

**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 ТЕХНОЛОГІЇ»**

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

Інформаційні джерела:

1. Хмельнюк М.Г., Подмазко О.С., Подмазко І.О. Холодильні установки та сфери їх використання. Грінь, м. Херсон 2014, с. 488.

Науковий керівник: Подмазко О.С., доцент., ІХКЕ ОНАХТ

УДК: 62-977

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ ПРАЦЮЮЧИХ В ТРАНС КРИТИЧНОМУ ЦИКЛІ З ВИКОРИСТАННЯМ CO₂

Руслан Талибли, Аспірант, ОНАХТ, м. Одеса, ruslantalibli@gmail.com

Перетворення енергії та захист навколишнього середовища стають домінуючими факторами сталого розвитку сучасного суспільства. Проте, в останні роки в опалювальний сезон часто з'являється похмура погода, особливо в холодні зимові дні в регіоні Північного Китаю. Спалення вугілля, традиційний метод малоефективного обігріву приміщень, являє собою основну причину забруднення повітря. Таким чином, щоб замінити вугільно-опалювальну систему, що призводить до серйозного забруднення пропонується використання теплового насоса повітряного типу (ТНПТ) для екологічно чистого опалення приміщень. Він працює з теплотою навколишнього середовища і передає теплову енергію до повітря всередині приміщення, а коефіцієнт ефективності (COP) перевищує одиницю.

Тому уряди дають субсидію жителям для розширення застосувань ТНПТ. Тоді як для галузей холодильного та кондиціонування повітря, обмежених Монреальським протоколом та Поправкою Кігалі, широко використовувані гідрохлорофторуглероди (HCFCs) і вуглеводні (HFCs) зараз або у найближчому часі будуть ліквідовані. Більшість нових ТНПТ, що виробляються, використовують HCFCs або HFCs (наприклад R22 або R410A) як робоча речовина, які шкідливі для озонового шару або можуть призвести до глобального потепління. На відміну від них, природні холодоагенти, такі як CO₂, NH₃ та вуглеводні (HCs), нешкідливі для навколишнього середовища та мають хороші термодинамічні та тепловіддаючі властивості [1]. Серед усіх цих робочих речовин, CO₂ вважається найбільш перспективним кандидатом, оскільки він є безпечним та екологічно чистим.

Вуглекислота переважно використовувався для вироблення санітарної гарячої води (СГВ), завдяки високому показнику температурного глайда. Такий метод отримання СГВ був поширений в 2001 році і подавався як еко дружній метод отримання гарячої води в мед закладах. Результати експериментів показують, що водопровідну воду можна нагрівати від 9 до 60 °C при нагріванні COP складає 4.3, а температура гарячої води може досягати 90 °C без операційних труднощів. Таммаро та ін. змодельювали та порівняли системи теплових насосів для генерації санітарної гарячої води з CO₂ та R290, які використовуються як холодоагенти. Вони дійшли висновку, що розміри компресора CO₂ та теплообмінника значно менші, ніж у R290, щоб отримати однакову потужність нагріву. Пітарх та ін. оцінили системи теплових насосів, що використовують природні холодоагенти для виробництва СГВ. Вони дійшли висновку, що COP може бути покращений на 11%, коли R290 використовується для нагрівання води від 30 до 90 °C в порівнянні з системами що працюють на CO₂. Гібридна система опалення приміщень та система теплового насоса для виробництва гарячої води CO₂ запропонувала Stene [2] для житлового користування. Температури пода-

чі/повернення води підлогового опалення складають 33/28, 35/30 та 45/40 °С, і задані температури температури гарячої води для побутового споживання 60, 70 та 80 °С. Теоретичні та експериментальні результати свідчать про те, що сезонний фактор ефективності (SPF) не менше, ніж у найефективнішого абсорбційного теплового насоса. З вищезазначених резюме можна зробити висновок, що CO₂ має велику перевагу в застосуванні водонагрівачів з високим перепадом температур (близько 50 °С). Окремо, слід зазначити, що водопровідна вода в основному використовується як вхідна рідина, а температура є відносно низькою (7–26 °С). Таким чином, температура на виході рідини CO₂ в газовому охолоджувачі може бути охолоджена до більш низького ступеня, що може значно зменшити незворотні втрати під час процесу дроселювання, завдяки чому, може бути отриманий більш високий COP. Однак, коли мова йде про застосування опалення приміщень, відповідно до рекомендованої температури подачі / повернення води, показаної в Таблиці 1, температура зворотної води, очевидно, висока, що призводить до низької енергетичної ефективності. Отже, енергоефективність системи теплового насоса CO₂ повинна бути покращена, якщо вона використовується для опалення приміщень.

Таблиця 1 Рекомендована температура подачі/повернення води для різних терміналів опалення.

Термінал опалення	Температура подачі води, °С	Температура зворотної води, °С
Традиційний дизайн радіатора	65	40
Котушковий радіатор	45	40
Звичайний блок фанкойлів	45	40
Блок фанкойлів з малим температурним напором	35	30

Виділене механічний переохолодження (ВМП) є перспективним методом для розширення застосування транскритичної системи теплового насоса CO₂ у сфері опалення приміщень. Для системи CO₂, ВМП спочатку застосовувався для підвищення енергоефективності холодильної системи шляхом охолодження рідини CO₂ на виході з газового охолоджувача за допомогою малого циклу стиснення пари. Потім це поняття було введено Янг та ін., щоб покращити COP транскритичного теплового насоса для опалення приміщень. Відмінне від традиційної конфігурації ВМП, рідина CO₂ на виході з газового охолоджувача охолоджується за допомогою води, яка утворюється в холодильному циклі R134a, а не прямим випаровуванням холодоагенту у системі ВМП. Потім експериментальні та теоретичні дослідження проводили Сонг та ін. детально дослідити робочі характеристики нової системи, включаючи оптимальний тиск нагнітання та середню робочу температуру. Тим часом ефективність комбінованого теплового насоса R134a / CO₂ та каскадного теплового насоса R134a / CO₂ також були порівняні та обговорені. Потенційні користувачі більш зацікавлені у економічних та екологічних показниках тому, необхідно оцінити викиди, а також початкові та експлуатаційні витрати протягом усього життєвого циклу приладів. У цьому дослідженні висвітлено екологічні та економічні показники системи теплового насоса CO₂, інте-

грованої з прямим ВМП (CO₂ ТНПВМП) обговорюються та порівнюються з базовою системою теплового насоса (CO₂ БТН), і традиційні опалювальні рішення, включаючи опалення котла на вугіллі (ОПнВ), настінний газовий котел опалення (НГКО), та прямого електричного опалення (ПЕО). Крім того, це стосується погіршення теплових характеристик внаслідок заморожування та розморожування, також враховано енергозберігаючий потенціал будівель у яких використовуються системи палення, розташування міст та тип теплових терміналів також аналізуються та обговорюються.

У цьому дослідженні оговорені екологічні та економічні показники системи теплового насоса CO₂ з ТНПВМП рис 1. Енергоефективність традиційного теплового насоса CO₂ значно погіршується, коли температура зворотного потоку вища від розрахункових параметрів. Енергійні показники можна полегшити, використовуючи ТНПВМП. Крім того, нижча температура подачі/повернення води може призвести до кращих загальних теплових характеристик системи. Таким чином, за умови задоволення попиту на тепловий комфорт користувачів, зниження температури подачі/повернення води є практичним рішенням для підвищення енергоефективності теплового насоса. Тепловий насос CO₂, як правило, вважається придатним для виробництва гарячої води згідно з попередніми дослідженнями [4]. Тоді як використання для опалення приміщень за рахунок нагрівального терміналу з невеликою температурною різницею з нижчою температурою подачі води, покращує загальну енергоефективність системи опалення. Також, рекомендується застосовувати передові технології десульфуризації, денітрації та знепилювання для максимального зменшення викидів забруднення у навколишнє середовище. Крім того, CO₂ є природним холодоагентом, і потенціал глобального потепління (GWP) R1234yf, зарядженого в підсистемі переохолодження, є відносно низьким, тому загальний еквівалентний ефект потепління (TWEI) також набагато нижчий.[4]. Викиди забруднення при використанні НГКО дуже низькі в порівнянні з іншими методами опалення. Тим не менше, широке застосування НГКО у Китаї обмежується дефіцитом та дисбалансом видобутку та розподілу газу. Основною причиною, що обмежує розширення систем теплових насосів CO₂ для опалення приміщень, є висока ціна компресора CO₂, на яку припадає переважна більшість початкових капітальних витрат. У той же час, теплонасосна та холодильна промисловість з використанням CO₂ у Китаї перебуває на початковій стадії розвитку. Компресор - ключовий компонент - здебільшого постачається іноземними брендами, а вартість придбання значно вища порівняно з іншими компресорами, що використовуються для традиційних холодильних систем. На відміну від цього, для Європи, де високорозвинена холодильна індустрія CO₂, ціна обладнання на CO₂ стає порівнянною з ціною системи HFC.

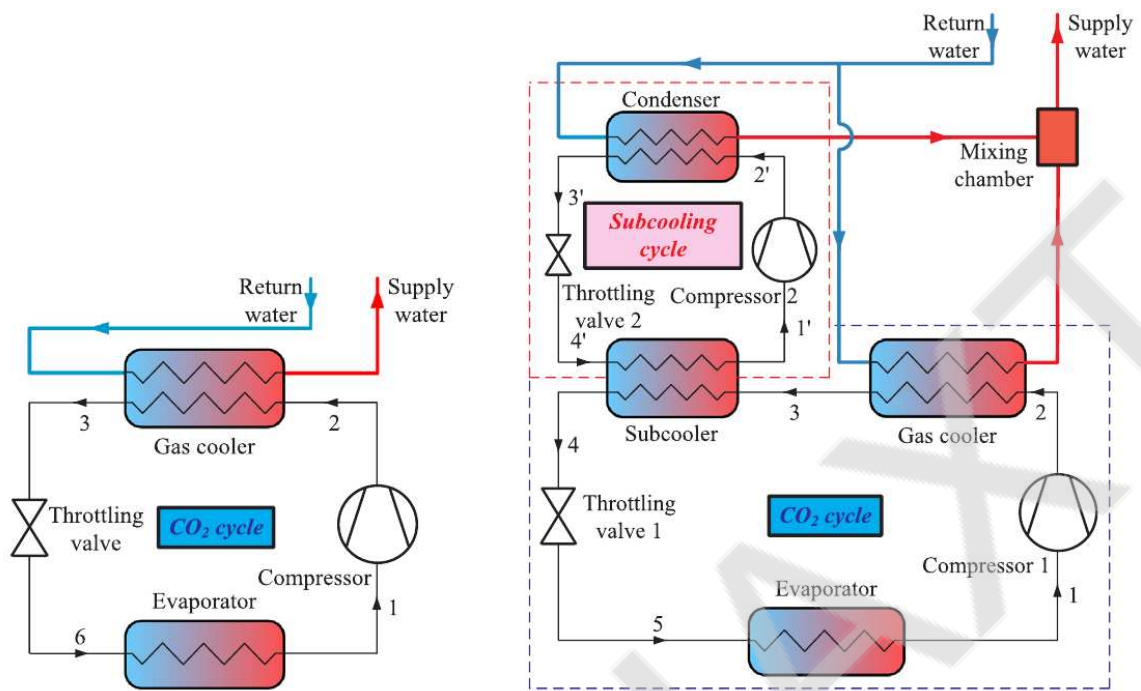


Рис.1 Схема транс критичної системи теплового насоса на CO_2 для опалення приміщень. (А) Базова система. б) з прямим механічним переохолодженням.

1. Lorentzen G. The use of natural refrigerants: a complete solution to the CFC/HCFC predicament. *Int J Refrig* 1995;18(3):190–7.
2. Stene J. Residential CO_2 heat pump system for combined space heating and hot water heating. *Int J Refrig* 2005;28(8):1259–65.
3. Ma Y, Liu Z, Tian H. A review of transcritical carbon dioxide heat pump and refrigeration cycles. *Energy* 2013;55:156–72.
4. Llopis R, Sбnchez D, Sanz-Kock C, Cabello R, Torrella E. Energy and environmental comparison of two-stage solutions for commercial refrigeration at low temperature: Fluids and systems. *Appl Energy* 2015;138:133–42.

Науковий керівник Михайло Хмельнюк, зав. каф. д.т.н. професор, ОНАХТ, м. Одеса,

УДК 621.56/.59

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ПАРОЕЖЕКТОРНОЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ З ВИКОРИСТАННЯМ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Карбовський І.О., магістрант, ІХКЕ ОНАХТ

Збільшення масштабів виробництва і споживання енергії пов'язане зі зростанням темпів видобутку нафти, газу, вугілля, урану, запаси яких обмежені. Як наслідок цього вини-

Керівник – Беркань Ір.В., викладач-методист ВСП «ОТФК ОНАХТ», ,20
АНАЛІЗ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ ТА ОХОЛОДЖЕННЯ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ПОТЕНЦІАЛУ

Дубровець А.Р., магістр ОНАХТ, Діхтеренко Д.О., магістр ОНАХТ, Медун В.В., магістр ОНАХТ

Науковий керівник : Яковлева О.Ю.к.т.н., доцент кафедри ХУіКП

ОНАХТ.....22

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ДЛЯ ОПАЛЕННЯ ТА ОХОЛОДЖЕННЯ. НАЙКРАЩИ ПРАКТИКИ ЄВРОПИ

Міньков Г.В., магістр ОНАХТ, Терзійський С.С., магістр ОНАХТ Овчінніков М.К., бакалавр ОНАХТ

Науковий керівник : Яковлева О.Ю.к.т.н., доцент кафедри ХУіКП ОНАХТ....26

POWER AND POLITICS IMPACT WITHIN ENERGY AND REFRIGERATION SECTORS' ORGANIZATIONS

Yakovleva O.a, Cand.Tech. Sc., Associate Professor Tkach S. a, PhD student.....29

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТЕПЛОТЕХНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Алалі М., аспірант, Одеська політехніка, Одеса.....31

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Альгербі Р., аспірант, Одеська політехніка.....33

ТЕХНІЧНІ ПРИСТРОЇ НА БАЗІ СОПЛА ВЕНТУРИ

Пенчак Д.О., магістрант, ІХКЕ ОНАХТ

Науковий керівник: Подмазко О.С., доцент., ІХКЕ ОНАХТ..... 34

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ ПРАЦЮЮЧИХ В ТРАНС КРИТИЧНОМУ ЦИКЛІ З ВИКОРИСТАННЯМ СО₂

Руслан Талибли, Аспірант, ОНАХТ, м. Одеса

Михайло Хмельнюк, зав. каф. д.т.н. професор, ОНАХТ, м. Одеса.....38

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ПАРОЕЖЕКТОРНОЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ З ВИКОРИСТАННЯМ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Карбовський І.О., магістрант, ІХКЕ ОНАХТ

Науковий керівник: Подмазко О.С., доцент., ІХКЕ ОНАХТ.....41

.ОСОБКАНЦЕРОГЕННІ АЕРОЗОЛЬНІ СМОЛИ В ДИМОВИХ ГАЗАХ.

Афанасенко В.О., А., бакалавр ОНАХТ, Кіценко А.М. магістрант, Войтенко О.С.

Науковий керівник : Козут В.О. к.т.н., доц., доцкафедри ХУіКП ОНАХТ.....44

АДСОРБЦІЙНЕ ОСУШЕННЯ ПОВІТРЯ НА ПОЛІГРАФІЧНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Басов А.М.,

Науковий керівник Жихарева Н.В: к.т.н., доцент кафедри ХУіКП ОНАХТ.....46

ЕФЕКТИВНІСТЬ РОТОРНОГО ОСУШЕННЯ

Крушельницький Д.О., аспірант ІХКЕ ОНАХТ

Науковий керівник Жихарева Н.В: к.т.н., доцент кафедри ХУіКП ОНАХТ.....49

ОСОБЛИВОСТІ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

Федянин М.О бакалавр ІХКЕ ОНАХТ, Харітонов М.А бакалавр.....

Науковий керівник Жихарева Н.В: к.т.н., доцент кафедри ХУіКП ОНАХТ52

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, АСПРАНТІВ ТА СТУДЕНТІВ

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

14-15 травня 2021 року

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