

**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.

Таблиця 1. Розрахункові значення коефіцієнтів подачі і ступеня стиснення при різних температурах конденсації

η (30 C)	10,799	8,645	6,994	5,714	4,712	3,918	3,283
ξ (30 C)	0,433	0,521	0,586	0,635	0,669	0,694	0,709
η (40 C)	13,855	11,091	8,973	7,331	6,045	5,027	4,213
ξ (40 C)	0,249	0,342	0,416	0,474	0,521	0,557	0,584
η (50 C)	14,031	11,352	9,275	7,647	6,359	5,329	
ξ (50 C)	0,255	0,346	0,416	0,470	0,512	0,545	
η (60 C)	14,197	11,599	9,564	7,953	6,665		
ξ (60 C)	0,266	0,354	0,421	0,472	0,512		

В результаті апроксимації експериментальних даних лінійною залежністю за методом найменших квадратів отримана наступна залежність:

$\eta = a \cdot \xi + b$
де, η - коефіцієнт подавання; ξ -ступінь стиснення.

Виходячи з цієї залежності, отримуємо наступні коефіцієнти: $a = -0,0453$; $b = 0,894$

В результаті дослідження залежності коефіцієнта подавання холодильного компресора TAG 2513Z від різних факторів була виведена практично лінійна залежність коефіцієнта подавання компресора від ступеня стиснення. Це дозволяє отримати просту аналітичну залежність для коефіцієнта подавання компресора від ступеня стиснення, придатну для проведення технічних розрахунків.

Список використаної літератури

1. Технічна характеристика компресора TAG 2513Z виробництва фірми Tecumseh: <https://www.tecumseh.com/globalassets/media/north-america/files/marketing-brochures/tecumseh-ag-compressor-information-package-14-09-01-en.pdf>

УДК:621.57

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ РОБОТИ ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ НА БАЗІ КОМПРЕСОРА TAG 2513Z

*Кравченко М.Б., доктор техн. наук, Кокул С.В., аспірант каф. кріогенної техніки
ОНАХТ, вул. Дворянська, 1/3, Одеса, Україна*

У доповіді викладено спосіб і результат оптимізації складу робочого тіла і режиму роботи холодильної машини, що працює на неазеотропній суміші холодильних агентів. Оптимізація проводилася з використанням восьмифакторного чисельного експерименту.

Схема холодильної установки, що оптимізується приведена на рис. 1. Установка складається з компресора TAG 2513Z (Compr_1), повітряного теплообмінника для зняття перегріву (Cooler_1), ракуперативного теплообмінника (Cooler_2-Heater_1), сепаратора фаз (Flesh_4), першого дросельного вентиля (Velve_1), змішувача (Mixer_1), основного теплообмінника (Cooler_3-Heater_13), основного дроселя (Velve_2) і випарника (Heater_0).

В якості цільової функції для оптимізації режиму роботи установки обраний максимум холодопродуктивності на температурному рівні в 120 К, який можна досягти при використанні компресора TAG 2513Z виробництва фірми Tecumseh. Як змінні параметри обрані наступні: концентрації азоту, метану, етану і пропану в суміші, на якій працює установка, тиск нагнітання компресора, тиск всмоктування компресора, температура холодильного агента на вході в сепаратор

фаз і температура суміші перед основним дроселем. Зміст п'ятого компонента суміші - ізобутана визначалося з матеріального балансу суміші.

Для оптимізації холодильної машини був складений трирівневий восьмифакторний план чисельного експерименту. Кінцевою метою чисельного експерименту є отримання аналітичної залежності холодопродуктивності установки від восьми експериментальних факторів. Список натуральних і кодованих рівнів факторного експерименту наведено в таблиці 1.

Шукану функцію від восьми змінних параметрів поставимо у вигляді суми функцій, кожна з яких залежить тільки від одного експериментального фактора:

$$R = \sum_9 f_i(x_i),$$

де

$$f_i(x_i) = a_i x_i^2 + b_i x_i + c_i$$

Кодовані значення змінних параметрів мають значення: -1, 0, 1.

Таблиця 1. Натуральні і кодовані рівні факторного експерименту

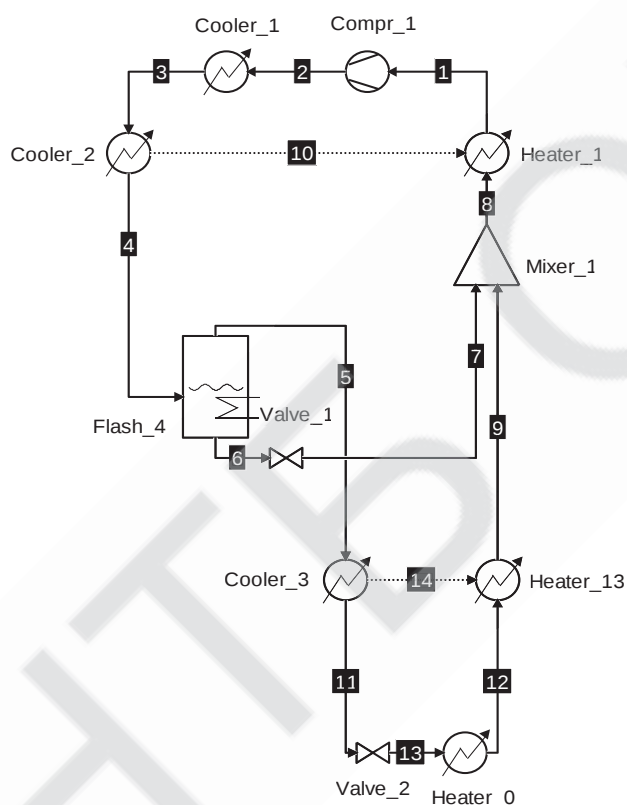


Рис. 1. Схема досліджуваної холодильної установки

№	Найменування фактора	натуральне значення	кодоване значення
1	Тиск нагнітання компресора	12	-1
		14	0
		16	1
2	Вміст азоту (молярна частка)	9	-1

		10	0
		11	1
3	Вміст метану (молярна частка)	47	-1
		48	0
		49	1
4	Вміст етану (молярна частка)	9	-1
		10	0
		11	1
5	Вміст пропану (молярна частка)	3	-1
		4	0
		5	1
6	Тиск всмоктування компресора	1,9	-1
		2	0
		2,1	1
7	Температура на вході в сепаратор, К	288	-1
		289	0
		290	1
8	Температура перед дроселем, К	133	-1
		134	0
		135	1

Матриця планування експерименту і його результати наведені в таблиці 2

Таблиця 2. Матриця планування експерименту і його результати

№	Умовний рівень фактора								Холод, кВт
	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0,946
2	1	-1	-1	1	1	1	1	1	1,268
3	0	0	-1	1	0	0	0	-1	1,179
4	1	0	-1	-1	-1	1	1	1	1,137
5	-1	1	-1	1	0	-1	-1	1	1,059
6	0	1	-1	-1	1	0	0	1	1,137
7	0	-1	0	0	0	1	-1	-1	1,117
8	1	-1	0	1	1	-1	0	0	1,345
9	-1	0	0	0	1	0	1	1	1,114
10	0	0	0	1	-1	1	-1	1	1,118
11	-1	1	0	1	0	0	-1	-1	1,091
12	1	1	0	0	-1	-1	0	-1	1,278
13	-1	-1	1	-1	-1	1	0	0	1,029
14	0	-1	1	0	0	-1	1	0	1,179
15	-1	0	1	0	1	1	0	0	1,143
16	1	0	1	-1	0	0	-1	-1	1,238
17	0	1	1	-1	1	-1	1	0	1,278
18	1	1	1	0	-1	0	-1	0	1,249

Холодопродуктивність установки розраховувалася в програмі COCO ChemSer при однаковій масовій витраті суміші, що дорівнює 100 г/с.

При обробці результатів експерименту для кожного рівня змінної знаходилась величина суми:

$$f_i(x_i^{-1}) = \frac{\sum R_i^{-1}}{6}; \quad f_i(x_i^0) = \frac{\sum R_i^0}{6}; \quad f_i(x_i^{+1}) = \frac{\sum R_i^{+1}}{6};$$

По трьох точках, що отримані для кожної змінної, будувався поліном другого ступеня. Для цього використовувалася інтерполяційна формула Лагранжа:

$$f(x) = f = \left[\frac{f_{-1}}{2} - f_0 + \frac{f_{+1}}{2} \right] x^2 + \left[\frac{f_{+1}}{2} - \frac{f_{-1}}{2} \right] x + f_0.$$

Введемо нові змінні:

$$a = \left[\frac{f_{-1}}{2} - f_0 + \frac{f_{+1}}{2} \right]; b = \left[\frac{f_{+1}}{2} - \frac{f_{-1}}{2} \right]; c = f_0.$$

Таким чином, було отримано аналітичний вираз, яке наближено описує поведінку холодильної установки в залежності від восьми змінних параметрів. Знаючи залежність коефіцієнта подавання компресора TAG 2513Z від ступеня стиснення і густину газу на всмоктуванні компресора неважко перерахувати холодопродуктивність установки при роботі з компресором заданого типу.

На рисунку 2 наведена гістограма, яка дає наочне уявлення похибки отриманого аналітичного виразу для оцінки холодопродуктивності установки.

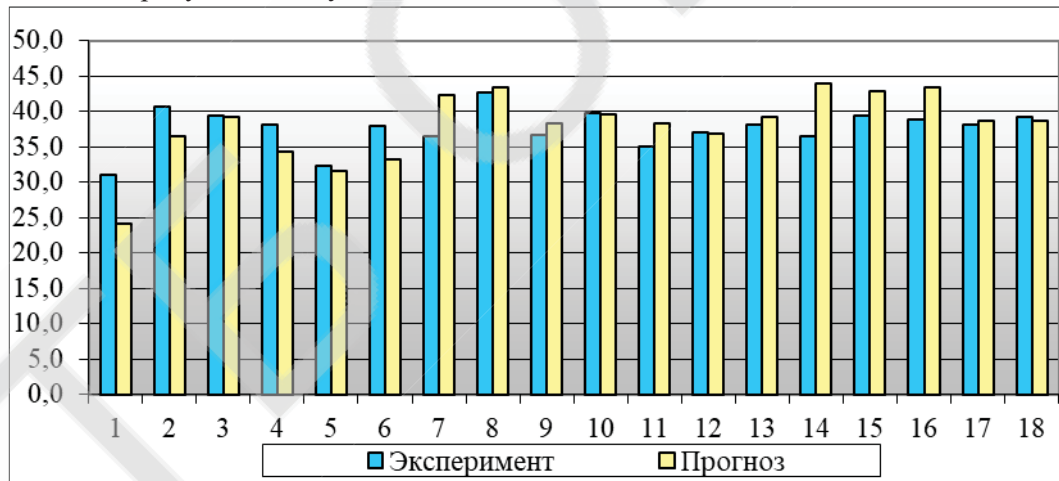


Рис. 2. Порівняння значень холодопродуктивності установки, отриманих по аналітичного вираженню з точними значеннями

Як видно з наведеної гістограми, є задовільна згода між прогнозованими значеннями функції і її істинним значенням.

Максимальну холодопродуктивність, яку можна отримати на суміші розраховуємо за формулою:

$$R_{\max} = \sum \left(a_i \left(-\frac{b_i}{2a_i} \right)^2 + b_i \left(-\frac{b_i}{2a_i} \right) \right)$$

-де - оптимальне значення i -го кодованого параметра, при якому досягається максимальна

$$\left(-\frac{b_i}{2a_i} \right)$$

холодопродуктивність.

У таблиці 3 наведені результати оптимізації холодильної установки.

Таблиця 3. Для кодованих і натуральних значень параметрів факторного експерименту при яких досягається максимальна холодопродуктивність.

№	Найменування факторів	натуральне значення	кодова значення
1	Тиск нагнітання компресора	17,3 бар	1,64
2	Вміст азоту (молярна частка)	9,9 %	-0,15
3	Вміст метану (молярна частка)	48,6%	0,56
4	Вміст етану (молярна частка)	7,1%	-2,89
5	Вміст пропану (молярна частка)	4,1%	0,1
6	Тиск всмоктування компресора	2,4 бар	3,64
7	Температура на вході в сепаратор, К	289,1 К	0,15
8	Температура перед дроселем, К	134,2 К	0,16

Прогнозоване значення холодопродуктивності установки вийшло рівним 54,6 Вт. Підстановка оптимальних параметрів роботи холодильної установки в програму COCO ChemSep дає значення холодопродуктивності 54,7 Вт. Це набагато більше ніж будь-яке із значень холодопродуктивності, отриманих в варіантних розрахунках (див рис. 2).

При проведенні багатофакторного експерименту були підібрані оптимальні значення змінних параметрів оптимізації. При оптимальному режимі роботи холодильної установки тиск всмоктування - 2,4 бар, а тиск нагнітання - 17,3 бар. При оптимальному складі робочої речовини досягається максимальна холодопродуктивність 54,7 Вт.

Література

1. Шенк Х. Теория инженерного эксперимента – М., Мир, 1972. – 252 с.
2. Чкалова О.Н. Основы научных исследований. – Киев, Вища школа, 1978. – 182 с.

ТЕРМОДИНАМІЧНІ ПРИНЦИПИ СТВОРЕННЯ ГІБРИДНИХ ТЕПЛОВИКРИСТАЛЬНИХ ТЕРМОТРАНСФОРМАТОРІВ

Проф. Косой Б.В., асп. Псарьов С.О., асп. Куколев А.К.

Зелена енергія - енергетичні ресурси, які отримують з природних відновлювальних джерел: вітру, сонячного випромінювання, припливів, дощу, геотермальних надходжень. які поповнюються природним шляхом. Приблизно 18% споживання енергії в усьому світі задовольняється з відновлювальних енергетичних джерел. Сонячна енергетика- вид нетрадиційної енергетики, який заснований на безпосередньому застосуванні сонячного випромінювання

Генерування енергії на основі сонячних електростанцій узгоджується з концепцією розподіленого виробництва енергії - будівництво додаткових джерел електроенергії в безпосередній близькості від споживачів. Завдяки цьому стає можливим використання не тільки вироблюваної електроенергії, а й

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

СЕКЦІЯ №2 –НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНІ ХОЛОДИЛЬНІ І КРІОГЕННІ МАШИНИ

1	ВІЯВЛЕННЯ ТА УСУНЕННЯ ОТРУЙНОЇ ДІЇ ПРОЦЕСУ ВАКУУМУВАННЯ НА ТЕПЛОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КРІОПОСУДУ	155
	<i>Жунь Г.Г., д.т.н., професор, Старіков В.В., Борщ О.Є., НТУ «ХПІ», м. Харків</i>	
2	СХЕМНЕ РІШЕННЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОТРИМАННЯ АМІАКУ ВИСОКОЇ ЧИСТОТИ	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	МОДЕРНІЗАЦІЯ ЛАБОРАТОРНИХ ЗРІДЖУВАЧІВ ГЕЛІЮ	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	ТЕХНОЛОГІЇ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ВИРОБНИЦТВІ РІДКІСНИХ ГАЗІВ	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	ДО РОЗРАХУНКІВ ХАРАКТЕРИСТИК ЦИКЛІВ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ З ДВОМА НИЗЬКОПОТЕНЦІЙНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ТЕПЛА	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	МОДЕЛЮВАННЯ КОЕФІЦІЄНТА ПОДАВАННЯ ХОЛОДИЛЬНОГО КОМПРЕСОРА TAG 2513Z	162
	<i>Кравченко М.Б., д.т.н., професор, Кокул С.В., аспірант, ІКХЕ ОНАХТ, м. Одеса</i>	
7	ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ РОБОТИ ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ НА БАЗІ КОМПРЕСОРА TAG 2513Z	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