

**Міністерство освіти і науки України  
Одеський національний технологічний університет  
Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій  
та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського ОНТУ**



**ХІІІ ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ**

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

*23-25 вересня 2021 року*

**ЗБІРНИК ДОКЛАДІВ**



Одеса - 2021

**УДК 621.565; 621.**

Сучасні проблеми холодильної техніки та технології / Збірник тез доповідей XII Всеукраїнської науково-технічної конференції. – Одеса: ОНТУ, 2021. –196 с.

У збірнику наведені матеріали XIII 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, обладнання кондиціювання повітря, дослідженням робочих тіл та процесів в елементах холодильних та кріогенних систем, застосуванням нано та когенераційних технологій, використанням холоду в харчових технологіях, застосуванням і впровадженням нетрадиційних джерел енергії.

Матеріали, занесені до збірника, друкуються за авторськими оригіналами. За достовірність інформації відповідає автор публікації.

### **НАУКОВИЙ КОМІТЕТ**

**Голова - Єгоров Б.В.** - ректор Одеської національної академії харчових технологій, Заслужений діяч науки і техніки України, Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, д-р техн. наук, професор

**Заступники голови**

**Поварова Н.М.** – к.т.н., доцент, проректор з наукової роботи Одеської національної академії харчових технологій;

**Косой Б.В.** – д.т.н., професор, директор навчально-наукового Інституту холоду, кріотехнологій та екоенергетики Одеської національної академії харчових технологій;

#### **Члени наукового комітету:**

**Вансєв С.М.**- Сумський державний університет, к.т.н., доцент;

**Семенюк Ю.В.** - зав. кафедрою теплофізики та прикладної екології ОНАХТ, д.т.н., професор;

**Лабай В. Й.** - Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор;

**Лавренченко Г.К.** – д.т.н., професор;

**Мілованов В.І.** - зав. кафедрою компресорів та пневмоагрегатів ОНАХТ, заслужений діяч науки і техніки України, д.т.н., професор;

**Морозюк Л.І.** - д.т.н., професор;

**Потапов В. О.** - Харківський державний університет харчування і торгівлі, д.т.н., професор;

**Радченко М.І.** - зав. кафедрою кондиціонування і рефрижерації НУК, академік Міжнародної академії холоду, д.т.н., професор;

**Симоненко Ю.М.** - зав. кафедрою кріогенної техніки ОНАХТ, д.т.н., професор;

**Хмельнюк М.Г.** - зав. кафедрою холодильних установок і кондиціонування повітря ОНАХТ, академік Міжнародної академії холоду, д.т.н., професор;

### **Організаційний комітет:**

**Голова** - проф. Хмельнюк М.Г.;

**Науковий секретар** - к.т.н. доц. Жихарєва Н.В.

**Члени оргкомітету** - к.т.н. Зімін О.В., к.т.н. Когут В.О., к.т.н. Желіба Ю.О., к.т.н. Трандафілов В.В., к.т.н. Грудка Б.Г., аспірант Дудко О.М., аспірант Крушельницький Д.О.

## **СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ НА ПРИРОДНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ АГЕНТАХ**

*Сазанський А.Р., аспірант Хмельнюк М.Г. дтн. проф. ІКХЕ, ОНАХТ*

Система охолодження відіграє важливу роль у багатьох промислових процесах. Очікується, що світовий ринок промислових холодильних систем виросте з 19,3 млрд доларів США в 2019 році до 25,7 млрд доларів США до 2025 року при середньорічному темпі зростання 4,7%.

Традиційні системи (каскадні / багатоступінчасті), а також гібридні системи із сумішами НЕ-зеотропних холодоагентів широко використовуються для процесів, в яких потрібно більше одного температурного рівня. Оптимальне використання енергозберігаючих технологій в промислових процесах є ключовим питанням для раціонального використання енергетичних ресурсів в переробній промисловості.

Серед різних існуючих засобів енергозбереження холодильна установка є технологічною областю, яка забезпечує кілька ступенів свободи. Мета полягає в тому, щоб визначити оптимальні суміші холодоагенту, оптимальні рівні температури і найкращу конфігурацію циклу для задоволення вимог технологічного процесу до охолодження.

Зазвичай вуглеводні володіють прекрасними термодинамічними властивостями, що робить їх ефективними холодоагентами. Проблема в тому, що вуглеводні легко займисті, що обмежує їх більш широке застосування для деяких рішень в холодильній промисловості, в основному для рішень, що вимагають великих заправок холодоагенту.

Енергоефективність у інженерних процесах вимірюється як один із ключових факторів успіху та конкурентних переваг бізнесу. У зв'язку з цим більшість процесів, що використовуються для будь-яких виробничих цілей, вимагають, щоб холодильна система утримувала якість продукції та задовольняла потреби клієнтів. Це вирішальний фактор для підвищення енергоефективності складних енергетичних систем із використанням холодильних установок для зменшення споживання енергії.

Промислові зусилля на сьогоднішній день зосереджені на придатності альтернативних холодоагентів, включаючи програму оцінки альтернативних холодоагентів з низьким GWP, ASHRAE, просування холодоагентів з низьким GWP для секторів кондиціонування повітря в країнах з високою температурою навколишнього середовища. Необхідні належні процедури технічного обслуговування, щоб запобігти витоків холодоагенту та програми відновлення холодоагентів після закінчення терміну служби, також необхідні для мінімізації викиду холодоагентів в атмосферу.

Природні холодоагенти, такі як вуглекислий газ R744 або вуглеводень (HC), можуть сприяти усуненню проблеми. Альтернативним рішенням, здається, є використання суміші R744 та HC, яка є менш горючим або негорючим холодоагентом з низьким потенціалом глобального потепління.

Шукаючи уявлення про світові кліматичні технології холодоагентів з низьким рівнем GWP для холодильних машин на основі сумішей з R744, були проведені теоретичні дослідження простого циклу охолодження з стисненням пари, а потім експериментальна перевірка виявлених закономірностей.

Холодо-продуктивність компресора збільшується відповідно до концентрації R744. Однак у суміші зі збільшенням концентрації вуглекислого газу при постійній температурі конденсації тиск конденсації та температура кінця стиснення також зростають у компресорі. Наприклад, коли вміст вуглекислого газу в ізобутані змінюється від 5 до 20% при температурі 45 ° C, тиск збільшується більш ніж удвічі (від 0,95 до 2,05 МПа).

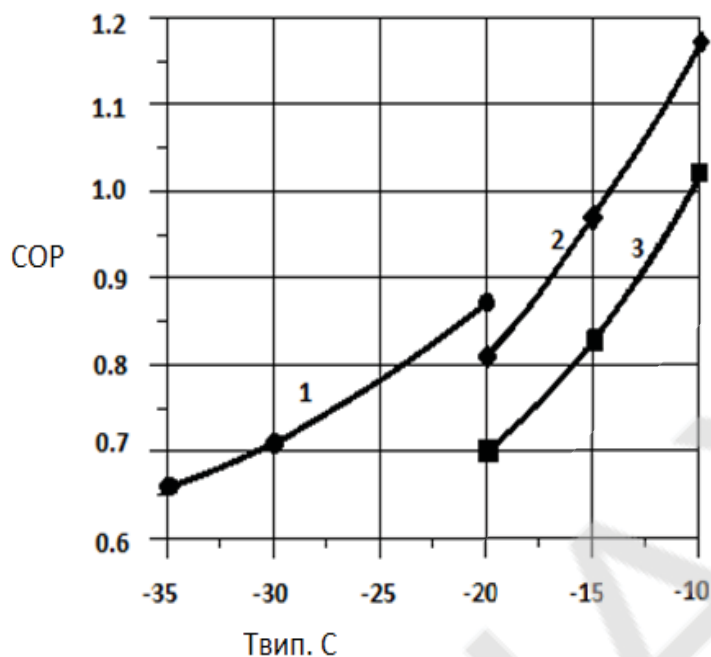


Рис. 2. COP (суміші вуглекислого газу та вуглеводнів):  
 1 – R744/R290 (0.1/0.9); 2 – R744/R600a (0.2/0.8); 3 – R744/R600a (0.2/0.8).

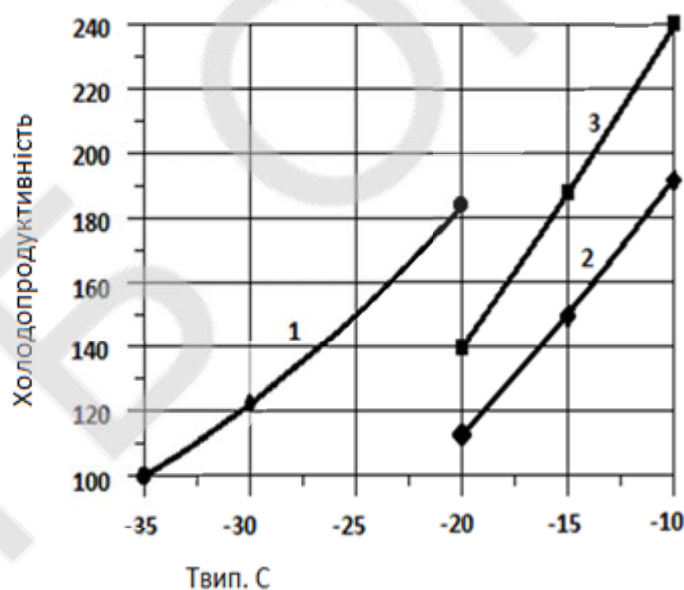


Рис.3. Холодо місткість (суміші вуглекислого газу та вуглеводнів):  
 1 – R744/R290 (0.1/0.9); 2- R744/R600a (0.1/0.9); 3- R744/R600a (0.2/0.8)

Розробка сумішей на основі діоксиду вуглецю та вуглеводнів для їх широкого використання є можливим рішенням для зменшення горючості вуглеводнів та підвищення безпеки систем охолодження, а також підвищення енергоефективності. Суміші на основі такої основи дозволяють виробляти холодоагенти при різних рівнях температури: як для холодильників (до -30С), так і для

морозильних камер та систем кондиціонування повітря, для виробництва та зберігання рідких та твердих речовин R744 (до - 60С). Більш того, вони не потребують розробки спеціального обладнання. Таким чином, цей варіант дозволяє зменшити ризик виникнення пожежі при використанні вуглеводнів для холодильної системи.

УДК 621.56

## **ДО ПИТАННЯ ЗНИЖЕННЯ ОПЕРАЦІЙНОГО ІНДЕКСУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ НА МОРСЬКИХ СУДАХ**

*Кіценко А.М., аспірант ОНАХТ*

Підвищення енергоефективності, екологічності та доступності транспорту є пріоритетним для фахівців в сфері транспорту розвинених країн. Це підтвердили результати Міжнародного транспортного саміту країн ОЕСР (International Transport Forum (ITF)), який відбувся 18-20 травня 2016 р. в Лейпцигу, Німеччина. За оцінками ITF на частку підприємств транспортної галузі в світі припадає близько 23% викидів парникових газів, але з урахуванням зростання обсягів світової торгівлі обсяги викидів парникових газів, в т.ч. і CO<sub>2</sub>, продовжить зростати.

До 80% об'єму світової торгівлі приходилось на долю морського транспорту. Для вирішення питання енергоефективності та екологічності морського транспорту Міжнародною Морською Організацією (ІМО) була розроблена Міжнародна конвенція запобігання забруднення з суден MARPOL, до якої в 1993 році приєдналась Україна. Додаток VI цієї Конвенції Air pollution prevention встановлює вимоги до конструктивного індексу (коефіцієнту) енергетичної ефективності (EEDI), а також наявності та виконання суднового плану управління енергоефективністю судна (SEEMP) в процесі експлуатації.

План Управління Енергоефективністю на Судні (SEEMP) - це оперативний захід, який встановлює механізм підвищення економічної та енергетичної ефективності судна. Будь-які нові впровадження на судні повинні відбуватись з урахуванням SEEMP. SEEMP також забезпечує підхід для судноплавних компаній для управління ефективністю використання суден і флоту.

Energy Efficiency Operational Indicator - Операційний Індикатор Енергоефективності (ЕЕОІ) використовується як інструмент моніторингу. ЕЕОІ дозволяє операторам вимірювати паливну ефективність судна, й оцінювати ефект від будь-яких змін в експлуатації. Вважається, що чим менший ЕЕОІ, тим енергоефективність морського судна більша.

SEEMP зобов'язує власника судна та оператора на кожному етапі планування враховувати нові технології та практики, для оптимізації експлуатаційних характеристик судна та зменшення викидів оксидів в атмосферу.

Одиниця Операційного Індикатору Енергоефективності ЕЕОІ залежить від вимірювання вантажу, що перевозиться, або виконаної роботи, наприклад, тонн CO<sub>2</sub> / (тонн • морських миль), тонн CO<sub>2</sub> / (TEU • морських миль), тонн CO<sub>2</sub> / (людина • морських миль

Також положення Додатку VI Конвенції МАРПОЛ встановлюють вимогу до вмісту оксидів в димових газах суднів і вимогу до вмісту сірки в паливі не більше ніж 0,5% (раніше було 3,5%) в загальних водах, та 0,1 в спеціальних зонах в яких взагалі не можна використовувати важке паливо (навіть із системами очищення) – ЕСА зонах. Але, в цьому додатку дозволено використовувати еквівалентні засоби очищення димових газів навіть при використанні палив із вмістом сірки до 3,5% якщо викиди оксидів в димових газах будуть еквівалентними викидам палив із вмістом сірки до 0.5%.

|    |                                                                                                                                                                      |     |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|    | <b>СЕРЕДОВИЩА</b>                                                                                                                                                    |     |
|    | <i>Селіванов А.П., викладач вищої категорії, Одеський технічний коледж, Тітлов О.С., завідувач кафедрою, Одеська національна академія харчових технологій, Одеса</i> |     |
| 45 | <b>РОЗРОБКА СИСТЕМ ОХОЛОДЖЕННЯ МОРСЬКИХ І РІЧКОВИХ СУДЕН НА БАЗІ АБСОРБЦІЙНИХ ВОДО АМІАЧНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ АГРЕГАТІВ З ВТОРИННИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ</b>        | 141 |
|    | <i>Адамаєв Д.Б., аспірант, Тітлов О.С., завідувач кафедрою, Одеська національна академія харчових технологій, Одеса</i>                                              |     |
| 46 | <b>ПОШУК ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ АБСОРБЦІЙНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ ПРИЛАДІВ З АЛЬТЕРНАТИВНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ</b>                                       | 142 |
|    | <i>Березовська Л.В., аспірантка, Тітлов О.С., завідувач кафедрою, Одеська національна академія харчових технологій, Одеса</i>                                        |     |
| 47 | <b>ВИКОРИСТАННЯ СКИДНОГО ТЕПЛА ПОБУТОВИХ ХОЛОДИЛЬНИХ ПРИЛАДІВ ДЛЯ РОЗШИРЕННЯ ЇХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ</b>                                                       | 145 |
|    | <i>Гратій Т.І., аспірантка, Тітлов О.С., завідувач кафедрою, Одеська національна академія харчових технологій, Одеса</i>                                             |     |
| 48 | <b>ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ БУДІВЕЛЬВ УКРАЇНІ ТА СВІТІ</b>                                                                                                      | 148 |
|    | <i>Ткач Сергій аспірант ОНАХТ</i>                                                                                                                                    |     |
| 49 | <b>СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ НА ПРИРОДНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ АГЕНТАХ</b>                                                                                                          | 151 |
|    | <i>Сазанський А.Р., аспірант Хмельнюк М.Г. дтн. проф. ІКХЕ, ОНАХТ</i>                                                                                                |     |
| 50 | <b>ДО ПИТАННЯ ЗНИЖЕННЯ ОПЕРАЦІЙНОГО ІНДЕКСУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ НА МОРСЬКИХ СУДАХ</b>                                                                                 | 153 |
|    | <i>Кіценко А.Р., аспірант. ІКХЕ, ОНАХТ</i>                                                                                                                           |     |

## **СЕКЦІЯ №2 –НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНІ ХОЛОДИЛЬНІ І КРІОГЕННІ МАШИНИ**

|   |                                                                                                                                                 |     |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1 | <b>ВИЯВЛЕННЯ ТА УСУНЕННЯ ОТРУЙНОЇ ДІЇ ПРОЦЕСУ ВАКУУМУВАННЯ НА ТЕПЛОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КРІОПОСУДУ</b>                                             | 155 |
|   | <i>Жунь Г.Г., д.т.н., професор, Старіков В.В., Борщ О.Є., НТУ «ХПІ», м. Харків</i>                                                              |     |
| 2 | <b>СХЕМНЕ РІШЕННЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОТРИМАННЯ АМІАКУ ВИСОКОЇ ЧИСТОТИ</b>                                                                            | 159 |
|   | <i>Морозюк Л.І., д.т.н., професор, Симоненко Ю.М., д.т.н., професор, Костенко Є.В., аспірант, ІКХЕ ОНАХТ, м. Одеса</i>                          |     |
| 3 | <b>МОДЕРНІЗАЦІЯ ЛАБОРАТОРНИХ ЗРІДЖУВАЧІВ ГЕЛІЮ</b>                                                                                              | 160 |
|   | <i>Бондаренко В.Л., д.т.н., професор, Симоненко Ю.М., д.т.н., професор, Чігрін А.О., інженер, ІКХЕ ОНАХТ, м. Одеса</i>                          |     |
| 4 | <b>ТЕХНОЛОГІЇ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ВИРОБНИЦТВІ РІДКІСНИХ ГАЗІВ</b>                                                                                | 161 |
|   | <i>Бондаренко В.Л., д.т.н., професор, Симоненко Ю.М., д.т.н., професор, Медушевський Є.В., ІКХЕ ОНАХТ, м. Одеса</i>                             |     |
| 5 | <b>ДО РОЗРАХУНКІВ ХАРАКТЕРИСТИК ЦИКЛІВ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ З ДВОМА НИЗЬКОПОТЕНЦІЙНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ТЕПЛА</b>                                          | 161 |
|   | <i>Соколовська-Єфименко В.В., к.т.н., доцент, Грудка Б.Г, к.т.н., ст.викладач, Басов А.М., викладач-стажист, аспірант, ІКХЕ ОНАХТ, м. Одеса</i> |     |
| 6 | <b>МОДЕЛЮВАННЯ КОЕФІЦІЄНТА ПОДАВАННЯ ХОЛОДИЛЬНОГО КОМПРЕСОРА TAG 2513Z</b>                                                                      | 162 |
|   | <i>Кравченко М.Б., д.т.н., професор, Кокул С.В., аспірант, ІКХЕ ОНАХТ, м. Одеса</i>                                                             |     |
| 7 | <b>ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ РОБОТИ ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ НА БАЗІ КОМПРЕСОРА TAG 2513Z</b>                                                                | 165 |
|   | <i>Кравченко М.Б., д.т.н., професор, Кокул С.В., аспірант, ІКХЕ ОНАХТ, м. Одеса</i>                                                             |     |

*Матеріали XIII Всеукраїнської науково-технічної конференції  
«Сучасні проблеми холодильної техніки і технології», 23 по 25 вересня 2021*

**Міністерство освіти і науки України  
Одеський національний технологічний університет  
Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій  
та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського ОНТУ**

## **XIII ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ**

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

*23-25 вересня 2021 року*

## **ЗБІРНИК ДОКЛАДІВ**

Одеса - 2021