

**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 криогенних 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.

СЕКЦІЯ №1 – ХОЛОДИЛЬНІ УСТАНОВКИ ТА КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

УДК 697.94.(075)

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТЕПЛОВОЇ ПОМПИ SPLIT-КОНДИЦІОНЕРА

*Лабай В.Й., д.т.н., Ярослав В.Ю., ст. викл., Генсецький М.П., к.т.н.,
НУЛП, м. Львів, wlabay@i.ua*

В умовах зростаючого дефіциту та росту цін на паливно-енергетичні ресурси проблема енергозбереження та використання альтернативних джерел енергії для вирішення проблеми зменшення енергоспоживання для економіки України стає дуже **актуальною** [1].

Суттєве зменшення використання традиційних органічних енергоносіїв для опалення приміщень будівель можливе завдяки, наприклад, тепловим помпам (ТП) (насосам) («повітря-повітря») split-кондиціонерів, які використовують поновлювану енергію. Сьогодні стає все розповсюдженішим використання теплових pomp split-кондиціонерів в системах тепlopостачання будівель. Це пов'язано з тим, що споживаючи з електричної мережі 1 кВт енергії, ТП split-кондиціонерів можуть переносити до 5 кВт енергії для обігрівання повітря приміщення. Використання ТП забезпечує не тільки енергоощадний, але й екологічний ефект.

За даними Світового енергетичного комітету до 2020 р. 75% тепlopостачання (комунального і виробничого) у розвинених країнах здійснюватиметься тепловими помпами. У США понад 30% житлових будинків обладнані ТП.

В останні десятиріччя за кордоном та в Україні з метою заощадження енергетичних ресурсів ведуться фундаментальні дослідження у ряді галузей, виробництв і технологій із позицій ексергетичної методології [2-5].

Оскільки ексергія є єдиною мірою роботоzдатності енергії, тобто придатності енергетичних ресурсів до застосування, то це дає змогу об'єктивно оцінювати енергетичні ресурси будь-якого виду. У деяких провідних європейських країнах і в США ексергетичний аналіз запровадили як обов'язкову складову розроблюваних проєктів, а також планів модернізації виробництв.

Ексергетичний аналіз ТП дає змогу оцінити можливості кожного елемента ТП та підвищення ефективності роботи її роботи загалом.

Отже, для переконання у енергоефективності застосування теплових pomp split-кондиціонерів нами і проведені аналітичні дослідження на розробленій математичній моделі роботи теплових pomp split-кондиціонерів за ексергетичним методом, наприклад, теплових pomp split-кондиціонерів фірми „Daikin”. Аналогічні результати можна отримати для будь-якої теплової помпи split-кондиціонера, будь-якої фірми та будь-якому холодоагенті. А це свідчить про актуальність даного дослідження.

Успішне застосування ексергетичного методу аналізу для різних технічних систем, зокрема холодильних машин split-кондиціонерів, обґрунтоване у роботах Р. К. Клаузіуса, Дж. В. Гіббса, Ж. Гюї, А. Стодоли, Я. Шаргута, Р. Петели та В. М. Бродянського для їх техніко-економічної оптимізації та наших роботах [2, 3]. Нами пристосований цей метод до аналізу теплових pomp split-кондиціонерів.

Сучасні split-кондиціонери, які застосовують для створення відповідного мікроклімату у невеликих приміщеннях, досягли певного на даний час технічного вдосконалення. Як відомо, енергетична ефективність теплових pomp цих split-кондиціонерів зумовлена параметрами як

зовнішнього, так і внутрішнього їх температурних режимів роботи та видом холодильного агенту [3]. Тому для подальшого підвищення ефективності роботи теплових pomp split-кондиціонерів потрібний детальний аналіз їхнього функціонування на різних холодильних агентах (зокрема R410A).

Для цього авторами на основі праці [3] розроблено інноваційну математичну модель ексергетичного аналізу роботи теплових pomp split-кондиціонерів пристосовану для різних холодоагентів та виробників. Ця математична модель дає можливість проводити ексергетичні дослідження теплових pomp як загалом, так і її окремих частин, щоб отримати повну інформацію про процеси перетворення енергії, які мають місце в таких системах [2-5]. Результатом аналізу є знаходження ексергетичного ККД процесу загалом та втрат ексергії в окремих елементах теплової помпи split-кондиціонера з метою їх оптимізації.

Метою цієї роботи є визначення ексергетичного ККД та втрат ексергії в окремих елементах теплових pomp split-кондиціонерів фірми “Daikin” на двокомпонентному холодильному агенті R410A.

Для досягнення поставленої мети було сформульовано такі основні завдання:

- встановити ексергетичний ККД на прикладі теплових pomp split-кондиціонерів з номінальними теплопродуктивностями 2500, 2840, 3580, 5620, 6400 Вт за стандартних температурних умов на холодильному агенті R410A;
- визначити втрати ексергії в окремих елементах теплової помпи split-кондиціонерів, наприклад, фірми “Daikin” зі стандартними теплопродуктивностями 2500, 2840, 3580, 5620, 6400 Вт на холодильному агенті R410A.

В роботі об’єктом дослідження є термодинамічні процеси в теплових помпах split-кондиціонерів для нагрівання повітря приміщення у ХПР (холодний період року), які досліджено на одноступеневій парокompресорній хладоновій тепловій pompі (без ефективного охолодження компресора), що використовують для split-кондиціонерів, схема якої показана на рис. 1.

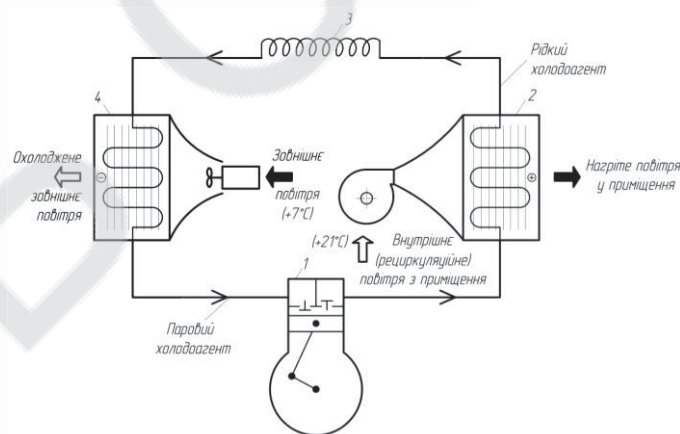


Рис. 1. Схема теплової помпи split-кондиціонера: 1 – компресор; 2 – конденсатор; 3 – капілярна трубка; 4 – випарник

Побудову на $p-i$ – діаграмі процесу роботи теплової помпи split-кондиціонера наведено на рис. 2.

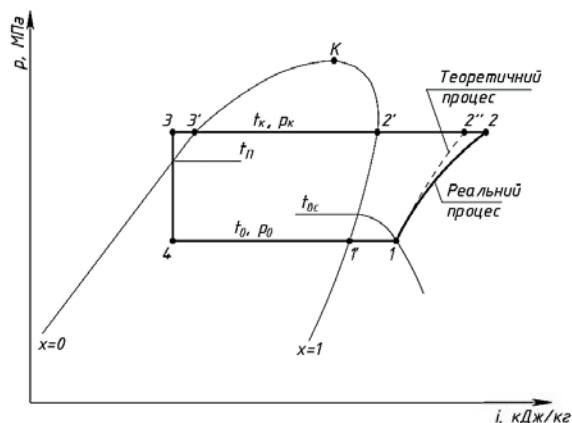


Рис. 2. Побудова процесів роботи на p,i-діаграмі для теплової помпи split-кондиціонера: 1, 2, 3, 4 – характерні точки термодинамічного циклу

Результати розрахунків зведені у таблицю 1.

Таблиця 1

Результати розрахунку ексергетичного ККД та втрат ексергії в елементах теплових pomp split-кондиціонерів фірми "Daikin"

Стандартна теплопродуктивність теплової помпи $Q_T^{ст}$, Вт	Втрати ексергії в елементах теплової помпи split-кондиціонера, %				Ексергетичний ККД η_e , %
	$D_{компр}$	$D_K^{н.т}$	$D_{др}$	$D_{вип}$	
2500	25,3	19,5	9,0	5,9	40,2
2840	25,3	18,9	8,6	8,3	39,0
3580	25,3	17,8	7,9	11,5	37,4
5620	25,3	16,4	7,1	15,2	35,9
6400	25,3	16,0	6,9	16,7	35,1

Тут $D_{компр}$, $D_K^{н.т}$, $D_{др}$, $D_{вип}$ – відповідно, втрати ексергії у компресорі, конденсаторі через незворотній теплообмін, капілярній трубці та у випарнику.

Максимальне зменшення ексергетичного ККД завдяки зростанню теплопродуктивності теплових pomp split-кондиціонерів, становить:

$$\Delta = \frac{40,2 - 35,1}{40,2} \cdot 100 = 12,9 \quad \% \quad (1)$$

Було визначено, що за ексергетичним ККД теплові помпи split-кондиціонерів, що мають вищу теплопродуктивність, володіють нижчим ексергетичним ККД. На нашу думку це пов'язано з некоректним прийняттям витрат повітря на випарнику і конденсаторі, які не відповідають тепловим балансам цих апаратів та однаковому внутрішньому температурному режимові для різних теплопродуктивностей теплових pomp split-кондиціонерів.

Література

1. Энергетична стратегія України на період до 2030 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу: – <http://www.ukrenergo.energy.gov.ua>
2. Шаргут Я. Эксергия / Я. Шаргут, Р. Петела. – М.: Энергия, 1968. – 280 с.
3. Соколов Е. Я. Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения / Е. Я. Соколов, В. М. Бродянский. – М.: Энергоиздат, 1981. – 320 с.
4. Labay V. Mathematical Modeling of a Split-conditioner Operation for Evaluation of Exergy Efficiency of the R600A Refrigerant Application / V. Labay, O. Dovbush, V. Yaroslav, and H. Klymenko // Scientific Journal «Mathematical Modeling and Computing» (Математичне моделювання та інформаційні технології), Vol. 5, No 2. – Lviv: Lviv Polytechnic National University. – 2018. – Pp. 169–177.
5. Labay V. Yo. [Mathematical Modeling of an Air Split-Conditioner Heat Pump Operation for Investigation its Exergetic Efficiency](#) / V. Yo. Labay, V. Yu. Yaroslav, O. M. Dovbush and A. Ye. Tsizda // Scientific Journal «Mathematical Modeling and Computing» (Математичне моделювання та інформаційні технології), Vol. 7, No 1. – Lviv: Lviv Polytechnic National University. – 2020. – Pp. 169–178.



УДК 658.261:621.56

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО ТЕЛА В ТРИГЕНЕРАЦИОННЫХ УСТАНОВКАХ НА ОЦР

*Овсянник А. В., к.т.н., доцент, ГГТУ им. П. О. Сухого, Гомель, av.ovsyannik@mail.ru
Ключинский В. П., аспирант, ГГТУ им. П. О. Сухого, Гомель, vlad240394@mail.ru*

Разработаны схемы тригенерационных установок с возможностью производства жидкой и газообразной углекислоты (рисунок 1) [1]. Совместное производство нескольких видов энергии, а также выпуск продукции позволяют снизить затраты на сооружение и эксплуатацию данного оборудования, по сравнению с отдельным их производством.

ЗМ ІСТ

ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ

	стор
1 ДУАЛЬНЕ НАВЧАННЯ ТА ХОЛОДИЛЬНА ТЕХНІКА <i>Кухаренко В.М., професор, ХНАДУ, Харків</i>	10
2 ПРАКТИКА СТУДЕНТІВ У ВІРТУАЛЬНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ КОМПАНІЯХ <i>Кухаренко В.М., професор, ХНАДУ, Харків Сословський В.Г., пров.інженер Центру електронного навчання ХНУ ім. В.Н. Каразіна в. Войченко О.П., науковий співробітник Міжнародного навчально-наукового центру інформаційних технологій та систем НАН України та МОН</i>	13
3 DEVELOPMENT OF THERMOPRESSOR SYSTEMS FOR AIR INTERCOOLING IN MULTISTAGE COMPRESSORS <i>Halina Kobalava, Teacher of Thermal Engineering Department, g.lavamay@gmail.com Dmytro Konovalov, D.Sc., Head of Thermal Engineering Department Viacheslav Shkvorchenko, Student Admiral Makarov National University of Shipbuilding Kherson Branch, Ukraine</i>	18
4 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ОБРОБКИ ПОВІТРЯ В СИСТЕМАХ КОМФОРТНОГО КОНДИЦІОНУВАННЯ <i>Жихарева Н.В., к.т.н., доц. Одеський національний технологічний університет</i>	20

СЕКЦІЯ №1–ХОЛОДИЛЬНІ УСТАНОВКИ ТА КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

1 ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТЕПЛОВОЇ ПОМПИ SPLIT-КОНДИЦІОНЕРА <i>Лабай В.Й., д.т.н., Ярослав В.Ю., ст. викл., Генсецький М.П., к.т.н., НУЛП, м. Львів,</i>	26
2 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО ТЕЛА В ТРИГЕНЕРАЦИОННЫХ УСТАНОВКАХ НА ОЦР <i>Овсянник А. В., к.т.н., доцент, ГГТУ им. П. О. Сухого, Гомель, Ключинский В. П., аспирант, ГГТУ им. П. О. Сухого, Гомель,</i>	29
3 СИСТЕМЫ ТРАНСФОРМАЦИИ ТЕПЛА С ТЕПЛОВЫМИ ТРУБАМИ И ТЕРМОСИФОНАМИ <i>Васильев Л.Л., д.т.н., профессор, Журавлёв А.С., к.т.н., Рабецкий М.И., к.т.н., Гракович Л.П., к.т.н., Драгун Л.А., ИТМО НАН имени А.В. Лыкова Беларуси, г. Минск,</i>	32
4 АВТОНОМНА СИСТЕМА ОТРИМАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ЗА РАХУНОК УТИЛІЗАЦІЇ НАДЛИШКОВОГО ТЕПЛА <i>Зур'ян О.В.¹, науковий співробітник, Ніколаєвська Н.В.¹, науковий співробітник ¹Інститут відновлюваної енергетики НАН України, вул. Гната Хоткевича 20-а, м. Київ,</i>	35
5 УДОСКОНАЛЕНА АГНКС З ГАЗОГІДРАТНИМ АКУМУЛЯТОРОМ <i>В.В. Клименко, проф., д-р. техн. наук., М.В. Босий, викл., С.М. Якименко, доц, к.ф.-мат наук, ЦНТУ, м. Кропивницький</i>	39
6 МОРОЗИЛЬНИКИ ДЛЯ ХРАНЕННЯ ВАКЦИН И КЛЕТОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ДИАПАЗОНЕ ТЕМПЕРАТУР ОТ -90°С ПРИ +32°С <i>Мостицкий А.В., Баклан О.В., Литвиненко М.П., Кокул С.В., младший научный сотрудник ООО «НПО «ДНИПРО - МТО»» Киев, 03164, Украина,</i>	41
7 ЧИСЛОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ СОПЛА АКТИВНОГО ПОТОКУ РІДИННО-ПАРОВОГО СТРУМИННОГО АПАРАТУ <i>Шарапов С. О., Гусев Д. М., аспирант, СумДУ, м. Суми</i>	44

*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