

**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

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 кондиціонування 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. Жихарева 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.

холодоагентами в традиційних багаторівневих циклах, щоб можна було досягти поліпшеної енергоефективності.

Порівнюються профілі охолодження чистого холодоагенту і змішаного холодоагенту для того ж багаторівневого циклу. Отже, використання змішаного холодоагента в існуючих багаторівневих циклах має деякий потенціал для підвищення енергоефективності. Крім того, цей варіант може бути привабливим, коли режими охолодження і їх рівні змінюються під час роботи, наприклад, через зміни в складі сировини, змін робочого тиску і т.д. Система змішаного холодоагенту може пристосуватися до цих змін завдяки додатковим ступеням свободи в процесі роботи (тобто змішаний холодоагент). Типи варіантів модернізації, може бути декілька. Розглядаючи базовий варіант, одним з варіантів може бути внесення структурної модифікації (наприклад, попереднього сатуратора) без зміни холодоагенту. Інший варіант - ввести змішаний холодоагент в багаторівневий цикл охолодження з чистим холодоагентом без будь-яких змін конфігурації. Третій варіант - використовувати змішаний холодоагент, а не чистий холодоагент, і додати конструктивну модифікацію (наприклад, самоохолоджуючийся теплообмінник). Самоохолоджуючийся теплообмінник використовується для подальшого відведення тепла від газоподібного холодоагенту перед розширенням за рахунок випаровування рідкого холодоагенту, що є спільною рисою циклів змішаного холодоагента. Хоча додавання самоохолоджуючогося теплообмінника небажано через необхідних капітальних вкладень, переваги використання змішаного холодоагенту можуть бути збільшені за рахунок використання більш низьких температурних умов перед розширенням.

Інформаційні джерела

- 1.Improving the energy efficiency of industrial refrigeration systems\Jin-Sik Oh, Michael Binns, Sangmin Park, Jin-Kuk Kim,5 August 2016-с.3;
- 2.A User Guide to Process Integration for the Efficient Use of Energy\Linnhoff, B., Townsend, D. W., Boland, D.,IChemE UK (1982)-с.4.

УДК 621.565

РЕТРОФІТ ХОЛОДОАГЕНТУ ТА МОДЕРНІЗАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ НА ДІЮЧИХ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИНАХ.

*Дудко О.М.,аспірант, Єршов В.О., аспірант, Козут В.О., к.т.н., доцент,
Жихарева Н.В., к.т.н., доцент., ОНАХТ Одеса.*

Відповідно до Монреальського протоколу і поправок до нього, поетапну відмову від холодоагентів CFC завершено в 2010 році, включаючи країни, що розвиваються. За останні вісім десятиліть газу CFC з дуже високими значеннями GWP були викинуті в атмосферу, і, що ще гірше, вони мають довгий термін служби. Наприклад, найбільш часто використовуваний холодоагент R12 має GWP = 10300 і термін служби 102 року (UNEP 2014 року).

Цей та інші газу CFC всюди навколо нас, і неможливо сказати скільки в даний час утримується в атмосфері. Але дивно, що в багатьох звітах сьогодні немає інформації про те, яка частка газів CFC в загальному впливі на глобальне потепління. У 1990 році вважалося, що ця частка становила приблизно 15%, але, з огляду на їх хімічну стабільність, все ще грає важливу роль, безумовно, більш високу, ніж газу HFC. І це факт, що навіть незважаючи на те, що це заборонено, газу CFC все ще викидаються в атмосферу в деяких країнах, що розвиваються.

На даний час не існує універсальних рішень для холодоагентів, якщо взяти до уваги всі відповідні аспекти: розмір холодопродуктивності, температурний режим, тип застосування, вартість, доступне обслуговування, енергоефективність, навколишнє повітря, безпеку, правила, навколишнє середовище і т. д.

Вибір нового альтернативного холодоагенту, являє собою складну задачу, оскільки це завжди компромісне рішення між суперечливими вимогами. Необхідно враховувати аспекти глобального і локального, прямого і опосередкованого впливу холодоагенту на навколишнє середовище. Крім того, холодоагент повинен мати хороші термодинамічні і експлуатаційні показники, а також низький рівень токсичності. Останнім часом фактори екології та безпеки експлуатації є пріоритетом над іншими вимогами до холодоагентів.

За даними українських і японських учених в техносфері світової спільноти на другому по екологоемкості після вугле- і нафтопереробних підприємств знаходиться сукупний вплив сільськогосподарського виробництва та харчової промисловості. Фрукти та овочі після збору продовжують свою життєдіяльність, яка характеризується обміном речовин з навколишнім середовищем. У них протікають складні біохімічні і фізіологічні процеси. Життєдіяльність цих організмів проявляється диханням: продукція поглинає при зберіганні кисень і виділяє вуглекислий газ, водяні пари і інші продукти обміну речовин. Природно, що при диханні відбувається не тільки втрата вологи, яка визначає соковитість продукції, а й відбувається збіднення рослинної тканини поживними речовинами.

Інтенсивність дихання залежить від виду продукції. Різні сорти однієї і тієї ж продукції дещо відрізняються за показниками. Впливає на інтенсивність дихання ступінь зрілості, фізіологічний стан продукції, наявність механічних пошкоджень.

На сучасних вітчизняних і зарубіжних холодильниках в камерах зберігання застосовується повітряна система охолодження, яка має безліч різновидів. Для повітряної системи характерна наявність повітроохолоджувача і системи розподілу повітря.

Системи з регульованим потоком холодоагенту (VRF), як відомо, мають високі енергетичними характеристиками. Вони можуть підвищити енергоефективність як житлових, так і комерційних будівель. Хоча холодоагент на основі HFC R410A в системах VRF має високий GWP, він все ще не має собі рівних.

Поетапна процедура заборони HFC була розпочата Кігалійською поправкою. R32 з низьким GWP є альтернативою R410A, але він легкозаймистий, тому його не можна використовувати в системах центрального кондиціонування, таких як VRF, які потребують великої кількості заправки холодоагенту. В даний час холодоагент R32 з ПГП нижче 750 використовується в індивідуальних кондиціонерах спліт-типу відповідно до вимог ЄС. Для цих пристроїв існує обмеження на заправку газу в 3 кг. Кондиціонування повітря можливо в нових гібридних системах VRF з заправкою холодоагенту, яка не перевищує цю межу. В якості альтернативи, заправлений газом зовнішній блок можна розмістити за межами кімнати. Однак передача енергії холодоагенту воді через теплообмінник негативно позначається на ефективності системи (а саме, в будівлі циркулює вода, а не холодоагент).

Серед важливих характеристик критичний тиск і критична температура близькі у обох холодоагентів. Більш висока критична температура забезпечує підвищений ККД за рахунок більш низького значення перегріву на виході з компресора. З іншого боку, тиск пару буде низьким при високій критичній температурі, що призведе до зменшення об'ємної енергоемності. Таким чином, можуть знадобитися експериментальні дослідження, щоб повністю розібратися в цих проблемах.

GWP R466 менше, ніж R410A, через присутність CF₃I (трифторйодметана) в структурі холодоагенту. Оскільки R466A має GWP 733, він легко відповідає критеріям ЄС для кондиціонерів спліт-типу.

Також однією з проблем експлуатації холодильних машин є утворення інею на поверхні теплообмінника. Пластинчато-ребристі теплообмінники широко використовуються в якості випарників повітряного охолодження в промислових холодильних системах для кондиціонування приміщень і охолодження продуктів. Всі випарники типу холодоагент-повітря, що працюють з температурами поверхні змійовика як нижче точки замерзання води, так і температури точки роси повітря в приміщенні з кондиціонером, будуть призводити до утворення інею на поверхні випарника. Накопичення інею на випарнику має кілька наслідків.

По-перше, накопичення великої кількості інею погіршить характеристики теплопередачі випарника через забруднення зовнішньої поверхні, оскільки сам іній має низьку теплопровідність. При погіршенні теплопередачі потужність випарника знижується. Щоб відповідати зазначеній навантаженню з погіршеними характеристиками теплопередачі, температура випарника повинна знизитися, що знижує ефективність системи.

По-друге, мороз перешкоджає проходженню повітряного потоку через змійовик, що призводить до збільшення споживання енергії вентилятором і зменшення потоку повітря через випарник. Щоб протистояти цим ефектам, що накопичився іній повинен видалятися з поверхні випарника або безперервно, або періодично.

Хоча розморожування може бути здійснено за допомогою нагрівання електричним нагрівачем, теплою водою, або за допомогою рідкого осушувача, гарячий газоподібний холодоагент є найбільш широко застосовуваним методом для видалення інею з випарників в промислових холодильних системах. Під час розморожування гарячим газом подача холодного холодоагенту припиняється, тоді як частина пари гарячого холодоагенту, що виходить із компресорів, перенаправляється до випарника.

Оскільки велика частина інею на випарнику з повітряним охолодженням прилипає до ребристих поверхонь, необхідно ефективно підводити тепло до оребріння випарника, щоб розтопити іній. Під час процесу розморожування гарячим газом холодоагент конденсується під високим тиском всередині труб випарника нагріває поверхні трубок, які, в свою чергу, нагрівають ламелі випарника, що контактують з трубами. Ребро відводить теплову енергію від свого заснування (трубок), щоб нагріти налиплий іній, в кінцевому підсумку змінюючи його фазу з твердої на рідку. Після цього основна частина конденсату самопливом стікає по змійовику в дренажний піддон.

При відтаюванні гарячим газом повітроохолоджувач прогрівається рівномірно, тому вона проходить швидше в порівнянні з електричною, де нагрів відбувається тільки в місцях закладення ТЕН-ів і значна частина споживаної енергії витрачається на нагрів навколишнього повітря, а не трубок і ребер теплообмінного апарату.

Скорочення часу відтавання призводить до збільшення тривалості роботи холодильної установки в режимі охолодження і кращого збереження продукції. Крім цього, при відтайці гарячим газом знижується як вартість повітроохолоджувача, так і вартість підключення системи холодопостачання до електромереж. Також перевагою уприскування гарячого газу в випарник є видалення масла і повернення його в компресор.

Вибір типу відтаювання має прямий вплив на якість зберігання плодоовочевої продукції.

В першу чергу, заміна типу відтаювання електронагрівачами на відтайку гарячими газами, на вже працюючих установках, дозволяє скоротити енергозатрати. Редукція енергетичних втрат відбувається через збільшення ефективності відтаювання, що у свою чергу зменшує час відтаювання загалом. Відтайка гарячими газами опосередковано впливає на якість зберігання продукції, так як зменшуються тепловиділення під час роботи холодильної установки, це призводить до зменшення добових коливань температури в приміщенні камери. Тому ретрофіт холодоагенту для діючих установок, та удосконалення обладнання сьогодні має велике значення для розвитку холодильної технології.

Список джерел:

1. Жихарева Н.В., Хмельнюк М.Г. Підвищення ефективності системи охолодження плодоовочесховищ. - Вісник міжнародної академії холоду 2013. – Вип 4 – с. 16 –20
2. Жихарева, Н.В. Математична модель процесів зберігання плодоовочевої продукції – «Харчова наука і технологія» – 2013. – № 4 (25) – С. 107-111.
3. «Данфос» Відтайка повітроохолоджувачів гарячим газом в комерційних і напівпромислових холодильних системах.
4. Atilla G. Deveciog˘lu, Vedat Oruç Energetic performance analysis of R466A as an alternative to R410A in VRF systems.
5. K. Harby Hydrocarbons and their mixtures as alternatives to environmental
6. unfriendly halogenated refrigerants: An updated overview.

УДК 621.181. 62:620.193.519.8

ПРИМЕНЕНИЕ КОНДЕНСАЦИОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НАГРЕВА ПРИ СЖИГАНИИ СЕРНИСТЫХ ВОДОТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

*Корниенко В.С., к.т.н., доцент кафедры теплотехники ХФ НУК
Херсонский филиал Национального университета кораблестроения имени адм.
Макарова*

Уровень использования теплоты сжигания топлива может быть повышен путем глубокого охлаждения продуктов сгорания ниже температуры точки росы, т.е. за счет максимального использования не только физической теплоты газов, но и скрытой теплоты содержащихся в них паров серной кислоты и воды, конденсация которых вследствие коррозии и ограничивает температуру выхлопных газов. При сжигании водотопливных эмульсий (ВТЭ) с $W^f = 30\%$ при температурах стенки $t_{ст}$ ниже температуры точки росы паров серной кислоты H_2SO_4 на уровне $130...140\text{ }^\circ\text{C}$ наблюдается снижение интенсивности низкотемпературной сернокислотной коррозии (НТК) [1], что является практически единственной возможностью снижения температуры уходящих из УК газов и повышения экономичности СЭУ. Снижение интенсивности НТК до уровня $0,2\text{ мм/год}$ предоставляет возможность снизить $t_{ст}$ до уровня $70\text{ }^\circ\text{C}$, что позволяет применить установку конденсационных поверхностей нагрева, но вследствие наличия конденсата интенсивность загрязнения конденсационных поверхностей выше.

В настоящее время при расчетах теплообмена в УК значение коэффициента загрязнения ϵ_3 , равного отношению толщины загрязнений δ_3 и эквивалентного коэффициента теплопроводности $\lambda_{эkv}$ ($\epsilon_3 = \delta_3/\lambda_{эkv}$) принимается по экспериментальным данным для вспомогательных котлов по скорости газов или по рекомендованным значениям коэффициента тепловой эффективности ζ , которые не предоставляют возможность определить конкретный уровень загрязнения ϵ_3 и ζ для конденсационных низкотемпературных поверхностей нагрева (НТПН), так как не учитывается состояние конденсационных поверхностей нагрева, интенсивность загрязнения которых значительно выше. Полностью отсутствуют конкретные количественные данные значений ϵ_3 для сухих и конденсационных поверхностей УК, которые зависят прежде всего от скорости газов и $t_{ст}$. Это состояние рассматриваемой проблемы определило основные цели исследований.

31	<i>Середа В.В., доцент КПІ ім. Ігоря Сікорського, Горін В.В., проф. каф. Одеська академія технічного регулювання та якості, Лю Ян, аспірант КПІ ім. Ігоря Сікорського,</i> ОСНОВНІ ПРОБЛЕМИ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ	111
	<i>Крушельницький Д.О. аспірант ІХКЭ ОНАХТ, м. Одеса : Жихарева Н.В., к.т.н., доцент ОНАХТ</i>	
32	ЧИСЕЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПЛАСТИНЧАСТО-РЕБРИСТОГО ТЕПЛООБМІННОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РЛГХМ	112
	<i>Хмельнюк М.Г., д.т.н., професор ІХКЕ ОНАХТ, Трандафілов В.В., к.т.н., ст. викладач ІХКЕ ОНАХТ, Яковлева О.Ю., к.т.н., доцент ІХКЕ ОНАХТ</i>	
33	ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ РОТОРНО-ЛОПАТЕВОЇ ГАЗОВОЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ	117
	<i>Хмельнюк М.Г., д.т.н., професор ІХКЕ ОНАХТ, Трандафілов В.В., к.т.н., ст. викладач ІХКЕ ОНАХТ, Яковлева О.Ю., к.т.н., доцент ІХКЕ ОНАХТ</i>	
34	МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ПРОДУКТИВНОСТІ ГЕНЕРАТОРА БІНАРНОГО ЛЬОДУ ШНЕКОВОГО ТИПУ	120
	<i>Зімін О.В., к.т.н., доцент ОНАХТ м. Одеса</i>	
35	АКТУАЛЬНІСТЬ СТЕЛЬОВОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ПРИМІЩЕНЬ	122
	<i>Бурдюжа С.А., Беркань І.В. – викладачі ВСП «ОТФК ОНАХТ»</i>	
36	ГРАФІЧНІ МЕТОДИ ДЛЯ ПРОЦЕДУР ОПТИМІЗАЦІЇ ТА РЕТРОФІТУ	123
	<i>Дудко О.М., аспірант, Одеса, ОНАХТ.</i>	
37	РЕТРОФІТ ХОЛОДОАГЕНТУ ТА МОДЕРНІЗАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ НА ДІЮЧИХ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИНАХ	125
	<i>Дудко О.М., аспірант ОНАХТ, Козут В.О., к.т.н., доцент ОНАХТ, Жихарева Н.В., к.т.н., доцент ОНАХТ., Єршов В.О., аспірант, ОНАХТ Одеса</i>	
38	ПРИМЕНЕНИЕ КОНДЕНСАЦИОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НАГРЕВА ПРИ СЖИГАНИИ СЕРНИСТЫХ ВОДОТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЙ	128
	<i>Корниенко В.С., к.т.н., доцент кафедри теплотехники ХФ НУК Херсонський філіал Національного університету кораблебудування імені адм. Макарова</i>	
39	ANALYSIS OF THE POSSIBILITIES OF A SOLAR AIR CONDITIONING SYSTEM	129
	<i>Ovchinnikov M., higher education Odessa National Technological University, Zhykharieva N.V. ass. phrofessor Odessa National Technological University</i>	
40	ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ І ПОКРАЩЕННЯ УМОВ ПРАЦІ ВИРОБНИЦТВА КАРБАМІДУ ШЛЯХОМ ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	132
	<i>Жихарева Н.В., к.т.н., доцент ОНТУ., Одеса, Філков І.О, здобувач вищої освіти ОНТУ,</i>	
41	ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ОТРИМАННЯ ВОДИ З АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ	133
	<i>Біленко Н.О., старший викладач, Тітлов О.С., завідувач кафедрою, Одеська національна академія харчових технологій, Одеса,</i>	
42	МОДЕЛЮВАННЯ РОБОЧИХ РЕЖИМІВ ГЕЛЕОГЕНЕРАТОРІВ АБСОРБЦІЙНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИН	135
	<i>Осадчук Є.О., старший викладач, Тітлов О.С., завідувач кафедрою, Одеська національна академія харчових технологій, Одеса</i>	
43	РОЗРОБКА СИСТЕМ ОХОЛОДЖЕННЯ ДЛЯ ПЕРВИННОЇ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ОБРОБКИ ТА ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА ДРІБНОНАСІННЄВИХ КУЛЬТУР	136
	<i>Петушенко С.М., викладач вищої категорії, Одеський технічний коледж, Тітлов О.С., завідувач кафедрою, Одеська національна академія харчових технологій, Одеса</i>	
44	РОЗРОБКА АБСОРБЦІЙНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ ПРИЛАДІВ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ В ШИРОКОМУ ДІАПАЗОНІ ТЕМПЕРАТУР ПОВІТРЯ НАВКОЛИШНЬОГО	138

*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