеська національна академія харчових технологій

Для проведення аналізу енергоефективності холодильного обладнання використовувався морозильний ларь виробництва фірми ТОВ «ЮКА- Інвест» модель M200V, модифікованого зразка для науково-дослідницьких робіт.

Був створений експериментальний стенд на основі даної моделі в якій були внесені зміни за для можливості моніторингу та зняття енергетичних параметрів експлуатації (рис.1).

В ході проведення експерименту порівняння проводилося на таких холодильних агентах як: R404a; R290 та R452a. Вибір порівнювальних холодильних агентів пов'язаний з вступившим в дію монреальським протоколом по речовинам руйнуючим озонний шар (The Montreal Protocol on Substances That Deplete the Ozone Layer), та вимогами Кігалійської поправки до цього протоколу, який стосується фторованих газів з малим парниковим ефектом. Виробники торгового кліматичного обладнання змушені в період від 2020 до 2030 років повністю відмовитися від використання фтор містких газів. Крім того потреби що диктує ринок комерційного обладнання завжди базується на енергоефективності.

Отже зважаючи на вступивши в силу з 2020р., правила виробництва кліматичного обладнання, виробники холодильного обладнання змушені шукати компроміси та переходити на екологічнобезпечні холодильні агенти.

Надан аналіз та порівняння техніко-енергетичних характеристик трьох холодильних агентів (R404a; R452a; R290) при однакових параметрах експлуатації холодильної системи.

Не зважаючи на нанесені зміни до моделі морозильного ларя холодильний контур відповідає стандартній схемі з капілярною трубкою в якості дроселя (рис.2).

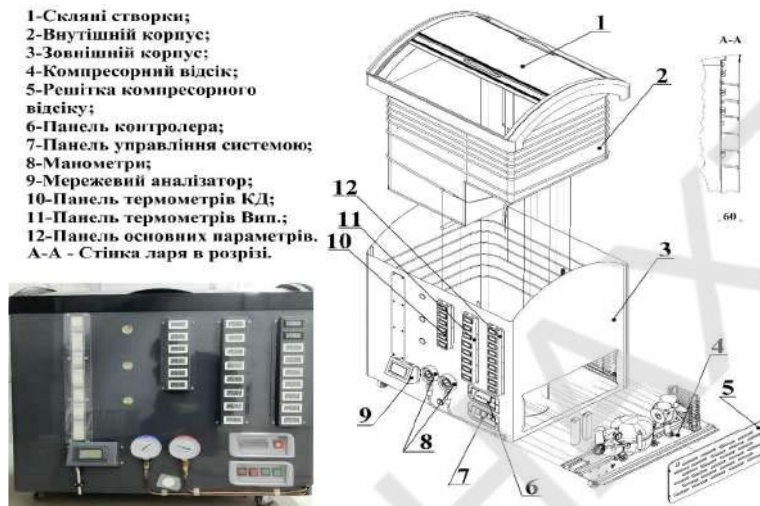


Рис. 1. Експериментальний стенд M200V

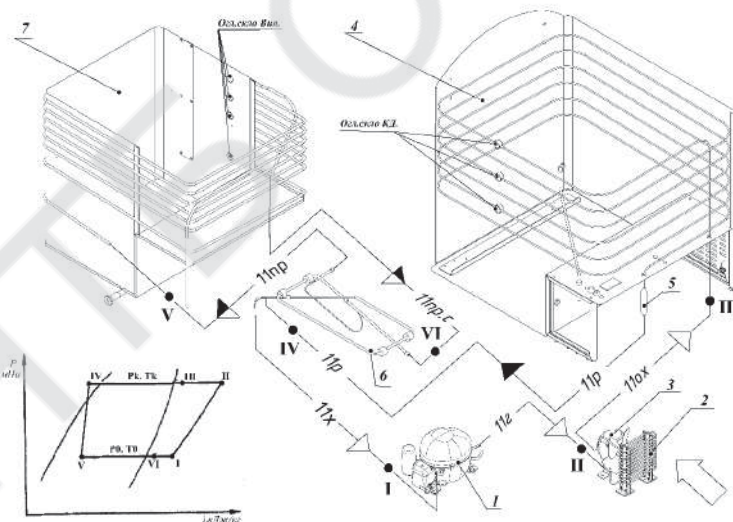


Рис. 2. Схема холодильної системи

Елементи системи:

1. Компресор; 2. Предконденсатор; 3. Вентилятор; 4. Листотрубний випарник;

5. Фільтр-осушувач; 6. РТО; 7. Листотрубний випарник.

Умовні позначення:

1г – гарячі пари хол. агенту; 1lox – Охолоджені пари хол. агенту; 1п – Рідкий холодильний агент; 1пр – переохолоджена парорідинна суміш; 1пр.с – парорідинна суміш; 1х – холодні пари хол. агенту

Процеси системи:

I-II – Стиснення парів холодильного агенту в компресорі; II-III – Зняття перегріву з гарячих парів хол. агенту в предконденсаторі; III-IV – Конденсація охолоджених парів в листотрубному конденсаторі; IV-V – Дроселювання та переохолодження хол. Агенту капілярною трубкою в РТО; V-VI – Випаровування холодильного агенту в листотрубному випарнику; VI-I – перегрів хол. агенту в РТО.

При проведенні дослідів стенд був налаштований на управління контролером з періодичною роботою вентилятора для обдуву предконденсатора та компресора (обдув здійснювався при роботі системи), а LED-січку для освітлення продукції було вимкнено для зменшення теплопритоку і енергозатрат (LED-січка для освітлення являється додатковою опцією, і згідно ISO 23953-2 2005 (E) заміри енергоефективності проводяться без неї).

Дослідження проводилося в лабораторних умовах на дослідницькій дільниці ТОВ «ЮКА-Інвест» при 3-му кліматичному класі (Тос – 25<sup>0</sup>С. / HRoc - 60%). Обладнання що використовувалося для зняття замірів та моніторингу завчасно звірене з сертифікованими аналогами та відкаліброване. Кожен тест системи проводився не менше 24 год.

- При проведенні дослідів в компресорі замінювалося мастило відповідно потреб холодильного агенту.
- В продовж проведення порівняння в холодильну систему по чергово заправлялися холодильні агенти в послідовності (R404a → R452a → R290), та після задання параметрів роботи холодильний агрегат вмикався в мережу.
- У відповідності з нормами проведення дослідів над торговим холодильним обладнанням, всі заміри знімалися після виходу ларя в режим роботи. Вхіді експерименту отримані наступні результати:

В продовж проведення замірів електроенергії зняті показання манометрів та теплові показники холодильної системи, згідно яких побудовано графік роботи системи впродовж циклу (рис.3).

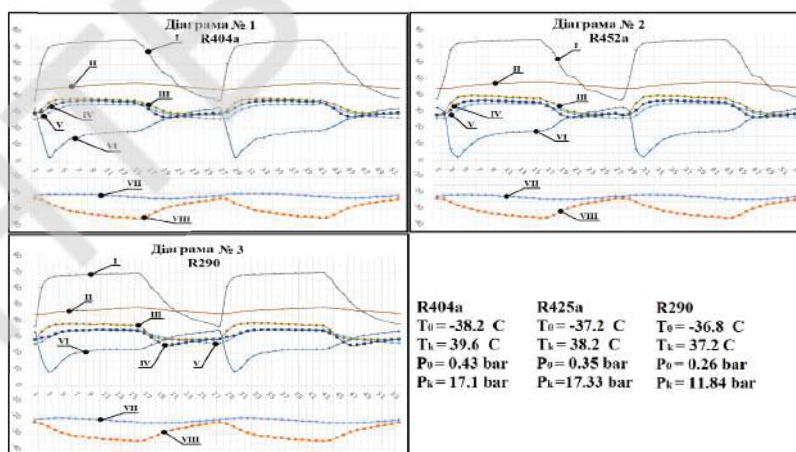


Рис. 3. Параметри роботи ларя на різних холодильних агентах

I – Графік зміни температури нагнітання (Т наг); II – Графік зміни температури мастила компресора(Т км); III – Графік зміни температури початку конденсації (Т п.кд.); IV – Графік зміни середнього значення температури конденсатора (Т кд.); V – Графік зміни температури кінця конденсації (Т к.кд.); VI – Графік зміни температури всмоктування в компресор (Т всм); VII – Графік зміни температури в охолоджуваному об'ємі (Т кам); IV – Графік зміни середнього значення температур випарника (Т вип);

Після закінчення часу проведення кожного експерименту знімалися показники мережевого аналізатора (№9 рис.4)

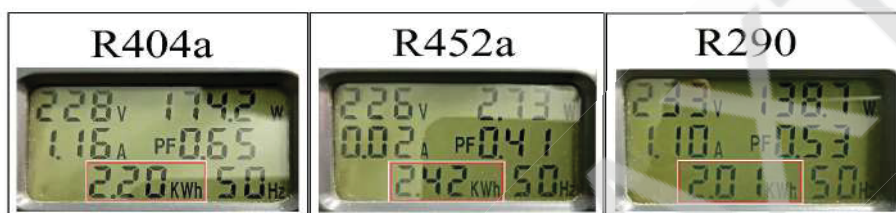


Рис. 4. Параметри енергоспоживання протягом 24 годин.

В заключенні даного порівняння був проведений повний аналіз роботи на різних холодильних агентах, а отримані результати відображені в заведені таблиці 1.

Таблиця 1. Зведена таблиця результатів експерименту.

Умовне позначення	Період роботи		Період простою		Період роботи		Період простою		Період роботи		Період простою		Одиниці виміру
	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	
Хол.агент	R404а				R452а				R290				
Т кд.	36,2	26	35,3	25,4	36,9	25,5	35,6	25,3	35,5	25,2	34,1	25,3	°C
Т вип	-21	-36	-22	-36	-21	-37	-21	-36	-22	-36	-22	-35	°C
Т кам	-20,3	-21,9	-21,4	-23,1	-21	-23,4	-21,7	-23,9	-20,1	-22,7	-21,2	-23,3	°C
Т всм	32,9	2,8	32,4	19,8	33	2,6	32,8	19,5	33,8	8,8	33,7	23,4	°C
Т км	48,5	44,6	48,4	45	49	44,7	48,8	45,1	48,3	44,3	48,1	44,7	°C
Т наг	75	38,1	72,1	39	74,8	38,3	71	38,4	70,1	36,8	66,8	37,9	°C
Т п.кд.	39	29,1	36,6	29,2	40,4	28,1	36,9	29,1	38,6	28,8	34,6	28,5	°C
Т к.кд.	37,6	30,1	34,9	27,3	37,5	28,3	33,9	27	34,7	28,8	32,5	25	°C
t цикл	15		12		16		12		16		12		Мин.
V ХОЛАГ	95				105				75				Грам
Розрахункові параметри													
Kt цикл	0,55				0,57				0,57				
COP	3,02				3,13				3,19				
EEL	58				55				46				%
EES	E				E				D				
Покази манометрів													
ТО	-38,2		~~~~~		-37,2		~~~~~		-36,8		~~~~~		°C
РО	0,43		~~~~~		0,35		~~~~~		0,26		~~~~~		бар
Тк	39,6		~~~~~		38,2		~~~~~		37,2		~~~~~		°C
Рк	17,11		~~~~~		17,33		~~~~~		11,84		~~~~~		бар
Покази аналізатора мережі													
Pn	186	155	2,6	2,3	192	152	2,7	2,5	163	134	2,7	2,4	Вт
I	1,24	1,1	0,02	0,03	1,2	1,08	0,02	0,03	1,12	1,05	0,02	0,02	А
U	220-230												В

f	50			Гц
Ne	2,20	2,42	2,01	кВт/ 24год

Умовні позначення

Т кд. – Середнє значення температур конденсатора; Т вип. – Середнє значення температур випарника; Т кам – температура випарника; Т всм – температура всмоктувального трубопроводу; Т км – температура кожуха компресора в зоні заповнення мастилом; Т наг – температура нагнiтального трубопроводу; Т п.кд. – температури початку конденсації; Т к.кд – Температура кінця конденсації; t цикл – час циклу; V ХОЛ.АГ – Кількість холодильного агента. Кt цикл – коефіцієнт робочого часу; COP – коефіцієнт продуктивності; EEI – показник енергоефективності; EEС – клас енергоефективності; Т<sub>о</sub> – Температура кипіння; Р<sub>о</sub> –Тиск кипіння; Тк – Температура конденсації; Рк –Тис конденсації.

Аналіз результатів дослідження показав на можливості повного переходу від F-газів на природні речовини з низьким GWP= 3. Виявлено низьку енергоефективність аналога R404a який є R452a. Хоча R452a. і відповідає повній взаємозаміні з R404a без зміни мастил чи компресорів та не є енергоефективним холодильним агентом. Окрім того R452a має високу вартість і GWP= 2141, що свідчить про заборону його використання з 2022 року.

Порівнюючи R290 очевидна його перевага по енергоефективності та собівартості. До переваг R290 також можна віднести його моногамність, а отже, як показує дослід, і рівність його, температури в рідкій фазі, в об'ємі теплообмінника. Однак до його недоліків є вибухонебезпечність та обмеження по його кількості в системі та потребу в дотриманні норм безпеки при конструюванні і експлуатації.

Аналіз показує що R290 залишається найперспективнішим аналогом R404a в низькотемпературній техніці. В сфері торгового холодильного обладнання не виявлено значних проблем при заміні холодильних агентів.

УДК 658.264

## **РОЗРОБКА СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ УПРАВЛІННІ ХОЛОДИЛЬНИМИ МАШИНАМИ АБСОРБЦІЙНОГО ТИПУ РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ПОТУЖНОСТІ.**

**Селіванов А.П., викладач вищої категорії,  
Одеський технічний фаховий коледж  
Одеська національна академія харчових технологій**

Такий об'єкт, як холодильна установка, не може бути у повній мірі формалізований і описаний методами традиційного моделювання, оскільки має властивості часткового саморегулювання та самовирівнювання. Тому на основі застосування узагальненої моделі холодильної установки, вдосконалено систему підтримки прийняття рішень, що дозволяє врахувати неформалізовану інформацію засобами нейро-нечіткого компонента. [1]

Впровадження технології підтримки прийняття рішень дозволяє зменшити час виходу на потрібний режим роботи устаткування та стабілізації температурного режиму в об'єктах. Це дозволяє знизити коефіцієнт робочого часу холодильного устаткування та знизити вплив людського фактору, що підвищує безпеку роботи енергоустановки. Ефективність технології

<b>ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ТА ВОЛОГІСНОГО СТАНУ ПРИМІЩЕННЯ ПРИ РІЗНИХ ВАРІАНТАХ ТЕРМОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ</b> <i>Мороз М.В., Басок Б.І.</i> .....	128
<b>МОДЕЛЛИРОВАНИЕ И ЭКСЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТРИГЕНЕРАЦИОННЫХ ТУРБОДЕТАНДЕРНЫХ УСТАНОВОК</b> <i>Овсянник А.В., Ключинский В.П.</i> .....	130
<b>АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСТАНОВОК ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БИНАРНЫХ МЕЛКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ЛЕДЯНЫХ СУСПЕНЗИЙ</b> <i>Хмельнюк М. Г., Талибли Р. Е.</i> .....	134
<b>ПОРІВНЯННЯ ЕНЕРГОЕВНОСТІ ТОРГОВОГО ХОЛОДИЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ПРАЦЮЮЧИХ НА РІЗНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ АГЕНТАХ</b> <i>Константинов І.В., Хмельнюк М.Г.</i> .....	136
<b>РОЗРОБКА СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ УПРАВЛІННІ ХОЛОДИЛЬНИМИ МАШИНАМИ АБСОРБЦІЙНОГО ТИПУ РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ПОТУЖНОСТІ.</b> <i>Селіванов А.П.</i> .....	140
<b>ЕКОЛОГО-ЕНЕРГЕТИЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ РОТОРНО-ЛОПАТЕВОЇ ГАЗОВОЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ СТРІЛІНГА</b> <i>Хмельнюк М.Г., Трандафілов В.В.</i> .....	145
<b>МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АБСОРБЦИОННЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК</b> <i>Биленко Н.А., Титлов А.С., Дорошенко В.М.</i> .....	148
<b>РАЗРАБОТКА ХОЛОДИЛЬНЫХ АППАРАТОВ НА ВОЗОБНОВЛЯЕМОМ ИСТОЧНИКЕ ЭНЕРГИИ</b> <i>Биленко Н.А., Титлов А.С.</i> .....	149
<b>РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ДВОХ ТИПІВ КЛИНОВИХ ЗАСУВОК</b> <i>Корольов О. В., Павлишин П. Я., Титлов О. С., Мирончук В. С.</i> .....	152
<b>DESIGN OF PERIODIC OPERATION AMMONIA-WATER ABSORPTION REFRIGERATION UNITS IN ATMOSPHERIC WATER GENERATION SYSTEMS</b> <i>Ozolin N.E., Titlov A.S., Kravchenko V.V.</i> .....	156
<b>THE SEARCH OF ENERGY-EFFICIENT OPERATION MODE OF AMMONIA-WATER-ABSORPTION REFRIGERATION MACHINES</b> <i>Osadchuk E.A., Kirilov V.Kh., Titlov A.S.</i> .....	159
<b>МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛООБМІНУ В СИСТЕМАХ ПЕРВИННОГО НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ДРІБНОСЕМ'ЯНИХ КУЛЬТУР</b> <i>Петушенко С.М., Титлов О.С.</i> .....	162

Наукове видання

## **ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

за матеріалами  
XVIII Всеукраїнської науково-технічної  
онлайн-конференції

### **«АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕКОЛОГІЇ»**

29-30 вересня 2020 року

*(українською, російською, англійською мовами)*

Підписано до друку 6.10.2020  
Формат 60×84/16. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.  
Друк офсетний. Ум. др. арк. 16,27. Наклад 100 прим.  
Зам № 231120/2

Надруковано з готового оригінал-макету у друкарні «Апрель»  
ФОП Бондаренко М.О.  
65045, м. Одеса, вул. В.Арнаутська, 60  
тел.: +38 048 700 11 55  
[www.aprel.od.ua](http://www.aprel.od.ua)

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи  
до державного реєстру видавців ДК № 4684 від 13.02.2014 р.