

**Міністерство освіти і науки України  
Одеська національна академія харчових технологій  
Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій  
та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського ОНАХТ**



**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

**ЗА МАТЕРІАЛАМИ  
ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ  
ОНЛАЙН-КОНФЕРЕНЦІЇ**

**МОЛОДИХ ВЧЕНИХ, АСПІРАНТІВ ТА СТУДЕНТІВ**

**«СТАН, ДОСЯГНЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ  
І ТЕХНОЛОГІЙ»**

***14 -15 травня 2021 року***



Одеса - 2021

УДК 621.56/59(03)  
ББК 31.3  
К-14

**Збірник наукових праць** підготовлений під редакцією  
доктора технічних наук, професора Хмельнюка М.Г  
Науковий секретар - к.т.н.доц. Жихарєва Н.В.

*За достовірність інформації відповідає автор публікації*

**Збірник** за матеріалами Всеукраїнської науковотехнічної онлайн-конференції молодих учених та студентів «**Стан, досягнення і перспективи холодильної техніки і технології**» 14-15 травня 2021 року. – Одеса : ТЕС, 2021 – 116 с.

До збірника включені матеріали сучасних наукових досліджень студентів, магістрів та аспірантів різних університетів і академій України.

Розглянуто наступні напрямки досліджень: холодильні установки; кондиціювання повітря, холодильні машини, теплообмінні апарати і процеси тепло масообміну; робочі речовини холодильних машин; Компресори та пневмоагрегати; енергетичні та екологічні проблеми холодильної техніки; холодильна технології; кріогенна техніка; інформаційні технології в холодильній техніці

©Одеська національна академія харчових технологій  
© Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій  
та екоенергетики ім. В. С. Мартиновського

## 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.

**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;

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

**Морозюк Л.І.** - д-р техн. наук, 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-р техн. наук, професор;

**Симоненко Ю.М.** - зав. кафедрою кріогенної техніки ОНАХТ, д-р техн. наук, професор

## Організаційний комітет:

**Голова** - проф. Хмельнюк М.Г.;

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

**Члени оргкомітету** - к.т.н. Зімін О.В., к.т.н. Когут В.О., к.т.н. Яковлева О.Ю., к.т.н. Желіба Ю.О., к.т.н. Трандафілов В.В., к.т.н. Остапенко О.В., к.т.н. Подмазко О.С., асист. Томчик О.М.

## Тематичні напрями:

- холодильні машини і установки
- теплообмінні апарати і процеси тепломасообміну
- робочі речовини холодильних машин
- системи кондиціонування повітря
- компресори та пневмоагрегати
- енергетичні та екологічні проблеми холодильної техніки
- холодильна технологія
- кріогенна техніка
- інформаційні технології в холодильній техніці

## РЕТРОФІТ ХОЛОДОАГЕНТУ ТА МОДЕРНІЗАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ НА ДІЮЧИХ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИНАХ

*Дудко О.М., аспірант ОНАХТ, Єршов В.О., аспірант ОНАХТ*

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 гази 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 гази 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 гази HFC. І це факт, що навіть незважаючи на те, що це заборонено, гази 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. Плоди 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 жит-

лових, 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 енергоємності. Таким чином, можуть знадобитися експериментальні дослідження, щоб повністю розібратися в цих проблемах.

GWP R466 менше, ніж R410A, через присутність CF<sub>3</sub>I (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 верхній 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 зміювика 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 зміювик, 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, теплої води, 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 оребрення 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 unfriendly halogenated refrigerants: An updated overview.

*Наукові керівники Козут В.О. т.н., доцент кафедри ХУіКП ОНАХТ  
Жихарева Н.В: к.т.н., доцент кафедри ХУіКП ОНАХТ,*



Фортуна Д.С, магістрант ІХКЕ ОНАХТ	
Наукові керівники: Хмельнюк М.Г., д.т.н., доцент кафедри ХУіКП ОНАХТ	
Остапенко О.В., к.т.н., стар.викл. кафедри кафедри ХУіКП ОНАХТ.....	73
<b>ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА ТЕПЛОВОГО НАСОСУ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА ПРИРОДНИХ РОБОЧИХ ТІЛАХ ДЛЯ КЛІМАТИЧНИХ УМОВ М.ОДЕСА</b>	
Іщенко В., магістрант	
Наукові керівники: Хмельнюк М.Г., д.т.н., доцент кафедри ХУіКП ОНАХТ	
Остапенко О.В., к.т.н., стар.викл. кафедри кафедри ХУіКП ОНАХТ.....	75
<b>РЕТРОФІТ ХОЛОДОАГЕНТУ ТА МОДЕРНІЗАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ НА ДІЮЧИХ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИНАХ.</b>	
Дудко А.Н., аспірант, Еришов В.О., аспірант, Козут В.О., к.т.н., доцент,	
Жихарева Н.В., к.т.н., доцент., ОНАХТ Одеса.....	77
<b>SYSTEM AIR CONDITIONING, CREATING DECORATIVE FOUNTAINS FOR COOLING AIR</b>	
Dragnev M, student ONAFT ,	
Supervisors: Zhikhareva NV, Ph.D., Associate Professor of Refrigeration and Air Conditioning ONAHT.....	80
<b>ОСОБЛИВОСТІ ЧИЛЛЕР-ФЕНКОЙЛОВИХ СИСТЕМ</b>	
Баланський А.П. бакалавр ІХКЕ ОНАХТ , Роботько М.Ю. бакалавр ІХКЕ ОНАХТ	
Науковий керівник Жихарева Н.В: к.т.н., доцент кафедри ХУіКП ОНАХТ .....	81
<b>МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ПРОХОДЯТЬ В ПРИМІЩЕННЯХ ПРИ КОМФОРТНОГО КОНДИЦІОНУВАННЯМ ПОВІТРЯ</b>	
Зуб Н.Г., магістр ІХКЕ ОНАХТ, Кияненко А.Д. магістр ІХКЕ ОНАХТ , ,	
Науковий керівник Жихарева Н.В: к.т.н., доцент кафедри ХУіКП ОНАХТ.....	82
<b>ЗАСОБИ ЗАХИСТУ ПРОДУКТІВ (ПЕРЕВАЖНО РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ) ВІД ВПЛИВУ КОЛИВАНЬ ТЕМПЕРАТУРИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ПІД ЧАС ЗБЕРІГАННЯ І ТРАНСПОРТУВАННЯ</b>	
Сьомкін Є. В. бакалавр ІХКЕ ОНАХТ	
Науковий керівник Томчик О. М., к.т.н. кафедри ХУіКП ОНАХТ.....	84
<b>ОСОБЛИВОСТІ ВИБОРУ ПЛАНУВАННЯ ХОЛОДИЛЬНИКІВ-ПЛОДООВОЧЕСХОВИЩ</b>	
Клімкін В. О. бакалавр ІХКЕ ОНАХТ	
Науковий керівник Томчик О. М., к.т.н. кафедри ХУіКП ОНАХТ.....	87
<b>КЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ (LCCP)</b>	
Сазанський А.Р., аспірант, ІКХЕ, ОНАХТ	
Науковий керівник Хмельнюк М.Г., д.т.н ,проф.. кафедри ХУіКП ОНАХТ.....	88



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ХОЛОДУ, КРІОТЕХНОЛОГІЙ ТА  
ЕКОЕНЕРГЕТИКИ ІМ. В. С. МАРТИНОВСЬКОГО

## **ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

ЗА МАТЕРІАЛАМИ  
ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ  
ОНЛАЙН-КОНФЕРЕНЦІЇ  
МОЛОДИХ ВЧЕНИХ, АСПІРАНТІВ ТА СТУДЕНТІВ

### **«СТАН, ДОСЯГНЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ»**

*14-15 травня 2021 року*

©Одеська національна академія харчових технологій  
© Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій  
та екоенергетики ім. В. С. Мартиновсько