

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

**Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій та
екоенергетики
ім. В.С. Мартиновського**



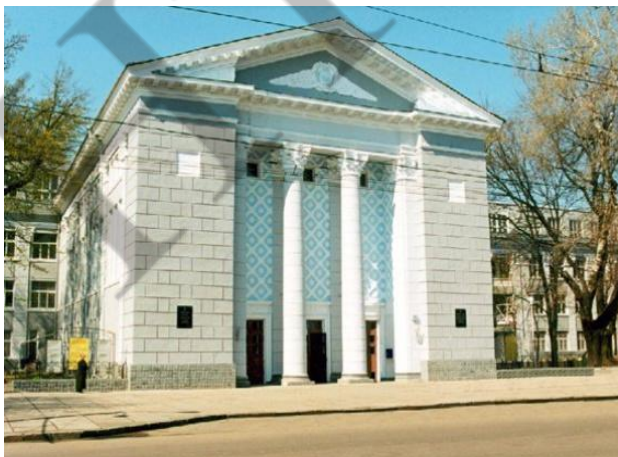
**ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ
АСПІРАНТІВ ТА ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

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

**STATE, ACHIEVEMENTS AND PROSPECTS OF REFRIGERATION
EQUIPMENT AND TECHNOLOGY**

19-20квітня 2023 року

ЗБІРНИК ДОПОВІДЕЙ



Одеса - 2023

УДК 621.565; 621.

Стан досягнення і перспективи холодильної техніки та технології / Збірник доповідей науково-технічної конференції. – Одеса: ОНТУ, 2023. –128 с.

У збірнику наведені матеріали науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів та здобувачів вищої освіти «Стан, досягнення і перспективи холодильної техніки і технології», 19 по 20 квітня 2023 року 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.

ПРЕЗИДІЯ ТА ОРГКОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

ГОЛОВА ПРЕЗИДІЇ

Єгоров Б.В. – президент ОНТУ, Заслужений діяч науки і техніки України, Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, д-р техн. наук, професор

ЧЛЕНИ ПРЕЗИДІЇ

Іванченкова Л. В. – ректор ОНТУ, д.е.н., професор

Поварова Н.М. – проректор з наукової роботи ОНТУ, к.т.н., доцент

Косой Б.В. – директор навчально-наукового Інституту холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В. С. Мартиновського ОНТУ, д.т.н., професор

ГОЛОВА ОРГКОМІТЕТУ

Хмельнюк М.Г. - завідуючий кафедрою холодильних установок і кондиціонування повітря ОНТУ, д.т.н., професор

ЗАСТУПНИК ГОЛОВИ ОРГКОМІТЕТУ

Жихарєва Н.В.- доцент кафедри холодильних установок і кондиціонування повітря ОНТУ, к.т.н., доцент

ЧЛЕНИ ОРГКОМІТЕТУ

Симоненко Ю.М. - завідуючий кафедрою кріогенної техніки ОНТУ, д.т.н., професор

Морозюк Л.І. - д.т.н., професор кафедри кріогенної техніки ОНТУ

Зімін О.В.- декан факультету низькотемпературної техніки та інженерії механіки ОНТУ, к.т.н., доцент

Радченко М.І. - завідуючий кафедрою кондиціонування і рефрижерації НУК, академік Міжнародної академії холоду, д.т.н., професор

Тіглов О.С.- завідувач кафедри нафтогазових технологій, інженерії та теплоенергетики ОНТУ, д.т.н., професор

Когут В.О.- доцент кафедри холодильних установок і кондиціонування повітря ОНТУ, к.т.н., доцент

Кравченко М.Б. - д.т.н., професор кафедри кріогенної техніки ОНТУ

Трандафілов В.В. - доцент кафедри холодильних установок і кондиціонування повітря ОНТУ, к.т.н.

Грудка Б.Г. - доцент кафедри кріогенної техніки ОНТУ, к.т.н

Басов А.М. – асистент кафедри кріогенної техніки ОНТУ

Секретар оргкомітету

Жихарєва Н.В.- доцент кафедри холодильних установок і кондиціонування повітря ОНТУ, к.т.н., доцент

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ №1 –ХОЛОДИЛЬНІ УСТАНОВКИ ТА КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

	Стор
1 МЕТОДИ СТАБІЛІЗАЦІЇ СИСТЕМ ПРОМИСЛОВОГО КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ <i>Коханський А.Ф. магістрант ОНТУ, Одеса</i> <i>Науковий керівник: Жихарева Н.В. к.т.н, доц. кафедри ХУКП ОНТУ</i>	11
2 ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ СУМБЛІМАЦІЙНОГО СУШІННЯ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ <i>Білий Д.В., аспірант, (ДБТУ, м. Харків,)</i> <i>Смородський А.В., магістрант ант, (ДБТУ, м. Харків)</i> <i>Науковий керівник: Потапов В.О., професор, д.т.н., (ДБТУ, м. Харків)</i>	12
3 ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ХОЛОДИЛЬНИХ СИСТЕМ <i>Муренко І.В. здобувач 2-го рівня освіти; Національний університет «Одеська політехніка»</i> <i>Науковий керівник: Лужанська Г.В., к.т.н., доцент Національний університет «Одеська політехніка»</i>	15
4 ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ <i>Муренко І.В., Волков Д.О., здобувачі 2-го рівня освіти;</i> <i>Наукові керівники: Лужанська Г.В., к.т.н., доцент Національний університет «Одеська політехніка»</i> <i>Губар Л.Б., ст. викладач, Національний університет «Одеська політехніка»</i>	16
5 ЧОМУ ЄВРОПА ІНВЕСТУЄ В СО ₂ . <i>Євсєєв А.О., здобувач освіти ВСП «ОТФК ОНТУ»,</i> <i>Науковий керівник - Беркань Ір.В, викладач - методист ВСП «ОТФК ОНТУ»</i>	18
6 УНІВЕРСАЛЬНА ЗАЛЕЖНІСТЬ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЕКСЕРГЕТИЧНОГО ККД ТЕПЛОВОЇ ПОМПИ SPLIT-КОНДИЦІОНЕР <i>Андрейко Кирило, бакалавр, НУЛП, м. Львів;</i> <i>Науковий керівник: Лабай В.Й., д.т.н., проф. НУЛП, м. Львів;</i>	24
7 ТРАНСКРИТИЧНІ ХОЛОДИЛЬНІ СИСТЕМИ НА СО ₂ , ОСОБЛИВОСТІ СХЕМНИХ РІШЕНЬ <i>Лагодич В.Д., магістрант ант ДБТУ, м. Харків,</i> <i>Науковий керівник Петренко О.В., завідувача кафедри інтегрованих електротехнологій та енергетичного машинобудування ДБТУ</i>	27
8 ПРОЦЕСИ ЗАМОРОЖУВАННЯ М'ЯСА <i>Мольський О.С. аспірант, ДБТУ Харків</i> <i>Науковий керівник :Потапов В.О. проф., ДБТУ</i>	30

- 9 ВИКОРИСТАННЯ МАТЕРІАЛІВ З ФАЗОВИМ ПЕРЕХОДОМ У РЕФРИЖЕРАТОРНИХ КОНТЕЙНЕРАХ ДЛЯ МОРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ 31
Константинов О.І., аспірант НУ "ОМА", м. Одеса
Науковий керівник д.т.н., проф. Хлієва О.Я. Національний університет «Одеська морська академія»,

- 10 КАСКАДНА ХОЛОДИЛЬНА УСТАНОВКА R744/R717 ДЛЯ ЗАМОРОЖЕННЯ РИБИ НА ТРАУЛЕРІ 34
Заруба Г.Г., ЗВО магістрант, м. Одеса, ОНТУ,
Наукові керівники : Хмельнюк М.Г. д.т.н.проф. кафедри ХУКП ОНТУ,
Яковлева О.Ю., доц. кафедри ХУКП к.т.н ОНТУ
- 11 СУМІШІ НФО/НФС ЯК ЗАМІННИКИ ФТОРОВАНИХ ХОЛОДОАГЕНТІВ З ВИСОКИМ GWP 37
Дудко О.М., аспірант каф. ХУКП ОНТУ, м. Одеса,
Науковий керівник : Хмельнюк М.Г. д.т.н.проф. кафедри ХУКП
- 12 ОСОБЛИВОСТІ СИСТЕМИ КОНДИЦІЮВАННЯ ПОВІТРЯ НА СУЧАСНИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ЛІТАКАХ. СТАН ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ 40
Кислун В.В., магістрант ант, ОНТУ.
Науковий керівник : Хмельнюк М.Г. д.т.н.проф. кафедри ХУКП ОНТУ
- 13 ВПЛИВ СИСТЕМ АКУМУЛЯЦІЇ ШТУЧНОГО ХОЛОДУ НА ЙОГО ЕНЕРГОРЕСУРСОЄМНІСТЬ 43
Кейзі І.С., магістрант ант ІХКЭ ОНТУ, Рімашевский Ю.С.,
Науково-інженерне об'єднання Холод, Желіба Т.О., ОНПУ, м. Одеса,
Науковий керівник : Желіба Ю.О. доц., к.т.н. кафедри ХУКП ОНТУ
- 14 ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В СИСТЕМАХ КОНДИЦІЮВАННЯ ПОВІТРЯ 44
Ковбасюк К. С., Студент СВО "Бакалавр" ф-ту НТтаІМ
Науковий керівник : Піщанська Н.О. доц., кафедри ХУКП к.т.н ОНТУ
- 15 ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ДАХОВИХ КОНДИЦІОНЕРІВ 46
Михайленко М.С., здобувач 2-го рівня освіти;
Гафінчук В.М., здобувач 3-го рівня освіти;
Губар Л.Б., ст. викладач, Остапенко Л.Ю., інженер Національний університет «Одеська політехніка»
Науковий керівник Лужанська Г.В., к.т.н., доцент Національний університет «Одеська політехніка»
- 16 СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ У ТЕХНОЛОГІЯХ КОНДИЦІЮВАННЯ ПОВІТРЯ 47
Крушельницький Д.О. аспірант ОНТУ, м. Одеса
Науковий керівник Жихарєва Н.В. к.т.н. доц кафедри ХУКП ОНТУ
- 17 ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЦЕСУ ВИПАРОВУВАННЯ КРАПЛІ В КОНТАКТНОМУ ТЕПЛООБМІННИКУ 51
Бушманов В.М., асп. каф ХУКП ОНТУ, Кіценко А.М., асп.каф ХУКП ОНТУ
Науковий керівник Когут В.О. к.т.н. доц кафедри ХУКП ОНТУ

18	ОБҐРУНТУВАННЯ ШВИДКОСТІ РУХУ ПОВІТРЯ ПЕРЕХІДНИХ РЕЖИМІВ У СИСТЕМАХ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ	52
	<i>Фурсенко О. В., аспірант каф. ХУКП ОНТУ, м. Одеса</i>	
19	ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ТА БАР'ЄРИ ЇЇ РЕАЛІЗАЦІЇ В ЦОД	55
	<i>Базаджи В.В., бакалавр ОНТУ, м. Одеса</i>	
20	ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ЯК РЕСУРС, ТА УПРАВЛІННЯ ПОПИТОМ У ПРОМИСЛОВОСТІ.	57
	<i>Геніх К.В., бакалавр ОНТУ, м. Одеса</i>	
20	МОДЕЛЮВАННЯ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ ІОННОГО ПОТОКУ В КОНДИЦІОНУВАННІ ПОВІТРЯ	59
	<i>Черненко А.О. магістрант ОНТУ, Одеса</i>	
21	ПІДХІД ДО ФІЛЬТРАЦІЇ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ БОМБОСХОВИЩ	61
	<i>Борецький Ю.О. , бакалавр ОНТУ,</i>	
	<i>Науковий керівник Жихарєва Н.В к.т.н. доц . ОНТУ</i>	
22	ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОУТИЛІЗАТОРІВ В РІЗНИЙ ПЕРІОД РОКУ	63
	<i>Кіосе І.Г., бакалавр ОТФТК, Бойко В.Т, бакалавр ОТФТК, Кошевенко К.Д. бакалавр ОТФТК</i>	
	<i>Наукові керівники Жихарєва Н.В .к.т.н . доц кафедри ХУКП ОНТУ Козут В.О.,к.т.н.,доц. кафедри ХУКП ОНТУ</i>	
23	ТЕХНОЛОГІЧНЕ КОНДИЦІОНУВАННЯ ТА ОСУШКА ЗЕРНА	65
	<i>Федянін М. О., магістрант ОНТУ , Афанасенко С.О. магістрант ОНТУ, Одеса</i>	
	<i>Наукові керівники Жихарєва Н.В .к.т.н . доц. кафедри ХУКП ОНТУ Козут В.О.,к.т.н.,доц. кафедри ХУКП ОНТУ</i>	
24	ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ ДЛЯ ПТАХОФАБРИК	66
	<i>Харітонов М.А, магістрант ОНТУ, Одеса</i>	
	<i>Науковий керівник Жихарєва Н.В. к.т.н , доц кафедри ХУКП ОНТУ</i>	
25	ВЕНТИЛЯЦІЯ РУДНИКІВ ТА ВУГІЛЬНИХ ШАХТ ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ І ВЕНТИЛЯЦІЇ РУДНИКІВ	68
	<i>Чепіль В.О.бакалавр ОНТУ</i>	
	<i>Науковий керівник Жихарєва Н.В .к.т.н . доц . кафедри ХУКП ОНТУ</i>	
26	АНАЛІЗ ВПЛИВУ НА ЯКІСТЬ МОЛОЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ ПАРАМЕТРІВ ПОВІТРЯ В ВИРОБНИЧОМУ ПРИМІЩЕННІ	72
	<i>Горяченко Р.Р. бакалавр ОНТУ</i>	
	<i>Науковий керівник –Козут В.О. доц. кафедри ХУКП к.т.н ОНТУ</i>	

27	ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА КОМБІНОВАНОЇ СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ТА ОПАЛЕННЯ ДЛЯ ПРИВАТНОГО БУДИНКУ	75
	<i>Ахметьянов А.А., магістрант ант ІХКЕ ОНТУ</i>	
	<i>Наукові керівники: Хмельнюк М.Г. д.т.н., проф. зав. кафедри, Трандафілов В.В. к.т.н., доц. ОНТУ</i>	
28	ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ КАСКАДНОЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПОРТОВОГО ХОЛОДИЛЬНИКА	77
	<i>Вінніков Д.П., магістрант ант ІХКЕ ОНТУ</i>	
	<i>Наукові керівники: Хмельнюк М.Г. д.т.н., проф. зав. кафедри ХУКП Трандафілов В.В. к.т.н., доц. кафедри ХУКП ОНТУ</i>	
29	ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ НА БАЗІ ПОВІТРЯНОГО ТЕПЛООВОГО НАСОСУ НА R744	79
	<i>Парафіленко Д.А., магістрант ант ІХКЕ ОНТУ</i>	
	<i>Наукові керівники: Хмельнюк М.Г. д.т.н., проф. зав. кафедри ХУКП ОНТУ Яковлева О.Ю. к.т.н., доц. кафедри ХУКП ОНТУ</i>	
30	ДЕКАРБОНІЗАЦІЯ МОРСЬКОГО СЕКТОРА	82
	<i>Віктор Ялама, аспірант каф. ХУКП ОНТУ</i>	
	<i>Науковий керівник: Хмельнюк М.Г. д.т.н. проф. кафедри ХУКП</i>	
31	ПОНОВЛЮВАЛЬНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ. ЕНЕРГЕТИЧНА РЕВОЛЮЦІЯ	84
	<i>Сергій Ткач, аспірант каф. ХУКП ОНТУ</i>	
	<i>Науковий керівник Хмельнюк М.Г. д.т.н. проф. кафедри ХУКП</i>	
32	ЗБІЛЬШЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ЛЬОДУ ЛЬОДОГЕНЕРАТОРОМ ПОГРУЖНОГО ТИПУ	85
	<i>Фурсенко О.В., аспірант ОНТУ, Остапенко Д.В. магістрант ОНТУ Гончарук Р.Р., бакалавр ОНТУ</i>	
	<i>Наукові керівники доц Жихарєва Н.В., доц.к.т.н. Козут В.О.</i>	
33	ЗАСТОСУВАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В СИСТЕМАХ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ ДЛЯ ЦЕХІВ КАПРОНОВОГО КОРДУ	87
	<i>Остапенко Д.В, магістрант ОНТУ</i>	
	<i>Науковий керівник Жихарєва Н.В .к.т.н . доц ОНТУ</i>	
34	ЛССР ТА ХОЛОДИЛЬНІ УСТАНОВКИ	89
	<i>Сазанський А.Р., аспірант кафедри ХУКП ОНТУ</i>	
	<i>Науковий керівник Хмельнюк М.Г. д.т.н. проф. кафедри ХУКП</i>	
35	АНАЛІЗ РОБОТИ РІЗНИХ ЗАПОБІЖНИХ КЛАПАНІВ ХОЛОДИЛЬНИХ УСТАНОВОК	91
	<i>Макоцеба О.Є., магістрант ОНТУ., Гальченко К.Д., аспірант каф ХУКП ОНТУ</i>	
	<i>Наукові керівники Жихарєва Н.В .к.т.н . доц кафедри ХУКП ОНТУ Козут В.О.,к.т.н.,доц. кафедри ХУКП ОНТУ</i>	
36	АНАЛІЗ ЕНЕРГООЩАДЖЕННЯ В СИСТЕМАХ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ	92
	<i>Куриленко В.О., бакалавр ВСП «ОТФК ОНТУ»,</i>	
	<i>Бригадир Л.Г., викладач ВСП "ОТФК ОНТУ</i>	
37	ЕФЕКТИВНІСТЬ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ КАПРОНОВОГО КОРТУ.....	96
	<i>Хоцяновський С.Ю., магістрант ОНТУ, Березюк Д.В., бакалавр ОНТУ</i>	
	<i>Наукові керівники Жихарєва Н.В .к.т.н . доц кафедри ХУКП ОНТУ Козут В.О.,к.т.н.,доц. кафедри ХУКП ОНТУ</i>	

- 38 РОЗРАХУНОК СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ СУЧАСНИМИ МЕТОДАМИ 97
 Іванов Д.В., бакалавр ОНТУ, Гітрук М.В бакалавр ОНТУ
 Наукові керівники Жихарєва Н.В .к.т.н . доц кафедри ХУКП ОНТУ Козут В.О.,к.т.н.,доц. кафедри ХУКП ОНТУ
- 39 ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ПРЕЗИЦІЙНИХ КОНДИЦІОНЕРІВ 100
 Тимошевський В.В.. магістрант ОНТУ, Свящук В. О., бакалавр ОНТУ, Шварц І.О., магістрант ОНТУ
 Наукові керівники Жихарєва Н.В .к.т.н . доц . кафедри ХУКП ОНТУ Козут В.О.,к.т.н.,доц. кафедри ХУКП ОНТУ

СЕКЦІЯ №2 –НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНІ ХОЛОДИЛЬНІ І КРІОГЕННІ МАШИНИ ТА УСТАНОВКИ. ГАЗОТУРБІННИХ УСТАНОВОК ТА КОМПРЕСОРНИХ СТАНЦІЙ

	Стор
1 ОГЛЯД ОСТАННІХ ДОСЯГНЕНЬ У ТЕХНОЛОГІЯХ ЗБЕРІГАННЯ НИЗЬКОПОТЕНЦІЙНОГО ТЕПЛА <i>Басов А.М., аспірант, асистент кафедри КТ ОНТУ</i> <i>науковий керівник: Морозюк Л.І., д.т.н., професор кафедри КТ ОНТУ</i>	103
2 ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ НАПОРІВ В АПАРАТАХ ТЕПЛОВИКРИСТАЛЬНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИН <i>Псарьов С.О., аспірант, асистент кафедри КТ ОНТУ, Куколев А.К., аспірант кафедри ЕТтаПЕ ОНТУ</i> <i>наукові керівники: Морозюк Л.І., д.т.н., професор кафедри КТ ОНТУ, Косой Б.В., д.т.н., професор кафедри ЕТтаПЕ ОНТУ</i>	104
3 АНАЛІЗ СХЕМ ПОЛІГЕНЕРАЦІЇ З КОМБІНОВАНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ПЕРВИННОЇ ЕНЕРГІЇ <i>Шумський О.А., аспірант кафедри ЕТтаПЕ ОНТУ</i> <i>науковий керівник: Косой Б.В., д.т.н., професор кафедри ЕТтаПЕ ОНТУ</i>	106
4 THERMODYNAMIC ANALYSIS OF AN ETHANE RELIQUEFACTION PLANT WITH INTEGRATION INTO THE FUEL SYSTEM OF THE POWER PLANT OF GAS TANKERS OF THE VLEC TYPE <i>Yefymenko Oleksandr, PhD student, Department of cryogenic technique ONTU, Feshchuk Oleksandr, Commissioning Engineer/Gas Trial Engineer, Energy Marine Technology Babcock International Group Scotland U.K.</i> <i>Supervisor: Larisa Morozyuk. Doctor of Technical Sciences, Professor Department of cryogenic technique ONTU</i>	108
5 ДОСЛІДЖЕННЯ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ АДСОРБЦІЙНОЇ СИСТЕМИ АКУМУЛЮВАННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ <i>Стуканов К.В., магістрант ант кафедри КТ ОНТУ</i> <i>науковий керівник: Грудка Б.Г., к.т.н., доцент кафедри КТ ОНТУ</i>	112
6 ДОСЛІДЖЕННЯ БЛОКУ ОЧИЩЕННЯ РОБОЧОГО ТІЛА ГЕЛІЄВОЇ КРІОГЕННОЇ СИСТЕМИ <i>Корба Є.М., магістрант ант кафедри КТ ОНТУ</i> <i>науковий керівник: Симоненко Ю.М., д.т.н., професор, завідувач кафедри КТ ОНТУ</i>	113
7 ДОСЛІДЖЕННЯ СОРБЦІЙНОГО РОЗДІЛЕННЯ НЕОНУ НА ІЗОТОПИ <i>Чигрін Є.О., магістрант ант кафедри КТ ОНТУ</i> <i>науковий керівник: Симоненко Ю.М., д.т.н., професор, завідувач кафедри КТ ОНТУ</i>	115
8 МОДЕРНІЗАЦІЯ АЗОТНОЇ КРІОСАУНИ <i>Матвеев В.В., магістрант ант кафедри КТ ОНТУ</i> <i>науковий керівник: Грудка Б.Г., к.т.н., доцент кафедри КТ ОНТУ</i>	116
9 ВПЛИВ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ НА ЕКОЛОГІЮ ТА СПОСОБИ ЙОГО МІНІМІЗАЦІЇ <i>Харитончук Д.О., бакалавр ОНТУ</i> <i>науковий керівник: Басов А.М., асистент кафедри КТ ОНТУ</i>	117

- | | | |
|----|---|-----|
| 10 | <p>ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ КРІОМЕДИЧНОЇ ТЕХНІКИ В СУЧАСНОМУ СВІТІ</p> <p><i>Янчук В.В., магістрант ант кафедри КТ ОНТУ</i>
 <i>науковий керівник: Басов А.М., асистент кафедри КТ ОНТУ</i></p> | 118 |
| 11 | <p>АНАЛІЗ РОБОТИ ПОРШНЕВОГО КОМПРЕССОРА ПРИ ОХОЛОДЖЕННІ ПОВІТРЯ НА ВСМОКТУВАННІ</p> <p><i>Дмитрієв К.В., магістрант ант кафедри КТ ОНТУ, Семко А.С., магістрант ант кафедри КТ ОНТУ</i>
 <i>науковий керівник: Яковлев Ю.О., к.т.н., доцент кафедри КТ ОНТУ</i></p> | 120 |
| 12 | <p>УТИЛІЗАЦІЯ НАДЛИШКОВОГО ТИСКУ ПРИРОДНОГО ГАЗУ В ПРОЦЕСІ ЙОГО ЧАСТКОВОГО ЗРІДЖЕННЯ</p> <p><i>Мазуренко В.В., магістрант ант кафедри КТ ОНТУ</i>
 <i>науковий керівник: Ярошенко В.М., к.т.н., доцент кафедри КТ ОНТУ</i></p> | 123 |
| 13 | <p>ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПАРОТУРБІННОГО НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОГО РЕГАЗИФІКАЦІЙНОГО ЦИКЛУ</p> <p><i>Гайдаржи В.Є., магістрант ант кафедри КТ ОНТУ</i>
 <i>науковий керівник: Ярошенко В.М., к.т.н., доцент кафедри КТ ОНТУ</i></p> | 125 |

СЕКЦІЯ №1 –ХОЛОДИЛЬНІ УСТАНОВКИ ТА КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

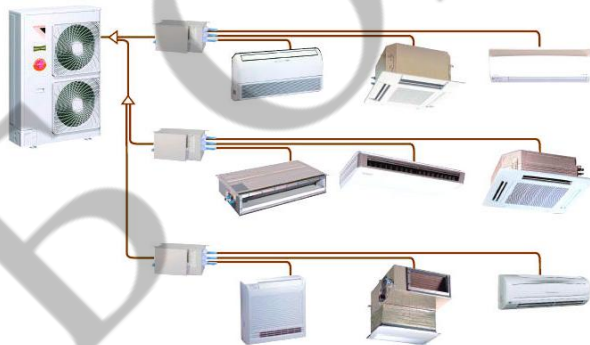
УДК 697.91.94.97

МЕТОДИ СТАБІЛІЗАЦІЇ СИСТЕМ ПРОМИСЛОВОГО КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

Коханський А.Ф. магістрант ОНТУ, Одеса

Системи вентиляції відіграють важливу роль у забезпеченні нормальних умов життєдіяльності в житлових і виробничих приміщеннях, а також в об'єктах промислового, транспортного і індивідуального призначення. Температура, вологість і інші параметри атмосфери (повітря), що оточує нас, досить важливі для життєдіяльності людини, а також в цілях забезпечення збереження споруд, устаткування і нормального протікання технологічних процесів. Формування температурного режиму в приміщенні цілком залежить від якості побудови системи вентиляції і управління її режимом роботи.

Нами розглянуті питання кондиціювання та , деякі технології і елементи, вдосконалення яких безпосередньо підвищує енергоефективність і знижує споживання електроенергії в річному циклі використання систем кондиціювання на основі енергетичних балансів теплофізичних процесів.



Основними цільовими напрямками вдосконалення багатозональних систем кондиціювання останнім часом є такі:

- підвищення комфорту мікроклімату об'єкта чистих приміщень, точність і надійність його забезпечення при цілорічній експлуатації;
- підвищення енергоефективності багатозональних систем за рахунок збільшення коефіцієнтів трансформації тепла;
- підвищення показників енергозбереження за рахунок рекуперації та акумуляції теплової енергії і постійного автоматичного оптимального управління режимами роботи, в залежності від сезонних параметрів зовнішнього повітря, сонячної радіації і геотермальних джерел тепла, а також внутрішніх нестаціонарних джерел теплоприпливів / тепловтрат і джерела зміни вологості внутрішнього повітря;
- зниження шкідливого впливу на екологію навколишнього середовища; фільтрація приміщень

- вдосконалення основних агрегатів багатозональної системи кондиціювання повітря: компресора, вентилятора, рекуператора, теплообмінника,
- акумулятор теплоти з використанням тепла фазового переходу, системи управління;
- інтеграція багатозональних систем з, сонячними колекторами, системою припливно-витяжної вентиляції;
- розробка віддаленого управління і комп'ютерної системи централізованого управління, узгодженого в необхідних випадках з пріоритетом індивідуального управління.

Під час роботи систем, стабільність підтримує, своєчасне обслуговування кондиціонера. На кожному етапі використовуються фільтри, які вибирають по держстандарту.

Щоб фільтрація повітря для чистих приміщень була на належному рівні необхідно правильно підібрати фільтри, попередньо вивчивши їх характеристики для кожного рівня очищення. Потрібно приділити увагу фільтрам, які усувають молекулярні і хімічні забруднення, а також фільтрують витяжне повітря.

Для скорочення витрат на електроенергію можна зменшити використання повітря в той час, коли не ведуться роботи. Однак при відключенні системи важливо брати до уваги той факт, що виникає небезпека забруднення чистого приміщення до неприпустимого рівня.

Зі сказаного можна зробити висновок, що для досягнення потрібного рівня потрібно проводити фільтрацію повітря для чистих приміщень, як одне з основних вимог для організації необхідних умов.

Фільтрація повітря для чистих приміщень - дуже важливий етап забезпечення чистих приміщень, їх класу, тому її проектування і забезпечення необхідно продумати заздалегідь і надати професіоналам.

Науковий керівник: Жихарєва Н.В. к.т.н, доц. кафедри ХУКП ОНТУ

УДК 66.047.3.049.6

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ СУМБЛІМАЦІЙНОГО СУШІННЯ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

Потапов В.О., професор, д.т.н., (ДБТУ, м. Харків)

Білий Д.В., аспірант, (ДБТУ, м. Харків, jimtykraun@ukr.net)

Смородський А.В., магістрант, (ДБТУ, м. Харків)

Зважаючи на швидкий розвиток вакуумної та холодильної техніки дозволяє використовувати новітні методи зневоднення і консервування рослинної сировини для виробництва високоякісних харчових продуктів. Попередньо висушена і заморожена при низьких температурах вихідна сировина з подальшим видаленням вологи у вакуумному середовищі з фазовим переходом «лід-пар» минаючи рідку фазу при тиску нижче потрібної точки називається сублімаційним сушінням. Перетворення основного продукту за допомогою відведення тепла забезпечує збереження найважливіших нативних властивостей,

таких як вітамінний та білковий склад, смакові та ароматичні якості з підвищеними тривалими термінами зберігання.

Процес фазового перетворення сублімаційного сушіння показано на рисунку 1. Суть процесу полягає у видаленні води, зберігаючи хімічну та фізичну структуру матеріалу незмінними, тому першим кроком є стабілізація структури матеріалу шляхом заморожування.

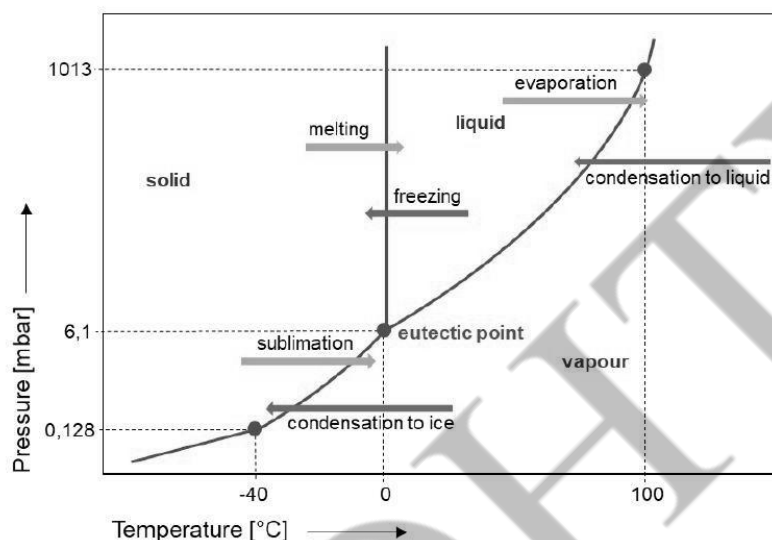


Рис. 1. Фазова діаграма сублімаційного сушіння

Продукт спочатку охолоджують до початку заморожування зазвичай в діапазоні від -40 до -60°C . Під час попереднього заморожування сублімаційна сушарка працює як морозильна камера, оскільки не застосовується вакуум. Після подальшого охолодження тиск знижується до рівня нижче потрійної точки води, як правило до $0,01$ ГПа. Подача тепла призводить до випаровування льоду. Ця пара видаляється за допомогою пристрою, поверхня якого підтримується при дуже низькій температурі, де пара конденсується. Другим кроком є введення вакууму, поки стан не буде нижче потрійної точки води. Поруч із замороженим продуктом розташований льодовий конденсатор, де відбувається охолодження до температур, значно нижчих за температуру замороженого продукту. Тому парціальний тиск водяної пари біля конденсатора значно нижчий, ніж біля замороженого продукту, і це призводить до транспортування води до конденсатора з подальшою конденсацією. Рушійною силою сублімації є різниця тиску, пов'язана з відповідною різницею температур, які можуть змінюватися від -40 до $+20^{\circ}\text{C}$ протягом процесу [1, с.66].

Коли кристалічна вода сублімується, продукт зазвичай недостатньо висушений. Тому виконується додатковий етап сушіння, де температура продукту додатково підвищується, видаляється залишок води шляхом десорбції. Під час цього етапу вакуумний насос створює умови низького тиску, необхідні для видалення розчинників, які видаляються під час цієї стадії десорбції. Видалення вологи контролюється шляхом підвищення температури до $+42^{\circ}\text{C}$ при дуже низькому тиску, оскільки молекули пари майже відсутні. Для забезпечення максимального терміну зберігання продукту рівень вологості часто близький до 1-3%. [2, с.10]

Для підвищення вмісту біологічно активних речовин рослинної сировини може бути використаний вітчизняний метод сублімаційного фракціонування. На рисунку 2 представлена принципова схема установки з кріосублімаційного фракціонування.

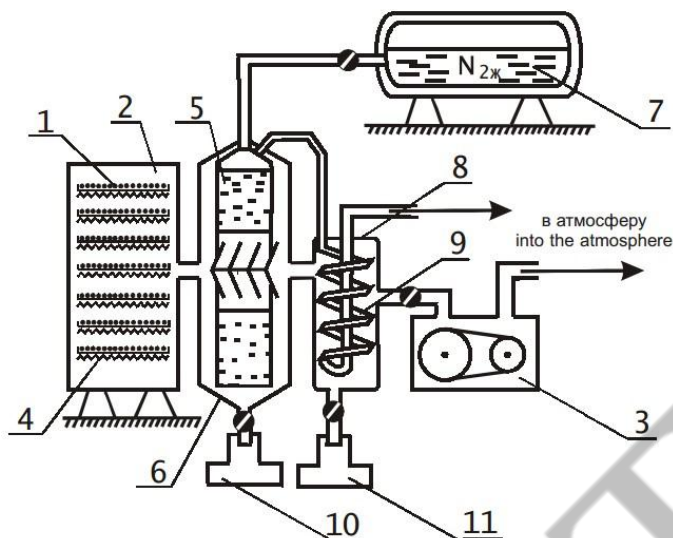


Рисунок 2. Схема установки кріосублиційного фракціонування

Згідно зі схемою заморожену сировину 1 у спеціальних піддонах поміщають у сублімаційну камеру 2, де при температурі -20°C тиску 100 Па, який створюється за допомогою вакуумних насосів 3, де починається процес фракціонування. Підведення тепла до піддонів з сировиною забезпечується інфрачервоними нагрівачами 4. Високотлетючі молекулярні комплекси випаровуються із замороженої і осаджуються на криогенних поверхнях панелей 5, розташованих в основному десублиматорі 6. Кріопанелі охолоджуються до температури -196°C за допомогою резервуару з рідким азотом 7. Для захисту водної фракції, що осаджується на панелях 5 від молекул масла застосовується захисний десублиматор 8. Пери рідкого азоту, що випаровується в процесі кріосублимаційного фракціонування в основному десублиматорі 6, проходять змієвик 9 захисного десублиматора 8, охолоджуючи його до температури $-30-40^{\circ}\text{C}$. Наприкінці кріосублимаційного фракціонування та відтайки панелей десублиматорів в ємність зливається чиста кріосублимаційна водна фракція з основного десублиматора 6. В ємність 11 із захисного десублиматора 8 – незначна кількість кріосублимаційної водної фракції, забрудненої та непридатною для подальшого використання. При цьому в сублімаційній камері залишається суха фракція сировини, що переробляється [3, с.238].

Розглянуто основні етапи сублімаційної сушки рослинної сировини та перспективи застосування для отримання біологічно активних речовин. Запропоновано метод кріосублимаційного фракціонування для поступового впровадження в технологічні лінії харчових виробництв.

Інформаційні джерела:

1. Jos Corver. The evolution of freeze-drying. Innovations in Pharmaceutical Technology. July 2009.
2. The Freeze Drying Theory and Process. Things to Consider. Validation Solutions. Ellab White Paper - 08/18.
3. A.I. Osetskiy, V.I. Grischenko, A.S. Snurnikov, I.YE. Shabanov, G.A. Babijchuk. Cryosublimation Fractionating of Biological Material. PROBLEMS OF CRYOBIOLOGY, Vol. 16, 2006, №2.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ХОЛОДИЛЬНИХ СИСТЕМ

*Муренко І.В. здобувач 2-го рівня освіти;
Лужанська Г.В., к.т.н., доцент
Національний університет «Одеська політехніка»*

Останнім часом все частіше впроваджуються різні технічні рішення, що дозволяють ефективніше використовувати енергоресурси в галузі холодильної техніки для систем кондиціонування повітря (СКВ), а також для промислових систем охолодження. З цією метою застосовується різноманітне енергозберігаюче обладнання. Враховуючи, що СКВ є одним з основних споживачів енергії серед систем життєзабезпечення сучасної будівлі (те ж саме можна сказати і про промислові холодильні установки), ці заходи набувають особливої актуальності. У зв'язку із зростанням дефіциту та цін на енергоносії проблеми енергопостачання набувають все більшої значущості.

При сучасних масштабах застосування холодильної техніки навіть відносно невелике підвищення енергетичної ефективності холодильних систем може дати істотний, за абсолютною величиною, економічний ефект [1].

Система холодопостачання є частиною загальної інженерної системи об'єктів промислового та цивільного призначення. Це можуть бути офісні, торговельно-розважальні центри, лікарні, готелі, виробничі цехи, складські приміщення тощо [2]. Це одна з найскладніших і найдорожчих в експлуатації систем, яка створюється з урахуванням таких критеріїв, як початкові інвестиції та експлуатаційні витрати. Тому створення якісної системи холодопостачання, що відповідає цим критеріям, потребує виваженого та аналітично обґрунтованого підходу.

Багато в чому зниження енергоспоживання визначається на етапі проектування конкретного об'єкта шляхом вибору схеми, підбору обладнання та алгоритму роботи.

При підборі обладнання систем кондиціонування повітря або холодильних установок до уваги, як правило, приймаються пікові теплові навантаження. Для систем кондиціонування повітря нерівномірність споживання холоду може визначатися добовим зміною температури зовнішнього повітря чи графіком роботи організації, що експлуатує будинок. Для підприємств переробної промисловості пікові теплові навантаження зазвичай пов'язані із сезонним графіком надходження сировини.

Як правило, робота системи на пікових навантаженнях короткочасна, тому завантаження обладнання більшу частину часу роботи не перевищує 60% від максимальної потужності. Якщо говорити про системи кондиціонування повітря чиллер-фанкойл, то сумарний час роботи холодильної машини на максимальній потужності становить приблизно 100 годин на рік. Таким чином, підібране обладнання виявляється недовантаженим, що призводить до невиправданого збільшення капітальних вкладень та експлуатаційних витрат.

Для підвищення ефективної роботи обладнання при короткочасній експлуатації при пікових навантаженнях у складі систем охолодження та кондиціонування застосовують акумулятори холоду, що є одним із сучасних ефективних способів зниження енерговитрат на вироблення холоду. При використанні системи з акумулятором підбір охолоджувальної машини здійснюється за середньодобовою потужністю, а не за максимальним значенням при піковому навантаженні. Таким чином системи охолодження з акумуляторами холоду є енергозберігаючими системами.

Використання акумуляторів холоду дозволяє зменшити потужність холодильної установки на 30-40% і відповідно скоротити капітальні та експлуатаційні витрати. Таким чином, застосування у складі холодильної установки акумуляторів холоду є одним із сучасних ефективних способів зниження енерговитрат на вироблення холоду.

Інформаційні джерела

1. А.В. Зимин. Системы аккумуляирования холода с использованием бинарного льда. /Холодильна техніка та технологія. Том 51. Випуск 4. – Одеса: ОНАХТ. – 2015. С. 17-20
2. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування / Мінрегіон України, Київ, 2013. 113 с.

УДК 621.565

ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

*Муренко І.В., Волков Д.О., здобувачі 2-го рівня освіти;
Лужанська Г.В., к.т.н., доцент
Губар Л.Б., ст. викладач
Національний університет «Одеська політехніка»*

На сьогоднішній день питання заощадження енергоресурсів є актуальними у всіх сферах енергетичної діяльності. Особливої значущості вони набувають під час проектування та розробки систем мікроклімату, для якісної роботи яких потрібні значні витрати паливно-енергетичних ресурсів.

Одним з енерговитратних напрямків даної галузі можна виділити системи кондиціонування повітря. Їх застосування обумовлено створенням певних параметрів мікроклімату, де потрібні особливі, регламентовані параметри повітряної маси згідно з технологічним процесом (різні промислові виробництва), нормовані параметри повітря (медичні установи, особлива увага приділяється якості повітря в операційних блоках та палатах інтенсивної терапії) або створення комфортних умов для перебування людей на робочих місцях (офіси, магазини тощо) або у місцях відпочинку та розваг (розважальні центри, фітнес-клуби, басейни, готелі, санаторії, будинки відпочинку, театри, кінотеатри, казино тощо) [1]. Питання енергозбереження таких систем стоїть особливо гостро, тому що для їх ефективної роботи потрібна велика кількість енергоресурсів.

Провідні світові лідери у цій галузі кліматичного обладнання постійно модернізують та вдосконалюють моделі сучасних систем кондиціонування повітря. Відбуваються інновації у конструкції зовнішніх та внутрішніх блоків, спліт-систем, систем мультizonального кондиціонування. Лідером з виробництва та розробки систем кондиціонування на світовому ринку є фірма Daikin, яка щорічно постійно удосконалює технології холодопостачання систем.

Основні тенденції енергетичного ринку - мінімум витрат при максимальній комфортності. У зв'язку з цим останніми роками зростає популярність мультizonальних систем, при цьому розширюється сфера їхнього застосування. Мультizonальна система - це один з варіантів вирішення задачі кондиціонування декількох приміщень відразу.

Особливу цікавість становлять енергозберігаючі інноваційні технології VRT (Variable Refrigerant Temperature), розроблені на основі мультисистем VRV (Variable Refrigerant Volume). VRT змінює температуру кипіння та конденсації холодоагенту практично в реальному часі в залежності від навантаження, вуличних умов та динаміки їхньої зміни. У режимі охолодження температура кипіння підвищується, а у режимі обігріву температура конденсації знижується зі зниженням навантаження. Таким чином, з'являється додатковий ступінь регулювання продуктивності — на додаток до регулювання витрати холодоагенту система має можливість регулювати різницю між температурою повітря та холодоагенту.

У початковий момент роботи системи VRT за значеннями температур на вулиці та в приміщенні робиться припущення про рівень завантаження.

Виходячи з цього, встановлюється початкова температура кипіння і будується лінія віртуального навантаження, згідно з якою температура кипіння змінюється за лінійним законом від початкового до максимального (+16°C). Після цього починає відбуватися регулювання цього процесу.

Збільшуючи або зменшуючи dT , можна впливати на швидкість роботи (ціною споживання енергії). Режим за замовчуванням називається Mild і забезпечує оптимальне поєднання комфорту та швидкості реакції системи на зміну навантаження. Два інші називаються Quick та Powerful і підвищують швидкість реакції, але знижують енергоефективність (рис 1) [2].

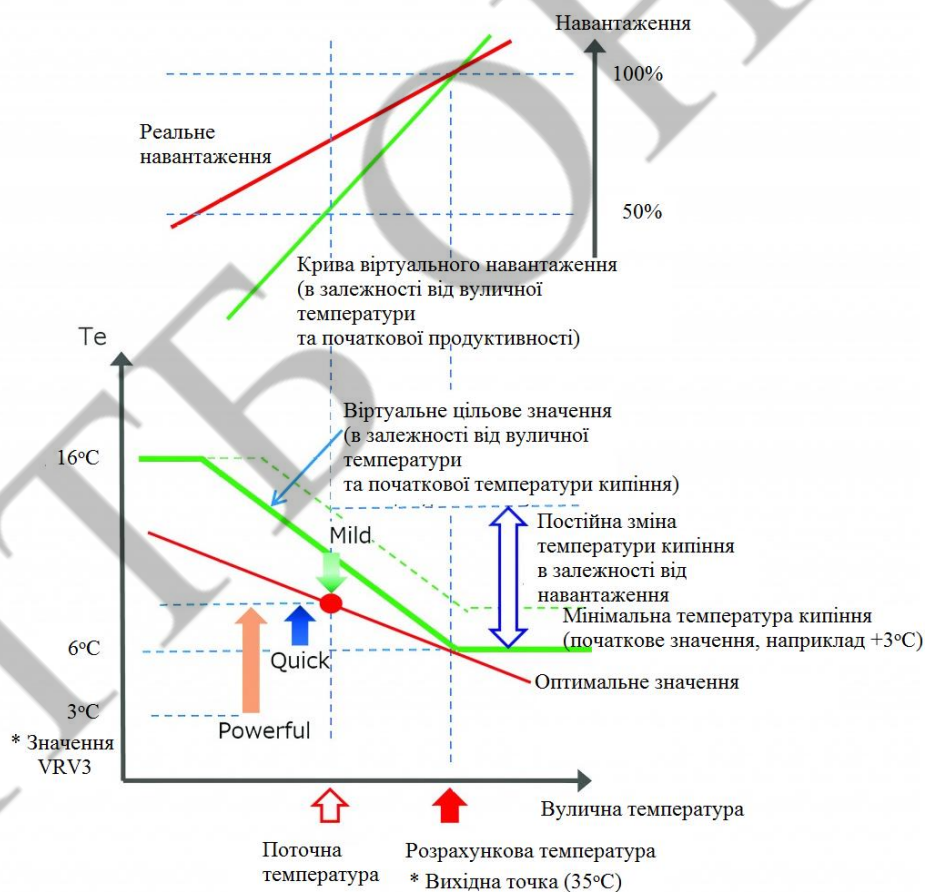


Рис 1 - Визначення цільової температури кипіння системи кондиціонування

У разі необхідності, коли особливих вимог до комфорту приміщення не пред'являються і параметри повітряного середовища є постійними, дана система може працювати за явною продуктивністю. Початкова температура кипіння задається споживачем, а лінія віртуального навантаження стає горизонтальною. При такому режимі роботи ефект енергозбереження досягає максимального значення, але рівень комфорту може бути низьким через близьке до 1 співвідношення повної та явної продуктивності внутрішніх блоків.

Застосовуючи сучасні інноваційні технології в системах кондиціонування повітря можна підвищити енергоефективність роботи даної установки приблизно на 28% і досягти більш комфортного значення температури повітря на виході з внутрішнього блоку, що значно зменшить енергоспоживання об'єкта інфраструктури.

Інформаційні джерела

1. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування / Мінрегіон України, Київ, 2013. 113 с.
2. <https://heatpumpjournal.com.ua/>

УДК 621.565.7

ЧОМУ ЄВРОПА ІНВЕСТУЄ В CO₂.

*Євсєєв А.О., здобувач освіти ВСП «ОТФК ОНТУ»,
керівник - Беркань Ір.В, викладач - методист ВСП «ОТФК ОНТУ»*

30 березня 2023 Європейський парламент прийняв амбіційну позицію по перегляду Регламенту ЄС по фторвмісним газам, підтримавши поетапну відмову від ГФВ до 2050 року й численні заборони на використання фторвмісних парникових газів, як ГФВ, так і ГФО у таких застосуваннях, як: стаціонарні холодильні установки, автономне встаткування для кондиціонування, спліт-системи, стаціонарні двоканальні системи, теплові насоси, чіллери, транспортні холодильні установки.



Рисунок 1. Результати голосування в Європарламенті

Один із напрямків вирішення цієї проблеми застосування холодильних агентів природного походження. Серед натуральних холодоагентів, придатних для роботи в холодильних машинах самого різного призначення, виділяється діоксид вуглецю CO_2 , який, нетоксичний, характеризується доступністю і низькою собівартістю. Діоксид вуглецю може використовуватися в якості холодоагенту в холодильних системах різних типів, як субкритичних, так і транскритичних. У субкритичному циклі CO_2 весь діапазон робочих температур і тисків лежить між критичною і потрійною точками і це обмежує їх застосування. У транскритичних холодильних циклах передбачається регенерація теплоти. Цикли відрізняє робота компресора за високими тисками, тому схемні рішення довгий час не знаходили свого реального застосування. Причиною була відсутність компресорів та теплообмінних апаратів високого тиску і температури.

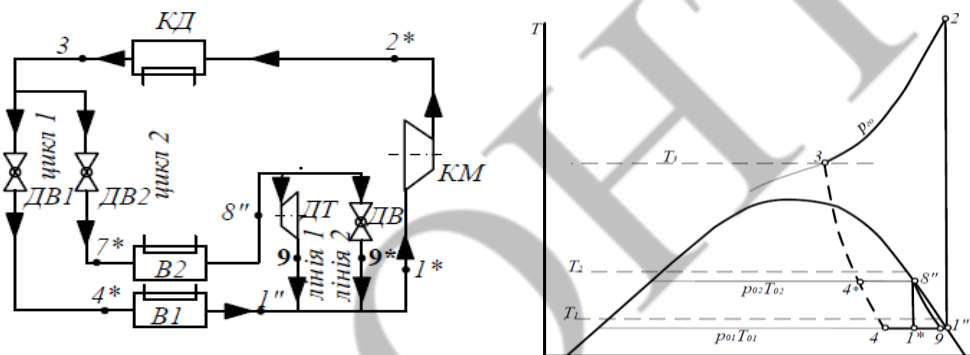


Рисунок 2. Цикл машини конгенерації з CO_2 робочою речовиною

В останні роки ситуація змінилася - світові фірми-виробники холодильного обладнання: «BITZER», «GEA Bock», «Danfoss», «Альфа Лаваль», «Emerson Climate Technologies» випускають різноманітні холодильні компресори і теплообмінники які працюють на CO_2 .

На підприємствах з торгівельного бізнесу останні роки використовують усі типи CO_2 машин: одноступеневі, двоступеневі та каскадні. Найбільш важливо при цьому те, що CO_2 один з небагатьох холодоагентів для холодильних систем, які є перспективними з огляду безпеки та нешкідливості для навколишнього середовища, може використовуватися в холодильних системах з широким інтервалом температур. За температурним режимом холодильні об'єкти (камери, вітрини, боннети та ін.) поділяються на низькотемпературні ($-28\text{ }^{\circ}\text{C}$), призначені для зберігання заморожених продуктів; середньотемпературні ($-5\text{ }^{\circ}\text{C}$), призначені для зберігання охолоджених продуктів і на комбіновані.

У жовтні 2022 року в Німеччині на виставці Chillventa в Нюрнберзі, а потім на виставці EuroShop у Дюссельдорфі, компанії OLAB продемонструвала новий кульовий кран Series Revolution від, який очікує на патент. Він був розроблений для усунення

витоків утранскритичних системах CO₂ для комерційних і промислових установок. Кульовий кран Series Revolution розрахований на тиск 150 бар. Він вміщує труби діаметром від 10 до 60,3 мм при робочих температурах від -50 до 150 °C. Компанія OLAB, яка заснована в 1988 році, робить «акцент на стійкості». Філософія OLAB побудована на чотирьох ключових принципах: історія, пристрасть, люди та технології. Інноваційний дух, підкріплений десятиліттями ноу-хау, дозволив компанії розробити вражаючий асортимент передових електромагнітних клапанів і фітінгів, спеціально розроблених для систем CO₂. Керівник компанії Баттіста Геріні наголошує, що кульовий кран Series Revolution «обіцяє змінити правила гри у світі сталого холоду». Але це не єдина компанія яка вносить інновації в цей сегмент.

Німецький виробник концерн «Linde AG» обладнав супермаркети низькотемпературними каскадними установками, в яких в нижньому каскаді використовується CO₂, а верхній каскад працює на R404a або аміаку.



Рисунок 3. Стілаж з холодильною установка на CO₂ для супермаркетів компанії Advansor

Датський Оем-виробник Advansor один із провідних виробників стелажів для CO₂ у Європі на виставці Euroshop, яка проходила у Дюссельдорфі, Німеччина, з 26 лютого по 2 березня 2023 року, випустив стелажі для невеликих міських супермаркетів і магазинів, що модернізуються. Стелажі Valuepack Light пропонує для середньотемпературних застосувань потужність до 45 кВт і низькотемпературних застосувань до 15 кВт. Компанія прагне, щоб це були кліматичні системи, що забезпечують охолодження, обігрів, заморожування й кондиціювання повітря в одній стійці. Теплом рекуперації від кондиціювання повітря може бути забезпечено опалення і гарячеводопостачання приміщень.

Advansor пропонує інтегровані системи вже багато років. Їх популярність росте через ріст цін на енергоносії. Кінцеві користувачі в мережах роздрібної торгівлі продуктами харчування ставлять усе більш і більш амбіційні цілі в області боротьби зі зміною клімату і тепер вони більше дивляться на 2040 або навіть 2030 рік.

На додаток до невеликих стійок, таким як Valuepack Light, Advansor також виробляє системи більшої ємності потужністю до 10 кВт. Компанія Advansor продала для підприємств роздрібною торгівлі більш 50 одиниць свого зразка Cubig II, який був уперше представлений на виставці Chillventa у Німеччині в жовтні 2022 року. Стійка призначена для великих супермаркетів, гіпермаркетів і невеликих промислових об'єктів, таких як розподільні центри й центральні теплоцентралі, і забезпечує 650 кВт опалення, 410 кВт охолодження і 330 кВт для низькотемпературного охолодження.

Шведський виробник холодильного обладнання Beijer Ref у 2020 році інвестував кошти в нового датського виробника промислових теплових насосів на CO₂ – компанію Fenagy. Теплові насоси й холодильні системи Fenagy CO₂ мають ряд переваг. Серед них високий ККД, широкий діапазон температур (подача/повернення), мала займана площа, низький рівень шуму й спеціально виготовлені блоки. Теплові насоси Fenagy доступні у виконанні «повітря-вода» (AW) і « вода-вода» (WW). На стороні усмоктування використовуються труби з нержавіючої сталі AISI304 (80 бар), а на стороні нагнітання – сталь P235GH (130 бар). До складу входять: компресори серій Dorin CD400 і CD500 з інверторами, масловіддільник, керовані масляні клапани, ресивер і інше обладнання.

Внутрішні теплообмінники використовуються для оптимізації продуктивності теплового насоса. Регулююча й сервісна арматура зроблена легко доступною й зручною для обслуговування, а перед поставкою труби й посудини ізолюють.



Рисунок 4. Тепловий насос H600-AW/WW Fenagy CO₂

Тепловий насос поставляється з мастилом, але не з холодоагентом. Крім повного складання тепловий насос додатково запрограмований, настроєний і протестований. Fenagy розробила власну систему керування із графічним інтерфейсом. Це відкритий комунікаційний інтерфейс із сенсорним екраном, що підтримує серед іншого MODBUS-TCP і PROFINET. Серія Н включає промислові теплові насоси потужністю від 300 кВт до 1800 кВт. Серія С включає промислові холодильні установки потужністю від 300 кВт до 1500 кВт.

Італійський виробник Arneg на виставці Euroshop 2023, оголосив про свою нову холодильну стійку на основі CO₂, у якій використовуються спіральні компресори Copeland від американського виробника Emerson. Новий блок, призначений для комерційного охолодження був представлений для роздрібної торгівлі. На відміну від поршневих компресорів, які частіше використовується в комерційних холодильних системах на CO₂, спіральні компресори Copeland від Emerson більш компактні й займають на 50% менше місця.

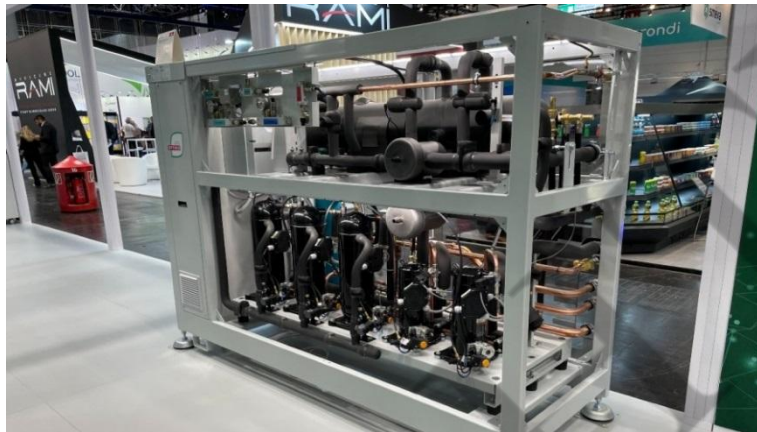


Рисунок 5 . Холодильна стійка на основі CO₂ компанії Arneg

Європа є лідером ринку для компанії Coca-Cola, яка за підтримки програми ООН з навколишнього середовища, запобігає зміні клімату шляхом просування альтернативних технологій охолодження без ГФВ. Наразі Антуан Азар, менеджер із холодильного обладнання компанії Coca-Cola, очолює Refrigerants Naturally, наголосив, що у рамках свого зобов'язання прагнути до більш екологічного охолодження Coca-Cola обрала CO₂. Інвестиції компанії в більш стійке охолодження зробили технологію CO₂ комерційно життєздатним варіантом для виробництва холодних напоїв і харчового обладнання.



Рисунок 6. Модель кулера без ГФВ компанії Coca-Cola

Висновок:

Провідні компанії Європи інвестують значні кошти в розвиток холодильного обладнання, яке працює на CO₂, тому, що воно має довгострокову перспективу. Діоксид вуглецю нетоксичний, доступний, з низькою собівартістю, не має обмежень в часі. Застосування CO₂ в теплових насосах забезпечують більш високі температури по зрівнянню з традиційними системами, потенційно

Можливість застосування CO₂ в холодильних системах малої, середньої і великої холодопродуктивності стала науковим поштовхом для створення нових зразків компресорного і теплообмінного обладнання, для вдосконалення існуючих технологій і розробці нових.

Використані джерела:

1. Л.І. Морозюк, В.В. Соколовська, С.В. Гайдук, О.С. Бодюл
Термодинамічний аналіз циклів машин когенерації комерційного призначення, Холодильна техніка та технологія, 55 (5-6): наук.- техн. журн.- Одеса, 2019р.
2. Музика М. О. Дослідження холодильної машини на CO₂ / М. О. Музика ; наук. кер. Н.О. Піщанська // Стан, досягнення і перспективи холодильної техніки і технології : зб. тез доп. Всеукр. наук.-техн. конф. молодих вчених, аспірантів та студентів, Одеса, 2019 р.
3. В. О. Тарасова, М. О. Кузнецов Аналіз термодинамічної ефективності холодильних циклів в залежності від визначальних теплофізичних властивостей робочих речовин, Вісник національного технічного університету «ХПІ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування, №1(5), 2021р.
4. <https://mail.google.com/mail/u/0/?ogbl#inbox/FMfcgzGsltKcnTncvZcjGqqrIwrKDQbW>
5. <https://investors.coca-colacompany.com/news-events/press-releases/detail/635/coca-cola->

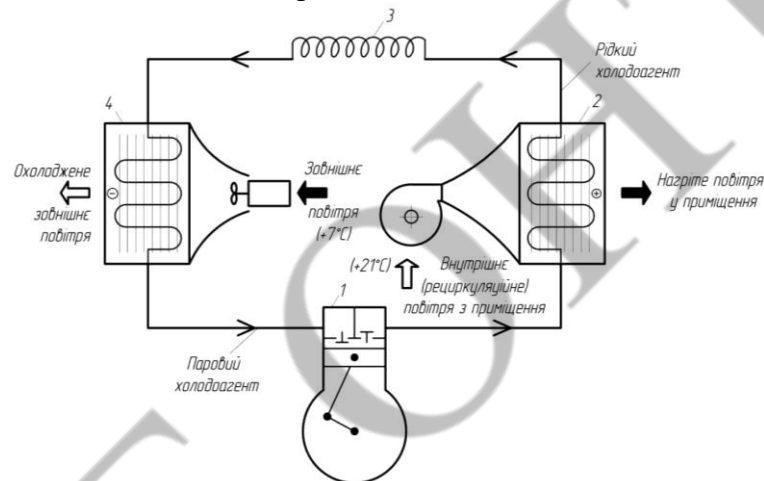
УДК 697.94.(075)

УНІВЕРСАЛЬНА ЗАЛЕЖНІСТЬ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЕКСЕРГЕТИЧНОГО ККД ТЕПЛОВОЇ ПОВІТРЯНОЇ СПЛІТ-КОНДИЦІОНЕРА

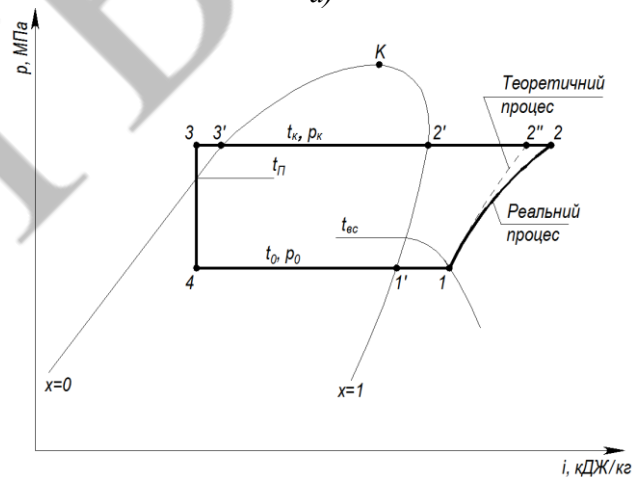
Андрейко Кирило, бакалавр, НУЛП, м. Львів

Холодильні машини, які працюють в режимі теплової помпи в місцевих автономних кондиціонерах, потребують для зменшення енергозатрат вдосконалення, яке можливе з використанням сучасного методу термодинаміки – ексергетичного [1, 2].

Ексергетичний аналіз дозволяє встановити максимальні термодинамічні можливості системи, визначити втрати ексергії в ній та обґрунтувати рекомендації з вдосконалення окремих її елементів [1-3]. А для цього треба досконало вивчити всі аспекти роботи теплової помпи місцевих автономних кондиціонерів.



а)



б)

Рис. 1. Принципова схема теплової помпи повітряного split-кондиціонера (а):

1 – компресор; 2 – конденсатор;

3 – капілярна трубка (дрозель); 4 – випарник та побудова процесів її роботи на (p, i)-діаграмі (б):

1, 2, 3, 4 – характерні точки термодинамічного циклу теплової помпи

Тому автором розроблений ексергетичний метод аналізу роботи одноступеневих хладонових теплових pomp (без ефективного охолодження компресора) для місцевих автономних кондиціонерів, докладно описаний у роботах [4, 5]. У цій методиці використана принципова схема теплової помпи, яка наведена на рис. 1, а, і відповідно побудова процесів її роботи на p,i -діаграмі – на рис. 1, б та холодильний агент хладон-32 (R32). Розрахунково-кількісні експерименти проводились за допомогою математичної моделі та розробленої автором комп'ютерної програми в Excel.

Отже, на основі аналізу наявних літературних даних зменшення витрат енергії, споживаної тепловими помпами повітряних split-кондиціонерів, може бути досягнуто отриманням універсальної залежності для визначення ексергетичного ККД теплової помпи split-кондиціонера будь-якої фірми та певної теплопродуктивності, яка дасть можливість підібрати параметри її роботи з максимальним ексергетичним ККД.

Мета роботи – встановлення універсальної залежності ексергетичного ККД теплової помпи split-кондиціонера від різних факторів, які впливають на його роботу. Для цього потрібно виявити:

- ексергетичний ККД теплової помпи split-кондиціонера „Mitsubishi Electric”, наприклад, теплопродуктивністю 3200 Вт за різних факторів, які впливають на його роботу [13-15];

- аналітичну залежність між ексергетичним ККД прийнятої теплової помпи split-кондиціонера і різними факторами, які впливають на його роботу.

Це і було завданням досліджень.

Ексергетичний аналіз проводили для теплової помпи split-кондиціонера „Mitsubishi Electric” з найвищим ексергетичним коефіцієнтом корисної дії, який був визначений за стандартних температурних умов (стандартна холодопродуктивність $Q_T^{CT} = 3200$ Вт; стандартна споживана потужність $N_{CT}^{CT} = 780$ Вт; стандартне випадання конденсату на випарнику $W_{конд}^{CT} = 1,10$ л/год) [17].

Для встановлення універсальної залежності ексергетичного ККД від різних факторів, які впливають на його роботу, прийняли такі вихідні дані:

- температуру навколишнього середовища (зовнішнього повітря) $t_{C1} = +7...-15^{\circ}\text{C}$ (для стандартного процесу приймали $t_{C1} = 7^{\circ}\text{C}$);

- температуру внутрішнього (рециркуляційного) повітря у приміщенні приймали сталою $t_{H1} = 21^{\circ}\text{C}$ (для стандартного процесу приймали також $t_{H1} = 21^{\circ}\text{C}$);

- витрату повітря у конденсаторі $L_K = 300...1000$ м³/год (для стандартного процесу приймали $L_K = 490$ м³/год);

- витрату повітря у випарнику $L_{вип} = 500...5000$ м³/год (для стандартного процесу приймали $L_{вип} = 1020$ м³/год);

- кінцеву різницю температур у конденсаторі (холодильного агента, який конденсується, і зовнішнього повітря на виході з конденсатора) $\Delta t_K = 3,0...5,0^{\circ}\text{C}$ (для стандартного процесу приймали $\Delta t_K = 4,2^{\circ}\text{C}$);

–кінцеву різницю температур у випарнику (внутрішнього повітря на виході з випарника і киплячого холодильного агента) $\Delta t_{\text{вип}} = 2,0 \dots 4,0^\circ\text{C}$ (для стандартного процесу приймали $\Delta t_{\text{вип}} = 2,8^\circ\text{C}$);

–різницю температур переохолодження у конденсаторі $\Delta t_{\text{перох}} = 3,0 \dots 5,0^\circ\text{C}$ (для стандартного процесу приймали $\Delta t_{\text{перох}} = 5,0^\circ\text{C}$);

–різницю температур перегрівання у випарнику $\Delta t_{\text{перегр}} = 5 \dots 15^\circ\text{C}$ (для стандартного процесу приймали $\Delta t_{\text{перегр}} = 10^\circ\text{C}$);

–електромеханічний ККД компресора $\eta_{\text{ем}} = 0,70 \dots 0,95$ (для стандартного процесу приймали $\eta_{\text{ем}} = 0,9$);

–адіабатичний (індикаторний) ККД компресора $\eta_i = 0,70 \dots 0,90$ (для стандартного процесу приймали $\eta_i = 0,8$).

Послідовно були отримані такі залежності для ексергетичного ККД досліджуваного split-кондиціонера від вказаних факторів, які впливають на його роботу [4, 5].

$$\eta_e = 0,435 - 0,0088 \cdot t_{C1}, \quad (1)$$

$$\eta_e = 0,3956 + 6,43 \cdot L_K^{-1} - 36,42 \cdot L_{\text{вип}}^{-1}, \quad (2)$$

$$\eta_e = 0,4251 - 0,0074 \cdot \Delta t_K - 0,0075 \cdot \Delta t_{\text{вип}}, \quad (3)$$

$$\eta_e = 0,361 + 0,0024 \cdot \Delta t_{\text{перох}}, \quad (4)$$

$$\eta_e = -0,2982 + 0,4151 \cdot \eta_{\text{ем}} + 0,372 \cdot \eta_i \quad (5)$$

та остаточно – універсальна залежність для визначення ексергетичного ККД:

$$\eta_e = -0,0088 \cdot t_{C1} + 6,43 \cdot L_K^{-1} - 36,42 \cdot L_{\text{вип}}^{-1} - 0,0074 \cdot \Delta t_K - 0,0075 \cdot \Delta t_{\text{вип}} + 0,0024 \cdot \Delta t_{\text{перох}} + 0,4151 \cdot \eta_{\text{ем}} + 0,372 \cdot \eta_i - 0,1739. \quad (6)$$

Результати розрахунку ексергетичного ККД за універсальною формулою (6) $\eta_{\text{е розр}}$ і фактичного η_e мали відносну похибку Δ , що не перевищувала 0,9 %.

Аналізуючи отриману універсальну залежність (6), можна дійти таких висновків. Найбільший вплив на ексергетичний ККД теплової помпи split-кондиціонера η_e має витрата повітря у її випарнику $L_{\text{вип}}$, а не впливає взагалі – різниця температур перегрівання у її випарнику $\Delta t_{\text{перегр}}$. Універсальна залежність між ексергетичним ККД теплової помпи split-кондиціонера і різними факторами (6) дає можливість встановити його швидко і коректно з максимальною похибкою до 0,9%.

Зменшення витрат енергії, споживаної тепловими помпами повітряних split-кондиціонерів, може бути досягнуто отриманням універсальної залежності для визначення ексергетичного ККД теплової помпи split-кондиціонера будь-якої фірми та певної теплопродуктивності, яка дасть можливість підібрати параметри її роботи з максимальним ексергетичним ККД.

Література

1. Шаргут Я. Эксергия / Я. Шаргут, Р. Петела. – М.: Энергия, 1968. – 280 с.

2. Соколов Е. Я. Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения / Е. Я. Соколов, В. М. Бродянский. – М.: Энергоиздат, 1981. – 320 с.
3. Dincer, I., Rosen, M.A. Exergy: Energy, Environment and Sustainable Development, second ed. Elsevier, Oxford, UK, (2013).
4. 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.
5. Labay V. Yo. Mathematical modeling bringing the operation of air split-conditioners heat pumps to the same internal temperature conditions / 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. 8, No. 3. – Lviv: Lviv Polytechnic National University. – 2021. – Pp. 509–514.

Науковий керівник: Лабай В.Й., д.т.н., проф. НУЛП, м. Львів



УДК 621.565.93.95

ТРАНСКРИТИЧНІ ХОЛОДИЛЬНІ СИСТЕМИ НА CO₂, ОСОБЛИВОСТІ СХЕМНИХ РІШЕНЬ

Петренко О.В., завідувача кафедри інтегрованих електротехнологій та енергетичного машинобудування ДБТУ, Лагодич В.Д., магістрант ДБТУ, м. Харків, online@lagodych.com

Відповідно до вимог щодо імплементації Монреальського протоколу більшість країн вирішували проблеми щодо припинення виробництва та обігу хлорфторвуглеців (ХФВ) як озоноруйнівних речовин та впроваджували в холодильні та кліматичні системи для гідрофторвуглеців (ГФУ) [1]. Однак Кігалійська поправка націлює міжнародне співтовариство щодо скорочення споживання гідрофторвуглеців (ГФУ). На сьогодні ГФУ домінують на ринку холодильних агентів. Вони мають нульовий озоноруйнівний потенціал (ODP), проте значно впливають на зміну клімату, ніж вуглекислий газ (CO₂). В даний час викиди ГФУ складають невеликий відсоток парникових газів, але через зростання потреб у кондиціонуванні повітря та охолодженні в розвинених країнах, що особливо розвиваються, очікується, що їх викиди виростуть більш ніж у 20 разів.

До альтернатив ГФУ, що мають низький потенціал глобального потепління (GWP), можна віднести холодоагенти природного походження, такі як вуглеводні (HC), аміак (NH₃)

та діоксид вуглецю (CO_2), а також гідрофторолефіни (ГФО). Кожний з них має свої переваги та недоліки.

Як холодоагент CO_2 має відмінні теплофізичні властивості, забезпечуючи холодильній або кліматичній системам високу продуктивність і низьке енергоспоживання [2]. Діаметр трубопроводів холодильних систем на CO_2 значно менший у порівнянні з фреоновими, що знижує ризики втрат при роботі, а також дозволяє зменшити типорозмір арматури [2]. Діоксид вуглецю є екологічно безпечним ($\text{ODP} = 0$, $\text{GWP} = 1$). CO_2 це нейтральний холодоагент, нетоксичний, незаймистий, з відносно невисокою вартістю, широкою доступністю, високою енергоефективністю, високою охолоджувальною здатністю [1]. Проте CO_2 притаманні й недоліки: високий робочий тиск, знижена ефективність за температур навколишнього середовища $> 31^\circ\text{C}$. Первинні капітальні витрати при використанні CO_2 можуть бути вищими за стандартні, але в довгостроковій перспективі вони виправдані, оскільки знижують термін окупності проектів [3].

На сьогодні CO_2 може використовуватися як холодоагент у холодильних системах вітчизняних підприємств рітейлу різних типів, що працюють як у докритичних (субкритичних), так і надкритичних (транскритичних) циклах.

Найчастіше субкритичний цикл застосовують при каскадній схемі холодопостачання. Як правило, у верхній гілці каскаду як холодоагент використовують R717 або R134a, а в нижній гілці – R744 (CO_2) у діапазоні температур від мінус 35° (температура кипіння) до 10°C (температура конденсації), що відповідає тискам від 12 до 26,5 бар [4]. У транскритичній бустерній холодильній системі CO_2 є холодильним агентом для низькотемпературних, середньотемпературних та високотемпературних споживачів, а високопотенційне тепло з магістралі нагнітання використовується для рекуперації тепла. Таким чином, ми можемо отримати в одній холодильній системі інтеграцію систем охолодження та обігріву.

Розглянемо деякі особливості схемних рішень транскритичної холодильної системи на CO_2 . Транскритична бустерна система на CO_2 поділяється за тиском на три секції: низького, середнього та високого тиску. У секції низького тиску пара з низькотемпературних випарників надходить у низькотемпературні компресори, стискається там і проходить через газоохолоджувач для зниження температури нагнітання до допустимого значення 40°C . Потім змішується з парою, що надходить із середньотемпературних випарників та перепускної лінії з ресивера. Звідси пара подається на всмоктування до середньотемпературних компресорів та після стиснення переходить на бік високого тиску.

Секція високого тиску починається з нагнітання середньотемпературних та паралельних компресорів. Гаряча пара проходить через рекуперативні теплообмінники та нагріває воду, а потім надходить у загальний газоохолоджувач. Закінчується секція високого тиску електронним розширювальним клапаном, наприклад ССМТ виробництва Danfoss. Після нього починається секція середнього тиску, де потік поділяється на пару та рідину в ресивері. Пароподібна фаза відводиться у всмоктувальну лінію паралельних компресорів. Рідка фаза подається до розширювальних клапанів АКВН, де відбувається її розширення перед подачею в низько- та середньотемпературні випарники. Для підтримки тиску в

ресиверах під час простою системи використовується невелика за холодопродуктивністю холодильна машина. Таке конструктивне рішення не дозволяє тиску в ресивері збільшуватися більш допустимого при знеструмленні або простої обладнання, та запобігає розгерметизації холодильної системи та викиду CO₂ в атмосферу.

Робочий тиск на лінії всмоктування низькотемпературної секції становить близько 15 бар, лінії середньотемпературного всмоктування 28 бар. Робочий тиск на лінії нагнітання середньотемпературних та паралельних компресорів становить 87 бар. Робочий тиск у ресивері – 33 бари. Необхідно відмітити, що тиск у ресивері має бути більшим за величину, при якій відбувається випаровування в середньотемпературних випарниках, для забезпечення різниці тисків на розширювальних клапанах. Управління всіма трьома температурними контурами може відбуватися за допомогою одного контролера, наприклад виробництва Danfoss з додатковими модулями розширення. Для низькотемпературної гілки необхідно передбачити встановлення компресора з частотним приводом, а на середніх і паралельних компресорах встановити два частотних приводи на кожен температурний контур. Таке рішення дозволить підвищити продуктивність системи без переходу на наступний типорозмір компресора, знизити споживання електроенергії та плавніше регулювати холодопродуктивність. Також необхідно передбачити щоб вентилятори газоохолоджувачів також мали частотні приводи для плавного регулювання в умовах низької продуктивності, що дозволить їм максимально ефективно включитися в роботу і знизити споживання електроенергії.

СПИСОК ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вимоги безпеки і стандарти для виробників та операторів обладнання для штучного охолодження, кондиціонування повітря і теплових насосів (RACHP) в Україні. Методичні рекомендації / Julia Haack, Edgar Timm, Dietram Oppelt // HEAT GmbH, 2021 р. – 36 с.
2. “ASHRAE Position Document on Refrigerants and their Responsible Use”, available at: <https://www.ashrae.org>.
3. Системи охолодження на CO₂ для продовольчих магазинів роздрібної торгівлі [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [www.danfoss.com/CO₂](http://www.danfoss.com/CO2)
4. Петренко О. В. Використання CO₂ у системах холодопостачання торговельних підприємств / О. В. Петренко, Д. П. Семенюк, І. Р. Діц // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. - 2017. - Вип. 1. - С. 18

УДК 637.5/620.

ПРОЦЕСИ ЗАМОРОЖУВАННЯ М'ЯСА

Мольський О.С. аспірант, ДБТУ Харків e-mail:molskiyalex@gmail.com

Потапов В.О. Науковий керівник проф., ДБТУ

Заморожування забезпечує запобігання розвитку мікробіологічних процесів і різке зменшення швидкості ферментативних і фізико-хімічних реакцій, тому його використовують переважно у разі потреби тривалого зберігання м'яса.

Заморожування здійснюють за температури повітря в камері від -23 до -35 °C протягом 18 — 36 год до досягнення в найтовщій частині туш температури, що не перевищує -8 °C. Тривалість по-дальшого зберігання м'яса при -18 — -25 °C становить від 4 до 18 місяців залежно від температури та виду сировини.

У результаті заморожування волога кристалізується. Кількість вільної вологи в клітинах зменшується, завдяки чому в міру вимерзання вологи життєдіяльність мікрофлори знижується, а потім і припиняється. За нерівномірного росту кристалів льоду клітини мікроорганізмів можуть руйнуватися. При низькотемпературному зберіганні (-10 — -50 °C) мікроорганізми частково відмирають, змінюються морфологічна структура м'яса і стан його колоїдних систем, інгібують біохімічні процеси, причому чим нижчі швидкість і температура заморожування, тим більшою мірою змінюється якість сировини, яку використовують, при подальшому розморожуванні. [1]

Вимерзання вологи і кристалоутворення зумовлюють у м'ясі перерозподіл води між структурними елементами, порушення цілісності м'язових волокон, часткову агрегацію і денатурацію м'язових білків, зменшення їх розчинності (міозин), розпушення сполучнотканинних з'єднань, що призводить до зниження волого зв'язувальної здатності, погіршення смаку і консистенції м'яса, значних втрат м'ясного соку після його розморожування.

У процесі тривалого зберігання замороженого м'яса втрачаються вітаміни, маса (усихання), розвиваються гідролітичні процеси та процеси окиснення, змінюється колір м'язової тканини, на поверхні туш можуть з'явитися безколірні або світлі ділянки холодного опіку. Вибір раціональних режимів заморожування та зберігання дає змогу зменшити негативний вплив низькотемпературного оброблення на якість м'яса. Використання пакувальних матеріалів сприяє зменшенню ступеня змін технологічних властивостей сировини і втрат маси.

Від способу та умов заморожування залежить збереження вихідної якості харчових продуктів і рівень витрат на його здійснення. Властивості замороженого м'яса і економічні показники процесу значною мірою зумовлені характером автолізу м'яса, яке надходить на заморожування. Залежно від стану такого м'яса розрізняють одно- і двофазний способи. За однофазного способу парне м'ясо заморожують безпосередньо після первинного оброблення, за двофазного — після попереднього охолодження.

Перевагою однофазного способу є скорочення тривалості технологічного процесу заморожування м'яса, ефективніше використання виробничих площ, зменшення втрат маси за вищої якості м'яса, скорочення затрат праці на транспортування продукції. Інтенсивне охолодження парного м'яса різко знижує швидкість хімічних та біохімічних реакцій, що сприяє збільшенню термінів зберігання замороженого м'яса. [2]

М'ясо і субпродукти, які використовують для промислової переробки, доцільно заморожувати у блоках, сформованих після обвалювання м'яса. При цьому значно

підвищується ефективність виробництва за рахунок скорочення втрат маси, економії холодильних площ, витрат холоду і транспортних витрат, раціональнішої організації технологічного процесу виготовлення ковбас та напівфабрикатів.

Способи заморожування. М'ясо і м'ясопродукти заморожують у повітрі, в розчинах солей або деяких органічних сполук, у киплячих холодоагентах, при контакті з охолоджуваними металевими плитами. Відповідно до використовуваного способу та характеристики продукту встановлюють швидкість і глибину заморожування.

Заморожування у повітрі є найпоширенішим способом відведення теплоти від продукту. Інтенсифікація процесу заморожування досягається зниженням температури (до -35°C), підвищенням швидкості руху повітря (до $4 - 5 \text{ м/с}$), зменшенням товщини продукту. При заморожуванні м'ясних напівфабрикатів, субпродуктів доцільно інтенсифікувати процес, а при заморожуванні м'ясних туш і відрубів інтенсивність процесу істотно не впливає на їх якість, оскільки внаслідок особливостей утворення кристалів розбіжність у структурі тканин периферійних і внутрішніх зон практично неминуча.

У промисловості використовують одно- і двофазний способи заморожування м'яса. При однофазному заморожуванні парне м'ясо з температурою в товщі м'язів стегна не нижче ніж 35°C відразу надходить у камеру заморожування. На заморожування двофазним способом м'ясо надходить попередньо охолодженим до температури $0 - 4^{\circ}\text{C}$ у товщі м'язів стегна.[3]

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Доссат Р.Дж. Основи холодильної техніки\ Principles of Refrigeration \ Рой Дж. Доссат, Томас Дж. Хоран/ [1]
2. М.М. Клименко. Технологія м'яса та м'ясних продуктів: Підручник / М.М. Клименко, Л.Г. Віннікова, І.Г. Береза та ін.; За ред. М.М. Клименка. — К.: Вища освіта, 2006. — 640 с.: іл. Стр 198-202 [2]
3. Алан Р. Сэмс Переробка м'яса птиці \Poultry Meat Processing Edited by Alan R. Sams, Ph.D. Department of Poultry Science Texas A&M University стр. 50-52 [3]

УДК 621.869.888+621.574

ВИКОРИСТАННЯ МАТЕРІАЛІВ З ФАЗОВИМ ПЕРЕХОДОМ У РЕФРИЖЕРАТОРНИХ КОНТЕЙНЕРАХ ДЛЯ МОРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Константинов О.І., аспірант НУ "ОМА", м. Одеса, konstantinov1301@gmail.com

Сьогодні велика кількість вантажів транспортується морськими шляхами. В тому числі й вантажі, що потребують підтримки певної температури. На прикладі суда-контейнеровозу використовуються рефрижераторні контейнери. В сучасних суднах все частіше при переході такі контейнери споживають електроенергію від головного двигуна. Проте під час берегового плавання або стоянки рефрижераторні контейнери споживають електроенергію яка виробляється винятково дизель-генераторами або від живлення з берегу.

Для економії палива та для зменшення кількості викидів CO_2 та інших забруднюючих речовин в прибережних районах та портах необхідно зменшити його споживання [1]. Це можливо зробити в тому числі за рахунок зниження навантаження на дизель-генератори, які зокрема виробляють електроенергію для рефрижераторних контейнерів. Як варіант, можна звернути увагу на методи зберігання потрібної температури всередині контейнера після його охолодження для зменшення кількості годин роботи холодильної установки.

В цьому дослідженні розглядається використання матеріалів з фазовим переходом (МФП) для підтримання необхідної температури в рефрижераторному контейнері як альтернатива роботі холодильної установки від дизель-генератора.

Впродовж роботи холодильної установки в режимі «від головного двигуна» матеріал з фазовим переходом, яким облаштовано контейнер усередині, охолоджуватиметься й надалі зберігатиме накопичений в ньому «холод». Правильно підібраний матеріал з фазовим переходом має температуру кристалізації близьку до необхідної температури для забезпечення температурних умов при перевезенні товару. Відповідно під час переходу між портами матеріал з фазовим переходом перебуває у твердому стані. Коли судова електрична система живиться від дизель-генератора, холодильна машина вимикається. Контейнер починає нагріватись та як наслідок матеріал з фазовим переходом починає плавитись, забираючи всю зовнішню теплоту на себе. В результаті чого основне завдання підтримання температури в контейнері виконується. При запуску головного двигуна електроенергія знову починає надходити до холодильної машини, яка продовжує підтримувати температуру в контейнері на необхідному рівні, а також сприяє кристалізації матеріалу з фазовим переходом для подальшого використання.

В цій роботі пропонується використання матеріалів з фазовим переходом, які розміщені в ємностях прямокутної форми з розмірами $200 \times 100 \times 5$ см. Пропонується зробити ємності з матеріалів з високою теплопровідністю. Ємності повинні бути прикріпленими до стінок контейнера з внутрішнього боку. В цій роботі також розглядається варіант прикріплення ємностей до верхньої стінки контейнеру. Як прототип було обрано 40-футовий рефрижераторний контейнер з внутрішнім розміром $11638 \times 2284 \times 2557$ мм. В контейнері встановлено 10 плит. Стінки та двері контейнеру виготовлені з поліуретану товщиною 70 мм і густиною 40 г/см^3 . Зовні та всередині він облицьований листами нержавіючої сталі. Нижня стінка виготовлена з пінополіуретану товщиною 140 мм та густиною 60 г/см^3 .

З метою вимірювання необхідної маси МФП для забезпечення постійної необхідної температури в рефрижераторному контейнері при вимкненій холодильній машині, було проведено розрахунок теплового потоку в контейнері при температурі навколишнього середовища 20°C для двох температурних режимів:

- Заморожування, температура в контейнері -9° , теплові втрати склали 1,779 кВт;
- Охолодження, температура в контейнері $+4^\circ$, теплові втрати склали 0,904 кВт.

Відповідно до The Review of Maritime Transport 2022 [2], середній час перебування контейнеровозів у порту становить 19 годин 12 хвилин. Цей час можна врахувати як час роботи суднової електричної мережі від дизель-генераторів, тому система з МФП повинна підтримувати задану температуру в контейнері протягом цього часу. У випадку, коли МФП

практично повністю розплавився, а температура в ємності починає наближатися до верхньої межі допустимого, необхідно підключати холодильну установку. Це можна зробити двома способами: або безпосередньо вручну, або створити автоматизований комплекс, який на основі датчиків температури в контейнері буде вмикати холодильну установку.

У цьому дослідженні МФП були обрані з урахуванням їх температур плавлення-кристалізації таким чином, щоб ці температури збігалися з температурами зберігання та транспортування відповідних товарів. Порівняльна інформація про МФП, їх властивості та вантажі, що транспортуються, наведена в табл. 1.

Таблиця 1. Характеристики МФП

	RT5	RT5HC	RT-9HC
Температура плавлення	5 С°	5 С°	-9 С°
Теплоємність	180 кДж/кг	250 кДж/кг	250 кДж/кг
Вантаж	Виноград	Виноград	Риба
Теплові втрати	0.904 кВт	0.904 кВт	1.779 кВт
Маса МФП	347 кг	250 кг	492 кг
Кількість плит з МФП	4	3	5
Загальна вартість	2065 євро	2050 євро	8561 євро

Вартість установки обладнання та вартість матеріалів є доволі низькою. За попередньою оцінкою зважаючи на низьку вартість установка має потенціал окупитись впродовж першого року експлуатації. Тим не менш установка плит з МФП на рефрижераторний контейнер має рекомендаційний характер. В подальших дослідженнях буде проаналізовано тепловитрати з використанням CFD modeling та проведено еколого-економічну оцінку.

Список інформаційних джерел

1. Fourth IMO GHG Study 2020 Executive Summary *Published in 2021 by the INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION*, 4 Albert Embankment, London SE1 7SR. www.imo.org
2. Review of Maritime Transport 2022: United Nations publication issued by the United Nations Conference on Trade and Development. Geneva. https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2022_en.pdf

Науковий керівник д.т.н., проф. Хлісва О.Я. Національний університет «Одеська морська академія»,

КАСКАДНА ХОЛОДИЛЬНА УСТАНОВКА R744/R717 ДЛЯ ЗАМОРОЖЕННЯ РИБИ НА ТРАУЛЕРІ

Заруба Г.Г., студент магістр, м. Одеса, ОНТУ, tezsonaft2021@gmail.com

Через екологічні проблеми, такі як глобальне потепління та руйнування озонового шару, викликані використанням синтетичних холодоагентів протягом останніх десятиліть, повернення до використання натуральних холодоагентів для охолодження видається кращою довгостроковою альтернативою.

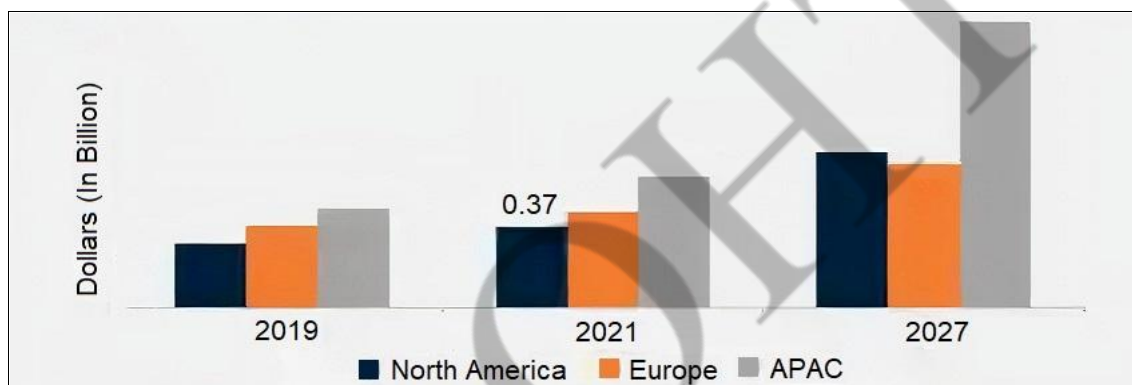


Рис. 1. Тенденція розвитку ринку природних холодильних агентів

У низькотемпературному секторі, включаючи швидке заморожування та зберігання заморожених продуктів, необхідна температура кипіння холодильної системи коливається від -35°C до -55°C , тому одноступенева парокомпресійна холодильна система недостатня. Для таких випадків раціонально використовувати каскадну холодильну установку. У цих агрегатах дві одноступінчасті системи термічно пов'язані через випарник-конденсатор. У високотемпературному ступені каскадної холодильної системи зазвичай використовується аміак (R717), пропан (R290), пропілен (R1270), етанол або R404A, тоді як низькотемпературний контур холодильної системи може бути заправлений двоокисом вуглецю (R744).

Слід зазначити, що CO₂ має більш сприятливі термофізичні властивості в порівнянні з іншими холодоагентами в даному діапазоні температур. Крім того, вуглекислий газ є хімічно інертною, пожежо- та вибухобезпечною речовиною, але може бути шкідливий для здоров'я людини у великих концентраціях. В останні кілька років вигідні теплофізичні властивості та хороша сумісність із навколишнім середовищем також викликали підвищений інтерес до використання аміаку, але необхідно брати до уваги його межі займистості та токсичності.

Холодильні каскадні установки R744/R717 поєднують переваги використання двоокису вуглецю (CO₂) на стороні низької температури та аміаку на стороні високої температури. Використання двоокису вуглецю дозволяє добитися істотно більшої холодопродуктивності порівняно

з використанням як холодоагент R22. Габарити низькотемпературного компресора зменшуються, і установка в цілому значно компактніша, ніж стандартні двоступеневі агрегати, що працюють на R22.

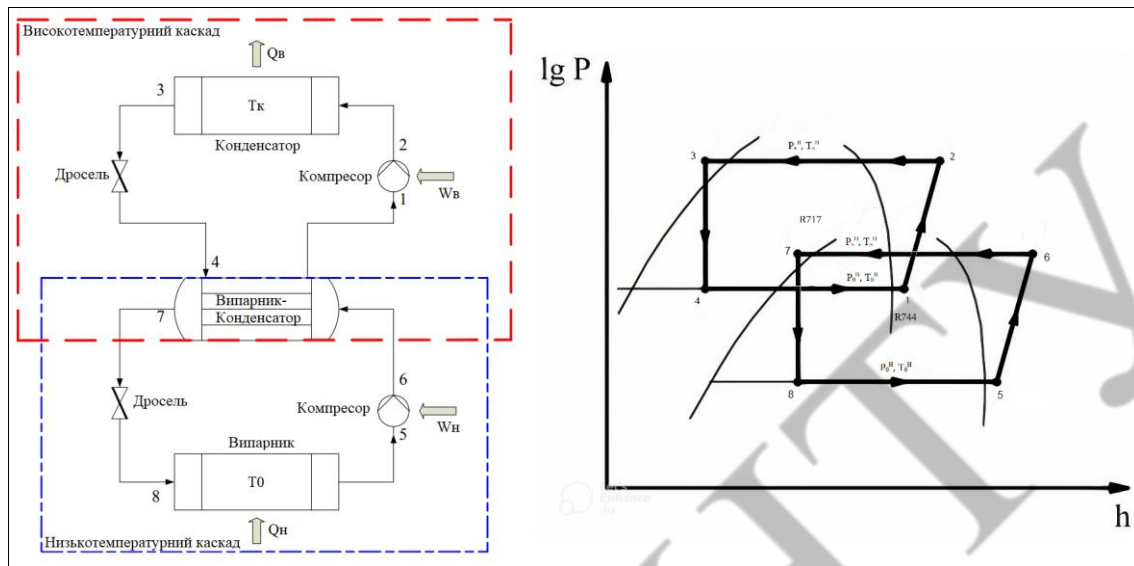


Рис. 2. а) Схема каскадної системи R744/R17. б) Діаграма $\lg(P)$ - h циклів установки.

Далі буде розглянуто порівняння тривалостей замороження рибних блоків та коефіцієнтів перетворення запропонованої каскадної холодильної установки R744/R17 і двоступеневої холодильної установки на R22, які зазвичай встановлюються на риболовецьких траулерах. Розрахунки проводилися за температури конденсації $t_k = 35^\circ\text{C}$. Споживачем холоду буде роторний скороморозильний апарат типу АРСА.

Розрахунок теплопередавання пропонується проводити з використанням рівнянь: для R22 – теплопередавання при бульбашковому кипінні за умов вимушеного руху в поздовжніх некруглих каналах (рів. 1) [1]; для R744 – теплопередавання розвиненого бульбашкового кипіння (рів.2) [2]; для блока риби – рів. 3. Розрахунок тривалості обробки рибного блока холодом проводиться за рівнянням Рютова (рів. 4).

$$q_{22} = \left(0.075 + 0.75 \cdot \left(\frac{\rho_{22}''}{\rho_{22}' - \rho_{22}''} \right)^{2/3} \right)^3 \cdot \frac{\lambda_{22}^2}{v_{22} \cdot \sigma_{22} \cdot T_0} \cdot (T_{ст} - T_0)^3, \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \right] \quad (1)$$

$$q_{744} = \frac{3.43 \cdot 10^{-4} \cdot \lambda_{744}^2 \cdot (T_{ст} - T_0)}{v_{744} \cdot \sigma_{744} \cdot T_0} \cdot \left(1 + \frac{r_{744} \cdot (T_{ст} - T_0)}{2 \cdot R_{744} \cdot T_0^2} \right) \cdot (1 + \sqrt{1 + 800 \cdot B} + 400 \cdot B), \quad (2)$$

$$= \frac{r_{744} \cdot (\rho_{744}'' \cdot v_{744})^{3/2}}{\sigma_{744} \cdot (\lambda_{744} \cdot T_0)^{1/2}}$$

$$q_{риб} = \frac{Q_{бл}}{2 \cdot F_{бл} \cdot \tau}, \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \right] \quad (3)$$

$$\tau = \frac{\rho_{\text{бл}}}{\lambda_{\text{мр}}} \cdot F \cdot \left[\frac{\Sigma q_p \cdot (1 + 0.0053 \cdot t_{\text{поч}})}{8 \cdot (T_{\text{кр}} - T_{\text{ст}})} + \frac{n \cdot C_{\text{мр}}}{\pi^2} \cdot \left(\ln \left(\frac{T_{\text{кр}} - T_{\text{ст}}}{T_{\text{кін}} - T_{\text{ст}}} - 0.21 \right) \right) \right] \cdot \delta_{\text{бл}} \cdot \left(\delta_{\text{бл}} + \frac{4 \cdot \lambda_{\text{мр}}}{\alpha_{\text{риб}}} \right), [c] \quad (4)$$

На рис. 3, 4 наводяться результати розрахунків тривалостей замороження рибних блоків та коефіцієнтів перетворення каскадної холодильної установки та двоступеневої холодильної установки.

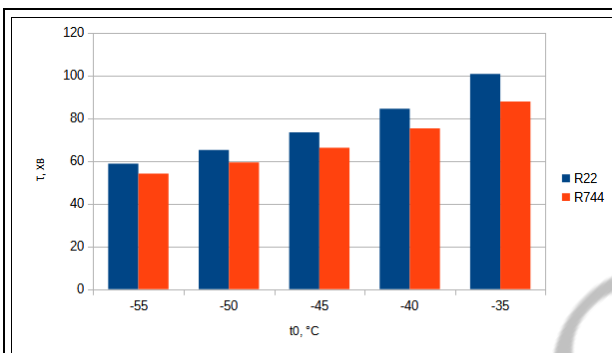


Рис. 3 Залежність тривалості холодильної обробки від температури кипіння для каскадної ХУ на R744/R717 та двоступеневої ХУ на R22.

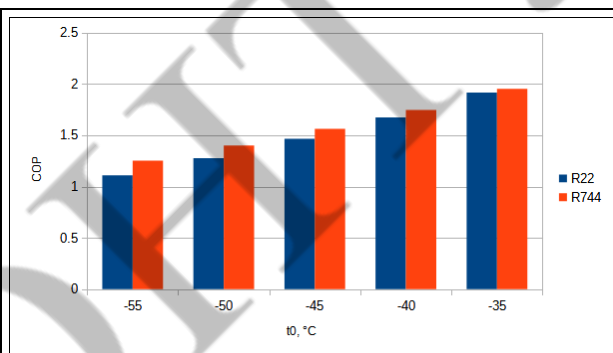


Рис. 4 Залежність коефіцієнта перетворення від температури кипіння для каскадної ХУ на R744/R717 та двоступеневої ХУ на R22.

На діаграмах ми можемо побачити, що двоступенева ХУ на R22 потребує більше часу на заморожування риби (від 8% до 13%) у роторному скороморозильному апараті типу АРСА, ніж каскадна ХУ на R744/R717. Коефіцієнт перетворення, при цьому, майже не відрізняється при температурі кипіння -35 °C (≈ 2%), а із її зниженням різниця росте до 11% (t0 = -55 °C) на користь каскадної системи.

Отже, у промисловому охолодженні, при низькотемпературних застосуваннях, включаючи швидке заморожування та зберігання заморожених продуктів, використання каскадних систем з використанням аміаку у високотемпературній частині та діоксиду вуглецю в низькотемпературній, замість традиційних двоступеневих системи, що працюють з синтетичними рідинами, такими як R22, безумовно є допустимим з міркувань енергетики, безпеки та охорони навколишнього середовища.

Інформаційні джерела:

1. Приданцев А.С., Ахметлатипова Д.Д., Сагдієв А.А. (2013). Тепломассообменные аппараты низкотемпературных установок. Нижньокамськ : ФГБОУ ВПО «КНИТУ».
2. V.V. Yagov. Heat transfer in vapour-liquid flow of carbon dioxide. ECI International Conference on Boiling Heat Transfer. 3-7 May, 2009, Florianópolis, SC, Brazil.

3. Messineo A. (2012). R744-R717 Cascade Refrigeration System: Performance Evaluation compared with a HFC Two-Stage System. Energy Procedia. (14), 56-65.

Наукові керівники: Хмельнюк М.Г., д.т.н., професор, завідувач кафедри холодильних установок і кондиціонування повітря ОНТУ

Яковлева О.Ю., к.т.н., доцент кафедри холодильних установок і кондиціонування повітря ОНТУ

УДК 621.565.7

СУМІШІ НФО\HFC ЯК ЗАМІННИКИ ФТОРОВАНИХ ХОЛОДОАГЕНТІВ З ВИСОКИМ GWP

Дудко О.М., аспірант ОНТУ

Системи охолодження та кондиціонування повітря стали невід'ємною частиною сучасного суспільства. Електричні парокомпресійні системи домінують у промисловості опалення, вентиляції, кондиціонування повітря та охолодження (HVAC&R). Робочі рідини цих систем часто впливають на екологічні проблеми у вигляді прямих і непрямих викидів. Чисті холодоагенти часто обмежені такими критеріями, як ефективність, займистість, токсичність і сумісність.

Азеотропні суміші з нульовим або майже нульовим температурним глайдом застосовувалися в системах MVC, і R410A є хорошим прикладом. З іншого боку, неазеотропні або зеотропні суміші можуть давати хороші показники теплопередачі, а проблеми із температурним глайдом вирішуються за допомогою спеціальних теплообмінників. Завдяки відмінним експлуатаційним можливостям HFC32 часто використовується як базовий холодоагент і змішується з іншими холодоагентами для зменшення займистості і об'ємної маси.

Гідрофторолефіни, НФО, зокрема НФО1234yf, демонструють нові перспективи з надзвичайно низьким GWP, часто менше п'яти, і було проведено багато досліджень щодо його теплофізичних властивостей. НФО1234yf використовується як пряма заміна HFC134a в автомобільних системах кондиціонування повітря. Незважаючи на це, НФО часто дорогі, легкозаймисті (клас безпеки A2L), а об'ємна ємність низька порівняно з іншими холодоагентами.

Холодоагенти НФО являють собою ненасичені версії холодоагентів HFC і мають дуже хороші характеристики, оскільки вони нешкідливі для навколишнього середовища, мають високу швидкість реакції з тропосферними гідроксильними радикалами і мають високу енергоефективність. Це клас сполук, які мають дуже короткий час життя в атмосфері (8 днів для НФО 1234yf, 2,3,3,3 тетрафторпропену) порівняно з терміном 14 років для HFC 134a.

Двома найбільш популярними HFO на ринку сьогодні є HFO-1234yf та HFO-1234ze. 1234yf – це близька заміна HFC-134a. На жаль, реакційна здатність, що надається подвійним зв'язком, також частково знижує інертність до вогню, яка зробила їх попередників настільки привабливими для комерційного застосування (безпека ASHRAE A2L, з низькою горючістю).

У недавньому дослідженні Drogenik метою якого було порівняння ефективності нового холодоагенту R1336mzz(E) з найбільш застосовуваним в даний час холодоагентом R134a та його найбільш відповідним екологічно безпечним замінником R1234ze(E) шляхом порівняння продуктивності холодоагентів у різних системах кондиціонерів та теплових насосів. Дослідження R1336mzz(E) довело, що він може замінити R134a, але не так добре, як R1234ze(E), оскільки використання R1336mzz(E) вимагає набагато більшого перегріву парів холодоагенту перед його надходженням до компресора, що впливає на ізоентропічний ККД.

HFO та їх суміші з HFC із середнім або низьким GWP можуть замінити HFC. R1234yf і R1234ze — два широко досліджені HFO з нульовим ODP та дуже низьким GWP. R1234yf може використовуватись у мобільних кондиціонерах. За винятком (щодо низької) займистості R1234yf, не було виявлено жодних небезпек, що обмежують використання цього холодоагенту.

Рідини HFO мають нижчу в'язкість і більш відповідні термічні властивості, ніж традиційні доступні холодоагенти, що використовуються в теплових насосах. Тому низка вчених ретельно вивчила потенціал HFO для заміни рідин, які зазвичай використовуються в теплових насосах. Деякі повідомляють, що високотемпературні теплові насоси, в яких використовуються R1234ze(E) і R1234ze(Z), мають максимальний ККД, коли температура конденсації приблизно на 20 K нижче критичної температури. Є також дані, що R1234ze(Z) підходить для високотемпературних застосувань.

Основною привабливістю HFO є їхній низький GWP, і тому вони є хорошими кандидатами для змішування з іншими холодоагентами. Barve і Cremaschi провели порівняння продуктивності системи теплового насоса з використанням R410A, HFC32 і HFO1234yf. Вони повідомили, що COP HFC32 і HFO1234yf були вищими, ніж R410A, тоді як потужність HFO1234yf була на 40-50% нижчою, ніж R410A. Таким чином, суміш HFC32 і HFO1234yf була оцінена кількома дослідниками. А в останні роки спостерігається рух до рішень, які, як очікується, будуть використовуватися в довгостроковій перспективі з нульовим потенціалом руйнування озонового шару, дуже низьким GWP, доступними та безпечними.

Як було зазначено вище, робочі тіла, які можуть замінити HFC з високим GWP повинні дотримуватися балансу між продуктивністю, безпекою та вартістю, а також високими експлуатаційними властивостями.

Суміші HFC/HFO були розроблені для забезпечення робочих умов, подібних до тих, які досягаються з холодоагентом R-410A.

Великий перелік холодоагентів можна знайти в наявній літературі, включаючи R-452B(R-32/R-1234yf/R-125), R-454B(R-32/R-1234yf), R-447A(R-32/R-1234ze),

R448A(32/125/1234yf/134a/1234ze(E)), а також (R-446A(R-32/R-1234ze(E)/R-600a), що має невелику частку вуглеводнів у складі.

Параметри	Холодоагенти					
	R452B	R454B	R447A	R446A	R448A	R451A
Озоноруйнівний потенціал (<i>ODP</i>)	0	0	0	0	0	0
Потенціал Глобального Потепління (<i>GWP</i>)	490	466	583	461	675	676
Критична температура (<i>C°</i>)	101.1	112.7	188.5	102.2	109.4	105.4
Критичний тиск (<i>Bar</i>)	41	45	45	42	50	3.4
Критична в'язкість (<i>kg/m³</i>)	511.9	368.8	222	481.9	367.7	479
В'язкість рідкої фази - <i>kg/m³</i> при 25 C°	1206.7	897.6	897	1100.8	915.4	1102.9
В'язкість парової фази - <i>kg/m³</i> при 25 C°	32.4	18.7	18.7	29.0	20.3	37.3
Молярна маса (<i>kg/kmol</i>)	102	66.2	48.3	96.7	66.2	112.7
Прихована теплота при -15 C° (<i>kJ/kg</i>)	209	327.2	262.9	223.5	256.3	222.8

Відповідно до огляду, ці рідини були протестовані в різних типах холодильних систем: кондиціонерах, теплових насосах, чіллерах, а також у випробуваннях калориметра компресора R-410A. Ці суміші мають широкий перелік можливих кандидатів, з різними складами та масовими частками.

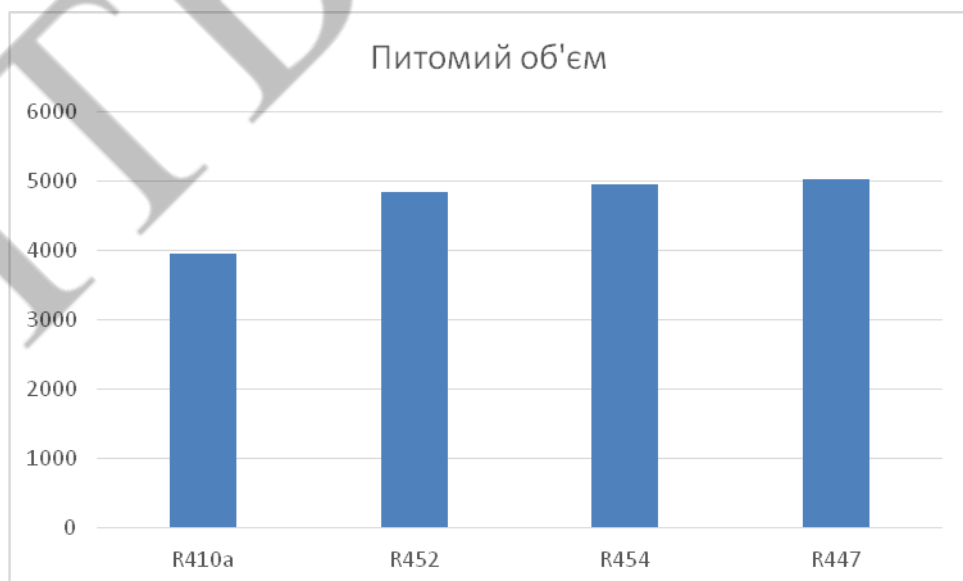


Рисунок 1. Порівняння питомого об'єму холодоагентів.

Досліджували теоретичну продуктивність циклу деяких сумішей HFC/HFO як у системах кондиціонування повітря, так і в теплових насосах. Усі суміші демонстрували легку займистість (A2L) і значення GWP нижче 150. Використані холодоагенти та відповідна масова частка кожної суміші, яка показала подібний тиск пари порівняно з R-410A, такі. На підставі отриманих результатів можна зробити такі основні висновки:

1. Суміші R452, R454, R447 Рис.1, мають подібні питомі об'ємні характеристики з R410a (При однакових умовах- $T_k=45^{\circ}\text{C}$ \ $T_0=-5^{\circ}\text{C}$); і можуть служити заміниками в системах R410a, в той час як R446 і R448 мають вищі зміни питомого обсягу і не може ідеально працювати в системах R134a без модифікацій.

2. Крім займистості цих холодоагентів, при використанні яких необхідно дотримуватися встановлених правил і положень з техніки безпеки, вони можуть бути довгостроковою екологічно чистою заміною холодоагентів R410a та R134a в побутових холодильниках.

3. Є перспектива використання як заміника для робочих речовин з подібними характеристиками, як R404A, R507, R22 та ін. З розвиненням правил та норм експлуатації можливе використання цих сумішей не тільки в побутовій та автомобільній, але і у торговій холодильній техніці.

Список використаних джерел:

1. H. Willem , Y. Lin , A. Lekov , Review of energy efficiency and system performance of residential heat pump water heaters, Energy Build (2017).
2. M.O. McLinden , A.F. Kazakov , J.S. Brown , P.A. Domanski , A thermodynamic analysis of refrigerants: possibilities and tradeoffs for low-GWP refrigerants, Int. J.Refrig.
3. F. Afshari , O. Comakli , S. Karagoz , H.G. Zavaragh , A thermodynamic comparison between heat pump and refrigeration device using several refrigerants, Energy Build.

Науковий керівник : Хмельнюк М.Г. д.т.н.проф. кафедри ХУКП

УДК 621.57.011

ОСОБЛИВОСТІ СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ НА СУЧАСНИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ЛІТАКАХ. СТАН ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ.

Кислун В.В., магістрант, Одеський Національний Технічний Університет.

E-mail: prav15@bigmir.net

Анотація: у статті досліджено особливості системи кондиціонування пасажирських літаків.

Ключові слова: літак, компресор, кондиціонування, система життєзабезпечення, турбохолодильник, теплообмінник, конденсатор, трубопровід, повітряно-холодильна

машина, гермокабіна, екіпаж, пасажир, система кондиціювання повітря, вологовіддільник, регенератор, повітряний тракт.

Мета роботи: дослідження систем кондиціювання пасажирських літаків, побудованих на базі повітряно-холодильних машин, що для своєї роботи відбирають стиснене повітря з компресорів повітряно-реактивних двигунів.

Постановка проблеми: пілотування літаками та парашутний спорт викликає значний інтерес з боку молоді. Цьому сприяє багата вітчизняна авіаційна традиція. Так, Одеса є саме тим містом, де на Півдні зароджувалася авіація. Тут на початку XX століття розпочали свою роботу аеродром, Одеський аероклуб, авіашкола та завод А.А.Анатри. На сьогодні існує потреба у відродженні вітчизняної авіаційної промисловості.

Становлення України як високорозвиненої держави спонукає до розвитку власної авіаційної промисловості. У 2020 році Урядом затверджена Державна цільова науково-технічна програма розвитку авіаційної промисловості на 2021-2030 роки [1]. Все це обумовлює актуальність обраної теми.

Стан наукової вивченості предмета дослідження: проблемами розробки СКП ЛА займалися такі автори як Г.І.Воронін, А.В.Чічindaєв [4], Ю.С.Ілюшин, В.В.Олізаров, Д.І.Іванов, А.И.Хромушкін, Ю.В.Дьяченко, А.П.Іванова, Ю.М.Шустров, Н.В.Антонова [5], М.В.Горбачов, В.А.Спарін, С.А.Ривкін, А.К.Каллюпін, Р.С.Савельєв, Д.І.Смагін [2] та інші. Суттєвий внесок у розробку теорії повітряно-холодильних машин зробив проф.В.С.Мартинівський.

Існує значний масив англomовної наукової літератури з досліджуємого питання, насамперед з США, Італії, Іспанії, Німеччині. Роста кількість публікацій китайських авторів.

Проте, недостатня увага, що приділяється українськими винахідниками та науковцями потребує активізації зусиль наукової спільноти України у напрямку розробки теми запропонованого дослідження.

Виклад основного матеріалу статті:

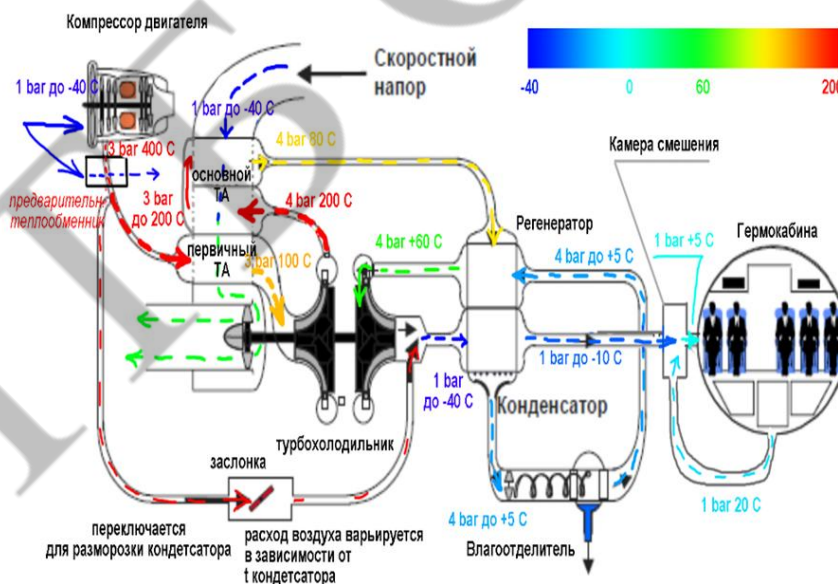


Рис. Принципова схема сучасної авіаційної СЖО[3].

Принцип дії авіаційної СЖО полягає у наступному: компресор двигуна за допомогою автоматики формує на виході необхідні параметри стисненого повітря: тиск 3 атмосфери, температура $+200^{\circ}\text{C}$. Після цього стиснене повітря подається в первинний теплообмінник

блоку попереднього охолодження. При цьому передбачається витяг невеликої кількості гарячого повітря в спеціальну протиожеледну лінію конденсатора СКП. Принцип роботи блоку попереднього охолодження полягає у наступному. В результаті охолодження стисненого повітря в первинному теплообміннику його температура знижується до необхідних $+100^{\circ}\text{C}$ і він надходить в компресор турбохолодильної установки (ТХУ). У ньому тиск повітря збільшується до 4 атмосфер, необхідних для роботи турбіни ТХУ, при цьому температура підвищується до $+150...+200^{\circ}\text{C}$. Для того щоб відвести тепло, отримане в компресорі ТХУ, стиснене повітря подається в головний теплообмінник. Після охолодження температура повітря знижується до діапазону $+80...+100^{\circ}\text{C}$, необхідного для роботи конденсаторної установки. Передбачений відбір частини гарячого повітря в спеціальний байпасний канал конденсаторної установки, в разі роботи в умовах холодного забортного повітря [3]. Принцип роботи конденсаторної установки полягає у наступному. Спочатку стиснене повітря надходить у гарячий тракт регенератора, де його температура знижується до значень $40...+50^{\circ}\text{C}$. Потім повітря надходить на гарячий тракт конденсатора для остаточного охолодження. Після нього температура знижується до діапазону $+5...+10^{\circ}\text{C}$, що необхідно для конденсації водяної пари з вологого повітря і перешкоджає замерзанню води. Далі повітря зі згущеною водою надходить в вологовіддільник високого тиску, де конденсат механічно відділяється від стисненого повітря за рахунок дії відцентрових сил. З осушувача вода по спеціальній трубці надходить у вхідний повітряозабірник блоку попереднього охолодження, де розпорошується на краплі [3]. Після відділення води стиснене повітря надходить на холодний шлях регенератора, де його температура підвищується до діапазону $+50...+60^{\circ}\text{C}$ з метою випаровування дрібних крапель, які не відокремилися. З регенератора стиснене повітря надходить в турбіну ТХУ, де тиск знижується з 4 до 1 атмосфери. При цьому температура повітря знижується до мінімальних значень в СКП $-30...-40^{\circ}\text{C}$, необхідних для нормальної роботи конденсатора. Продуваючи холодний шлях конденсатора, повітря атмосферного тиску нагрівається до діапазону $-8...-10^{\circ}\text{C}$, необхідного на виході моноблока СКП. У гарячому тракті конденсатора стиснене повітря охолоджується до температури точки роси $+5...+10^{\circ}\text{C}$, що призводить до утворення водяного конденсату. У разі обмерзання холодного тракту конденсатора відкривається клапан системи протиобледеніння і гаряче повітря очищає від льоду теплообмінну секцію конденсатора [3].

Висновки:

1. Існує різноманіття термінів щодо позначення авіаційної системи кондиціонування. Терміни «система життєзабезпечення», «система кондиціонування», «система охолодження ЛА», «система клімат-контролю» є тотожними. В англomовній літературі закріпився термін «Aircraft Environmental Control System» – авіаційна система контролю внутрішньої середовища.
2. Більшість сучасних пасажирських літаків обладнані системою кондиціонування на базі повітряно-холодильних машин. Відбір гарячого повітря для їх роботи робиться з певних ступеней компресору повітряно-реактивного газотурбінного двигуна. Виявляється є Боїнг-787 «Дрімлайнер», де використана система кондиціонування повітря з відбором повітря безпосередньо з оточуючої середовища з використанням електроприводу.

3. Розрізняють принципові схеми СЖО фірми «Боїнг», фірми «Аїрбас», фірми «Туполєв».
4. Суттєвим недоліком СКП на базі повітряно-холодильних машин є те, що у разі виходу з ладу двигуна система кондиціювання припиняє свою роботу. Така ситуація може скластися внаслідок попадання стороннього предмету, наприклад, птахи. Дублювання агрегатів системи СКП на літаках не передбачено.
5. Внаслідок використання повітря як хладагенту, ККД авіаційних СКП з відбором гарячого повітря з компресора двигуна є невисоким. Однак, як зазначається у літературі [2], адекватної заміни на сьогодні не винайдено.

Список використаної літератури:

1. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 11 листопада 2020 р. № 1412-р «Про схвалення Концепції Державної цільової науково-технічної програми розвитку авіаційної промисловості на 2021-2030 роки» // *Урядовий кур'єр* від 17.11.2020 — № 223.
2. Калліопін А.К., Савельєв Р.С., Смагін Д.І. Основні тенденції розвитку систем кондиціювання повітря перспективних літальних апаратів // *Інженерний журнал : наука і новітні технології* 2017,

Науковий керівник : Хмельнюк М.Г. д.т.н.проф. кафедри ХУКП

УДК 621.565.4

ВПЛИВ СИСТЕМ АКУМУЛЯЦІЇ ШТУЧНОГО ХОЛОДУ НА ЙОГО ЕНЕРГОРЕСУРСОЄМНІСТЬ

*Кейзі І.С., магістрант ІХКЭ ОНТУ, Рімасhevский Ю.С.,
Науково-інженерне об'єднання Холод, Желіба Т.О., ОНПУ, м. Одеса,
rimashevskiy.yu@gmail.com*

Використання систем акумуляції штучного холоду на молокопереробних підприємствах, для графіку теплового навантаження яких характерна наявність короткотривалих періодів пікового навантаження і періодів низького навантаження, дозволяє зменшити потужність холодильного устаткування і витрати на закупівлю електроенергії.

Предметом дослідження була холодильна система молокопереробного заводу виробничою потужністю 100 тонн цільного молока і 300 тонн збираного молока на добу. Холодильна система використовувала водяний акумулятор без фазового переходу.

У дослідницькій роботі проведено визначення параметрів, за якими можлива оптимізація установок з використанням акумуляції холоду, виявлені три шляхи зменшення капітальної та експлуатаційної вартості холодильної системи:

1. Вибір оптимального схемного рішення гідравлічного контуру акумулятора;
2. Вибір оптимального алгоритму роботи холодильної системи з урахуванням вартості електроенергії та кліматичних умов;
3. Визначення оптимальної потужності холодильної установки і ємності акумулятора.

Схемні рішення гідравлічного контуру розглядалися в першу чергу з точки зору енергетичної ефективності. Складність автоматизації холодильної системи розглядалась як другорядний чинник, враховуючи сучасний рівень технічного оснащення холодильних

установок, на якому керування всім обладнанням відбувається за допомогою програмованого логічного контролера, що дає змогу відносно легко реалізувати довільні алгоритми керування.

Оптимальним алгоритмом вважається такий, що дозволяє максимально використати сприятливі кліматичні умови роботи холодильної системи у періоди найнижчої вартості електроенергії.

Оптимальна потужність і ємність акумулятора холоду, цих взаємопов'язаних величин, визначалась за мінімальними приведеними витратами за семирічний період експлуатації.

За результатами досліджень зробили такі практичні висновки:

1. Через потребу тільки в одній групі насосів кращим рішенням є замкнута одноконтурна схема циркуляції холодоносія з послідовно з'єднаною послідовністю баків-накопичувачів;
2. Оптимальним алгоритмом роботи холодильної системи є заряджання акумулятора у нічний і ранковий періоди та робота тільки за рахунок акумуляованого холоду впродовж дії пікового тарифу на електроенергію, а також компенсація нестачі холодопродуктивності впродовж дії пікових навантажень;
3. Оптимальним значенням холодопродуктивності та ємності акумулятора холоду є таке співвідношення, при якому а) у найбільш сприятливих періодах (нічний та денний до полудня) є можливість заряджати акумулятор для проходження зон дії пікового тарифу на електроенергію, б) є можливість покривати різницю між встановленою холодопродуктивністю обладнання і короткотривалими піковими навантаженнями, що перевищують встановлену холодопродуктивність.

Науковий керівник: Желіба Ю.О., к.т.н., доцент кафедри холодильних установок і кондиціювання повітря ОНТУ

УДК 62-523.8

ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В СИСТЕМАХ КОНДИЦІЮВАННЯ ПОВІТРЯ

Ковбасюк К. С., Студент СВО "Бакалавр" ф-ту НТтаІМ

Геотермальна енергетика, інакше кажучи - енергетика ґрунту, базується на використанні природної теплоти Землі. На відміну від повітря температура в надрах дуже мало змінюється протягом року або в залежності від географічного положення. За кілька метрів нижче поверхні температура землі коливається від 10 до 21°C (від 50 до 70°F) залежно від регіону. Копніть глибше, і температура зростає від 20 до 40 градусів за Цельсієм на кілометр, досягаючи ядра Землі, що наближається до 5000 °C. Головною перевагою геотермальної енергії є її практична невичерпність та повна незалежність від умов навколишнього середовища, часу доби та року. Геотермальна енергія чиста, тому що вона видобувається без спалювання викопного палива. Практика застосування

країнами Північної та Південної Америки, Європи отриманого тепла Землі свідчить про перспективність та екологічність використання даного типу альтернативної енергії. Згідно з доповіддю «Відновлювані джерела енергії», підготовленою організацією REN21 (Global Status Report «Renewables 2015»), у 2014 році у світі геотермальними станціями було вироблено близько 147 терават/годин електроенергії! Наразі лідерами за встановленою потужністю у світі є США (3,5 ГВт), Філіппіни (1,9 ГВт), Індонезія (1,4 ГВт), Мексика (1,0 ГВт), Нова Зеландія (1,0 ГВт), Італія (0,9 ГВт), Ісландія (0,7 ГВт), Кенія (0,6 ГВт), Японія (0,5 ГВт) та Туреччина (0,4 ГВт).

Незважаючи на те, що він практично чистий і виділяє мало CO₂, цей вид енергії має деякі недоліки. По-перше, це висока початкова вартість установки, а також викид діоксиду сірки та сірководню. Можуть відбуватися і невеликі землетруси, оскільки діють уздовж тектонічних плит земної кори.

Також можна використовувати різницю температур між поверхнею та надрами для обігріву та охолодження будівель. По суті, система складається з прокладених поруч із будинком підземних труб, заповнених водою або якоюсь іншою рідиною, та теплового насоса. Це призведе до того, що рідина буде постійно текти трубами з-під землі на поверхню, обмінюючись теплом із землею. Потім пристрій може живити систему кондиціонування повітря будівлі через повітропроводи або використовуватися для нагрівання води. Якщо температура землі вище температури навколишнього повітря, тепловий насос передаватиме тепло від землі до будівлі. Він також може працювати у зворотному напрямку, переміщуючи тепло від навколишнього повітря будівлі до землі, охолоджуючи будівлю.

Системи вентиляції з використанням геотермальної енергії – це системи опалення та вентиляції, які використовують тепло, накопичене в землі для обігріву та вентиляції будівель. Вони використовуються в основному для будівель з низьким енергоспоживанням, таких як будинки, офіси, школи та інші будинки.

Такі системи працюють за наступним принципом: тепло з ґрунту передається в теплообмінник, який розташований у землі (рис.8), потім тепло передається повітрю, яке циркулює через систему вентиляції в будівлі. У літню пору відбувається зворотний процес - тепло з будівлі передається в землю, охолоджуючи його.

Системи вентиляції з використанням геотермальної енергії можуть бути різних типів, але в основному вони поділяються на дві категорії: горизонтальні та вертикальні системи. Горизонтальні системи вентиляції використовують теплообмінники, розташовані на глибині 1-2 метри, а вертикальні системи використовують теплообмінники, розташовані на глибині до 100 метрів.

Переваги використання цих систем включають економію енергії, що призводить до економічної вигоди для власників будівель, а також зниження викидів вуглекислого газу в атмосферу. Вони також є більш надійними та довговічними в порівнянні з традиційними системами опалення та вентиляції.

Однак, геотермальні системи вентиляції вимагають великих інвестицій для встановлення та можуть бути неефективними у випадку, якщо ґрунт у зоні установки системи не має достатньої кількості тепла. Також для встановлення системи може знадобитися велика площа землі.

Крім того, геотермальні системи вентиляції можуть також включати системи теплових насосів, які використовують тепло землі, щоб генерувати тепло для опалення води. Це може використовуватися для обігріву води в басейнах, душових та інших цілей.

Ще однією перевагою систем вентиляції з використанням геотермальної енергії є те, що вони можуть використовуватися для охолодження будівель у спекотні літні місяці. У цьому випадку відбувається зворотний процес – тепло з будівлі передається у землю, охолоджуючи його. Це може значно знизити витрати на кондиціонування повітря у будівлі.

Деякі експерти також зазначають, що використання систем вентиляції з використанням геотермальної енергії може підвищити вартість будівлі, оскільки це може бути привабливим фактором для покупців чи орендарів, які цінують екологічні рішення.

Загалом системи вентиляції з використанням геотермальної енергії є сучасним та екологічно чистим рішенням для опалення та охолодження будівель, а також для генерації електроенергії та промислових процесів. Вони можуть суттєво знизити витрати на енергію, підвищити надійність та безпеку систем опалення та вентиляції, а також знизити негативний вплив на навколишнє середовище.

Є кілька прикладів використання геотермальної енергії для кондиціонування повітря у будинках. На робочому місці Gare Maritime Workspace, спроектованому Neutelings Riedijk Architects + Bureau Bouwtechniek, 12 колодязів глибиною 140 метрів забезпечують охолодження простору, на додаток до кількох інших технологічних та стійких аспектів, включених до проекту. У дитячому садку Sant Pere Pescador, що належить Abar + Ovidi Alum, водопровід, що проходить через підвал двору, підключений до системи опалення підлоги, забезпечуючи кондиціонування повітря в будівлі. У готелі Ессо від DISSING+WEITLING Architecture у Данії геотермальна система є частиною загальної концепції. Згідно з меморіалом проекту, «дизайн будівлі оптимізований у всіх відносинах, не тільки за рахунок використання геотермального опалення/охолодження та сонячної енергії, але й за рахунок круглої форми самого плану поверху, що дозволяє найкраще використати доступний простір, короткі відстані всередині будівлі та мінімальні втрати тепла через малу площу поверхні».

Керівник доц.кафедри ХУіКП Піщанська Н.О.

УДК 621.565

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ДАХОВИХ КОНДИЦІОНЕРІВ

Михайленко М.С., здобувач 2-го рівня освіти;

Гафінчук В.М., здобувач 3-го рівня освіти;

Лужанська Г.В., к.т.н., доцент

Губар Л.Б., ст. викладач

Остапенко Л.Ю., інженер

Національний університет «Одеська політехніка»

Створення сприятливого мікроклімату у приміщеннях промислового та цивільного призначення є непростим завданням. Усі параметри повітряної маси суворо регламентуються в нормативних документах: ДБН, ДСТУ та ін. Ситуація за параметрами внутрішнього повітря ускладнюється в приміщеннях великої площі (від кількох сотень до тисяч квадратних метрів), а з охолодженням впорається тільки потужний промисловий кондиціонер.

Зараз на ринку кліматичного обладнання представлено безліч різновидів кондиціонерів, різних світових фірм-виробників, які відповідають цим вимогам.

Особливий інтерес представляє даховий кондиціонер, який ще називають руфтоф.

Більшість частин апарату знаходиться на даху комплексу, де потрібно встановити кліматичне обладнання. З цієї причини апарати й одержали свою назву. У частинах руфтопу, що знаходиться в

будівлі, зазвичай є подаючі та витяжні канали для руху повітря. Крім того, кліматичний пристрій для даху оснащений огорожею для вентиляції та абажуром, що розміщений на стелі (рис 1).

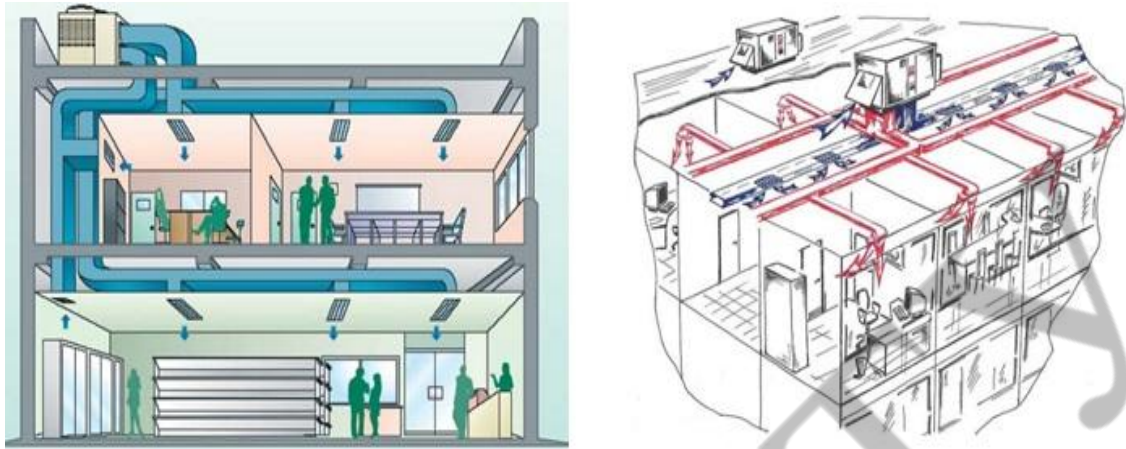


Рис 1 – Схема роботи дахових кондиціонерів

Дана конструкція є кондиціонером-моноблоком, призначеним для комплексного створення мікроклімату в приміщенні. Це автономна установка, яка дозволяє використовувати одночасно кілька функцій комплексного застосування повітря, що надходить.

В обробку повітря входять такі процеси: нагрівання, охолодження, очищення (проходження через фільтр), забір зовнішнього повітря та змішання його з внутрішнім.

В основному дахові кондиціонери застосовуються для різних великих промислових та напівпромислових об'єктів, торгово-розважальних комплексів, виставкових та спортивних споруд, великих офісних комплексів та значно рідше для житлових будівель.

Переваги застосування дахових кондиціонерів наступні:

- компактні невеликі розміри установки;
- Потужність залежить від заданої температури;
- невелике споживання електричної енергії електродвигуна;
- безпечна робота компресора;
- низькі шумові характеристики агрегату.

УДК 621.565

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ У ТЕХНОЛОГІЯХ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

Крушельницький Д.О. аспірант ІХКЭ ОНТУ м. Одеса

Зі зростанням кількості періодів сильної спеки кондиціонери стали рятувальним колом. Оскільки ці прилади мають вирішальне значення для охолодження людей та захисту від небезпечного тепла, за оцінками Міжнародного енергетичного агентства (МЕА), до 2050 року на планеті може бути понад 5 мільярдів кондиціонерів повітря. Вони також роблять великий внесок у безпеку людей. зміни клімату.

То чому б не переосмислити АС повністю?

Фундаментальна наука про кондиціонери не сильно змінилася з тих пір, як вони були вперше винайдені близько століття тому, але ці пристрої стають все більш і більш небезпечними для життя на Землі. Більшість сучасних кондиціонерів споживають величезну

кількість енергії, створюють навантаження на електромережу в спекотні літні дні та використовують шкідливі хімічні речовини, які називаються холодоагентами, що утримують тепло в атмосфері. Ось чому, поряд з багатьма іншими структурними змінами, які світ повинен буде внести для боротьби зі зміною клімату, деякі експерти кажуть, що настав час змінити те, як ми охолоджуємо наші будинки.

Перегоні з перепроєктування кондиціонера вже розпочалися. МЕА прогнозує, що протягом наступних трьох десятиліть дві третини будинків у світі матимуть кондиціонери. Близько половини цих установок буде встановлено лише у трьох країнах: Індії, Китаї та Індонезії. Ступінь, в якій ці нові кондиціонери посилять зміну клімату, залежить від заміни технології охолодження, що використовується зараз, на щось краще. Прямо зараз ідеї варіюються від модернізації наших вікон до сміливіших концепцій, таких як панелі на даху, що відбивають сонячне світло і випромінюють тепло в космос. Однак, щоб досягти успіху, світові необхідно підвищити ефективність наявних приладів і якнайшвидше інвестувати в нові технології, які допоможуть уникнути серйозних проблем зі змінним струмом. Шкідливий вплив кондиціонера на довкілля пов'язане з його основною технологією: компресією пари. Ця технологія включає кілька компонентів, але зазвичай вона працює шляхом перетворення холодоагенту, що зберігається всередині кондиціонера з рідини в газ, що дозволяє йому поглинати тепло, виводячи його з приміщення. Стиснення пари споживає величезну кількість електроенергії у найспекотніші дні, і зростають побоювання, що ця технологія може зрештою перевищити можливості енергосистеми забезпечення електроенергією. А гідрофторвуглеці, хімічні холодоагенти, багато кондиціонерів використовують для поглинання тепла, є парниковими газами, які затримують багато тепла в нашій атмосфері, коли вони проникають у повітря. Проблема в тому, що на даний момент парокомпресійні кондиціонери, як і раніше, є важливим інструментом під час смертельної спеки, особливо для груп підвищеного ризику, маленьких дітей, людей похилого віку та людей з певними захворюваннями.

Є технології для створення більш чистих та ефективних кондиціонерів. Daikin та Gree Electric Appliances, два найбільші виробники кондиціонерів, розділили вищі нагороди на міжнародному конкурсі Global Cooling Prize, присвяченого розробці екологічно чистих технологій змінного струму. Обидві компанії створили кондиціонери з вищими внутрішніми характеристиками, в яких використовувалися менш шкідливі для довкілля холодоагенти; нові агрегати можуть знизити їхній вплив на клімат у п'ять разів. Цих моделей ще немає на ринку – Gree планує розпочати продаж свого прототипу в 2025 році, і Daikin повідомила Recode, що сподівається використовувати нову технологію у майбутніх продуктах, – але, за оцінками МЕА, використання більш ефективних кондиціонерів може знизити вплив на довкілля. охолодження. половина.

Інша стратегія полягає в тому, щоб подвоїти теплові насоси, які є кондиціонерами, які також працюють у зворотному напрямку, використовуючи стиск пари для поглинання та переміщення тепла до будинку замість того, щоб випускати його назовні. Теплові насоси зазвичай коштують кілька тисяч доларів, хоча Закон про зниження інфляції включає пропозицію про значну знижку на теплові насоси, а президент Джо Байден застосував Закон

про оборонне виробництво для збільшення виробництва. Експерти кажуть, що встановлення теплових насосів має вирішальне значення для досягнення іншої важливої кліматичної мети: відмови від печей, що працюють на викопному паливі, які є ще більшим джерелом викидів, ніж охолодження. Святим Граалем HVAC повинен бути тепловий насос, який міг би забезпечувати як обігрів, так і охолодження, але не залежав би від стиснення пари.

"Теплові насоси - це найважливіша технологія, що дозволяє скоротити наше енергоспоживання, підвищити надійність мережі та використовувати поновлювані джерела енергії, скоротити викиди, зменшити нашу залежність від іноземних джерел енергії та знизити рахунки за комунальні послуги для сімей та підприємств у США", - сказав Антоніо. Боуза, менеджер Recode для технології у Міністерстві енергетики. Наступним кроком, за його словами, є подальше скорочення викидів за рахунок розробки теплових насосів, у яких не використовуються холодоагенти, як це роблять сучасні парокомпресійні системи. Однак інша проблема полягає в тому, що теплові насоси - не найпростіший в установці пристрій, особливо для орендарів, у яких не обов'язково є гроші або можливість інвестувати в громіздкі системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря. Щоб вирішити цю проблему, Gradient розробила тепловий насос, який легко ковзає по підвіконню - він не блокує світло - і зараз використовує холодоагент під назвою R32, який, як передбачається, має (порівняно) низький потенціал глобального потепління. Gradient нещодавно виграла контракт на встановлення своїх блоків у державному житлі Нью-Йорка.

Безліч нових компаній хочуть внести ще більші зміни в те, як ми охолоджуємо наші будинки. Одним з таких стартапів є Blue Frontier, який підтримується інвестиційним фондом Білла Гейтса Breakthrough Energy Ventures і планує розпочати продаж своїх футуристичних блоків змінного струму в 2025 році. У технології компанії використовується спеціальний розчин солі, який може викидати воду чи притягувати її у повітря. назовні, дозволяючи кондиціонеру контролювати свою температуру. Такий підхід, як стверджує Blue Frontier, може заощадити до 90 відсотків енергії, яку споживають традиційні кондиціонери, і уникнути витоків з мережі в години пік.

"Усунення кондиціонування повітря, яке є проблемою для мережі, дозволяє мережі фактично знизити витрати на виробництво електроенергії та ефективніше використовувати відновлювану енергію", - сказав Деніел Беттс, генеральний директор компанії Recode. «Тому ми не тільки заощаджуємо енергію, а й заощаджуємо енергію в критичні моменти».

Вчені та стартапи експериментують з іншими концепціями. Одним із шляхів, яким йде Transaera, є розробка нових матеріалів, які ефективно вбирають вологу з повітря, майже як губка, щоб кондиціонери могли працювати більш ефективно. Аналогічна концепція полягає у використанні твердотільних технологій. Ця ідея передбачає використання твердих матеріалів для поглинання тепла і деякі дослідження в цій галузі підтримуються Міністерством енергетики США. Британська компанія Vagocal розробляє тип пластмасового кристала, який може це робити, також допомагає контролювати температуру. Одна компанія Phononic розробила твердотільне ядро, яке можна інтегрувати до існуючих систем HVAC. Компанія каже, що її перша комерційна установка буде наступного року. Хоча багато з цих технологічних проривів багатообіцяючі, революційний рух у галузі кондиціонування повітря

все ще стикається з деякими серйозними проблемами. В даний час виробники кондиціонерів насамперед зосереджені на дотриманні мінімальних стандартів продуктивності, а не на боротьбі за високий рівень ефективності. Споживачі також схильні купувати кондиціонери, ґрунтуючись на рекомендованій ціні, а не у загальному впливі кондиціонера на їхні рахунки за електроенергію. І хоча кількість стартапов, орієнтованих на кондиціонери, росте, в отрасли по-прежнему доминирует небольшая горстка крупных компаний, все из которых в основном сосредоточены на несовершенных технологиях сжатия пара. "Мы не вносим больше эффективных технологий, если только нам это действительно нужно или если это не наказано правительством или другой организацией", - сказал Ели Гольдштейн, сооснователь и генеральный директор SkyCool, стартапа, который разрабатывает технологию, которую можно использовать для передачи тепла. от зданий та кондиционеров до космоса. "В конечном итоге, ключом к разгортанию технологий станут долларовые инвестиции как частных, так и государственных предприятий".

Інші зміни, такі як покращення ізоляції наших будинків та встановлення акумуляторів по всій мережі, як і раніше, мають вирішальне значення у боротьбі зі зміною клімату. Проте все вказує на те, що люди продовжуватимуть купувати кондиціонери не тільки для того, щоб почуватися комфортно, але й для того, щоб пережити все більш руйнівну погоду, спричинену зміною клімату. Це особливо вірно, оскільки температура і доходи зростають в деяких найбільших економік світу, що найбільш швидко розвиваються. Лише в Індії станом на 2020 попит на охолоджувальну техніку вже зростає на 15-20% на рік.

Висновки Цей попит, що зростає, створює перспективну, але неймовірно ризиковану ситуацію. Існує ймовірність того, що попит на охолодження, що росте, викличе гонку за створенням більш досконалої технології змінного струму і, в ідеалі, технології, яка також могла б замінити опалення на викопному паливі. Але якщо якісніші та доступніші за ціною кондиціонери не з'являться на ринку досить швидко — особливо для величезної кількості людей у країнах, що розвиваються, які купуватимуть ці прилади в найближчі десятиліття, — їхнє місце займуть набагато гірше кондиціонери, які зігріватимуть планету ще швидше.

Використана література:

1. <https://www.energy.gov/energysaver/energy-saver>
2. ASHRAE JOURNAL Air
3. VOX India climate

Науковий керівник: Жихарева Н.В., к.т.н., доцент кафедри холодильних установок і кондиціонування повітря ОНАХТ

УДК 621.869.888+621.574

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЦЕСУ ВИПАРОВУВАННЯ КРАПЛІ В КОНТАКТНОМУ ТЕПЛОБІМННИКУ

Бушманов В.М., асп. каф ХУКП ОНТУ, Кіценко А.М., асп.каф ХУКП ОНТУ

Теплообмінник ежектор-пристрій за зовнішніми ознаками є ежектором, проте за функціями, що виконуються, він більше підходить під визначення об'ємного теплообмінника. У нашому дослідженні цей пристрій застосовується для охолодження певного обсягу газу через нього.

Цей пристрій може застосовуватися в областях кондиціонування, або як фільтр димових газів. Розглядається також перспектива його використання для формування газогідратів. Для повноти розуміння процесів, що протікають у ньому, крім експерименту, необхідно розробити та перевірити математичну модель його роботи. Раніше до нього застосовувалась математична модель упорскування рідини, модернізована під наші потреби. За методом Астахова-Голубкова та рішенням її за прикладом Погуляєва та Юдіна ми розбиваємо форсунку на умовно три ділянки. Рівняння гідродинамічних процесів не враховують нерівномірності розподілу швидкості та тиску потоку. Засновані на теорії гідроудару.

$$\frac{dt}{dt} = \frac{1}{\rho} \frac{dp}{dl} \quad (1,1) \quad \frac{du}{dl} = -\frac{1}{(a^2 \rho)} \frac{dp}{dt}$$

Наразі ведеться робота над розробкою моделі випаровування краплі в обсязі газу. Було прийнято ряд припущень для спрощення роботи: крапля прийнята за ідеальну сферу, всі краплі однакового розміру, розглядається теплообмін краплі, що не рухається в газовому потоці, що не рухається, оскільки передбачається що швидкості руху потоку газів і краплі будуть рівні.

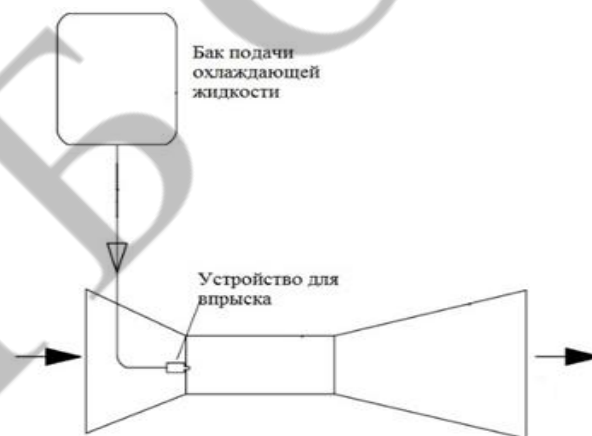


Рис.1. Схематичне зображення пристрою ежектора теплообмінника.

Для стаціонарного випаровування краплі у найпростішому випадку можна застосувати формулу Максвелла

$$I = -4\pi r^2 \frac{dc}{dp} D \gamma^* [\text{сек}]^{(-1)} \quad (1)$$

Тут D -коефіцієнт дифузії пари, c -концентрація пари ($\text{г} \cdot \text{см} \cdot \text{см}^{-3}$), r -радіус краплі. Тут у найпростішому випадку швидкість випаровування краплі є постійна величина.

Випаровування краплі не може бути стаціонарним процесом у реальних умовах. Однак дослідження показали, що для випадку коли щільність краплі значно перевищує концентрацію рівноважної з краплею пари, процес можна розглядати як квазістаціонарний.

Висновки.

На початку дослідження завдання формулювалося як завдання Стефана. Однак у процесі роботи це рішення було ухвалено як не цілком доцільне. І напрямок розробки змістилося у бік розглядів завдань Максвелла. Моделі все ще знаходяться на стадії розробки, проте цей напрямок, незважаючи на велику трудомісткість, вважається нами як перспективний. Оскільки маючи швидкості випаровування комплексу крапель різних радіусів (реальніша картина розпилення рідини ніж прийнята раніше), можна отримати час її випаровування, і з відповідних даних скоригувати параметри роботи стенда (або сам стенд) для підвищення ефективності його роботи.

Список літератури

1. Погуляев Ю.Д. Р.М. Байтімерів «Математична модель процесу упорскування палива двопозиційним клапаном».
2. Process modeling of purification of flue gases/ Scopus Process modeling of purification of flue gases/ /Petroleum Science and Technology/ 2018 № 3, p 141-149. DOI:

Науковий керівник Когут В.О. к.т.н. доц кафедри ХУКП ОНТУ



УДК 621.869.888+621.574

ОБГРУНТУВАННЯ ШВИДКОСТІ РУХУ ПОВІТРЯ ПЕРЕХІДНИХ РЕЖИМІВ У СИСТЕМАХ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ ПРИ РОБОТІ МАКСИМАЛЬНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ТА ВПЛИВ НА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ

Фурсенко О. В., аспірант каф. ХУКП ОНТУ, м. Одеса

Системи кондиціювання повітря та вентиляції громадських та промислових об'єктів, що існують в даний час в країнах Європи, базується на сучасних технічних прийомах. Протягом останніх 20 років відбулися великі зміни як в політичному устрої цих країн так і в економічному. Трансформувалася машинобудівна промисловість. Багато підприємств припинили випуск певного виду продукції та замінили імпоротною продукцією провідних світових брендів. Така тенденція більш за все проявилася в холодильній техніці. Слід додати вимоги до нових робочих речовин, енергозберігаючим технологіям. Таким чином, повинні бути дослідженні та розроблені нові системи

комфортного кондиціювання повітря громадських об'єктів так і в розробці в інших галузях виробництва

При всьому різноманітті систем вентиляції та кондиціювання повітря, обумовленому призначенням приміщень, характером технологічного процесу, видом шкідливих виділень тощо, їх можна класифікувати за характерними ознаками: • способу створення тиску для переміщення повітря (з природним та штучним спонуканням); • призначення (припливні та витяжні); • зоні обслуговування (місцеві, а також загальнообмінні); • конструктивному виконанню (канальні та безканальні).

Переміщення повітря у системах вентиляції і кондиціювання повітря відбувається: • внаслідок різниці температур зовнішнього (атмосферного) повітря та повітря в приміщенні, т.зв. "аерації";

- внаслідок різниці тисків «повітряного стовпа» між нижнім рівнем (приміщенням, що обслуговується) і верхнім рівнем — витяжним пристроєм (дефлектором), встановленим на покрівлі;
- внаслідок впливу так званого вітрового тиску.

Аерацію застосовують у цехах із значними тепловиділеннями, якщо концентрація пилу та шкідливих газів у припливному повітрі не перевищує 30 % гранично допустимої у робочій зоні. Аерацію не застосовують, якщо за умовами технології виробництва потрібна попередня обробка повітря припливу або якщо приплив зовнішнього повітря викликає утворення туману або конденсату

У приміщеннях з великими надлишками тепла повітря завжди тепліше за зовнішній. Більш важке зовнішнє повітря, надходячи в будинок, витісняє з нього менш щільне тепле повітря.

При цьому в замкнутому просторі приміщення виникає циркуляція повітря, що викликається джерелом тепла, подібна до тієї, яку викликає вентилятор.

У системах природної вентиляції, в яких переміщення повітря створюється за рахунок різниці тисків повітряного стовпа, мінімальний перепад по висоті між рівнем забору повітря з приміщення та його викидом через дефлектор повинен бути не менше 3 м. При цьому довжина горизонтальних ділянок повітроводів, що рекомендується, не повинна бути більше 3 м, а швидкість повітря у повітроводах - не перевищувати 1 м/с.

Вплив вітрового тиску виявляється у тому, що у навітряних (навернених до вітру) сторонах будівлі утворюється підвищений, але в підвітряних сторонах, котрий іноді покрівлі, — знижений тиск (розрідження).

Якщо в огороженнях будівлі є отвори, то з навітряного боку атмосферне повітря надходить у приміщення, а з завітряного — виходить з нього, причому швидкість руху повітря в отворах залежить від швидкості вітру, що обдуває будинок, а також, відповідно, від величин різниць, що при цьому виникають.

До місцевої вентиляції припливу відносяться повітряні душі (зосереджений приплив повітря з підвищеною швидкістю). Вони повинні подавати чисте повітря до постійних робочих місць, знижувати в їх зоні температуру навколишнього повітря та обдувати робітників, які зазнають інтенсивного теплового опромінення.

До місцевої припливної вентиляції відносяться повітряні оази - ділянки приміщень, відгороджені від решти приміщення пересувними перегородками заввишки 2-2,5 м, в які нагнітається повітря зі зниженою температурою. Місцеву припливну вентиляцію застосовують також у вигляді повітряних завіс (біля воріт, печей тощо), які створюють повітряні перегородки або змінюють напрямки потоків повітря. Місцева

вентиляція потребує менших витрат, ніж загальнообмінна. У виробничих приміщеннях при виділенні шкідливостей (газів, вологи тощо) зазвичай застосовують змішану систему вентиляції — загальну для усунення шкідливостей у всьому обсязі приміщення та місцеву (місцеві відсмоктувачі та припливи) для обслуговування робочих місць.

Основні вимоги, яким вони повинні задовольняти: місце утворення шкідливих виділень та застої зон завдяки повітророзподіленню та огрунтуванню швидкості потоку.

Витяжні системи, як правило, дуже ефективні, оскільки дозволяють видаляти шкідливі речовини безпосередньо від місця утворення або виділення, не даючи їм поширитися в приміщенні. Завдяки значній концентрації шкідливих речовин (парів, газів, пилу), зазвичай вдається при невеликому обсязі повітря, що видаляється досягти хорошого санітарно-гігієнічного ефекту.

Загальнообмінні системи як припливні, так і витяжні, призначені для здійснення вентиляції в приміщенні в цілому або значної частини. Такі системи відносно рівномірно видаляють повітря з усього приміщення, що обслуговується, а загальнообмінні припливні системи подають повітря і розподіляють його по всьому об'єму приміщення, що вентилується.

Підбиваючи підсумки дослідження, можемо зазначити, що був проведений аналіз науково – передових джерел, ознайомлення з історією розвитку кондиціонування повітря. Розглянули в роботі такі системи кондиціонування: та вентиляції

1. Природна вентиляція
2. Механічна вентиляція
3. Приточна вентиляція
4. Витяжна вентиляція
5. Місцева вентиляція
6. Місцева припливна вентиляція
7. Місцева витяжна вентиляція
8. Загальнообмінна припливна вентиляція

Опрацювали принципи регулювання вентиляції і кондиціонування та оцінили забезпечення необхідного повітрообміну.

Обґрунтовуючи швидкість руху повітря перехідних режимів у системах кондиціонування повітря при роботі максимального навантаження та вплив на енергоефективність прийшли до висновку, що принципи регулювання систем вентиляції оцінювалися з позиції забезпечення нормативних вимог та мінімуму витрат. Показано відповідність цим критеріям системи регулювання з налаштуванням повітрозабору. Однак проєктувальник повинен брати до уваги також розміри повітророзподільників системи, наявність технічних (комп'ютерних) засобів та програмного забезпечення, необхідного для реалізації цього способу, а також надійність та експлуатаційні можливості системи регулювання.

Таким чином, поставлені завдання виконані в повному обсязі, мета— науково-технічно обґрунтували швидкість руху повітря перехідних режимів у системах кондиціонування повітря при роботі максимального навантаження та вплив на енергоефективність

Список літератури

1. Zhykharieva. N., Khmelniuk M. Thermo-economic approach to optimize air conditioning systems. // (2017) Refrigeration Science and Technology, 2017-September, pp. 258-264.

2. Kholodkov A., Osadchuk E., Titlov A., Boshkova I., Zhihareva N. Improving the energy efficiency of solar systems for obtaining water from atmospheric air// // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies ISSN 1729-3774 – 2018 – № 3/8 (93 – P.41–51 UDC 621.575:620.91:662.997 DOI: 10.15587/1729-4061.2018.133643 Входить до БД Scopus . Особистий внесок: участь у аналізі систем, математичні дослідження.
3. Kogut V. Bushmanov V., Zhikhareva N. The filter on the basis of the ejector of the heat exchanger for purification of harmful substances from flue gases using heat exchanger as combustion gas filter // AIP Conference Proceedings 2285, 030087 (2020); <https://doi.org/10.1063/5.0026819> pp 0030081-030087 Входить до БД Scopus .
4. Жихарева Н.В. Хмельнюк М.Г, Важинський Д.І. Сучасні технології осушення повітря // Холодильна техніка і технологія. 2014. № 3 (149). С.15–

Науковий керівник Жихарева Н.В. к.т.н. доц кафедри ХУКП ОНТУ



УДК 621

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ТА БАР'ЄРИ ЇЇ РЕАЛІЗАЦІЇ В ЦОД.

Базаджи В.В., бакалавр ОНТУ, м. Одеса

Для того, щоб реалізувати процес впровадження енергоефективності у центрах обробки даних (ЦОД) потрібно чітко відрізнити енергоефективні проекти для ЦОД від інших енергоефективних проектів. Розуміємо, що ЦОД є життєво-важливою організацією, чи критичною інфраструктурою, яка допомагає бізнесу виконувати різні завдання. Отже існує культура несприятливих ризиків для змін, включаючи зміни в проблемах підвищення енергоефективності. Основне серед завдань для ЦОД - підтримка безперервної роботи цієї критичної інфраструктури, що і виступає першим пріоритетом для спеціалістів ЦОД. Другий пріоритет надається забезпеченню потужності для майбутнього зростання ЦОД. Дуже знайомо слово диджиталізація, так як сектора промисловості, які складаються з виробництв, які в свою чергу виробляють продукцію, чи надають послуги дедалі більше оцифровується. ЦОД є основою цього процесу диджиталізації. Тож ці два пріоритети, ймовірно, залишаться першими у майбутньому.

Енергоефективність також займає високе місце серед завдань ЦОД с першими пріоритетами. І є основна причина, чому саме організації повинні приділяти уваги енергетичної ефективності. ЦОД є надзвичайно енергоємними організаціями, які мають суттєвий енергетичний потенціал для роботи з питаннями підвищення енергоефективності. Чому саме енергетична ефективність важлива проблема для ЦОД? Які мотивуючі фактори для цього існують? І відповідь проста – це зменшення експлуатаційних витрат та стійкість до відмови устаткування ЦОД. Вивільнення потужностей, будь то займана площа, холод, енергія або обчислювальні потужності, підвищення надійності та стійкості до відмови ЦОД - проблеми з високим пріоритетом. Застаріле устаткування, яке потребує оновлення. Таким чином, якщо термін служби ІТ-обладнання наближається до кінця це є стимулом для його заміни та модернізації на ІТ-обладнання з нижчим енергоспоживанням.

Згідно дослідженню проведеному Центром експертизи енергоефективності в ЦОД [1] альтернативна вартість капіталу один із головних бар'єрів. Тому, коли є можливість розділити витрати або знизити вартість проекту, це також може бути чудовою можливістю, яку лідер проекту може використовувати як важіль для продовження проекту. І крім стимулів, також необхідно приймати альтернативні можливості фінансування, такі як контракти на енергозбереження. І ще один чинник — це економія енергії відповідно до організаційних цінностей. Ймовірно, що стійкість або сталий розвиток - це модно та сучасно на сьогодні. Але організації прагнуть продемонструвати свою прихильність до сталого розвитку споживачам, своїм співробітникам, і це ще один ключовий фактор до використання енергоефективності. У Європі та США державні агенції повинні впроваджувати програми з підвищення енергоефективності, щодо оптимізації центрів обробки даних. Таким чином, організації звертають увагу на раціональне користування паливно-енергетичними ресурсами за рахунок підвищення енергоефективності.

Бар'єри, чи просто перешкоди для розробки та реалізації енергоефективного проекту можуть бути інституційними, технічними чи фінансовими.

Таким чином, мета полягає в тому, щоб надати керівникам енергоефективного проекту можливість передбачати та ідентифікувати різні бар'єри, з можливістю розробки проекту за допомогою засобів пом'якшення проблем. Дискутування на ранніх стадіях проекту, залучення зацікавлених сторін на ранньому етапі, щоб надати більше права голосу і щоб ви могли створити загальне розуміння переваг проекту.

Бар'єри для реалізації енергоефективності в ЦОД:

- жодна людина в організації не займається питаннями енергоефективності;
- неузгоджені інтереси;
- недолік поінформованості про поточне використання енергії, витрат та можливостей;
- альтернативна вартість капіталу;
- критична інфраструктура і не схильний до ризику ЦОД.

Проект розпочинається з декількох етапів: вступ, виявлення засобів для досягнення цілей, завоювати розташування зацікавлених сторін, подолати бар'єри, отримати всі необхідні ресурси.

Декілька завдань повинно бути враховано до вирішення: звільнити потужності ЦОД, підвищення стійкості та надійності ЦОД, зменшення експлуатаційних витрат, вирішення проблеми старіння інфраструктури, яка потребує оновлення, виявлення засобів для використання енергоносіїв ефективно, енергозбереження в відповідності цінностей організації, відповідність до міжнародних та внутрішніх кодів [2] та стандартів [3].

Структура керування проектом для ЦОД: Менеджер ІТ-об'єктів (відповідає за обслуговування ІТ-об'єктів та відповідної інфраструктури), ІТ проєктний менеджер та ІТ-директор, генеральний директор, закупівельно-підрядний персонал, фінансовий директор, менеджери з питань сталого розвитку.

Проблема - відсутність кваліфікованого персоналу (енергетичних менеджерів) в ЦОД веде до неможливості реалізації енергоефективних проєктів з відповідною якістю, що в свою чергу веде до неузгодженості інтересів між стейкхолдерами, керівником проекту, командою. Це відбувається разом з недоліками в отриманні кваліфікованої інформації від експертів в енергоефективності щодо поточного використання паливно-енергетичних ресурсів, витрат та з'явлення можливостей, які мають бути своєчасно реалізовані в проєкті.

ЦОД дозволяє використовувати стратегічний енергетичний менеджмент так як працює над безперервним підвищенням енергоефективності, при забезпеченні процесів та

систем, необхідних для включення енергоефективності та енергетичного менеджменту в щоденну роботу. Дата центри з супер комп'ютерами та національної лабораторії працюють над шляхами підвищення ефективності роботи ЦОД.

Заходи з енергозбереження в системах, системах управління повітрям, системах опалення, вентиляції та кондиціонування - відмова від чилерів надає, найбільшу економію енергії. Перехід на охолодження теплою водою усуває охолоджувачі та велику кількість енергії, яка використовується для вентиляторів. Тепло може переміщатися набагато ефективніше за допомогою водяних насосів, ніж вентиляторів.

Необхідно проводити кількісну оцінку ефективності. Часто для кількісної оцінки ефективності до та після виконання проекту найкраще встановити систему вимірювання на рівні пристрою. Також можна використовувати програму «Енергетична зірка» для порівняння ефективності існуючого ЦОД із аналогами та встановлення цільових показників ефективності для енергоефективних проектів.

Для вирішення проблеми відмовостійкості і безвідмовності роботи обладнання ЦОД необхідно підвищення ефективності HVAC&R систем, що часто призводить до зменшення витрат на експлуатацію та обслуговування ЦОД. А також заміна обладнання до закінчення терміну служби може підвищити надійність центру обробки даних.

Література

- [1] *Center of Expertise for Energy Efficiency in Data Centers, Lbl.gov*. Available at: <https://datacenters.lbl.gov/> (Accessed: March 24, 2023).
- [2] Acton, M., Bertoldi, P. and Booth, J., 2023 *best practice guidelines for the EU code of conduct on data centre energy efficiency, Europa.eu*. Available at: https://e3p.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/documents/publications/jrc132576_jrc132576_jrc_2023_best_practice_guidelines_v14.1.0final_gt1.pdf (Accessed: March 24, 2023).
- [3] ISO - *ISO/IEC JTC 1/SC 39 - Sustainability, IT and data centres* (2023) *Iso.org*. Available at: <https://www.iso.org/committee/654019/x/catalogue/> (Accessed: March 24, 2023).

УДК 697; 504;

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ЯК РЕСУР, ТА УПРАВЛІННЯ ПОПИТОМ У ПРОМИСЛОВОСТІ.

Геніх К.В., бакалавр ОНТУ, м. Одеса

Реагування на попит [1] включає зміну або зниження попиту на електроенергію для забезпечення гнучкості на оптових та допоміжних ринках електроенергії, допомагаючи збалансувати енергосистему.

Основна концепція, що лежить в основі реагування на попит, виникла у 1990-х роках в межах енергетичного сектору, і в основному для запобігання необхідності запуску додаткових генеруючих потужностей під час періодів високого попиту на електроенергію. Енергетичний сектор, електростанції, та організації, які генерують енергію розпочали процес, в рамках якого вони могли укладати угоди зі своїми комерційними та промисловими споживачами, щоб знизити попит цих споживачів на електроенергію у періоди пікового навантаження, пікового попиту. Існують

програми[2] реагування на попит на електроенергію. Такі програми в свободному доступі як для промислових, комерційних, так побутових кінцевих користувачів.

Управління піковим попитом, плата за піковий попит для промислових об'єктів зазвичай дуже висока. Виробництво може впровадити ту чи іншу форму управління попитом, з метою скорочення витрат на пікові навантаження. Існують різні тарифи на електроенергію, що змінюються в часи, які доступні у регіонального постачальника електроенергії. Зрозуміло, є можливість використовувати стратегії для розгортання заходів попиту у відповідь для конкретно об'єкту споживання електроенергії. Електроенергія виробляється із різних джерел, викопне паливо або відновлювана енергія. За відсутності можливості збереження електроенергії у мережі, вона транспортується та розподіляється безпосередньо споживачам. Для цих цілей існують різні плани базового та пікового навантаження. Плани базового навантаження працюють постійно, а пікові навантаження підключаються до мережі, коли в мережі виникає вище навантаження. Тому основне завдання, як зменшити пікове навантаження в ці пікові години попиту.

Легкий шлях - усунення навантаження було б найбільш радикальним рішенням. Зниження навантаження можливо за допомогою використання енергоефективності, переміщення навантаження або заміна навантаження. Коли організація усуває своє навантаження, вона отримує найвище регулювання навантаженням. При додаванні виробництва енергії, в організації є найвищий потенціал для зростання. Також проблема вирішується за допомогою застосування стратегії управління попитом до якої відносять перемикання навантаження, скидання навантаження, також і виробництво електроенергії. Перенесення навантаження може включати використання сховища, перенесення навантажень для систем холодопостачання, перенесення завантаження обладнання. Скидання навантаження означатиме перебої в роботі HVAC систем, приглушення світла, відключення навантажень від штепсельних вилок. Що стосується виробництва енергії, можливо виробляти електроенергію на місці або за рахунок комбінованого виробництва тепла та електроенергії, або за рахунок відновлюваних джерел енергії на місці.

Використання енергоефективності виступає, як першочергова стратегія для зниження енергоспоживання. Енергоефективність допомагає знизити витрати за рахунок меншого споживання енергії. Виявлення неефективного використання енергії на об'єкті дослідження допомагає скоротити споживання енергії та знизити загальний попит електричної енергії. Вимкнення обладнання або переведення в режим очікування, якщо не використовується - найпростіший засіб зниження енергоспоживання. Автоматизоване керування попитом. При розширюванні ринку удосконаленої системи управління будинками Інтернету речей, це стає все більше і більше тим, що клієнти, організації поступово вивчають, де вони використовують автоматизоване управління попитом, щоб допомогти їм скоротити пікове навантаження. За допомогою експертів користувачі визначають, де вони можуть скоротити деякі зі своїх навантажень під час пікового попиту.

Література

1. Bertoli, E. (no date) *Demand Response*, IEA. Available at: <https://www.iea.org/reports/demand-response> (Accessed: March 25, 2023).
2. Siddiquee, S. M. S. et al. (2021) "Progress in demand response and it's industrial applications," *Frontiers in energy research*, 9. doi: 10.3389/fenrg.2021.673176.

Науковий керівник Яковлева О.Ю. к.т.н. доц кафедри ХУКП ОНТУ

УДК 697.91.94.97

МОДЕЛЮВАННЯ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ ІОННОГО ПОТОКУ В КОНДИЦІОНУВАННІ ПОВІТРЯ

Черненко А.О. магістр ІХКЭ ОНТУ, Одеса

Системи кондиціювання давно стали обов'язковими при розрахунках та створенні проектів будівель, будь то звичайні житлові споруди чи промислові. В основі своєї звичайна спліт-система складається з зовнішнього блоку кондиціонера та внутрішнього блоку, при цьому існує велика кількість різновидів внутрішніх блоків, таких як:

- пристінний
- поточний
- пристіно-поточний
- касетний
- каналний
- колонні
- підлогові



Рис.1 Компоненти внутрішнього блоку

Незалежно від різновиду, всі внутрішні блоки кондиціонерів в основі своїй складаються з простих компонентів, які можуть мати різні модифікації, таких як корпус, теплообмінник, блок управління, лотки та патрубки для збору та виводу конденсату, вентилятор, різні приводи та мотори для жалюзі, жалюзі та фільтра. Всі ці компоненти модернізуються вже на протязі багатьох десятиріч.

Я, працюючи в сфері монтажу та обслуговування систем кондиціювання та вентиляції повітря, підмітив, що внутрішні вентилятори кондиціонерів мають ряд недоліків. Зокрема, це складність конструкції, яка включає в себе:

- мотор
- підшипники
- різні вставки
- сам вентилятор у вигляді «білячого колеса»
- грузики для центровки «білячого колеса»

Він також має велику залежність від обслуговування, не лише самого вентилятора, а й інших компонентів внутрішнього блоку.

Через відносно невелику кількість роботи без обслуговування виникає проблема суттєвого зниження ефективності вентилятора через банальний бруд, який забиває лопаті вентилятора, через що немає потоку, який би проходив через теплообмінник. Великою проблемою є також підшипники, які через час та відсутність належного змащення починають шуміти та приносити людям дискомфорт при роботі кондиціонера.

Іонний вітер - це явище, коли наявність заряджених часток (іонів) у повітрі викликає рух повітря. Іони взаємодіють з молекулами повітря, передаючи їм свій заряд, тим самим змінюючи заряд поверхні, на яку вони падають. Цей процес створює рух повітря, який може бути використаний для кондиціювання повітря, очищення від пилу та інших частинок, а також для регулювання вологості.

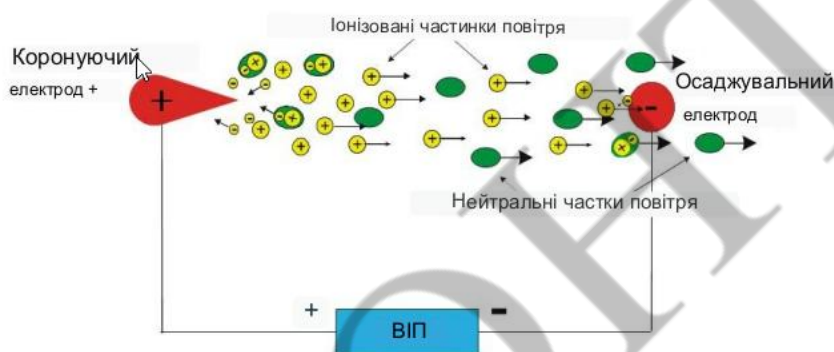


Рис.2 Ефект Біфельда-Брауна

Наразі пристрої, які генерують іонний вітер, можуть досягати швидкості повітря, як в сучасних моделях кондиціонерів, при цьому маючи просту конструкцію та не маючи рухомих частин, що вже усуває більшість проблем, пов'язаних з цим компонентом кондиціонера.



Рис.3 Швидкість повітря в 3х секційному «Іонному вентиляторі».

Рис.4 Швидкість повітря в пристіноному блоці кондиціонера.

За допомогою "Іонного вентилятора" можна також добитися змін у формі внутрішнього блоку та значно зменшити його розміри, добитися найбільш точного регулювання швидкості повітря завдяки тому, що потужність "іонного вентилятора" прямо залежить від напруги, яка подається на цей пристрій.

Пропонований пристрій на основі ефекту Біфельда-Брауна має багато переваг, але також має кілька недоліків. Одним з них є небезпечна велика напруга, яка може бути шкідливою для людини і призводити до проблем з економією електроенергії. Негативні іони,

що утворюються при роботі пристрою, також можуть бути шкідливими для здоров'я, але їх можна утилізувати за допомогою спеціальних фільтрів та каталізаторів.

Для покращення ефективності пристрою потрібно експериментувати з матеріалами для передачі іонів та формою самого пристрою. Розробки іонних двигунів для космічних шатлів свідчать про потенційну важливість ефекту Біфельда-Брауна, а тому його реалізація в проекті є реальною та потребує подальших досліджень для оптимізації та застосування в реальних проектах.

Науковий керівник: Жихарєва Н.В., к.т.н., доцент кафедри холодильних установок і кондиціювання повітря ОНТУ



УДК 697.91.94.97

ПІДХІД ДО ФІЛЬТРАЦІЇ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ СИСТЕМ КОНДИЦІЮВАННЯ ПОВІТРЯ БОМБОСХОВИЩ

Бороцький Ю.О. бакалавр ІХКЭ ОНТУ, Одеса

В умовах прискорення науково-технічного прогресу завдання підвищення енергоефективності систем кондиціювання має важливе народногосподарське значення, оскільки її рішення, крім підвищення ефективності капітальних вкладень, забезпечує її енергозбереження, економію матеріалів, а також поліпшення умов праці людей і навколишнього середовища.

Нами розглянуті питання фільтрації чистих приміщень, деякі технології і елементи, вдосконалення яких безпосередньо підвищує енергоефективність і знижує споживання електроенергії в річному циклі використання систем кондиціювання на основі енергетичних балансів теплофізичних процесів.

Основними цільовими напрямками вдосконалення багатозональних систем кондиціювання останнім часом є такі:

- підвищення комфорту мікроклімату об'єкта чистих приміщень, точність і надійність його забезпечення при цілорічній експлуатації;
 - підвищення енергоефективності багатозональних систем за рахунок збільшення коефіцієнтів трансформації тепла;
 - підвищення показників енергозбереження за рахунок рекуперації та акумуляції теплової енергії і постійного автоматичного оптимального управління режимами роботи, в залежності від сезонних параметрів зовнішнього повітря, сонячної радіації і геотермальних джерел тепла, а також внутрішніх нестационарних джерел теплоприпливів / тепловтрат і джерела зміни вологості внутрішнього повітря;
 - зниження шкідливого впливу на екологію навколишнього середовища;
- фільтрація приміщень
- вдосконалення основних агрегатів багатозональної системи кондиціювання повітря: компресора, вентилятора, рекуператора, теплообмінника,

- акумулятор теплоти з використанням тепла фазового переходу, системи управління;
- інтеграція багатозональних систем с, сонячними колекторами, системою припливно-витяжної вентиляції;
- розробка віддаленого управління і комп'ютерної системи централізованого управління, узгодженого в необхідних випадках з пріоритетом індивідуального управління.

Пятиступенчатая система фильтрации

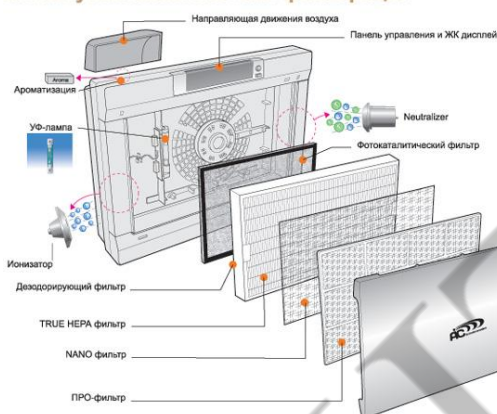


Рис1. Фільтрація чистих приміщень

Розглянули питання про необхідний температурний режим і рівні вологості для чистих приміщень. Зі сказаного можна зробити висновок, що для досягнення потрібного рівня потрібно проводити фільтрацію повітря для чистих приміщень, як одне з основних вимог для організації необхідних умов.

Фільтрація повітря для бомбосховищ - дуже важливий етап забезпечення чистих приміщень, їх класу, тому її проектування і забезпечення необхідно продумати заздалегідь і надати професіоналам.

Для якісного очищення повітря в приміщенні застосовується три рівня його фільтрації:

Первинна. Використовується фільтр для очищення зовнішнього повітря, що подається в спеціальний кондиціонер.

Вторинна фільтрація – це кондиціювання повітря з метою захисту фінішних фільтрів. Якщо даний етап опустити, то можуть виникнути певні труднощі, а саме:

неможливо досягти необхідного класу чистоти;

постійна заміна фінішних фільтрів, що вельми фінансово невигідно;

забруднення продукту мікроорганізмами і частками, що вкрай небажано.

Фінішна фільтрація необхідна для досягнення необхідного класу чистоти повітря.

Варто зазначити, що кількість рівнів фільтрації може бути збільшено в залежності від поставлених завдань. На кожному етапі використовуються фільтри, які вибирають по держстандарту.

Щоб фільтрація повітря для чистих приміщень була на належному рівні необхідно правильно підібрати фільтри, попередньо вивчивши їх характеристики для кожного рівня очищення. Потрібно приділити увагу фільтрам, які усувають молекулярні і хімічні забруднення, а також фільтрують витяжне повітря.

Для скорочення витрат на електроенергію можна зменшити використання повітря в той час, коли не ведуться роботи. Однак при відключенні системи важливо брати до уваги той факт, що виникає небезпека забруднення чистого приміщення до неприпустимого рівня.

Важливо встановлювати стаціонарні фільтри вже після проведення всіх монтажних робіт. При необхідності на період виконання робіт, а також приймання приміщення використовувати «непридатні» фільтри, призначені для

У даній роботі визначені шляхи підвищення ефективності багатозональних систем кондиціонування повітря чистих приміщень та за розробленою методикою підібране кліматичне обладнання з урахуванням цільової функції спільної оптимізації сумарної величини капітальних і експлуатаційних витрат на тепловий захист приміщень і кліматичне енергозберігаюче обладнання протягом терміну їх експлуатації.

Науковий керівник: Жихарєва Н.В., к.т.н., доцент кафедри холодильних установок і кондиціонування повітря ОНТУ

УДК 697.91.94.97

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОУТИЛІЗАТОРІВ В РІЗНИЙ ПЕРІОД РОКУ

Кіосе І.Г., бакалавр ОТФТК, Бойко В.Т, бакалавр ОТФТК, Кошевенко К.Д. бакалавр ОТФТК

Для утилізації теплоти застосовують різні способи і схеми. Традиційна схема з рециркуляцією основної маси повітря дозволяє, в об'єктах з переважанням явної теплоти зберегти, як правило, до 90% витраченої енергії на його обробку. Застосування теплоутилізаторів у теплий період року це охолодження зовнішнього повітря в теплий період року та підігрів зовнішнього повітря в холодний період року.

Основні способи енергозбереження СКП:

- з проміжним теплоносієм і двома теплообмінниками батарейного типу
- з пластинчастим рекуперативним теплообмінником
- із застосуванням теплових труб
- з ротором-регенератором, що обертається.

Ефективність утилізації тепла; при використанні роторів 80.90 %, установок з тепловими трубами 55.75 %, з пластинчастими повітряними перекрестноточними теплообмінниками-рекуператорами 40.60 % і з теплообмінниками батарейного типу 40.45 %.

Розглянуті дані способи в порядку зростання їх ефективності, в короткому викладі, приділивши основну увагу роторній схемі

При цьому обов'язковою вимогою є забезпечення необхідної кількості зовнішнього повітря, що нормується відповідно до фізіологічних потреб людини. Єдиної норми для країн світу не існує, у зв'язку з різною екологічною обстановкою, рівнем життя і ін., проте основоположними є рекомендації за стандартом ASHRAE 62-2001

Як проміжний теплоносій зазвичай застосовується водний розчин етилгліколя, оскільки робоча рідина повинна задовольняти вимозі незамерзання при температурах зовнішнього повітря нижче 0°C , і володіти невисокою корозійною активністю.

Теплоутилізаційні установки (ТУ) слугують для підігрівання (охолодження) зовнішнього повітря за рахунок теплоти (холоду) витяжного повітря. Після ТУ припливне повітря обробляється в кондиціонері.

Теплоутилізаційні установки можна розділити на два види: теплові насоси, що забезпечують збільшення потенціалу робочої речовини, та теплоутилізатори-теплообмінники безпосередньої дії. Останні можуть використовуватися в тому випадку, коли потенціал витяжного потоку відмінний від потенціалу оточуючого середовища.

Теплоутилізатори-теплообмінники діляться на три групи:

- з проміжним теплоносієм;
- регенеративні;
- повітряно-повітряні (повітряно-рідинні) рекуперативні

теплоутилізатори.

Незважаючи на різні конструктивні рішення утилізаторів теплоти (холоду), в кожному з них є такі елементи:

- середовище – джерело теплової енергії;
- середовище – споживач теплової енергії;
- теплопередавач-теплообмінник, що передає теплову енергію споживачеві;
- робоча речовина, яка транспортує теплову енергію від джерела до споживача.

В регенеративних і у повітряно-повітряних (повітряно-рідинних) рекуперативних теплообмінниках робочою речовиною є самі середовища, що обмінюються теплотою.

Тепловий насос відрізняється від теплової труби тим, що циркуляція робочої речовини в ньому здійснюється компресором, де відбувається адіабатичне стискання робочої речовини. Внаслідок цього її температура зростає. поверхні, необхідної для передачі визначеної кількості теплової енергії.

Якщо температура зовнішнього повітря вище, ніж температура точки роси витяжного повітря, то конденсація водяної пари не відбувається, і в теплообмінних апаратах утилізується тільки явна теплота

У випадку, коли температура припливного повітря перед теплоутилізатором нижче температури точки роси витяжного повітря, в ньому можлива конденсація водяної пари. При цьому в ТУ відбувається передача не тільки явної, але і прихованої теплоти

У роторних гігроскопічних регенераторах осушування витяжного повітря та зволоження припливного відбувається за будь-яких температур.

Розглянута ефективність утилізації тепла; при використанні роторів установок з тепловими трубами з пластинчастими повітряними перекрестноточними теплообмінниками-рекуператорами і з теплообмінниками батарейного типу та показана ефективність

Наукові керівники Жихарєва Н.В .к.т.н . доц кафедри ХУКП ОНТУ Козут В.О.,к.т.н.,доц. кафедри ХУКП ОНТУ

УДК 697.91.94.97

ТЕХНОЛОГІЧНЕ КОНДИЦІОНУВАННЯ ТА ОСУШКА ЗЕРНА

Федянін М. О., магістрант ОНТУ, Афанасенко С.О. магістрант ОНТУ, Одеса

Осушка зерна – це процес видалення зайвої вологи з зерна для забезпечення оптимальної вологості для зберігання та подальшої переробки.

Технологічне кондиціювання – це процес покращення якості та стабільності продукту за допомогою різних технологічних методів, таких як сушка, відволоження, охолодження та ін.

Технологічне кондиціювання та сушіння застосовують для покращення якості зернових продуктів, захисту від зовнішніх умов і збільшення терміну їх зберігання. Це дозволяє транспортувати і використовувати їх протягом всього року незважаючи на пору року і кліматичні умови.

До недоліків можна віднести витрати на устаткування і працю, енерговитрати, негативний вплив на довколишню середовище викидами CO₂, пошкодження і псування продукту при неправильній осушці.

Осушка має проводитися для запобігання підвищення вологості в зернових масах, що несе за собою розвиток плісняви, бактерій і процес самозігрівання зерна.

Самозігрівання зерна – це зростання температури зернової маси в результаті фізіологічних процесів, що протікають в ній, і низької теплопровідності. Процес може спостерігатися при транспортуванні зерноматеріалу на судах та у вагонах і при зберіганні у зерносховищах.

Важливо пам'ятати, що процес самозігрівання зерна при зберіганні або перевезенні не може закінчитися спонтанно. За відсутності термінових заходів боротьби продукт повністю втратить технічні, фуражні, продовольчі та посівні властивості. Процес протікає досить швидко: до температури 55-60°C маса може нагрітися вже через дві-чотири доби.

Класифікація зерносушарок

Сушарки зернові розрізняють за:

- Принципом сушіння;
- Принципом мобільності;
- Принципом конструкції;
- Принципом роботи;
- Напрямок повітряних потоків;
- Вектором переміщення зерна.

Аерація – це ефективний інструмент для контролю якості зерна, закладеного на зберігання до зернового силосу або зерносховища.

Аерація має дві функції:

- 1) Сприяє відчутному підвищенню характеристик якості зерна, позаяк підтримується потрібна вологість і температура впродовж усього періоду зберігання;
- 2) Застосовується для доволі швидкого охолодження теплого (гарячого) зерна до потрібної температури, через що знижується ймовірність псування зерна та зараження його шкідниками.

Такий оптимальний режим за вологістю і температурою гарантує запобігання гниттю та відповідно появі плісняви на поверхні зерна, а також дії шкідливих комах. Аерацію зерна здійснюють за допомогою систем активного вентилявання зерна.

Базовими технічними елементами системи активного вентилявання зерна є конструкційне виконання металевих силосу та його пристосованість до відведення з його об'єму та від зерна надлишкової температури й вологості. До складу системи входять вентилятори, патрубки подачі повітря в силоси, повітровідводи, дахові повітровідводи й настил аероднища.

Вентилювання зерна охолодженим повітрям.

Функціонування звичайної системи активного вентилявання зерна передбачає використання звичайного атмосферного повітря, яке є більш сухим (тобто містить менше вологості) порівняно з вологим зерном (правильніше, вмістом вологості в зерні силосу-бункера). Поряд із нею також застосовують технологію охолодження зерна. Реалізується вона завдяки продуванню через нього охолодженого та сухого повітря. Для цього використовують спеціальні холодильники-охолоджувачі.

Наукові керівники Жихарєва Н.В .к.т.н . доц кафедри ХУКП ОНТУ Козут В.О.,к.т.н.,доц. кафедри ХУКП ОНТУ

УДК 697.91.94.97

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ ДЛЯ ПТАХОФАБРИК

Харітонов М. А. бакалавр НТтаІМ ОНТУ, Одеса

Обробка м'яса на птахофабриках пов'язана з підвищеним ризиком забруднення повітря, яке може містити шкідливі гази, пил, бактерії та віруси. Це може призвести до погіршення якості продукту, а також до появи небезпечних умов для працівників.

Оптимізація систем вентиляції повітря є ключовим фактором в забезпеченні ефективності та безпеки виробництва на птахофабриці. Однак, щоб досягти максимальної ефективності вентиляційної системи, необхідно врахувати ряд факторів.

Перш за все, важливо правильно планувати розміщення вентиляційних відкриттів та системи каналів, щоб забезпечити достатній обсяг повітря та ефективно видалення забруднень. Крім того, важливо обрати відповідний тип фільтрів для очищення повітря від забруднень, що можуть бути присутніми в приміщенні. Використання спеціальних систем вентиляції та належного обладнання може допомогти забезпечити належний рівень витрат повітря та підтримати оптимальну температуру та вологість у приміщенні.

Також необхідно враховувати фактори, які впливають на температуру та вологість повітря в приміщенні. Регулярний контроль за рівнем вологості та забруднень у повітрі є не менш важливим підходом до систем вентиляції повітря для приміщень обробки м'яса на птахофабриці. Для цього можуть використовуватися спеціальні датчики та програмне забезпечення, які дозволяють підтримувати належний рівень якості повітря та вчасно реагувати на будь-які негативні зміни.

Фільтрація повітря приміщень обробки - важливий етап забезпечення чистих приміщень, тому її проектування і забезпечення необхідно продумати заздалегідь і надати професіоналам.

Для якісного очищення повітря застосовується чотири рівня його фільтрації:

Первинна. Використовується фільтр для очищення зовнішнього повітря, від великих за розміром сміття (пух, листя).

Вторинна фільтрація – це кондиціювання повітря з метою захисту від пилу та малих домішок.

Третя фільтрація – це фільтр для бактерій та вірусів.

Фінальна фільтрація – фільтр для мікроорганізмів та грибків.

Варто зазначити, що кількість рівнів фільтрації може бути збільшено в залежності від умов навколишньої середовища.

З метою забезпечення найвищої якості та безпеки виробництва на птахофабриках, потрібно мати досвід у проектуванні та встановленні вентиляційних систем. Також варто зазначити, що з плином часу технології в цій галузі постійно вдосконалюються, тому регулярне оновлення технічного обладнання та програмного забезпечення є запорукою скорочення затрат на витрати енергії, підвищення якості умов праці робітників, що є заставою підвищення продуктивності працівників на виробництві, та якості продукту.

Для скорочення витрат на електроенергію можна зменшити використання повітря в той час, коли не ведеться прибирання, коли у приміщенні не йде оброблення продукції.

Рекуперація тепла або вологості повітря дозволить значно економити енергію і зменшувати витрати на опалення та кондиціювання повітря. У системах вентиляції та кондиціювання повітря з рекуперацією повітря можна використовувати як звичайну рекуперацію тепла, так і рекуперацію вологості. Рекуперація вологості забезпечує зменшення витрат на кондиціювання повітря



влітку та збільшення вологості в зимовий період. При цьому важливо дотримуватися оптимальних умов вологості та температури для забезпечення комфортних умов у приміщенні та збереження якості продукції.

У даній роботі визначені шляхи оптимізації систем вентиляції повітря для приміщень обробки м'яса на птахофабриці, що вимагає уважного підходу та належного контролю. Це допоможе забезпечити високу якість продукту та знизити ризики для здоров'я працівників.

Науковий керівник: Жихарева Н.В., к.т.н., доцент кафедри холодильних установок і кондиціонування повітря ОНТУ



УДК 697.91.94.97

ВЕНТИЛЯЦІЯ РУДНИКІВ ТА ВУГІЛЬНИХ ШАХТ ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ І ВЕНТИЛЯЦІЇ РУДНИКІВ

Чепіль В.О.бакалавр ОНТУ

Шахтну вентиляційну систему (ШВС) можна представити як систему, що складається з чотирьох основних підсистем: "Вентиляційна установка", "Вентиляційна мережа", "Вентиляційні пристрої", "Підсистема контролю та управління".

Шахтна вентиляційна система відрізняється від вентиляційних систем загальнопромислового призначення. Основні відмінності полягають у наступному:

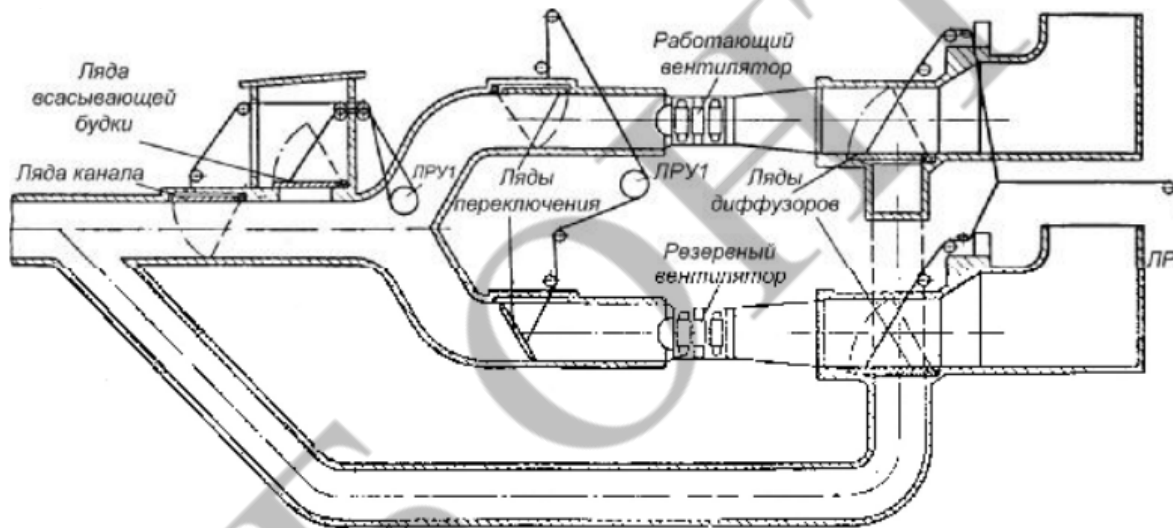
- у зміні у процесі експлуатації одного з основних елементів
- ШВС – мережі гірничих виробок (постійно змінюється топологія мережі, протяжність гірничих виробок та його перетин);
- у поєднанні елементів вентиляційних мереж з технологічними процесами (гірські виробітки використовуються не тільки для руху повітря);
- у наявності великомасштабної (природної та штучної) шорсткості стінок виробок, утвореної оголеними поверхнями гірських.
- порід або елементами кріплення різного профілю (круглого, квадратного, прямокутного, двотаврового, спеціального та ін.);
- у захащенні поперечного перерізу вироблення різними предметами та матеріалами складної форми (ремонтинами, стійками, конвеєрами, комбайнами, вагонетками, армуванням стволів, породою, штибом та ін.);
- у складності конфігурацій виробок та інших елементів вентиляційної системи, що включають ділянки з поворотами, раптовими звуженнями та розширеннями, відгалуженнями та ін. Часто такі ділянки є послідовними сполуками, що ще більше ускладнює умови руху по них повітря;
- у негерметичності окремих елементів, у яких відбувається інтенсивний обмін кількості руху по живому перерізу потоку та мають місце додаткові втрати напору на подолання опору струмів та вихорів, що виникають у потоці у зв'язку з приєднанням чи відділенням струменів повітря.

Вентиляційні установки поділяються на основні та допоміжні.

До головних відносяться установки, що обслуговують всю шахту або частину її (крило, блок, панель), до допоміжних відносять ті, що обслуговують один або два очисних вибояз прилеглими до них підготовчими виробітками.

Головна вентиляційна установка (рис. 1) складається з двох вентиляторів (робочого та резервного) з електродвигунами, що підводить каналу зі сполучним коліном, обвідного каналу, дифузора, ляд для реверсування повітряного струменя, вантажопідйомних пристроїв для переміщення ляд, вихідного каналу, будівлі, всмоктувальної будки, пускорегулюючої апаратури та апаратури автоматизації. В осьових вентиляторах є додатково глушник шуму.

Шахтна вентиляторна установка відповідно до Правил безпеки повинна мати два самостійні агрегати – робочий та резервний, на нових і реконструйованих шахтах обидва агрегати повинні бути одного типу та розміру. На негазових шахтах допускається встановлення одного вентилятора із резервним електродвигуном.



Головна вентиляційна установка (рис. 1)



рис. 2. Вентиляційна система шахти

При проектуванні систем вентиляції для рудничних і вугільних шахт потрібно враховувати технологію видобутку корисних копалин. У глибоких і сильнозагазованих шахтах вентиляція може виявитися визначальним фактором. Адже повітря, яке подається в шахту, це в першу чергу створення безпечних умов праці для робітників:

- підтримання потрібної температури повітря в шахті;
- вміст у повітрі необхідної кількості кисню;
- зміст допустимого (згідно з прийнятими нормами) кількості пилу і газів.

Вентиляційні установки для рудників повинні мати набір необхідних сертифікатів відповідності. Обов'язково має бути дозвіл на застосування обладнання в надкатегорійних шахтах, більш небезпечних по загазованості і пилу.

Важливі стадії складання проекту:

- вибрати схему вентиляції для шахти в цілому і окремо для кожної з ділянок;
- розрахувати витрата повітря, а також стійкість, швидкість і розподіл руху повітря у виробках;
- скласти прогноз викиду шкідливих газів;
- розрахувати депресію шахти;
- вибрати калорифер (щоб підігрівати повітря в холодну пору року);
- вибрати вентилятор головного провітрювання;
- розрахувати економічні показники.

Також потрібно враховувати, що сильно загазовані шахти потребують додаткового проекту дегазації. А глибокі шахти потребують проектування системи кондиціювання.

Робота вентиляційних установок не прощає помилок, які можуть бути допущені ще на стадії проектування. З цим безпосередньо пов'язана не тільки безпека праці, а й важливі економічні питання.

Вибір схеми вентиляції шахти

Це одна з найважливіших складових майбутнього проекту вентиляції рудників. Адже схема вентиляції забезпечує подачу свіжого повітря безпосередньо до робочих місць.

- Центральна схема вентиляції частіше використовується для глибоких шахт. Застосовується при незначних розмірах шахтного поля, невисокої продуктивності і вмісту метану;
 - Зворотньопоточні схеми з відводом вихідного струменя по штреку використовуються для виїмкових дільниць;
 - Флангова схема використовується для неглибоких шахт. А також при розробці зближених пластів або віддалених покладів копалин, якщо підтримка єдиного вентиляційного горизонту неможливо;
 - Секційну схему вентиляції застосовують на великих шахтах з високою газовістю або ж для покладів, які перебувають на далекому один від одного відстані. А також у разі, якщо дві шахти потрібно об'єднати в одну.
- Види вентиляційних систем для рудників

Шахтні вентилятори існують декількох типів:

- Вентилятори головного провітрювання, обслуговуючі частина шахти або всю шахту;
- Вентилятори місцевого провітрювання, обслуговуючі вироблення, окремий забій або ж робоче місце;
- Вентилятори допоміжні, які працюють разом з головним вентилятором або обслуговуючі істотну частку вентиляційної мережі.

Як правило, вентиляційні установки для рудників мають наступну комплектацію:

1. вентилятор;
2. конфузор;
3. камера змішування;
4. електромеханічний зворотний клапан;
5. датчики для контролю роботи вентилятора;
6. датчики для контролю повітряного потоку;
7. система автоматики для управління вентилятором;
8. програмне забезпечення;
9. пульт дистанційного керування.

Коли вибирається спосіб вентиляції для рудника потрібно оцінити, яке кількості повітря подаватиметься в шахту при його використанні. Витік повітря повинна бути мінімальною.

- Нагнітальний спосіб вентиляції застосовують у вугільних шахтах з низькою багатогазовістю та аеродинамічним опором. А також при відпрацюванні горизонтів, які знаходяться на невеликій глибині;
 - Всмоктуючий спосіб вентиляції використовується в газовість шахтах (вугільних). На рудниках всмоктуючий спосіб застосовується до глибини 1500 м. При цьому важливо враховувати забруднення виробок газами;
 - Нагнітальному-всмоктуючий спосіб вентиляції використовується на розробках, де можливе самозагорання копалин, а також при високому аеродинамічному опорі шахти. Цей спосіб може застосовуватися і на рудних шахтах - на глибині до 2000 м.
- Розглянуті особливості проектування вентиляції рудних шахт та повітророзподілення і застосування шахтних кондиціонерів.

Науковий керівник Жихарєва Н.В .к.т.н . доц . кафедри ХУКП ОНТУ



УДК 697.91.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ НА ЯКІСТЬ МОЛОЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ ПАРАМЕТРІВ ПОВІТРЯ В ВИРОБНИЧОМУ ПРИМІЩЕННІ

Горяченко Р.Р. бакалавр ОНТУ

Процес виробництва молока та кисломолочних продуктів складається з декількох дуже важливих етапів, і їх неякісне виконання може призвести до неналежної якості всієї продукції. Молоко – дуже примхлива сировина для виробництва, оскільки, після його отримання, необхідно якнайшвидше охолодити сировину до температури 4°C, в інакшому випадку, за 2-3 години воно втратить свої корисні властивості, при проникненні шкідливої мікрофлори.

Всі види молока, відповідно до чинного законодавства, мають відповідати відповідно до стандарту ДСТУ 3662: 2018 «Молоко - сировина коров'яче. Технічні умови».

Молочна промисловість в цілому можна розділити на кілька видів виробництва, які для виробництва коня

Технологічні процеси відрізняються один від одного:

1. Виробництво молока, наприклад, молоко, кефір, сир, йогурт, вершки;
2. Виробництво субрика - м'які та тверді типи сирів;
3. Виробництво масла - масло;
4. Виробництво морозива - це безпосередньо морозиво в різних його проявах.

Основні: тепло; волога; пари; пил (під час вироблення сухого молока).

Єдине, що об'єднує ці продукти, - це те, що основна сировина - це молоко, як сховище багатьох необхідних вітамінів та мікроелементів людині на все життя та розвиток. Тому високі випробування просунуті до всіх виробничих продуктів.

На рисунку зображена стерилізація молока непрямим шляхом.

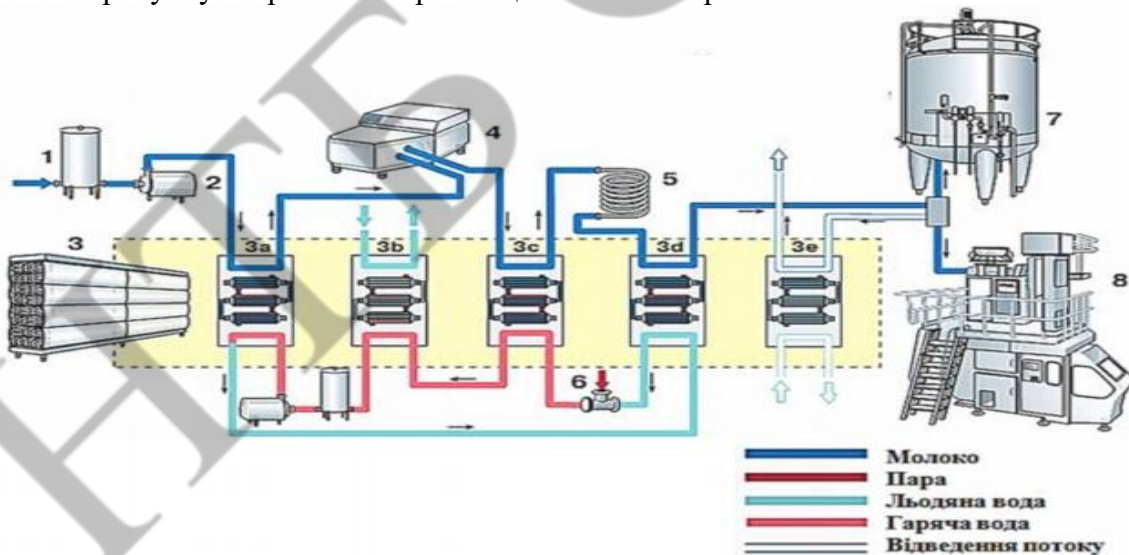


Рисунок 1.1- Стерилізація молока непрямим шляхом

1-урівнювальний бак; 2- насос; 3-трубчастий теплообмінник: 3a- секція попереднього підігріву; 3b- секція охолодження; 3c-секція нагріву; 3d- секція регенерації; 3e – секція охолодження зворотнього потоку; 4-неасептичний гомогенізатор; 5- трубчастий витримувач;

6-інжектор пари; 7-асептичний резервуар; 8-фасувальний автомат для асептичного розливу продукту.

При виробництві пастеризованого молока дотримуються таких технологічних операцій: - очищення молока на фільтрах, центрифугах, і сепараторах-молокоочисниках; - нормалізація молока в сепараторах - нормалізаторах; - гомогенізація; - пастеризація при температурі 76 ± 2 °C, з витримкою 15-20с; - охолодження в пластинчастих установках; - розлив у відповідну тару.

Нормалізоване молоко прямує в спеціальне устаткування на пастеризацію, при температурі 75-85°C, а після відбувається його охолодження.

Далі молоко прямує на етап гомогенізації, для розбивання жирових часток, набуття більш однорідної маси та кращого зберігання.

Молоко нагрівають в трубчастих теплообмінних апаратах, і далі воно прямує на пряження, при температурі 95-99°C протягом 3-5 годин, до моменту досягнення молока властивого кремового відтінку. І наступними етапами вже є охолодження продукції, перевірка її якості, фасування та маркування.

Залежно від шкідливостей, деякі приміщення можуть бути об'єднані в групи, в яких вони надають системи повітрообміну.

Технологія виробництва ряжанки

Наступні операції є стандартними, як для молока: нормалізація та гомогенізація. сквашування може знадобитися від 6 до 12 годин, залежно від бактеріальної закваски, що використовується..

Розглянуті технологія виробництва сметани, кефіру та йогурта.

Для виробництва кефіру використовують свіже молоко, яке може бути коров'ячим, кози́ним або овечим. Наступний етап – це нормалізація, при цьому вміст жиру змінюється від 0,6% до 6%, однак стандартний вміст в готовій продукції 2,5% та 3,5%.

Гомогенізація здійснюється при температурі 65-70°C та тиску 15-20 МПа.

Теплова обробка при температурі 90-95°C протягом 5 хвилин. Закваску, що використовується в кефірі отримують не тільки з молока з різним вмістом жирів, а також із знежиреного та нормалізованого

Технологія виробництва сиру та масла

Одним із способів виробництва кисломолочного сиру є кислотний спосіб, що базується на сквашуванні молока молочнокислими бактеріями, або так звана кислотна коагуляція білка, в результаті ми отримуємо знежирений сир та зниженої жирності, оскільки при нагріванні згустку значний відсоток жиру переходить в сироватку.

Далі слідує такі важливі операції як : приймання молока та його охолодження до температури 4-2°C, підігрів молока до 40-45°C, сепарування, нормалізація на пастеризація з витримкою 20-30с, для кращого відділення сироватки.

Технологія виробництва масла методом збивання ґрунтується на таких основних етапах як: - приймання молока; - сепарування молока, з отриманням вершків; - нормалізація вершків; - пастеризація без витримки; - фізичне дозрівання (після пастеризації , швидко охолоджують суміш до 4-6 градусів, та витримують до 10-15 годин); - збиття вершків (перед потраплянням в маслоробне устаткування вершки фільтрують, та заповнюють лише на 50%, від всього дозволеного об'єму. Збивання триває до 1 години, і в результаті утворюються жирові кульки, що являє собою масляне зерно відповідного розміру). - промивання масляного зерна, що підвищує його стійкість при зберіганні, при цьому вона повинна відповідати показникам якості, та маслоробка працювати при обертах до 10 за хвилину. Промивання здійснюється двічі.

- посолка масла, операція здійснюється шляхом просіювання та прожарювання солі, при цьому вміст її не перевищує 0,8-1,2%, що значно підвищує властивості масла при зберіганні.
- механічна обробка зерна здійснюється для об'єднання масла в однорідну консистенцію, за рахунок валків або шнеків в маслоробці безперервної дії чи за рахунок лопатей. - фасування отриманого масла відповідно до тари.

Технологія виробництва йогурту

Технологія виробництва йогурту може варіюватися залежно від типу йогурту та виробника, але загалом вона складається з наступних етапів:

Приготування молочної основи. Для приготування йогурту використовують молоко, яке може бути коров'ячим, козиним, овечим або з інших джерел. Молоко пастеризують, щоб знищити шкідливі мікроорганізми, та охолоджують до температури близько 40-45 градусів Цельсія.

Додавання стартової культури. У молоко додають стартову культуру - живі бактерії, які викликають ферментацію молока. Найчастіше для виробництва йогурту використовують дві культури бактерій - *Lactobacillus bulgaricus* та *Streptococcus thermophilus*. Їх додають в молоко відповідно до рецептури, зазвичай в пропорції 1:1.

Ферментація. Після додавання стартової культури молоко перемішують та перекачують в спеціальні ємності для ферментації. Зазвичай це роблять при температурі близько 40-45 градусів Цельсія, що сприяє активному розмноженню бактерій. Процес ферментації може тривати від кількох годин до кількох днів, залежно від типу йогурту та бажаної консистенції.

Охолодження та додавання інгредієнтів. Після завершення ферментації йогурт охолоджують, щоб зупинити процес росту бактерій та зафіксувати його консистенцію. До йогурту можуть додавати різні інгредієнти, наприклад фрукти, ягоди, мед або цукор, щоб надати смаку. А потім це все упаковується.

Охолодження та зберігання. Після формування йогурт охолоджують до температури близько 4 градусів Цельсія та зберігають у холодильнику. У залежності від типу йогурту та вимог виробника його можуть зберігати в умовах, захищених від світла, вібрації та інших чинників, що можуть впливати на якість продукту.

Важливим етапом виробництва йогурту є контроль якості на різних етапах виробництва, від підбору молока до готового продукту. Це дозволяє забезпечити стабільну якість продукту та відповідність вимогам стандартів якості.

Для виробництва йогурту також можуть використовуватись інші стартові культури бактерій, такі як *Bifidobacterium*, *Lactobacillus acidophilus* та інші, які мають корисні властивості для здоров'я людини. Також можуть використовуватись різні інгредієнти, щоб створити різноманітні смаки та консистенції йогурту.

Виробництво йогурту здійснюється двома способами: термостатним та резервуарним. Обидва способи ґрунтуються на таких важливих етапах як: - підготовка сировини; - нормалізація; - очищення; - пастеризація; - гомогенізація; - охолодження; - закваска.

При виробництві молочної продукції на якість продукції впливає застосування холоду.

УДК 621.57

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА КОМБІНОВАНОЇ СИСТЕМИ КОНДИЦІЮВАННЯ ТА ОПАЛЕННЯ ДЛЯ ПРИВАТНОГО БУДИНКУ

Ахметьянов А.А., магістрант ІХКЕ ОНТУ

Heating, ventilation, air conditioning and refrigeration (HVAC&R) - опалення, вентиляція, кондиціювання та охолодження (ОВКО) в основному використовуються для забезпечення і контролю теплового комфорту і регулювання якості повітря в приміщенні.

Зараз створюється та відтворюється світовий будівельний фонд таким чином, щоб підтримувати добробут людства. Хто проектує, будує та керує структурами, що живуть життям на нашій планеті і які сприяють розвитку продуктивності, що визначає наші цивілізації.. Це бачення майбутнього, коли будівлі будуть виробляти стільки енергії, скільки вони використовують. Це чисті будинки з нульовою енергією (NZEB). Такі будинки по даним ASHRAE будуть конкурентоспроможні вже в Америці та Європі в 2030р. Будинки споживають 40% первинної енергії та 71% електроенергії в світі .

Схема обраного типу теплового насоса для приватного будинку представлена на рис.

1.

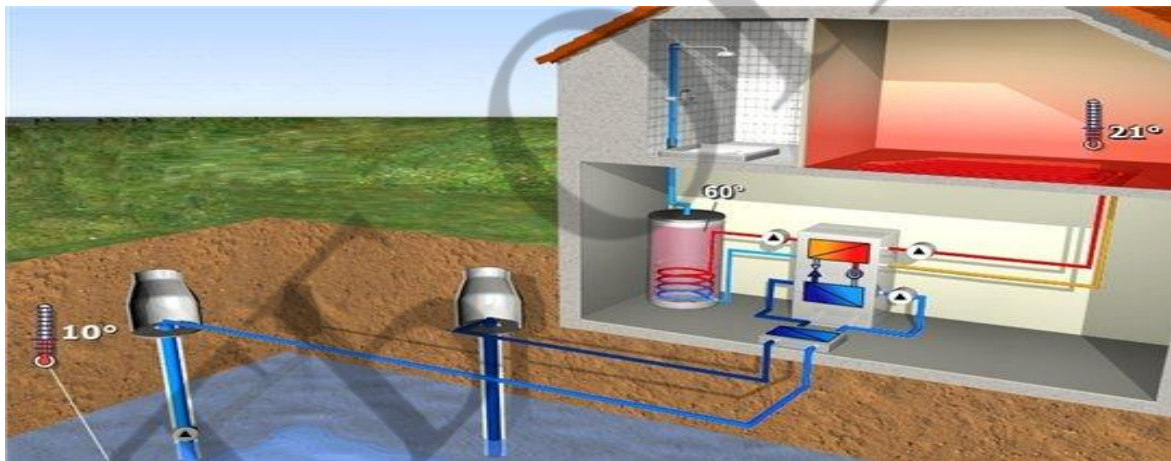


Рис. 1. Схема теплового насоса типу «вода-вода».

Проведено термодинамічний аналіз коефіцієнта перетворення теплового насоса COP з використанням екологічно-безпечних холодильних агентів. Результати аналізу представлені на рис. 2 і 3.

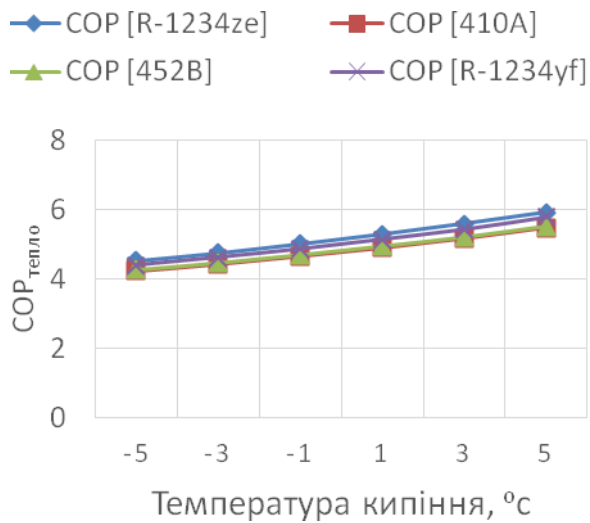


Рис. 2. Діаграма COP тепло

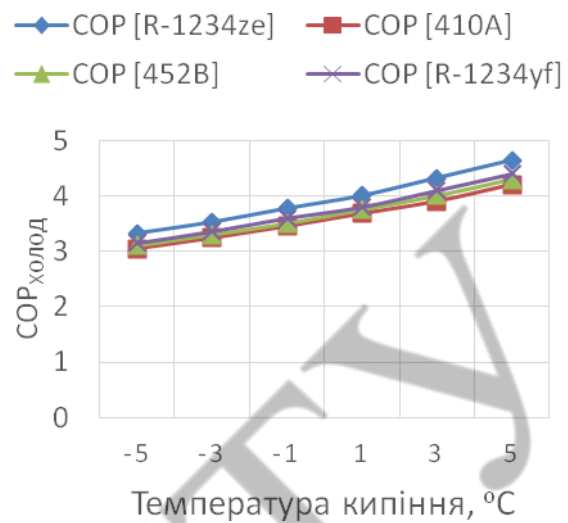


Рис. 3. Діаграма COP холод

Також розроблена система передбачає 2 баки для системи опалення, кондиціонування та гарячого водопостачання впродовж всього року. Нагрівається бак для гарячого водопостачання до температури 60°C і більше. Це потрібно для дотримання санітарних норм. Схема системи ОВКО зображена на рис. 4.

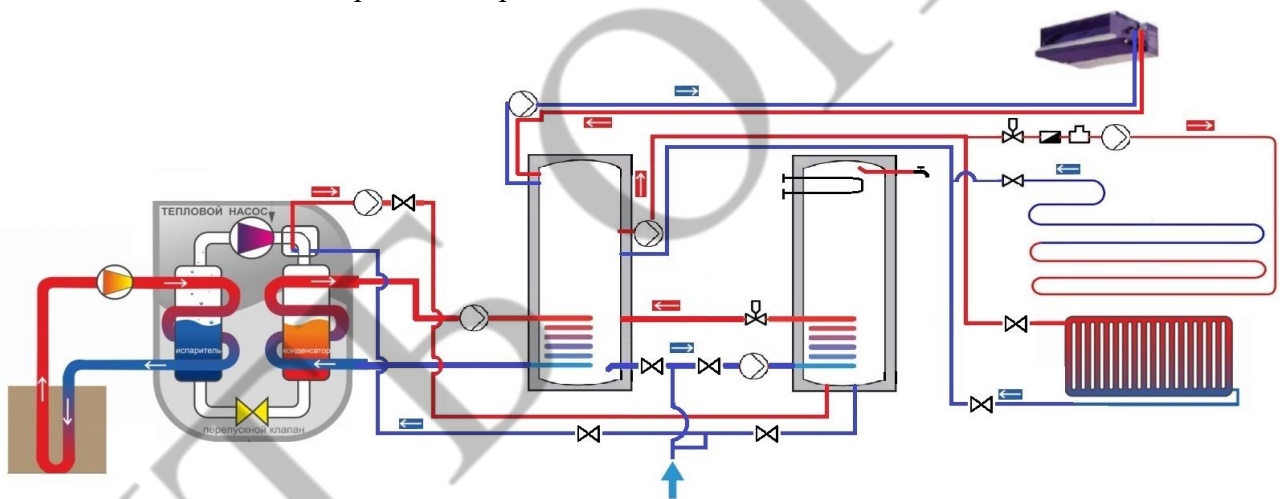


Рис. 4. Схема комбінованої системи ОВКО.

Переваги: включення в систему 2 баку, дозволяє нам з баку 1 підтримувати комфортні умов в будинку; при включенні в систему форконденсатора дає нам змогу заощаджувати до 15-35% коштів на ГВП порівняно з варіантом 2.

Розроблена схема для системи опалення, кондиціонування та гарячого водопостачання передбачає вирішення цілого ряду проблем:

- ✓ Встановлення форконденсатора компенсує в систему тепло для підтримання температури 60°C в баку для ГВП. Також це схемне рішення дає змогу заощаджувати кошти 8-10% на нагріву води.
- ✓ Завдяки установці 2 баків, з баку опалення в бак ГВП встановлений теплообмінник, який компенсує недостачу енергії в 4 кВт для системи опалення.

- ✓ Завдяки установці окремого баку для опалення, влітку в ньому підтримується температура до 2°C для підтримки комфортних умов в будинку що надає можливість зменшити капітальні вкладення на 5-7%.

Вмонтований в систему фор конденсатор підвищує річну ефективність всієї системи на 3-5%, завдяки підтримки температури в баку ГВП. Зростання COP обумовлене зменшенням електричної потужності теплового насосу на 0,1кВт через підвищення температури кипіння (з -5°C до 5°C).

Наукові керівники: Хмельнюк М.Г. д.т.н., проф. зав. кафедри, Трандафілов В.В. к.т.н., доц. кафедри холодильних установок і кондиціювання повітря ОНТУ



УДК 621.57

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ КАСКАДНОЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПОРТОВОГО ХОЛОДИЛЬНИКА

Вінніков Д.П., магістрант ІХКЕ ОНТУ

Дослідження та розробка низькотемпературної каскадної холодильної системи для портового холодильника є актуальною темою в зв'язку зі зростаючим попитом на якісне зберігання продуктів харчування в умовах, коли зберігання та транспортування продуктів харчування стають все більш складними завданнями. Портові холодильники є важливим елементом логістичної інфраструктури, які забезпечують зберігання та транспортування продуктів харчування на довгі відстані.

Найбільш відомою та вивченою є машина з парою речовин R717/R744 (аміак R717– у верхньому каскаді (ВК), діоксид вуглецю R744 - нижньому каскаді (НК)). Термодинамічний аналіз складного циклу машини встановив, що перспективною областю використання є машини великої холодопродуктивності при температурах в об'єктах, що охолоджуються, від -30°C до -50°C. Розглядається і можлива заміна R717 на R290 (пропан), R170 (етан), при цьому використання R744 як робочої речовини у верхньому каскаді не передбачалося через високі робочі тиски при реалізації циклу в надкритичній області.

Метою і завданням даного дослідження є розробка і дослідження низькотемпературної холодильної системи працюючої на природних робочих тілах. Під час дослідження сучасного стану на ринку робочих тіл стають очевидними наступні основні вимоги: мінімальна токсичність, вибухо-пожежобезпечність, озонобезпечність, невеликий вплив на парниковий ефект, хороші термодинамічні і високі експлуатаційні параметри. Схема дійсної каскадної холодильної установки представлена на рис. 1.

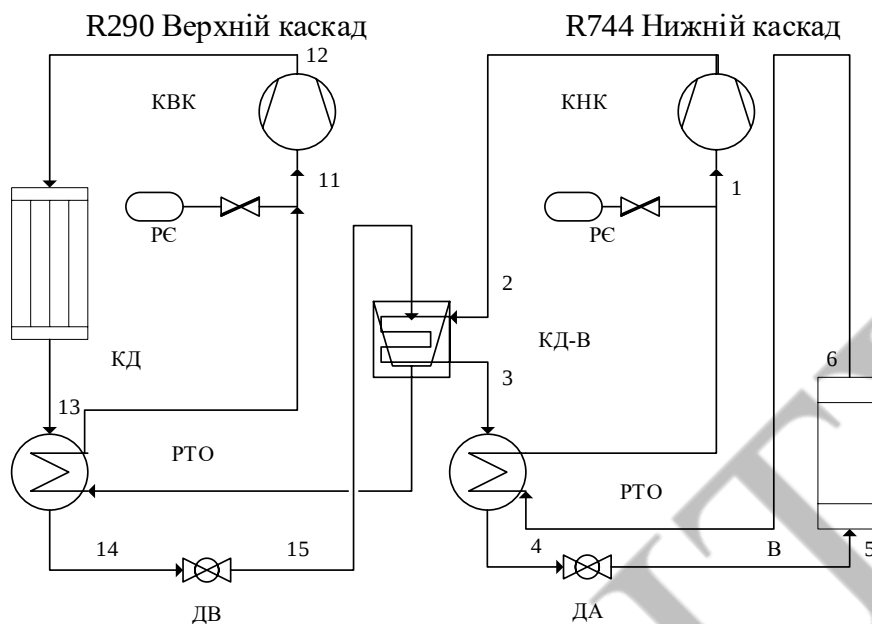


Рис. 1. Схема дійсної каскадної холодильної установки.

КВК, КНК – компресори верхнього і нижнього каскаду відповідно,
КД-В – конденсатор – випаровувач; РТО – регенеративний теплообмінник типу “ПАР - РІДИНА”;

К – конденсатор; РС – розширювальна ємність; В – випаровувач; ДВ – дросельний вентиль.

Було проведено аналіз каскадної холодильної установки. Дослідження проводилися в діапазоні температур конденсації ВК і температури кипіння НК: $t_{кв}=(60...35^{\circ}\text{C})$; $t_{ов}=(-30...-55^{\circ}\text{C})$. Результати розрахунку термодинамічних характеристик холодильної установки при даних температурах представлені на рис. 2. Для більшої достовірності отриманих результатів використовувалися програми Cool Pack і Mathcad.

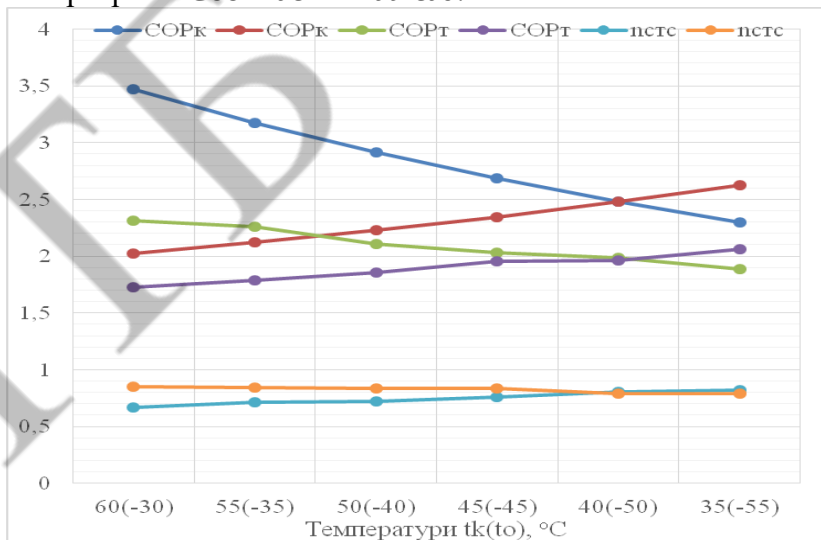


Рис. 2 - Порівняння термодинамічних характеристик ($\text{COP}_к$, $\text{COP}_т$, $\eta_{ст.т.}$) при зміні температури конденсації та кипіння.

Із рис.2 очевидно, що оптимальна температура конденсації холодильного агенту верхнього каскаду становить 40°C , при температурі кипіння нижнього каскаду -50°C . Даний температурний режим можна вважати оптимальним при інших рівних умовах.

Оптимальне значення теплового коефіцієнта становить $\zeta=1,74$ в точці перетину характеристик при температурі конденсації R290 40°C , і температурі кипіння R744 -50°C .

Також був проведений аналіз роботи холодильної установки на суміші вуглеводнів пропан / етан (R290/R170) в якості холодильного агенту для ВК з поділом потоку холодоагенту. Використання етану в якості другого компонента суміші на основі пропану дозволяє вирішити задачу зниження температурного рівня кипіння в каскадній низькотемпературній холодильній установці.

Використання суміші холодоагентів R290/R170 дозволяє знизити температуру кипіння з -38°C до $-53,4^{\circ}\text{C}$ для концентрації R290/R170 80/20 мас. %. при збільшенні холодопродуктивності до 16% у порівнянні з чистим пропаном. Суміші пропан/етан масового співвідношення 80/20% мас. дозволяє домогтися найменших сумарних ексергетичної втрат. Холодопродуктивність установки на суміші 80/20% становить 373 кВт, а при використанні суміші співвідношення 85/15% мас холодопродуктивність дорівнює 416 кВт.

Холодильний цикл установки на суміші пропан/етан володіє більш високими значеннями холодильного коефіцієнта і питомої холодопродуктивності. При значенні концентрації етану 18% і більше настає зниження холодопродуктивності за повними параметрами в силу більшого значення питомої обсягу при однаковому об'ємній витраті, що призводить до зменшення масової витрати

Наукові керівники: Хмельнюк М.Г. д.т.н., проф. зав. кафедри, Трандафілов В.В. к.т.н., доц. кафедри холодильних установок і кондиціювання повітря ОНТУ

УДК 621.57

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ НА БАЗІ ПОВІТРЯНОГО ТЕПЛОВОГО НАСОСУ НА R744

Парафіленко Д.А., магістрант ІХКЕ ОНТУ

За останні роки перспективність R744 як холодоагенту помітно зростає. CO₂ - один з небагатьох холодоагентів для холодильних систем, актуальний з точки зору ефективності застосування і безпеки для навколишнього середовища.

Метою даного дослідження є аналіз системи охолодження теплопостачання та гарячого водопостачання на базі теплового насосу на R744 та визначення найбільш ефективного з точки зору енергоефективності, екологічності та економічності при застосуванні режиму роботи.

Для досягнення поставленої мети вирішені наступні задачі:

1. Теоретичний аналіз інтегрованих систем теплових насосів CO₂, визначення основних показників продуктивності.

2. Розробка комбінованої системи теплового насоса на CO₂ для роботи в режимах опалення/охолодження та гарячого водопостачання.

3. Розробка способів підвищення ефективності установки в цілому завдяки впровадженню додаткового обладнання та застосуванню енергії сонця.

Об'єкт дослідження - парокомпресійний тепловий насос на CO₂ та ефективність його роботи.

Принципова схема теплового насоса зображена на рис. 1.

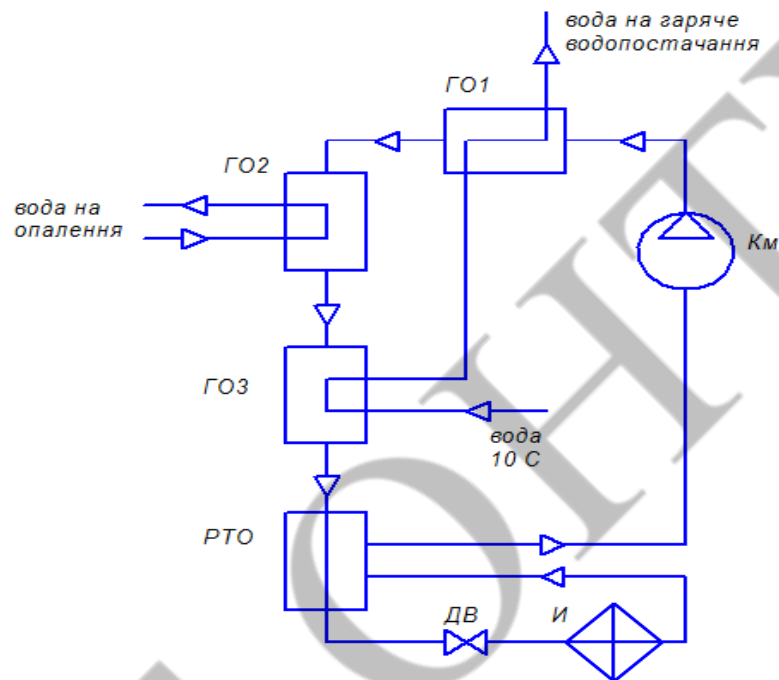


Рис. 1. Принципова схема ТН установки.

Проведено аналіз ефективності системи залежно від параметрів газоохолоджувача.

Оптимальний тиск газового охолоджувача – це оптимальний тиск з найвищим COP. Потужність охолодження та нагрівання теплового насоса зростає зі збільшенням тиску газового охолоджувача, COP також збільшується. Робота компресора також збільшується, але не так швидко, порівняно з потужністю охолодження та опалення. У якийсь момент робота компресора збільшується швидше, ніж потужність охолодження та нагрівання зі збільшенням тиску, і це негативно впливає на COP, рис 2.

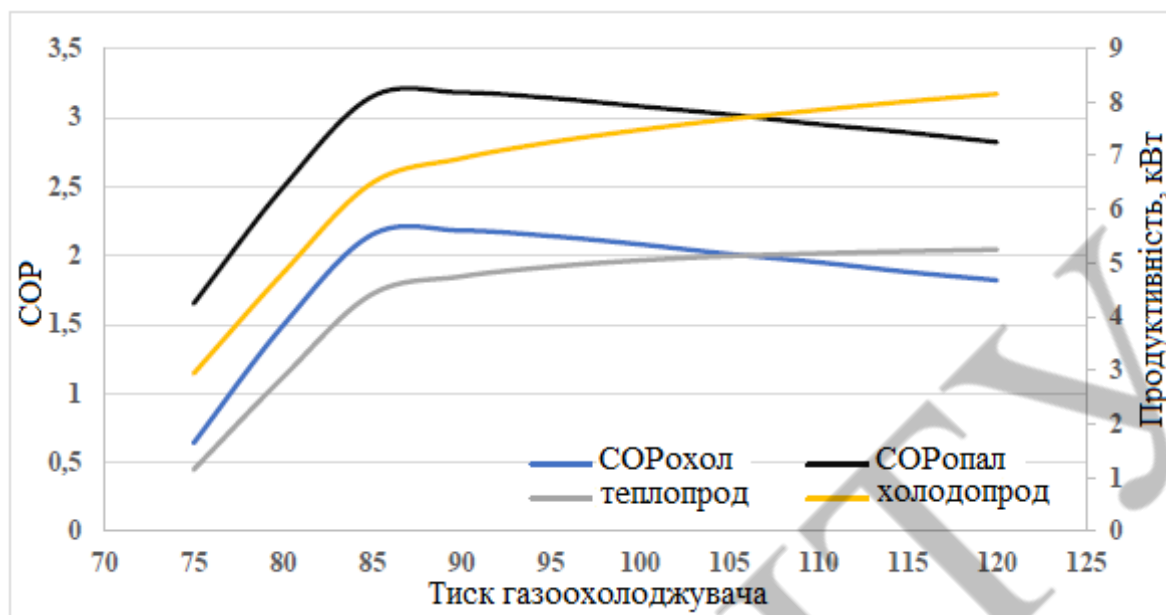


Рис. 2. Вплив збільшення тиску газохолоджувача на ефективність системи.

Як показано на рис. 2 вище, температура на виході і на виході з газового охолоджувача була встановлена відповідно 35°C і 30°C. Температурний перепад 5K було зафіксовано між CO₂ і вторинною рідиною, яка використовується як тепловідвід. Найвищий показник COP близько 3,20 був досягнутий при тиску газового охолоджувача між 85 і 90 бар. З максимальним тиском газового охолоджувача 120 бар, отримана потужність охолодження та нагрівання 5,25 та 8,15 кВт відповідно. Причиною швидкого збільшення роботи компресора є падіння ізоентропічної ефективності компресора при тиску вище оптимального для газохолоджувача.

В результаті дослідження можемо зробити ряд висновків:

1. Цикл теплонасосної системи на CO₂ є дуже гнучким та дозволяє дуже широкий спектр застосувань, як для обігріву і гарячого водопостачання, так і для охолодження і процесів сушіння.

2. Використання кількох газохолоджувачів дозволяє знизити втрати при дроселюванні при роботі теплового насосу а також розділити навантаження на систему опалення, гарячого водопостачання та сушіння. При різних режимах роботи можливе гнучке регулювання продуктивності 95/5% ГВП/сушіння, та 45/55% - коли потреба в гарячому водопостачанні здоволена.

3. Тиск газохолоджувача значною мірою впливає на ефективність системи. Так при збільшенні тиску від 80 до 95 відбувається поступове збільшення COP, але потім воно різко падає оскільки ефективність компресору який не розрахований на такий робочий тиск газохолоджувача знижується.

4. Нагрівальна вода для процесу сушіння в деяких випадках може бути обмежена видом одягового матеріалу, який слід висушити. Це в свою чергу призводить до нагрівання сушильного повітря при низькій температурі, щоб уникнути усадки полотна. Вплив цього враховується для тієї ж теплової потужності, що подається тепловим насосом при одній і тій же роботі. Температура на виході води в газовому холодильнику встановлюється на рівні 40°C для однакового діапазону тиску газового охолоджувача та комбінацій температур. З результатів видно, що для того, щоб вода як тепловідвід міг розмістити потенційну нагрівальну здатність від газового охолоджувача теплового насоса, його робочі параметри

повинні змінюватися. Тому результати показують, що для досягнення нижчої температури виходу води з газового охолоджувача витрата води повинна бути збільшена.

Наукові керівники: Хмельнюк М.Г. д.т.н., проф. зав. кафедри, Яковлева О.Ю. к.т.н., доц. кафедри холодильних установок і кондиціонування повітря ОНТ



УДК 697; 504, 681

ДЕКАРБОНІЗАЦІЯ МОРСЬКОГО СЕКТОРА
Аспірант кафедри ХУКП, Ялама В.В.

Разом з декарбонізацією та диджиталізацією перед морським сектором встали нові проблеми з безпекою судна незважаючи на те, що кількість аварій було скорочено за останній час. Згідно дослідженням [1] при збільшенні світового флоту втрати суден зменшилися до 70% у порівнянні з 2012 роком. Втрати серед персоналу, поранених з 2017 зменшилися на 67%. Але ризики для морського сектору змінюються разом з новими технологіями, які інтегрують на суднах для досягнення цілей декарбонізації відповідно до екологічних норм.

Застосовуються новітні системи керування, які базуються на ІТ технологіях, та складаються з різних системних елементів, датчиків взаємопов'язаних один з одним. Для підвищення енергоефективності енергетичної системи судна, щоб досягти скорочення споживання енергоносіїв (палива), знизити витрати енергоносіїв, та зменшити викиди в навколишнє середовище, реалізація таких систем ставить судно перед ризиками кібербезпеки[2], чи системними ризиками, які мають бути вирішені. Реалізація альтернативних видів палива (водень чи аміак) ставлять перед ризиками вибуху або отруєння токсичним газом, але рішення заміни палива на екологічне, грає свою вирішальну роль в декарбонізації. При малому ризику в менеджменті системами інтегрованими на судні, може бути великий ризик для його безпеки. Причина полягає в адаптуванні устаткування, яке уявляє собою «чорну скриньку» та несе з собою відкритий інтерфейс для робочих даних при підключенні до корабельних систем. Для подібних проблем вирішення полягає в опису класу даних для кібербезпеки, стандартизації даних, інтрефейсу, за допомогою верифікації інформаційних та операційних систем при випадку їх конвергенції, коли відбувається інтеграція технологій інформаційних систем спрямованих на обчислення, орієнтованих на дані з операційними системами, спрямованими на дії, самі процеси, устаткування, при введенні поправок, як в промислові операції, так і в організаційні.

Дедалі проблема інтеграції систем, це новий сектор проблем. Розуміємо, що системні помилки в роботі судових систем можуть бути перетином в реалізації нових технологій, та бути причиною небезпеки на судні. Тому і цей сектор проблем потребує вирішення, пропонується відходити від менеджменту ризиками (найкращих практик) та застосовувати моніторинг роботи систем 24/7 для виявлення ризиків та надання можливостей керування ризиками, та усіма відповідними перетинами для покращення роботи систем на судні.

Гнучкість моделі менеджменту ризиками допоможе використовувати у віддаленому доступі операції з корегування проблемних процесів як у машинному відділенні, системі охолодження так і на містку. Виникає необхідність в підвищенні надійності суднових систем, системних елементів, щоб полегшити керування судном при ускладнені комплексних корабельних систем та їх інтегруванні.

Як на суші тепер і в морському секторі надається прозорість даних через розробку цифрових двійників [3], що надає можливість бачити точну віртуальну модель судна на Рис.1, та таку модель можна застосовувати для проведення перевірки продуктів, які транспортуються і процесів, які відбуваються на судні 24/7 для забезпечення надійності суднових систем та підвищення безпеки.

Що несе з собою більш високий рівень прозорості? Потребу в розробці баз знань (БЗ) про інциденти, які трапляються на судні, з можливістю використання БЗ у навчальному процесі спеціалістів та експертів для не тільки реалізації, але й оптимізації світового досвіду. При автоматизації судна та адаптуванні новітніх технологій автоматизації також потребується високий рівень прозорості даних.



Рис.1 Цифрові двійники дозволяють навігувати бажанні рівні на судні.

Поряд з розробкою систем спрямованих на надійність, стійкість потребується постійне вдосконалення систем безпеки. Диджиталізація морського сектору тягне за собою ускладнення підготовки спеціалістів працюючих на судні. Виникає необхідність у розробці стратегії реалізації диджиталізації у морському секторі так, щоб забезпечити безперебійну роботу, як систем так і персоналу. Така стратегія має охопити рівні інтелектуального перетворення, карт, адаптування систем менеджменту, застосування розумних суден (при перевірці), безперебійне отримання метеорологічної інформації та інше.

Вирішення проблеми декарбонізації у морському секторі потребує адаптування стратегії диджиталізації з підвищенням безпеки, надійності, стійкості, гнучкості систем, та прозорості системних даних для надання можливості керування ризиками та перетинами, з рекомендаціями та наданнями правил для їх керування.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Lloyd's List Intelligence (2023) *Lloydslistintelligence.com*. Available at: <https://www.lloydslistintelligence.com/searchlisting?searchtext=Vessel%20losses> (Accessed: April 17, 2023).
2. Maritime cyber risk (2021) *Imo.org*. Available at: <https://www.imo.org/en/OurWork/Security/Pages/Cyber-security.aspx> (Accessed: April 17, 2023).
3. Danish Maritime Authority (2023) *Dma.dk*. Available at: <https://dma.dk/> (Accessed: April 17, 2023).

Науковий керівник: Хмельнюк М.Г. д.т.н., проф. зав. ХУКП ОНТУ

УДК 621.311, 644.1

ПОНОВЛЮВАЛЬНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ. ЕНЕРГЕТИЧНА РЕВОЛЮЦІЯ.

Ткач С.В. аспірант каф. ХУКП ОНТУ

У березні Парламент та Рада ЄС досягли угоди щодо переробки Директиви з енергоефективності, що дозволяє зміцнити її структуру при гнучкості для реалізації Директиви.

Щодо перегляду Директиви про енергоефективність будівель, для будівельного фонду ЄС пропонується зробити будівельний фонд без впливу на навколишнє середовище, з нульовими викидами вуглекислоти та вуглецю, що є основними питаннями «Зеленої угоди» ЄС (Україна підписала), щоб досягти енергетичні та екологічні цілі до 2030 року.

Співтовариство з енергоефективності працює над програмою подолання бар'єрів, щодо законодавства ЄС для реалізації питань з енергоефективності та їх розуміння, що за допомогою доступних технологій можливо отримати бажані результати при поєднанні кліматичних цілей та гнучкості для співпраці енергоефективності та кліматичних угод при їх комплексної реалізації забезпечення міцної основи для урядів країн, бізнесу та населення.

Енергозбереження зараз має найвищий пріоритет при зменшенні витрат для житлово-комунальних господарств та промислового сектору для прискорення виконання завдань з скорочення викидів вуглекислоти та енергетичного переходу, що допомагає зміцнити спільноту промислових гравців, політиків та громадян йти напрямом сталого розвитку.

Ща раз відмітимо, що війна в Україні стала каталізатором для стран ЄС для енергетичної революції, перехід на поновлювальні джерела енергії та відмови від нафти, газу. Тільки за останній квартал 2022 споживання газу в ЄС було зменшено на 19%, де енергоефективність займає основне місце. За даними Міжнародного енергетичного агентства [1], щодо питань енергозбереження за допомогою будівель та промислового сектору можливо заощадити 8 млрд.куб. газу., та інвестування перенаправити в енергоефективність та відновлювані джерела енергії. Запропоновані рішення взаємопов'язані та зміцнили актуальність і обізнаність проблеми енергетичного переходу до ефективних і чистих технологій.

Для скорочення терміну енергетичного переходу, необхідно працювати з енергопотенціалом на «стороні попиту» цього переходу, та реалізувати енергоефективні проєкти. Як наприклад, згідно проведеним дослідженням ЄС середнє світове споживання електроенергії житлово-комунальним господарством близько 3400 кВт/год, що дорівнює

кількості електроенергії на рік, необхідної для живлення теплового насоса. Перехід на світлодіодне освітлення, допоможе використати енергопотенціал на 65,1 мільярда євро на витратах на електроенергію щорічно разом з зниженням викидів CO₂ на 51 млн.т., що достатньо електроенергії для живлення 47 мільйонів теплових насосів.

Підвищення енергоефективності допоможе зменшити енергетичні потреби об'єктів, оптимізувати енергоспоживання, забезпечити ефективне використання ПЕР, прискорити реалізацію енергоефективних проєктів разом з використанням відновлюваних джерел енергії. Очищена стічна вода є цінним джерелом відновлюваної енергії у вигляді відпрацьованого тепла, яке можна рекуперувати та подавати до системи централізованого енергопостачання за допомогою промислових теплових насосів. Підхід виконання Директиви для досягнення енергетичної нейтральності має бути приведений у відповідність до принципу «Енергоефективність перш за все» та визнати, що найбільш раціональним, економічно ефективним та екологічно чистим підходом для досягнення цієї мети є вирішення проблеми неефективності використання енергії, та необхідність пропонувати підходи з зменшення потреби в енергії та оптимізації споживання енергії.

Література

1. Five tools to close the gap – How to Avoid Gas Shortages in the European Union in 2023 – Analysis (no date) IEA. Available at: <https://www.iea.org/reports/how-to-avoid-gas-shortages-in-the-european-union-in-2023/five-tools-to-close-the-gap> (Accessed: April 19, 2023).

Науковий керівник: Хмельнюк М.Г. д.т.н., проф. зав. ХУКП ОНТУ

УДК 621

ЗБІЛЬШЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ЛЬОДУ ЛЬОДОГЕНЕРАТОРОМ ПОГРУЖНОГО ТИПУ

*Фурсенко О.В., аспірант ОНТУ, Остапенко Д., В магістрант ОНТУ Гончарук Р.Р,
бакалавр ОНТУ*

Льодогенератор – вид професійного технологічного обладнання, призначений для автоматичного виготовлення харчового льоду. Штучний лід повсюдно використовується для виготовлення коктейлів та для охолодження продуктів харчування.

Для зберігання готового харчового льоду використовують спеціальні бункери, які можуть бути вбудовані в даний холодильний агрегат або бути автономними. Вбудовані бункери, як правило, використовуються в льодогенераторах з невисокою продуктивністю (до 100 кг на добу)..

Безперечно, кожен заклад, в якому є бар не може обійтися, без льоду і звичайно льодогенератора! Але в літні місяці, коли температура повітря підвищується вище 30*С, попит на лід зростає і льодогенератор вже не здатний виробити достатню кількість льоду. У таких випадках, у пікове споживання льоду, заклади практикують замовлення «привізного льоду». Крім того, конструкція та програми автоматичного керування процесом льодоутворення дозволяє покращити енергоефективність льодогенератора погрузного типу.

За розробленим випускником магістрантом Післегіним А (керівник доц. Жихарева Н.В.) стенду льодогенератора погрузного типу, управління процесом льодоутворення розробка науково обґрунтованих технологічних досліджень виконуються такі задачі

– проаналізувати усі види льодогенераторів

- вивчити вимоги до льдогенератора погрузного типу;
- розробити та виготовити стенд для виробництва харчового льоду;
- провести експериментальні дослідження льодоутворення :

Розроблений та виготовлений стенд призначений для наглядного спостереження виробництва льоду працює в лабораторії 016 ОНТУ

Крижинки циліндричної форми (пальчикові) є довгастими шматочками з порожниною всередині, що забезпечує максимальну площу віддачі холоду. Для отримання такого виду льоду потрібний льдогенератор пальчикового льоду.

Унікальна особливість довше зберігати прохолоду рідкого середовища, в яке його поміщають, зробила цей вид льоду популярним у ресторанному бізнесі. Його успішно використовують для приготування освіжаючих напоїв, а завдяки крихкості маленьких крижаних циліндрів, їх дроблять та створюють ефектні та смачні коктейлі.

Складові частини стенду: компресор, повітряний конденсатор з примусовим відбором тепла за допомогою вентилятора, випарник (теплообмінний апарат у вигляді “пальчиків”), робочий резервуар для води, мезанізм створення віл (хвилювання води в робочому резервуарі), стенд з термометрами та вимикачем резервуар для води та льоду, електронна плата керування на базі мікросхем, соленоїдний клапан подачі гарячого холодильного агента, фреопроводу.

Складові холодильної машини: компресор, повітряний конденсатор, фільтр, терморегулюючий клапан, випарник, регенеративний теплообмінник, докипач, манометри високого та низького тисків, штуцери.

Принцип роботи льдогенератора:

З нижнього контейнера з водою подається вода в основний робочий резервуар, включається компресор і спеціальний мотор, який створює хвилі у воді, він є датчиком наросту льоду. Завдяки тому, що вода постійно рухається, дрібні частинки осідають униз.

Усередині робочого резервуара, де «хвилюється» вода, є трубки, в яких протікає холодильний агент, і вони охолоджуються. Саме на них, через перші 20 хвилин і намерзаються шматочки льоду. Після цього основний резервуар нахилиється і вода зливається. Під час зливу води на випарник подається гаряча пара за допомогою соленоїдного клапана, крига відвалюється вниз, у контейнер.



Рис1. Установка льдогенератора

На стенді встановлені п'ять електронних термометрів із термопарами для в підб ору даних на холодильній машині; два манометри високого та низького тиску для наглядного огляду тисків у фреоновій системі холодильної машини.

Вмикання вентилятора конденсатора здійснюється за допомогою датчика із плати управління.

Кількість “льоду, що наріс”, на випарнику контролюється механізмом створення хвиль. На лівому краю встановлений магнітний датчик, при його зупинці вмикається соленіодний клапан і гарячий газ подається у випарник для відтавання льоду.

Регенеративний теплообмінник: капілярна трубка припаяна до фреонопроводу після випарника, чим реалізує охолодження рідкого холодильного агента та перегріву холодильного агента на ділянці від випарника до компресора.

На виготовленому стенді проведуться наукові дослідження за розробленою моделлю.

Наукові керівники доц Жихарева Н.В., доц.к.т.н. Козут В.О.

УДК 697.91.94.97

ЗАСТОСУВАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В СИСТЕМАХ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ ДЛЯ ЦЕХІВ КАПРОНОВОГО КОРДУ

Остапенко Д.В, магістрант ОНТУ

До промислових систем кондиціювання капронового корду можливо відносити обладнання, яке призначається для обслуговування площі від 300 м.кв. і має потужність від 25 кВт. Часто для організації кондиціювання промислової будівлі потрібна установка системи з достатнім рівнем надійності. Якщо планується використання обладнання в інтенсивному режимі, слід вибирати ті моделі, на які виробники дають більш високу гарантію.

В основному для промислового кондиціювання використовують каналні системи, стаціонарні і модульні конфігурації, центральні кондиціонери.

Найпопулярніші промислові системи кондиціювання:

«Чиллер-фанкойл». Працює на воді або антифризі. Основний охолоджуючий блок називається чиллером, а теплообмінники - фанкойлами. Відмітна риса промислового кондиціонера полягає в майже необмеженій відстані між цими двома елементами.

Центральні кондиціонери. Функціональні пристрої. Їх можна використовувати в якості системи вентиляції, зволожувача, охолоджувача і очищувача повітря. Промислові кондиціонери дозволяють створити оптимальний мікроклімат в габаритному об'єкті.

Дахові. Мають вигляд моноблока, що встановлюється на даху будівлі. Цей різновид промислових кондиціонерів здатна охолоджувати повітря, виконувати функцію вентиляції та підтримувати задані температурні параметри.

Мультизональні. Промислові системи кондиціювання повітря такого типу складаються з великої кількості внутрішніх блоків (до 64) і до 3 зовнішніх. При необхідності для кожного елемента задається певна температура. Це дозволяє створити індивідуальний мікроклімат в тому чи іншому приміщенні.

Прецизійні. Характеризуються можливістю високоточного підтримки заданої температури і вологості. Включають в себе внутрішній і зовнішній блоки. Потужність таких промислових кондиціонерів варіюється в межах 5-100 кВт.

Різноманітність агрегатів для промислового кондиціювання повітря досить велика. Це дозволяє купити той варіант, який підходить за ціною, технічними характеристиками і функціональними можливостями.

Вибір системи кондиціювання промислових об'єктів

Канальні системи зможуть забезпечити в будівлі охолодження повітря, опалення та рекуперацію тепла. Така установка може застосовуватися навіть у тих регіонах, де в зимовий період дуже низькі температури зовнішнього повітря. Опалення здійснюється за рахунок процесу рекуперації. Канальна система кондиціювання проста в експлуатації, а також її легко монтувати і обслуговувати.

Якщо площа промислового об'єкта не дуже велика, можна розглядати установку прецизійного кондиціонера. У цьому типі обладнання тепло передається за допомогою води або фреону. Прецизійні кондиціонери також не викликають труднощів при установці на промислових об'єктах.



Рис.1. Ефективна система кондиціювання приміщень виробництва

Якщо до чистоти повітря в приміщенні особливі вимоги, то помічником стане багатозальний кондиціювання. Застосовується найчастіше така система в лікарнях, музеях і т.д. При цьому параметри повітря підтримуються на певному рівні навіть з великою відстанню між внутрішнім і зовнішніми блоками.

Для кожного об'єкта бажано створювати індивідуальний проект вентиляції і кондиціювання. Тільки досвідчені фахівці зможуть оцінити всі нюанси будівлі і технічних вимог. Також слід уважно поставитися до установки і пусконаладке нового обладнання.

Зробивши аналіз систем кондиціювання повітря та особливості виробництва капронового корду ми застосовуємо центральну систему кондиціювання повітря з використанням повітрянагрівачів та повітроохолоджувачів ежекторного типу з використанням наукових розробок каф ХУКП (Когут В.О., Жихарева Н.В)

Інноваційні методи удосконалення системи кондиціювання повітря за допомогою контактних теплообмінників дозволяють понизити капітальні вкладення устаткування центрального кондиціонера модульного типу за рахунок зниження витрат на основне устаткування. Збільшити енергоефективність установки за рахунок раціонального використання часу роботи устаткування з високим споживанням електроенергії

\

Інформаційні джерела

1. Жихарева Н.В. Інноваційні технології кондиціонування повітря в нестаціонарних умовах. Монографія Одеса, ТЕС. 2022. – 264 с.
2. Спосіб нагрівання повітря. Патент на винахід №u 121838 / Когут В.О., Бабой Є.О., Талибли Р.Е., Жихарева Н.В., Хмельнюк М.Г., Дорошенко О.В., Заявка №u201907885 Публікація 27.07.2020 р , бюл. № 14.

Науковий керівник Жихарева Н.В .к.т.н . доц ОНТУ

УДК 621

ЛССР ТА ХОЛОДИЛЬНІ УСТАНТОВКИ *Сазанський А.Р., аспірант кафедри ХУКП ОНТУ*

Потенціал глобального потепління парникових газів – це індекс, що описує його відносну здатність уловлювати променисту енергію порівняно з вуглекислим газом, який має дуже довгий час існування в атмосфері згідно ASHRAE. Таким чином, кількісне визначення впливу викидів холодоагенту на клімат часто наводиться в еквіваленті викидів вуглекислоти. Багато холодоагентів, CFC (Chlorofluorocarbons), HCFC (Hydrochlorofluorocarbons), HFC (Hydrofluorocarbon), вуглеводні та вуглекислий газ, є парниковими газами. Нещодавно розроблені гідрофторолефінові (HFO) холодоагенти та їх суміші, як альтернативи існуючим HCFC та HFC холодоагентам з нижчим ПГП. Концепція ЛССР використовується для порівняння загального впливу на навколишнє середовище вибраних HFC з іншими рідинами та технологіями в холодильних установках, кондиціонуванні повітрі. Кліматичні показники життєвого циклу (ЛССР) можуть використовуватися для представлення загального еквівалента вуглекислого газу (CO₂e) холодильними системами, з прямими, та непрямими викидами ($E_{\text{прямі}}$, $E_{\text{непрямі}}$), які виникають під час експлуатації системи, її монтажу та демонтажу. Загальний еквівалент викидів вуглекислого газу (CO₂e) системи, ЛССР, визначається наступним чином:

$$LCCP = E_{\text{прямі}} + E_{\text{непрямі}} \quad (1)$$

Зараз змінюються нормативи. Міністерство енергетики в США [1,2] оголосило про нові правила, які набули чинності на початку 2023 року. Їх називають SEER2, що є аббревіатурою для останнього коефіцієнту сезонної енергоефективності. Мінімальний необхідний ККД збільшився на 8-10%, таким чином 70% поточних продуктів зараз не відповідають новим вимогам, а поточне обладнання потребує повторного тестування, переоцінки. Оновлення показників ефективності означає, що системи потребуватимуть менше енергії для їх роботи, що призводить до зниження витрат та стійкого майбутнього промисловості. Мінімальний SEER у 2023 році збільшено з 13 до 14. Цей перехід до SEER2 також включає підвищення ефективності для спліт-систем у системах кондиціонування повітря та теплових насосах. Важливо, щоб технічні спеціалісти з опалення, вентиляції та кондиціонування повітря почали звертати увагу на ці зміни, щоб у 2023 році вони були сумісними з SEER2.

Системи кондиціювання повітря повинні дотримуватися регіональних мінімальних показників ефективності та заходів тестування, щоб відповідати новим показникам SEER2. Для північних штатів усі кондиціонери повинні відповідати мінімальному рейтингу 14 SEER у 2023 року. На південному сході та південному заході мінімальний SEER залежить від розміру пристрою. Агрегати з потужністю менше 45000 BTU повинні мати принаймні 15 SEER. Пристрої потужністю понад 45 000 BTU вимагають мінімум 14,5 SEER. Прогнозується зростання цін у всіх напрямках, ціни на нове обладнання зростуть на 15-20%. При впровадженні нових енергетичних правил, витрати покладаються на споживача. Очікується, що підвищення ефективності систем кондиціювання повітря призведе до зменшення споживання енергії та збільшення економії для кінцевих користувачів, поточна економія електроенергії компенсує витрати та зменше вплив на навколишнє середовище.

Холодоагенти наступного покоління з невеликим потенціалом глобального потепління (GWP) і потенціалом руйнування озону включають аміак і тетрафторпропен. Через зростаючий попит на екологічно чисті виробничі процеси, потреба в холодоагентах нового покоління стрімко зростає. Двома холодоагентами наступного покоління з нульовим потенціалом руйнування озонового шару (ODP) і потенціалом глобального потепління є природні холодоагенти, гідрофторолефіни та інші.

Технологія під назвою «Кліматичні показники життєвого циклу» (LCCP), розроблена Університетом Меріленд-Коледж-Парк (UMCP) у співпраці з Інститутом технологій кондиціювання повітря, опалення та охолодження (AHRTI), може оцінити ефективність роботи типової комерційної холодильної установки з альтернативними холодоагентами та незначними модифікаціями системи для переведення системи на холодоагенти із низьким ПГП із покращеним LCCP у порівнянні з базовими системами.

Компанія Koura [3] розробила два холодоагенти: Koura Klea 473A та Koura Klea 456A. Koura Klea 473A може знижувати GWP із надзвичайною швидкістю +85% і ефективно працювати навіть у несприятливих умовах, таких як низькі температури. Навпаки, Koura Klea 456A є економічним на заміну 134a, який може зменшити GWP до 50%.

Література

1. Department of energy (2023) *Energy.gov*. Available at: <https://www.energy.gov/> (Accessed: April 19, 2023).
2. *Hispanics in Energy 2023 Energy Legislative Summit* (2023).
3. Research and Markets Ltd (2022) *Next Generation Refrigerants Market - global industry size, share, trends, opportunity, and forecast, 2018-2028 segmented by type (natural refrigerants, hydrofluoro olefins & others), by application, by end-use, by region and competition*, *Researchandmarkets.com*. Available at: https://www.researchandmarkets.com/reports/4846571/next-generation-refrigerants-market-global?utm_source=GNOM&utm_medium=PressRelease&utm_code=8v9r6g&utm_campaign=1802594+-+Next+Generation+Refrigerants+Global+Market+Report+2023%3a+Growing+Concerns+Around+Global+Warning+Boost+Sector&utm_exec=como322prd (Accessed: April 19, 2023).

Науковий керівник Хмельнюк М.Г. д.т.н. проф. кафедри ХУКП



АНАЛІЗ РОБОТИ РІЗНИХ ЗАПОБІЖНИХ КЛАПАНІВ ХОЛОДИЛЬНИХ УСТАНОВОК

*Макоцеба О.Є., магістрант ОНТУ., Гальченко К.Д., аспірант каф ХУКП ОНТУ
Наукові керівники Жихарєва Н.В .к.т.н . доц кафедри ХУКП ОНТУ Козут
В.О.,к.т.н.,доц. кафедри ХУКП ОНТУ*

У сучасних холодильних установках для захисту від високого тиску, який може з'явитися в аварійному режимі, застосовуються запобіжні клапани високого тиску різних типів. Конструкції цих клапанів не дозволяють швидко реагувати на гранично-допустимі тиски із застосуванням різних холодоагентів або сумішей вуглеводнів, що призводи до додаткового налаштування клапанів.

Цю задачу присвячена розробка універсального запобіжного клапана.

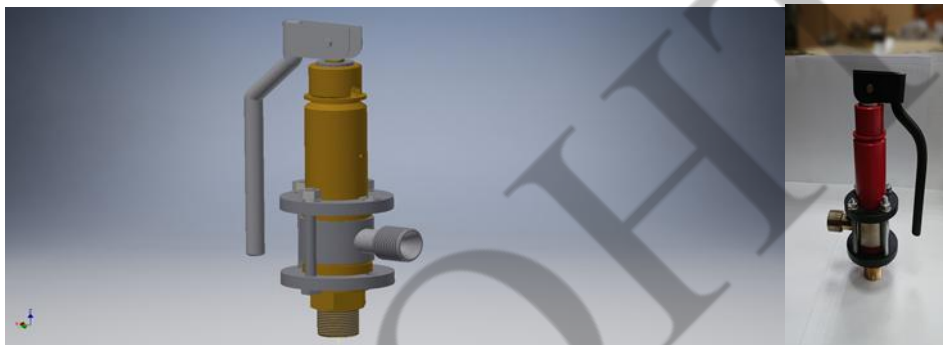


Рис 1 Запобіжний клапан високого тиску

На рис.1 показано 3D модель та фотографія розробленого універсального запобіжного клапана. На відміну від існуючих запобіжних клапанів. Клапан мембранного типу. Вхід газу здійснюється не знизу, а збоку під мембрану. Ця конструкція дозволяє з більшою швидкістю реагувати на відкриття та закриття клапана. Регулювання мембрани значно простіше, ніж інші регулятори запобіжного клапана, відповідного граничного тиску суміші вуглеводнів або холодоагенту. Запропонована технологія дозволяє скоротити собівартість універсального запобіжного клапана, а також поліпшити якість його роботи.

У сучасних холодильних установках для захисту від високого тиску, який може з'явитися в аварійному режимі, застосовуються запобіжні клапани високого тиску різних типів. Конструкції цих клапанів не дозволяють швидко реагувати на гранично-допустимі тиски із застосуванням різних холодоагентів або сумішей вуглеводнів, що призводи до додаткового налаштування клапанів.

Цю задачу присвячена розробка універсального запобіжного клапана.

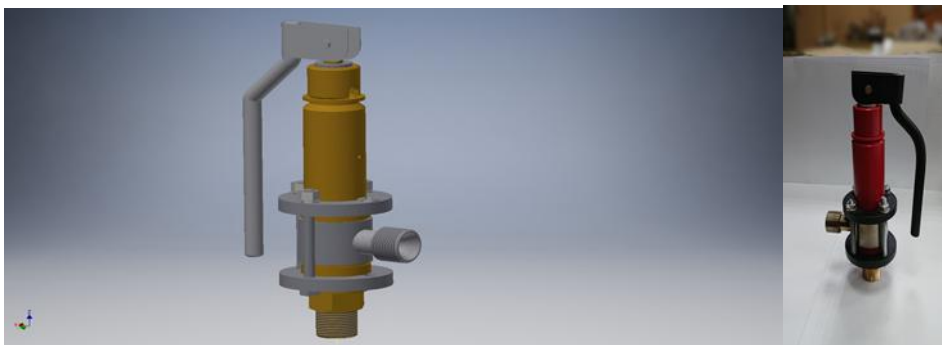


Рис 1 Запобіжний клапан високого тиску

На рис.1 показано 3D модель та фотографія розробленого універсального запобіжного клапана. На відміну від існуючих запобіжних клапанів. Клапан мембранного типу. Вхід газу здійснюється не знизу, а збоку під мембрану. Ця конструкція дозволяє з більшою швидкістю реагувати на відкриття та закриття клапана. Регулювання мембрани значно простіше, ніж інші регулятори запобіжного клапана, відповідного граничного тиску суміші вуглеводнів або холодоагенту. Запропонована технологія дозволяє скоротити собівартість універсального запобіжного клапана, а також поліпшити якість його роботи.



УДК 377.6. 62 : -16/17

АНАЛІЗ ЕНЕРГООЩАДЖЕННЯ В СИСТЕМАХ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

Куриленко В.О., студент ОР «бакалавр» ВСП «ОТФК ОНТУ», вул. Балківська, 54, Одеса, 65006, Україна

Бригадир Л.Г., викладач ВСП «ОТФК ОНТУ», вул. Балківська, 54, Одеса, 65006, Україна, vid.energo2020@gmail.com

Виконано математичне моделювання процесів зміни стану повітря в системах з ежекційними повітророзподільними пристроями та традиційних системах для теплового періоду року. Наведено результати математичного моделювання процесів зміни стану повітря. Наведено результати порівняльного аналізу енергоефективності в системах кондиціювання з ежекційними повітророзподільними пристроями та традиційних системах.

Ключові слова: математичне моделювання, ежекційні повітророзподільні пристрої, процеси зміни стану повітря.

Вступ: Розвиток ресурсозберігаючих конструкцій та технологій є актуальною проблемою як для будівництва в цілому, так і для систем забезпечення мікроклімату зокрема. Застосування ежекційних повітророзподільних пристроїв дозволяє значно спростити конструкцію систем кондиціювання повітря та зменшити їх енергоспоживання. Моделювання аеродинамічних режимів ежекційних повітророзподільних пристроїв наведено в [2].

Для оцінювання ефективності застосування систем вентиляції з ежекційними повітророзподільними пристроями необхідно виконати аналіз процесів зміни стану повітря та порівняти їх з традиційними системами. В зв'язку з тим, що визначальним для визначення

продуктивності системи кондиціювання є холодопродуктивність системи, аналіз необхідно виконати для теплого періоду[3].

Важливим фактором при оцінюванні енергоефективності систем є також порівняння споживання електроенергії на транспортування кондиційованого повітря.

Мета роботи: виконати порівняльний аналіз енерго- та ресурсоефективності систем кондиціювання з ежекційними повітророзподільними пристроями та традиційними системами для теплого періоду року.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

1. Виконати моделювання процесів зміни станів повітря у системах кондиціювання з ежекційними повітророзподільними пристроями та традиційних системах для теплого періоду року;

2. Виконати порівняльний аналіз результатів математичного моделювання процесів зміни станів повітря у системах кондиціювання з ежекційними повітророзподільними пристроями та традиційних системах, а також споживання холоду та електроенергії припливними вентиляторами систем.

Основна частина: В зв'язку зі значним діапазоном можливих процесів обробки повітря в системах кондиціювання для порівняльного аналізу систем кондиціювання було прийнято конкретне приміщення, а саме: перший поверх ІІ корпусу ВСП «ОТФК ОНТУ» загальною площею 600 м², об'єм приміщення 21000 м³.

Вихідні дані для розрахунку [1]: температура зовнішнього повітря $t_n = 27,0$ °С, ентальпія зовнішнього повітря $I_z = 61,0$ кДж/кг, температура внутрішнього повітря $t_b = 24$ °С, відносна вологість внутрішнього повітря $\phi = 50$ %, тепло надходження у приміщення $Q = 40$ кВт, кутовий коефіцієнт $\xi = 11200$ кДж/кг.

Визначимо температуру припливного повітря [1]:

$$t_n = t_b - \Delta t \text{ (}^\circ\text{C)}, \quad (1)$$

де Δt - допустима різниця температур між припливним та внутрішнім повітрям, $\Delta t = 7$ °С.

$$t_n = 24 - 7 = 17 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

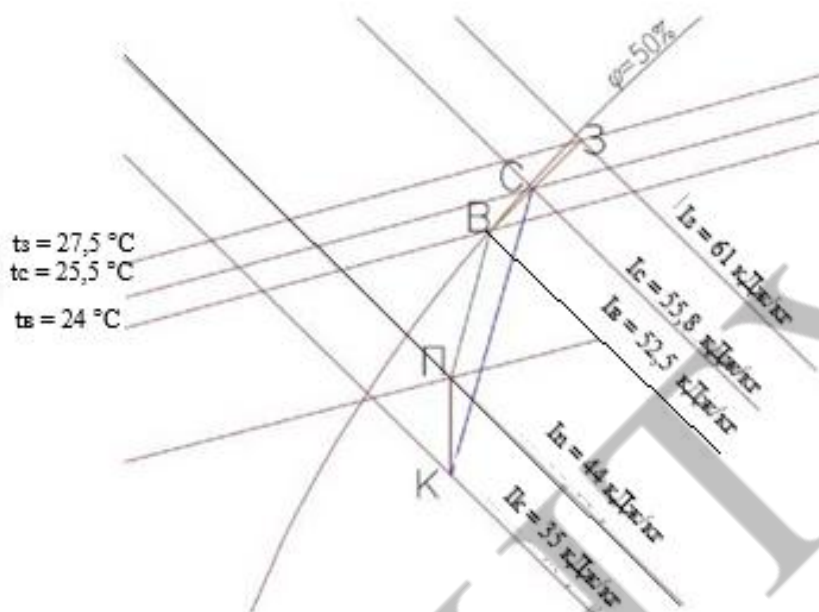
Визначимо продуктивність системи, необхідну для асиміляції теплонадходжень у приміщенні [1]:

$$G = \frac{Q}{(t_b - t_n) \cdot c} \quad (\text{кг/с}) \quad (2)$$

де c – питома теплоємність повітря, кДж/кгК.

$$G = \frac{40,0}{(24 - 17) \cdot 1,005} = 5,68 \text{ (кг/с)}$$

Для визначення витрат холоду та теплоти на здійснення процесу обробки повітря в теплий період для традиційної системи кондиціювання будемо процес зміни стану повітря на I-d діаграмі.



Мал. 1. I-d діаграма процесів зміни стану повітря у традиційних системах кондиціонування

Приймаємо систему кондиціонування з рециркуляцією. Процес рециркуляції буде позначатись лінією ВЗ. Параметри утвореної суміші зовнішнього та рециркуляційного повітря позначаються точкою С.

Визначимо кількість холоду, необхідну для охолодження повітря (процес З-К на діаграмі):

$$Q_x = 5,68 \cdot (55,8 - 35) = 118,2 \text{ (кВт)}.$$

Для можливості порівняння витрат електроенергії на транспортування кондиційованого повітря виконаємо підбір припливного вентилятора. Припливний вентилятор для традиційної системи кондиціонування може бути прийнятий із умови забезпечення тиску 300 Па в мережі. Цим параметрам відповідає вентилятор ВЦ 5-6 № 7,5 встановленою потужністю 3,0 кВт.

Продуктивність системи за санітарними нормами визначаємо за формулою [1]:

$$(3) \quad L = \sum n_{\text{л}} \cdot q_{\text{т}} \quad (\text{м}^3/\text{год})$$

де $n_{\text{л}}$ - кількість студентів, викладачів, тех.персоналу;

$q_{\text{т}}$ - питома тепловиділення від людей, Вт.

$$L = 126 \cdot 49 + 6 \cdot 70 = 6594 \text{ (м}^3/\text{год)},$$

$$G = 6594 \cdot 1,2 / 3600 = 2,2 \text{ (кг/с)}.$$

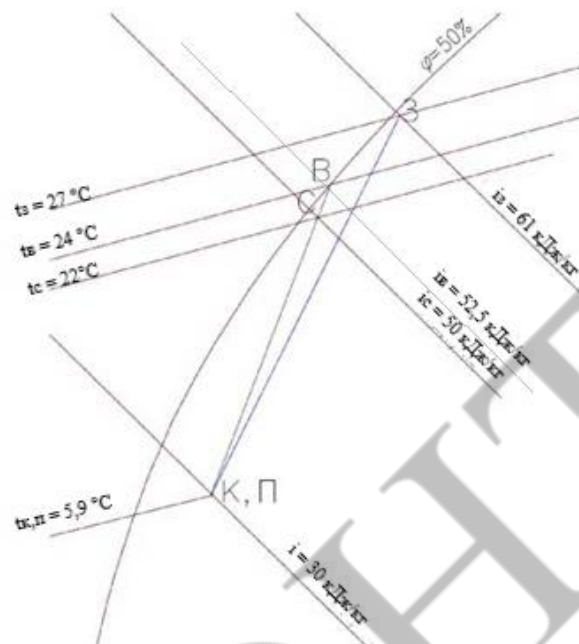
Визначимо температуру припливного повітря, необхідну для асиміляції теплонаходжень у приміщенні [1]:

$$t_{\text{п}} = t_{\text{в}} - \frac{q}{G \cdot c} \text{ (}^{\circ}\text{C)} \quad (4)$$

де $c_{\text{в}}$ - теплоємність повітря, 1,005 кДж/кг С;

$$t_{\text{п}} = 24 - \frac{40}{2,2 \cdot 1,005} = 5,9 \text{ (}^{\circ}\text{C)}$$

Для визначення витрат холоду та теплоти на здійснення процесу обробки повітря в теплий період для системи кондиціонування з ежекційними повітророзподільними пристроями будуюмо процес зміни стану повітря на I-d діаграмі.



Мал. 2. I-d діаграма процесів зміни стану повітря у системах кондиціонування з ежекційними повітророзподільними пристроями

Параметри повітря на виході з ежекційного повітророзподільного пристрою описуються на I-d діаграмі точкою С.

Визначимо кількість холоду, необхідну для охолодження повітря (процес 3-К на діаграмі) [1]:

$$(5) \quad Q_x = G(I_3 - I_K)(\rho V m),$$

де I_K - ентальпія повітря у точці К на діаграмі, кДж/кг;
 ρ - густина повітря, кг/м³.

$$Q_x = 2,2 \cdot (61 - 30) = 68,2 \text{ (кВт)}$$

Припливний вентилятор для системи кондиціонування з ежекційними повітророзподільниками може бути прийнятий із умови забезпечення тиску 300 Па в мережі та додаткового тиску 200 Па для забезпечення процесу ежекції в повітророзподільнику. Цим параметрам відповідає вентилятор ВЦ 4-5 № 6,3 зі встановленою потужністю 1,5 кВт.

Висновки:

- Вищенаведене моделювання процесів зміни стану повітря вказує, що система кондиціонування з ежекційними повітророзподільними пристроями є більш доцільною з економічної точки зору, так витрати холоду на процес обробки повітря знизились на 42 %.
- Загальні витрати електроенергії на припливний вентилятор для системи з ежекційними повітророзподільниками складуть ~50 % від традиційних систем.
- Матеріалоємність системи знизиться за рахунок зменшення перерізів повітропроводів на ділянках в зв'язку з меншою витратою повітря для системи з ежекційними повітророзподільними пристроями.

Список літератури

1. Пономарчук І. А. Вентиляція та кондиціонування повітря: Навчальний посібник / Пономарчук І. А., Волошин О. Б. - Вінниця: ВНТУ, 2004. 121 с.
2. Пономарчук І. А. Моделювання аеродинамічних процесів в ежекційному повітророзподільному пристрої / І. А. Пономарчук, Л. Д. Луценко // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. - 2012. - №2. - С. 107-109.
3. І.А. Пономарчук, Л.Д. Луценко. Порівняльний аналіз процесів зміни стану повітря в системах кондиціонування для теплого періоду. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві, №2, 2013р., 119-123.

УДК 621

ЕФЕКТИВНІСТЬ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ КАПРОНОВОГО КОРТУ

Хоцяновський С.Ю., магістрант ОНТУ, Березюк Д.В., бакалавр ОНТУ

Чернігівське Хімволокно єдиний в Україні виробник технічних та текстильних тканин та поліамідних гранулятів. Виробничі потужності заводу здатні забезпечити випуск до 50 т/добу капронових та до 36 т/добу анідних ниток та волокон. На сьогодні потужності заводу здатні переробити 65 тони капролактаму на добу; буде реалізовано проект, який дозволить збільшити цей показник до 160 тон. Складається з трьох виробничих підрозділів: виробництво «Капрон», виробництво «Анід», текстильно-галантерейний цех.

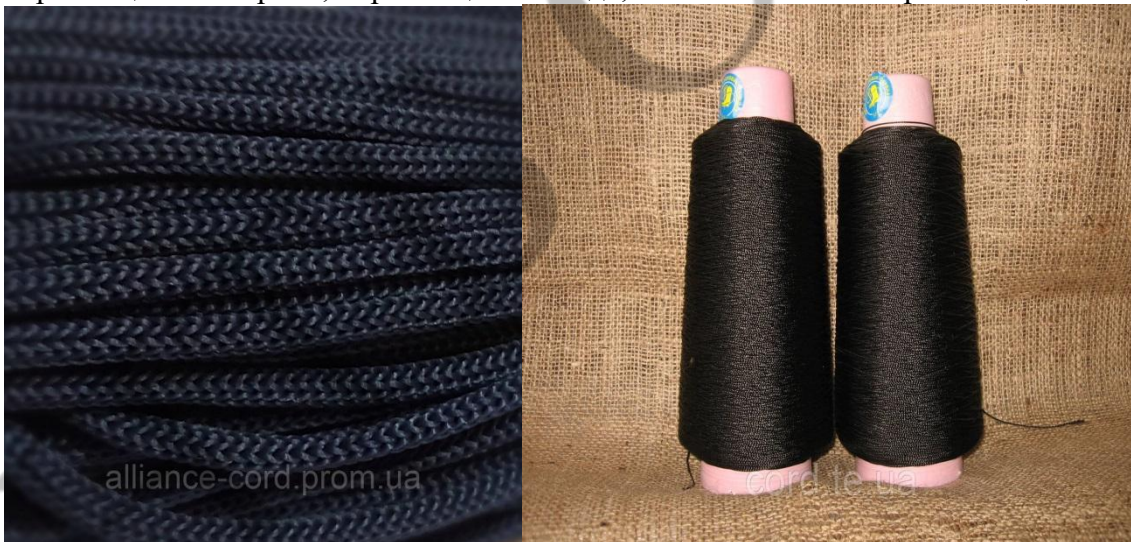


Рис.1.Виробництво капронового корду



Рис.2. Автомобільної гуми передбачає не використання волокон капронового корду. Радіальна конструкція автомобільної гуми передбачає не перехрещення волокон корду, а радіальне (меридіональне) розташування — нитки спрямовані в бік іншого борту.

Висока температура на виробництві всередині приміщення сприяє зниженню продуктивності; підвищеному потовиділенню; проблемам зі сном; появі слабкості.

Спеціалізовані - системи та обладнання для кондиціонування VRF на даний момент вважаються найдосконалішими серед обладнання, призначеного для кондиціонування приміщень. За допомогою такої техніки можна забезпечити достатньо ефективне обслуговування будівель значних площ. До подібної техніки пред'являються найвищі вимоги як на етапі виробництва, так і в процесі установки і експлуатації.

Щоб приміщення добре провітрювалось, а система кондиціонування повітря працювала коректно, слід вибрати обладнання, що підходить за параметрами і потужністю. Система кондиціонування виконує важливу функцію - фільтрує повітря, що, в свою чергу, благотворно впливає на здоров'я людини. В комплекті є фільтри:

Промислові системи кондиціонування дозволяють приводити до кліматичної норми показники повітря приміщень виробництва

Бібліографічний опис:

Боженко, М. Ф. Системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря будівель [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 142 «Теплоенергетика» / М. Ф. Боженко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 11,7 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 380 с. – Назва з екрана

Наукові керівники Жихарєва Н.В .к.т.н . доц кафедри ХУКП ОНТУ Козут В.О.,к.т.н.,доц. кафедри ХУКП ОНТУ

УДК 621.94

РОЗРАХУНОК СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ СУЧАСНИМИ МЕТОДАМИ

Іванов Д.В., бакалавр ОНТУ, Гітрук М.А бакалавр ОНТУ

Для вибору комплекту обладнання систем забезпечення мікроклімату в громадських об'єктах, що експлуатуються доцільно проводити відповідне математичне моделювання.

Удосконалення ефективності програми енергозбереження є однією з найважливіших державних завдань. Оптимізація (мінімізація) сумарної вартості капітальних і експлуатаційних витрат на забезпечення цілорічного мікроклімату в об'єктах громадського призначення є частиною цієї програми.

Чим краще тепловий захист приміщення, а це, як правило, означає більш високу вартість огорож, тим меншою продуктивності може бути активна система забезпечення заданого мікроклімату, що веде до зниження ціни і експлуатаційних витрат на її функціонування

У даній роботі розроблена і обґрунтована цільова функція спільної оптимізації сумарної величини капітальних і експлуатаційних витрат на тепловий захист приміщень і кліматичне енергозберігаюче обладнання протягом терміну їх експлуатації.

Практичне рішення задачі підвищення ефективності систем кондиціонування повітря залежить від математичного моделювання кліматичного режиму об'єкта, що дозволяє за короткий відрізок часу при невеликих витратах отримати значення цільової функції для варіантів комплектів обладнання спільно з варіантами теплового опору огорожень за час нормативного терміну експлуатації. В результаті повинні бути отримані терміни окупності варіантів енергозберігаючого обладнання і величини економії, отриманої після досягнення моменту окупності до закінчення нормативного терміну

Для проектування, підбору і оптимізації систем HVAC (heating, ventilating and air conditioning - опалювання, вентиляції і кондиціонування повітря) широко використовуються різні програми моделювання мікроклімату в приміщенні, що включають і розрахунки енергоспоживання. Результати розрахунків і моделювання, безперечно, залежать від вхідних параметрів, у тому числі граничних умов. Наявні вітчизняні нормативні документи містять, за нинішніми мірками, дуже обмежений набір даних, які до того ж давно не оновлювалися. Це не дозволяє на сучасному рівні займатися проектуванням систем HVAC і вирішувати завдання енергозбереження, тоді як підвищення енергоефективності стає одним з найактуальніших завдань у наш час.

Проте окремі пропозиції, спрямовані на підвищення енергоефективності будівель, мали місце. Так, наприклад, було запропоновано цікаве, наочне і порівняно нескладне рішення, ґрунтоване на поєднанні рішення за допомогою побудови процесів в діаграмі вологого повітря з різноманітною кліматичною інформацією. Це дозволяє оцінювати річну потребу в теплоті і холоді систем HVAC і визначити деякі техніко-економічні показники.

Проте, у світовій практиці ця пропозиція, як і ряд інших, не знайшла широкого застосування. Крім того, питання про джерела і репрезентативність початкових кліматичних даних не ставилося, що істотним чином впливає на точність і змістовність отриманих результатів. Енергоефективність будівель повинна розраховуватися відповідно до деякої стандартної методики, звідси слідує необхідність вибору і деталізації деякого "середнього" стандартного року.

Сучасні методи комп'ютерного моделювання, прикладом реалізації яких є системи EnergyPlus в США, RETScreen в Канаді та ін., вимагають достовірних почасових метеорологічних даних за один рік. Цей набір даних повинен включати: температуру приземного повітря (DBT - drybulb temperature - температуру по сухому термометру, °C), загальну сонячну радіацію (GSR - global solar radiation, Вт/м²), відносну вологість (RH - relative humidity, напрям і швидкість вітру (WS - wind speed, м/с).

Необхідно відзначити, що енергозбереження найбільш ефективно, якщо воно проводиться на всіх стадіях життєвого циклу об'єкта. від вибору на етапі проектування кліматичного обладнання та величини теплового опору огорожень, опрацювання доцільності використання поновлюваних джерел енергії, об'єктивного і

висококваліфікованого енергоаудиту за результатами першого року експлуатації і енергоменеджменту до моменту капітальної модернізації об'єкта або його повної зупинки перед утилізацією обладнання.

У цьому ключі за результатами першого року експлуатації бажано порівняти витрати електроенергії за лічильником з результатами розрахунків, що зумовили вибір енергозберігаючого обладнання і співвідношення витрат на пасивні (огорожі) і активні (обладнання) засоби забезпечення мікроклімату об'єкта.

За результатами додаткового математичного моделювання, з урахуванням фактичних витрат енергії за перший рік роботи, можуть бути прийняті рекомендації, наприклад, по установці додаткового енергозберігаючого обладнання, посилення теплоізоляції огорожень, скорочення періоду між чистками фільтра і т.д. За останні 30 років було запропоновано декілька варіантів наборів таких даних - reference year, які можна перевести як "еталонний рік" або "довідковий рік". До недавнього часу при формуванні контрольного кліматичного року використовувалися тільки щоденні значення параметрів. Розвиток комп'ютерної техніки дозволив використати для розрахунків почасові значення кліматичних параметрів і значно підвищити якість математичного моделювання.

Найпростішим типом бази даних є ряд довгострокових середніх щомісячних параметрів. Саме такого роду дані приведені у вітчизняних нормативних документах, що, як говорилося вище, не відповідає сучасним вимогам до рішення завдань енергозбереження. Тому такі параметри часто використовуються тільки як перевірочні, коли пропонуються нові набори даних для моделювання і енергетичних розрахунків.

У Північній Америці одним з самих ранніх (1976 р.) почасових наборів погодних даних став «Довідковий рік» (test reference year - TRY), розроблений NCDC (National Climatic Data Center) для використання в моделюванні і розрахунках. Проте початкові дані TRY не включали сонячного випромінювання. Іншою слабкістю був метод вибору даних TRY. Метод послідовно виключав роки з місяцями, що мали екстремально високі або низькі середні температури. Ми використовуємо засоби математичного моделювання спільної оптимізації теплового захисту залу і рекуператора припливно-витяжної системи кондиціонування на ранній стадії проектування для приміщення, в якому цілий рік підтримується мікроклімат.

Розроблена модель розрахунку оптимізації капітальних і експлуатаційних витрат на розглянуті варіанти комплектів теплозахисту і енергозберігаючого обладнання за величиною цільової функції з використанням цільової функції. На прикладі розглядається спільна оптимізація теплового захисту залу і рекуператора припливно-витяжної системи кондиціонування на ранній стадії проектування для приміщення, в якому цілий рік підтримується мікроклімат м.Київ. За розробленою програмою отримане оптимізоване енергоефективне обладнання рекуператора LGH-50RX5-E зі строком окупності 3,2 рока при оптимізованій товщині ізоляції 0,07, які забезпечують мінімальне значення цільової функції.

Результати математичного моделювання дозволяють визначити по середньомісячним зовнішнім температурам енергоефективне обладнання, яке при оптимальній товщині ізоляції огорожень, забезпечує мінімум витрат та мінімальний строк окупності. На основі розробленої програми, можливо, оцінити кліматичне обладнання для будь-якого регіону і вибрати оптимальне з врахуванням доцільно-економічної товщини ізоляції.

Нами розглянуті різні підходи до моделювання систем кондиціонування повітря.

Наукові керівники Жихарєва Н.В .к.т.н . доц кафедри ХУКП ОНУ Козут В.О.,к.т.н.,доц. кафедри ХУКП ОНУ

УДК 621.94

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ПРЕЗИЦІЙНИХ КОНДИЦІОНЕРІВ

Тимошевський В.В. магістрант ОНТУ, Свящук В.О. бакалавр ОНТУ, Шварц І.О. магістрант ОНТУ

Прийнято вважати, що кондиціонер – найбільш зручний пристрій для підтримки необхідної температури в магазинах, квартирах, коворкінг, кафе та інших громадських місцях, що знаходяться в будівлях. Це дійсно так. Але деякі моделі такого обладнання застосовуються також і для обслуговування об'єктів, де потрібні надточні показники температури. Як правило, для роботи електронної техніки. Для таких цілей існують прецизійний кондиціонер.

Прецизійні кондиціонери використовують і вдома, і в громадських місцях. Устаткування відрізняється високою точністю і ефективністю

У прецизійних кондиціонерів принцип роботи залежить від площі і особливостей виробництва. Вони можуть бути:

шафові; стельовими; моноблоковими.

У деяких випадках кондиціонування приміщень повинно забезпечувати надточні параметри повітря з мінімальними відхиленнями від необхідних значень. Коли звичайний кондиціонер не може впоратися з таким завданням, то використовуються так звані прецизійні кондиціонери. Назва обладнання походить від слова «precision», що в перекладі означає «точний». Дані кондиціонери обладнані різними типами систем мікропроцесорного управління і здатні підтримувати в приміщенні точні параметри як по температурі, так і по вологості.



Рис.1. Схема прецизійного кондиціонера

Основні переваги прецизійних кондиціонерів:

- Точність контролю і управління температури (+ 1 ° C) і вологості (+ 2%);
- Надійність роботи при безперервній експлуатації;
- Можливість роботи в широкому діапазоні температур зовнішнього повітря;
- Простота монтажу та обслуговування;
- Основні компоненти кондиціонера розташовані у внутрішньому блоці, доступ до яких забезпечується з лицевої сторони кондиціонера;

- Повна сумісність з системами диспетчерського контролю і системами управління мікрокліматом будівлі.

Комплектація будь-якого прецизійного кондиціонера складається з урахуванням параметрів повітря, які необхідно забезпечити в приміщенні. У систему кондиціонування включаються теплообмінники, вентилятори, компресори, повітроводи, зволожувачі повітря, блок управління системою і різноманітні датчики. У більшості випадків прецизійний кондиціонер – це шафа, хоча зустрічаються і настінні моделі, які незамінні в приміщеннях з обмеженим вільним простором. Виділяють прецизійні кондиціонери з фреоновим, водяним і змішаним типом охолодження.



Рис2. Розподіл повітря у прецизійного кондиціонера

Фреоновий кондиціонер охолоджує повітря за допомогою холодильного контуру з фреоном і двох теплообмінників, при цьому випарник і конденсатор можуть розміщуватися як в межах одного корпусу, так і в різних блоках (внутрішньому і зовнішньому). У водяних кондиціонерах охолодження здійснюється за допомогою води або водного розчину гліколю і зовнішньої системи (чиллера). Кондиціонери з водяним охолодженням конденсатора не мають теплового насоса, але режим обігріву в цих моделях може забезпечуватися при використанні вбудованих електронагрівачів. Вони простіші по конструкції, більш мобільні за своїм розташуванням, так як можуть встановлюватися практично в будь-якій точці приміщення, куди можна підвести охолоджуючу воду. Крім того, кондиціонери з водяним охолодженням конденсатора мають меншу вартість у порівнянні з прецизійними кондиціонерами з повітряним охолодженням. Основна проблема в разі застосування прецизійних кондиціонерів з водяним охолодженням – необхідність використання системи оборотного водопостачання (системи охолодження води, що циркулює через гарячий конденсатор). Моноблочні кондиціонери включають всі необхідні елементи і являють собою компресорно-конденсаторні випарні секції, об'єднані в єдиному корпусі (моноблоці). Змішаний тип кондиціонерів працює за допомогою фреонового підводу води.

У конденсаторній секції розташовуються компресор і конденсатор, а в випарній звичайно випарник, терморегулюючий клапан, вбудований пульт управління і автоматика.

Варто відзначити наявність в прецизійних кондиціонерах енергозберігаючої системи вільного охолодження (Free Cooling). У тому випадку, коли знижується температура зовнішнього повітря, воно подається в кондиціонер і використовується для охолодження внутрішнього повітря. При цьому компресор переходить в економний режим роботи або

може відключитися зовсім. Таким чином, не тільки зростає термін експлуатації прецизійного кондиціонера, але і скорочується споживання енергії.



Рис3. Застосування прецизійного кондиціонера

Найчастіше прецизійні кондиціонери можна зустріти в приміщеннях з великою кількістю технологічного обладнання, яке характеризується високим рівнем питомих тепловиділень. Таке обладнання в більшості випадків негативно реагує на незначні коливання температури і вологості повітря, внаслідок чого скорочується його експлуатаційний термін і виникають збої в його роботі.

Саме прецизійні кондиціонери з високою ефективністю забезпечують оптимальні параметри з найменшим відхиленням, а також виключають випадки перегріву технологічного обладнання.

Основними областями використання прецизійних кондиціонерів стали станції фіксованої телефонії, центри, станції і телекомунікаційні вузли мобільної телефонії, серверні кімнати, а також медичні лабораторії і центри з високоточним обладнанням.

*Наукові керівники Жихарєва Н.В. к.т.н.,доц. кафедри ХУКП ОНТУ, Козут В.О.
к.т.н.,доц. кафедри ХУКП ОНТУ*

СЕКЦІЯ №2 –НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНІ ХОЛОДИЛЬНІ І КРІОГЕННІ МАШИНИ ТА УСТАНОВКИ, КОГЕНЕРАЦІЯ

ОГЛЯД ОСТАННІХ ДОСЯГНЕНЬ У ТЕХНОЛОГІЯХ ЗБЕРІГАННЯ НИЗЬКОПОТЕНЦІЙНОГО ТЕПЛА

Басов А.М., аспірант, асистент кафедри кріогенної техніки ОНТУ

Споживання енергії викликає тривогу і має негативні глобальні наслідки. Звіти про майбутній попит на енергію прогнозують зростання на 18% для розвинених країн і на 71% для країн, що розвиваються, до 2040 року. Тривале використання викопного палива для виробництва енергії загрожує життю людей та екосистемі. Ці фактори спонукають зацікавлені сторони зменшити свою залежність від традиційних невідновлювальних джерел енергії. Екологічно чистих енергетичних ресурсів багато і безпечно для майбутнього. Тому важливо досліджувати стійкі джерела, такі як енергія вітру, сонячна енергія та енергія біомаси, які мають достатній потенціал для задоволення енергетичних потреб.

Сонячна енергія надійна і доступна у використанні в порівнянні з іншими енергетичними ресурсами. Сонячна енергія може бути трансформована в теплову енергію. Споживання теплової енергії від сонця прийнято в усьому світі, і з цього приводу проводилися інтенсивні дослідження. Сонячна теплова енергія має численні застосування, включаючи дистиляцію та опріснення води, побутові системи водяного опалення, теплові виробничі процеси і як джерело первинної енергії у тепловикористальних термотрансформаторах [1].

Інноваційна інтегрована в абсорбційний термодинамічний цикл система акумуляції забезпечує відмінну надійність і підвищує його ефективність. У наукових дослідженнях в різних країнах зроблено багато спроб розробити ефективні системи зберігання теплової енергії. Однією з розробок є схемно-циклове рішення системи тригенерації з живленням від сонячної установи та акумуляцією тепла різного потенціалу, що оприлюднено є роботі [2]. Сонячний комплекс з абсорбційною машиною оснащений акумуляторами високопотенційного тепла тривалого зберігання, низькопотенційного тепла добового зберігання, акумулятором холоду та сезонним для опалення. Така система забезпечує цілорічну сталу генерацію та зберігання енергії.

Первинний механізм у всіх систем акумуляції тепла однаковий. Етапи, пов'язані з використанням теплової енергії, включають зарядку, зберігання та розрядку. Основні варіації передбачають кількість накопиченої енергії та вибір методів зберігання. Ще одним аспектом, пов'язаним з системою теплового зберігання, є температурний вихід. Системи зберігання класифікують як низько-, середньо- та високотемпературні системи зберігання. Тип системи зберігання вибирається, виходячи з її температурного виведення. Низькотемпературний діапазон t визначається різними авторами, який $< 120\text{ }^{\circ}\text{C}$, тоді як інші розглядали температуру $< 200\text{ }^{\circ}\text{C}$

На думку більшості науковців сорбційна технологія є перспективним підходом для ефективного зберігання теплової енергії і може бути використана для широкого спектру операцій. Крім того, його вигідні властивості зберігати теплову енергію з високою густиною енергії та мінімальними тепловтратами роблять його найкращим вибором серед різних механізмів зберігання.

Сорбційні технології базуються на рідино-абсорбційних матеріалах [3]. Тепло зберігається як хімічний потенціал розчину. Для різних застосувань були запропоновані різні абсорбційні робочі пари; вони зберігають енергію як потенціал рідкого розчину. На жаль, жоден абсорбційний матеріал не володіє всіма згаданими вище властивостями, які спонукали дослідників до пошуку оптимальних робочих пар поглинання. Для сорбційної системи робочі пари абсорбції поділяються на основі абсорбенту, а саме солей, гідратів солі, аміачної та іонної рідкої основи. Робочі пари на водяній основі широко використовують завдяки своєму екологічному характеру, легкій доступності, економічності та високій теплоті змішування. [4]

Були обговорені різні конструкції та компонування сорбційних системи акумуляції тепла. Відкрита сорбційна система зберігання має високу ефективність і є більш надійною в плані своїх складових. Конструкція замкнутої сорбційної системи реактора є ключовим фактором зниження тепловтрат від системи та підвищення загальної продуктивності системи. Доведено, що у сорбційних систем зберігання тепла все ще існує багато проблем, включаючи низьку енергетичну ефективність, густину енергії, складні компоненти та кристалізацію.

Отже, необхідні постійні дослідження для розробки стабільної і високоефективної системи теплового зберігання з використанням низькотемпературних джерел енергії. Крім того, потрібна технологія проектування системи з простою структурою і високою густиною енергії.

Список інформаційних джерел

1. Tian, Y.; Zhao, C. A review of solar collectors and thermal energy storage in solar thermal applications. Appl. Energy 2012, 104, 538–553.
2. Морозюк, Л.І., Басов, А.М. (2022). Комерційний холод як компонент тригенерації розподіленої енергетики. Refrigeration Engineering and Technology, 58(1), 12-20.
3. Yu, N.; Wang, R.; Wang, L. Sorption thermal storage for solar energy. Prog. Energy Combust. Sci. 2013, 39, 489–514.
4. Sun, J.; Fu, L.; Zhang, S. A review of working fluids of absorption cycles. Renew. Sustain. Energy Rev. 2012, 16, 1899–1906.

*Науковий керівник: Морозюк Л.І., д.т.н., професор
кафедри кріогенної техніки ОНТУ*

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ НАПОРІВ В АПАРАТАХ ТЕПЛОВИКОРИСТАЛЬНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИН

Псарьов С. О., аспірант кафедри кріогенної техніки ОНТУ,

Куколев А.К. аспірант кафедри екоенергетики, термодинаміки та прикладної екології ОНТУ

Економічність абсорбційного термотрасформатора (АТТ) залежить від температурних папорів в апаратах. Зі збільшенням температурного напору потрібна поверхня теплообміну апарату зменшується і, отже, скорочуються капітальні витрати. Одночасно зростає зовнішня необоротність процесів теплопередавання, що у більшості випадків призводить до підвищення витрати енергії охолоджуючого середовища. Приймаючи до уваги такі

залежності, існують температурні напори, за яких досягається оптимальна економічність термотрансформатора.

Питання вибору температурних напорів у компресорних термотрансформаторах (КТТ) викладено у багатьох наукових публікаціях. Для АТТ їх значно менше. Тим часом специфіка АТТ не дозволяє вирішувати питання оптимізації за аналогією з КТТ.

Звернемося до циклу простої одноступеневої абсорбційної холодильної машини у взаємодії з температурами зовнішніх джерел та температурними напорами в апаратах (рисунок 1)

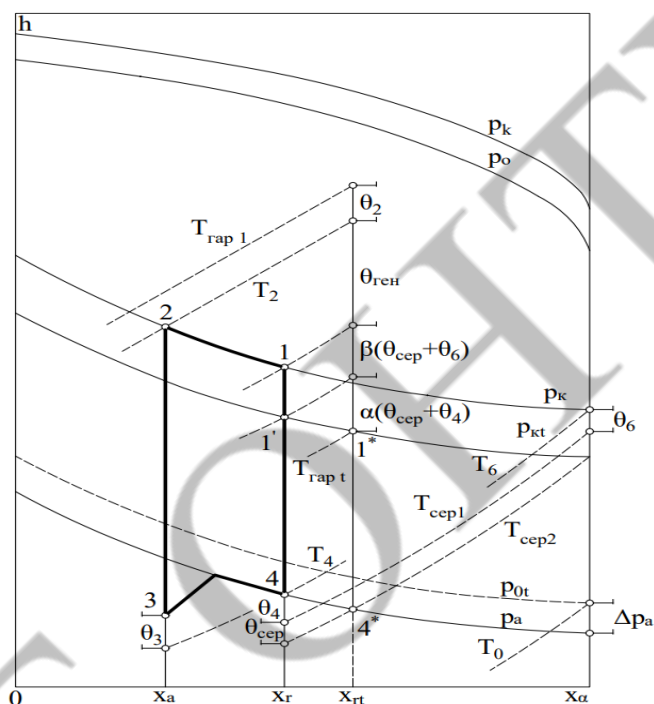


Рисунок 1. Процеси в абсорбційній машині у діаграмі h-x: 1-2 у генераторі. 2-3 та 4-1 у теплообміннику розчинів, 3-4 в абсорбції

Тут температура теплоносія на вході в генератор позначена T_{gap1} , температури охолоджуючого середовища в конденсаторі T_{sep1} і T_{sep2} , температура кипіння у випарнику T_o . напір температур на гарячому кінці генератора θ_2 , холодному кінці теплообмінника θ_3 , на холодному кінці абсорбера θ_4 , найменший напір в конденсаторі θ_6 , підігрів води в конденсаторі $\theta_{sep} = (T_{sep2} - T_{sep1})$. Пропонується послідовне охолодження конденсатора та абсорбера. Якщо прийняти постійну різницю тисків $(p_o - p_a)$ у випарнику та абсорбері у всіх режимах, то відрізок 1*-4* визначає граничний цикл розчину. Такий цикл відповідає машині з нескінченно великими теплопередавальними поверхнями апаратів і нескінченно великими витратами циркулюючого розчину. У граничному циклі температура кипіння розчину в генераторі збігається з теоретично найбільш низькою температурою теплоносія T_{gap1} . У дійсному циклі температура теплоносія T_{gap1} вище T_{gap1} . Різниця $\theta_{sum} = (T_{gap1} - T_{gap1})$ дає можливість отримати кінцеві напори температур в апаратах і напір температур у генераторі θ_2 , $\theta_{gen} = (T_2 - T_1)$.

Сумарний температурний напір в апаратах становить

$$\theta_{sum} = \theta_{gen} + \theta_2 + \alpha(\theta_{sep} + \theta_4) + \beta(\theta_{sep} + \theta_6) .$$

Тут α β - коефіцієнти, що враховують вплив різниці тисків та концентрацію міцного розчину та напори в апаратах

При заданому температурному режимі у машині напори в апаратах взаємозв'язані, з зміною одного з них змінюються і інші або змінюється інтервал температур у генераторі. Очевидно, що вибір усіх температурних напорів повинен узгоджуватися з параметрами граничного циклу. Щоб уникнути визначення параметрів граничного циклу методом послідовного наближення, при визначенні величини $T_{гарт}$ можна використовувати класичні обмеження при формуванні циклів тепловикористальних термотрансформаторів. Три температурних рівня в одноступеневих АТТ взаємопов'язані так, що тільки два можуть бути обрані довільно, третій - завжди є функцією будь-яких двох. Залежність $T_{гарт}$ може бути наданою у вигляді функції температур $T_{хол}$ та $T_{сер}$ за рівнянням у роботах[1,2].

Теплопередавальна поверхня будь-якого апарату залежить від середнього напору температур θ_m . а через теплове навантаження - напір температур у інших апаратах. Для визначення оптимальних напорів температур в апаратах необхідно звернутися до розрахунку капітальних та експлуатаційних витрат у кожному апараті.

Список інформаційних джерел

1. Stierlin H. Beitrag zum Theorie der Absorptionkaeltemaschinen // Kaeltechnik.- 1964. Vol.16.- P. 213-219.
2. Морозюк, Л., & Куколев, А. (2021). Огляд схем та циклів абсорбційних холодильних машин комерційного призначення малої енергетики. Refrigeration Engineering and Technology, 57(4), 210-217. <https://doi.org/10.15673/ret.v57i4>.

Наукові керівники:

Косой Б.В., д.т.н.,

професор кафедри екоенергетики, термодинаміки та прикладної екології ОНТУ

Морозюк Л.І., д.т.н.,

професор кафедри криогенної техніки ОНТУ

АНАЛІЗ СХЕМ ПОЛІГЕНЕРАЦІЇ З КОМБІНОВАНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ПЕРВИННОЇ ЕНЕРГІЇ

Шумський О.А., аспірант кафедри екоенергетики, термодинаміки та прикладної екології ОНТУ

Одночасне перетворення різних форм енергії при виробництві інших побічних продуктів з використанням відновлюваних джерел енергії та викопного палива системами полігенерації є сучасною і привабливою технологією. Через зростаючі проблеми, пов'язані з обмеженістю ресурсів більшості традиційних видів енергії та їх негативним впливом на навколишнє середовище, підвищується привабливість систем полігенерації, в основному завдяки можливості їх інтеграції з відновлюваними джерелами енергії. На сьогоднішній день використання сонячного випромінювання у якості джерела енергії в системах комбінованого виробництва тепла, холоду, та електроенергії оцінюється як ефективне рішення більш

екологічно чистих та ефективних технологій як для цивільного [1] так і для промислового [5] застосування.

Зазвичай у системах полігенерації комбіноване виробництво тепла, холоду та електроенергії здійснюється за рахунок використання первинних джерел енергії (природний газ, викопне паливо та ін.) та вторинних (сонячна радіація). Так, наприклад, у запропонованій схемі [2] природне паливо використовується для генерації електроенергії у двигуні внутрішнього згоряння з наступною утилізацією вторинного тепла циклу в абсорбційному тепловому насосі для отримання холоду або тепла. Вторинне джерело енергії (сонячна енергія) забезпечує підвищення ефективності системи. Однак зустрічаються схеми, у яких сонячна енергія навпаки використовується як первинне джерело енергії. Так авторами [3-5] сонячна енергія перетворюється у теплову та відводиться до систем генерації електроенергії або до виробничого процесу, де є можливість за рахунок утилізації вторинного тепла циклу виробляти тепло більш високого потенціалу та холод.

Розглянуті схеми пов'язані між собою системами рекуперації, що використовуються для утилізації тепла. Так в роботі [2] вихлопні гази віддають частину відпрацьованого тепла на підвищення температури води у контурі сонячних колекторів. Автори [3] пропонують використовувати частину енергії перегрітої пари на виході турбіни для підігріву холодного потоку після конденсатора. В роботі [4] теплоносій високотемпературного контуру віддає частину енергії для підігріву робочої рідини низькотемпературного контуру.

Ключову роль у дослідженнях займає вирішення проблеми впливу акумулятора енергії на ефективність роботи комбінованого циклу в парі із сонячними колекторами. Для реалізації таких гібридних систем необхідний складний процес оптимізації та управління окремими елементами схеми та потоками енергії. З іншого боку, існує негативний ефект на працездатність та ефективність системи в ті періоди року, коли теплової енергії від акумулювання сонячної енергії недостатньо для реалізації циклу.

Таким чином, використання сонячного тепла в якості джерела енергії є ефективним рішенням, але це потребує застосування систем акумуляції або додаткових джерел енергії. Крім того, ефективність таких систем залежить від періоду року. Також важливим фактором є залежність виробництва теплової енергії від кінцевого споживача [1] – змінна потреба споживача у використанні теплової енергії протягом року впливає на загальну ефективність системи, що потребує рішення відповідної задачі оптимізації.

Перелік джерел посилання

1. Facci AL, Krastev VK, Falcucci G, Ubertaini S. Smart integration of photovoltaic production, heat pump and thermal energy storage in residential applications. Solar Energy. 2018;
2. Wang, J.J., Chen, Y.Z., Lior, N., Exergo-economic analysis method and optimization of a novel photovoltaic/thermal solar-assisted hybrid combined cooling, heating and power system. Energy Conversion and Management. 2019;
3. Bellos E, Tzivanidis C. Parametric analysis and optimization of a solar driven trigeneration system based on ORC and absorption heat pump. Journal of cleaner production. 2017;
4. Boyaghchi FA, Chavoshi M. Monthly assessments of exergetic, economic and environmental criteria and optimization of a solar micro-CCHP based on DORC. Solar Energy. 2018;
5. Ishaq H, Dincer I, Naterer G. Development and assessment of a solar, wind and hydrogen hybrid trigeneration system. International Journal of Hydrogen Energy. 2018;

*Науковий керівник: Косой Б.В., д.т.н.,
професор кафедри екоенергетики, термодинаміки та прикладної екології ОНТУ*

THERMODYNAMIC ANALYSIS OF AN ETHANE RELIQUEFACTION PLANT WITH INTEGRATION INTO THE FUEL SYSTEM OF THE POWER PLANT OF GAS TANKERS OF THE VLEC TYPE

Yefymenko Oleksandr, PhD student, Department of cryogenic technique Odesa National University of Technology, Feshchuk Oleksandr, Commissioning Engineer/Gas Trial Engineer, Energy Marine Technology Babcock International Group Scotland U.K.

Ethane (C_2H_6) belongs to the group of liquefied natural gases NGL (Natural Gas Liquids) and is used as a feedstock in the petrochemical industry. The rise of the capacity of ethane production in the USA has given this chemical a price advantage against oil and made it a viable export commodity. For transportation over long distances by sea, ethane must be cooled to $-89.9^{\circ}C$, compressed to high pressure, or both. These factors limit the types of vessels capable of transporting the liquid product. Of the existing gas carrier fleet, only ethylene carriers (LEGs) were capable of transporting ethane. Due to the excess production of shale gas around the world, demand from petrochemical plants for cheap ethane has increased. This has led to the development of innovative vessel designs that allow the transport of ethane to a larger capacity. Such vessels are called VLEC (Very Large Ethan Carrier) – these are deep-sea vessels specially designed for transporting liquefied ethane over long distances.

Concerning the establishment of environmental regulations, in particular, the International Maritime Organization (IMO) sulfur oxide emissions control act of 2020 [1], NGL is recognized as a potential transition fuel to a carbon-free fuel. The current IGC Code allows the use of non-toxic gas cargoes as fuel. The physical and chemical properties of ethane make it a good transportation fuel. Combustion of ethane results in lower emissions of SO_x , CO_2 , and particulate matter compared to the combustion of HFO. Since VLEC already carries ethane on board, they are equipped with a MAN ME-GIE two-stroke dual-fuel engine running on ethane fuel. Some of the problems and solutions needed to prepare a ship for fuel gas operation are related to the design of the fuel gas supply system (FGSS). The main purpose is to design an efficient FGSS capable of handling and supplying the exhaust gas to the MEGI engine and the gensets under various operating conditions. Babcock LGE, a global leader in cargo handling and fuel gas supply systems for the LPG markets, has developed innovative solutions to transform the ethane market, delivering significant operating cost savings over traditional VLEC material handling systems. Using existing technologies in BOG reliquefaction systems such as SuperCoolerTM, VentGasCooler (VGCTTM) and ecoETHNTM Babcock integrates the reliquefaction system with the fuel gas supply system, reliquefying methane-enriched BOG that can be used as fuel for the main engine and auxiliary power generators to increase plant capacity and save energy.

According to the manufacturer, this reliquefaction system provides a significant increase in the performance of ethane carriers, including increased reliquefaction capacity, which reduces greenhouse gas emissions, provides the vessel with significant savings in operating costs, and due to fewer hours of operation of the cargo handling system, also reduces the maintenance frequency.

[2]. Such statements, published in Babcock LGE promotional products, are interesting and relevant for the study.

The work aims to determine the characteristics of individual processes of the ethane reliquefaction unit, integrated into the fuel gas supply system of the gas tanker VLGC “GAS BLUEBONNET” [3] based on the development of methods for studying thermodynamic efficiency, analysis, and sea trials. Based on the study results, one can judge the prospects for introducing Babcock LGE technologies and the high energy efficiency of the cycle.

The reliquefaction plant is a direct cargo liquefaction system that operates in a cascade cycle. The working fluid of the bottoming stage of the cascade is the cargo itself – ethane (R170). The working fluid of the topping stage of the cascade is propylene (R1270).

The Ethane Fuel Gas Supply System (Ethane FGSS) is designed to supply ethane at the required pressure, temperature, and flow rate to a gas valve train (GVT) supplied by the main engine manufacturer. The Ethane FGSS system consists of low-pressure (LP) pumps, a low-pressure filter, a high-pressure (HP) pump, an evaporation unit, and ancillary systems including a fresh water (FW)/glycol system.

Basic information about the vessel is shown in Table 1.

Table 1. Basic information about the target vessel

Parameter	Values
Cargo capacity	99,000 m ³
Main engine	MAN ES 6G60ME-C9.5-GIE with HP SCR
Specified max. continuous rating (SMCR)	13,972 kW
Normal continuous rating (NCR)	12,575 kW
Fuel delivery temperature at GVT	+45°C ± 10°C
Fuel delivery pressure at the GVT gas valve train	380 barg
Fuel gas consumption at NCR	1881 kg · h ⁻¹
Fuel gas	Ethane
BOG from cargo tanks	2970 kg · h ⁻¹

Figure 1 shows the flow diagram of the common reliquefaction systems (cargo system) and fuel gas supply (FGSS) to the engine of the gas tanker “BLUEBONNET”.

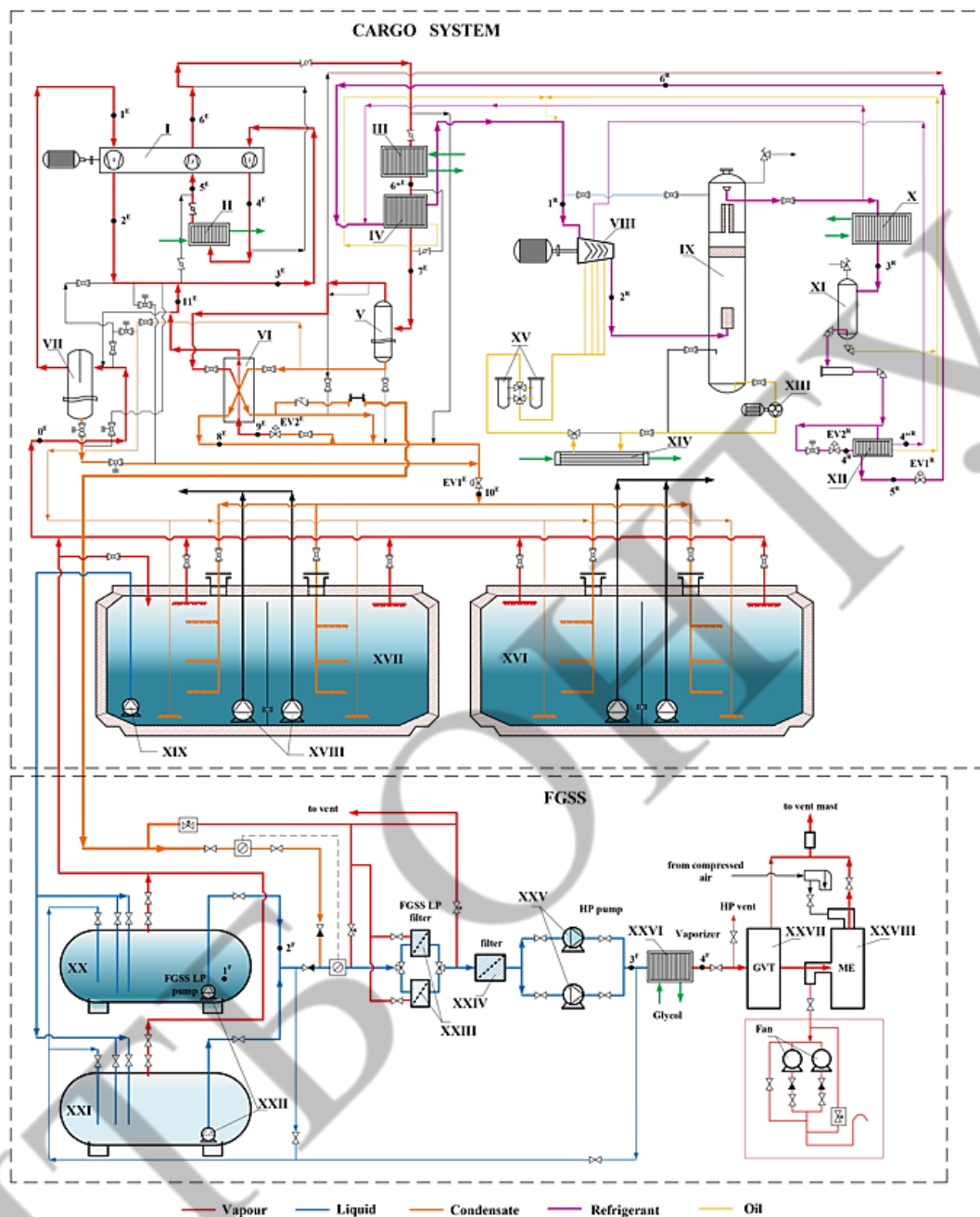


Figure 1. Technological scheme of the general systems of reliquefaction and supply of fuel gas for the gas tanker “BLUEBONNET”

The reliquefaction system liquefies the BOG gas which is generated in the cargo tanks and deck tanks, while the condensate is returned to the cargo tanks. The fuel required for the engine is taken from the deck tanks, where it is supplied from cargo tanks or by direct bunkering from the shore through the liquid collectors of the system. The reliquefaction unit is connected to the Ethane FGSS system, allowing the use of cargo condensate as additional fuel.

The study simulated the FGSS thermodynamic analysis process and the reliquefaction system. The values of the main parameters of the system for simulation were obtained during the testing of the “BLUEBONNET” vessel.

The thermodynamic parameters (enthalpy, entropy, volume) of each stream of the common reliquefaction and fuel gas supply systems were determined using the REFPROP software.

To evaluate the thermodynamic efficiency of the system, an exergy analysis was performed at the component level of both systems (reliquefaction and Ethane FGSS). The exergy analysis was carried out using the « exergy of fuel/exergy of product » approach. The physical exergy of material flows in processes is divided into thermal and mechanical components.

The exergy balance for the entire system is determined by:

$$E_{F,tot} = E_{P,tot} + \sum_k E_{D(k)} + E_{L,tot} \quad (1)$$

The exergy balance for the k-th component is determined by:

$$E_{F(k)} = E_{P(k)} + E_{D(k)} \quad (2)$$

Specific exergy of the fluid flow in the k-th component (physical exergy) is determined by:

$$e_k^{PH} = h_k - h_0 - [T_0 \cdot (s_k - s_0)] = e_k^T + e_k^M \quad (3)$$

The mechanical component of the specific exergy of the fluid flow is determined by:

$$e^M = [T_0 \cdot (s_0 - s_k) - (h_0 - h_k)] \quad (4)$$

The thermal component of the specific exergy of the fluid flow is determined by:

$$e^T = e_k^{PH} - e^M \quad (5)$$

The exergy of the fluid flow in the k-th component is determined by:

$$E_k = e_k \cdot M_k \quad (6)$$

where E_F , E_P , E_D , and E_L are the exergy of fuel, the exergy of product, exergy destruction, and loss of exergy during heat exchange of the flow with the environment, respectively.

The exergy efficiency of the k-th component:

$$\varepsilon_k = \frac{E_{P,k}}{E_{F,k}} = 1 - \frac{E_{D,k} + E_{P,k}}{E_{F,k}} \quad (7)$$

The exergetic loss of the k-th component is defined as:

$$y_k = \frac{E_{D(k)}}{E_{F,tot}} \quad (8)$$

Based on the results of the analysis, it was found that the energy efficiency of the reliquefaction plant in the considered mode is COP=0.68. The most inefficient component of the system in the considered temperature regime is the cargo compressor of the reliquefaction plant. Large exergy losses in the cargo compressor are due to the poor cooling of the compressor cylinders.

References

1. International Maritime Organization (IMO). Fourth IMO Greenhouse Gas Study: Executive Summary; International Maritime Organization: London, UK, 2021.
2. <https://www.sgmf.info/posts/babcock-brings-ecoethn-a-new-ethane-boil-off-gas-technology-to-market> (accessed 20.03.23).
3. Vessel Finder. GAS BLUEBONNET, LPG Tanker, IMO 9919175, 2022. Available online: <https://www.vesselfinder.com/vessels/details/9919175> (accessed 20.03.23).

Supervisor: Larisa Morozuk

ДОСЛІДЖЕННЯ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ АДСОРБЦІЙНОЇ СИСТЕМИ АКУМУЛЮВАННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Стуканов К.В., магістрант кафедри кріогенної техніки ОНТУ, м. Одеса

В даний час перед людством стоїть енергетична проблема, яку можна віднести до глобального розряду. З другої половини XX століття спостерігається різке збільшення видобутку та споживання нафтових запасів, яких, за різними оцінками, може не вистачити і на найближчі 50 років за збереження поточних обсягів споживання. Крім того, використання нафти у якості палива призводить до сильного забруднення навколишнього середовища шкідливими домішками, а також проблеми глобального потепління. Незважаючи на значні відмінності в паливно-енергетичній промисловості по регіонах та окремих країнах, загальносвітова тенденція полягає у переході на більш екологічні чи відновлювальні джерела енергії. В останнє десятиліття стала вельми поширеною ідея впровадження електричних транспортних засобів у повсякденне життя. Однак, при екологічності і технологічності, електромобілі мають ряд істотних недоліків: малий запас ходу, шкода навколишньому середовищу від виробництва акумуляторних батарей і генерації електрики на традиційних електростанціях, висока вартість автомобіля для кінцевого споживача і слаборозвинена заправна мережа. Електротранспорт за такого підходу не здатний витримувати конкуренцію з відпрацьованою технологією транспорту на двигуні внутрішнього згоряння.

Непоганою альтернативою для використання на транспорті є газ (ПГ). Його запаси здатні повністю покрити поточні потреби на найближчі 100 років, а застосування в автомобілях не потребує значної модернізації ходової частини. Витрати на видобуток та отримання кінцевого продукту виявляються в рази нижчими для природного газу, ніж для класичних видів палива, таких як бензин та дизель. Широкому поширенню автомобілів на природному газі перешкоджає наявність кількох технологій його акумулювання, що мають як переваги, так і значні недоліки, що обмежують їх використання. Ці конкуруючі технології – компримований природний газ (КПГ) та скраплений природний газ (СПГ). Для систем КПГ характерні високі тиски заправки та зберігання (близько 2,5 МПа), які забезпечують достатній питомий обсяг накопичення газу в посудині. Ці умови накладають серйозні обмеження щодо безпеки використання систем КПГ. У свою чергу, газ у системах СПГ зберігається у зрідженому стані при низькому тиску та температурі. Для підтримки стану газу застосовуються різні технічні рішення, що ускладнюють систему та потребують додаткових витрат енергії.

Як оптимальну технологію акумулювання газу для транспортних засобів можна запропонувати систему адсорбованого природного газу (АПГ). Незважаючи на те, що в даний час дані системи не отримали достатнього поширення, вони мають потенціал і відносяться до перспективних. Однією з переваг систем АПГ є можливість експлуатації на низьких та середніх тисках, що дозволяє знизити вартість обладнання для АПГ загалом, а також підвищує безпеку системи в процесі експлуатації. Крім того, використання сучасних адсорбентів дозволяє системам АПГ конкурувати з КПГ у критерії кількості газу, що акумулюється. В рамках цієї технології можлива реалізація ідеї «домашньої» заправки автомобілів для щоденних короткочасних поїздок.

В даний час проведено досить велику кількість досліджень, присвячених фізико-хімічним властивостям адсорбованого природного газу, перспективним адсорбентам та теплофізичним особливостям процесів заправки та видачі. Однак більша їх частина носить суто теоретичний характер, тоді як існує безліч технічних обмежень, які значною мірою зменшують можливості впровадження технології АПГ у широкому масштабі. Цей факт обумовлює високу актуальність практичних досліджень, націлених на пошук конкретних шляхів подолання таких обмежень.

В основі дослідження лежить комплексний підхід до розгляду системи адсорбованого природного газу. Попередньо проведено огляд науково-технічної літератури для ознайомлення з існуючими та застосовуваними адсорбційними матеріалами, виділено технічні рішення, що обмежують технологію, та проведено пошук можливих шляхів їх вирішення. Зроблено детальне порівняння з технологіями, що конкурують. Розглянуто математичні моделі.

Для розробки технології структурування зразків адсорбенту проведено підготовку до досліджень із структурування та проведено дослідження за залежністю фізичних властивостей адсорбенту від деяких параметрів, що варіюються.

Проведено пуско-налагоджувальні роботи стенду, виконано його калібрування за обсягами. В результаті попереднього тестування виділено необхідність у проектуванні нового циркуляційного нагнітач газу в блоці заправки та видачі газу. Здійснено його розрахунок та проектування.

Для якісного дослідження роботи тестового стенду виконано його математичний опис, проведено розрахунок. Надалі дані напрацювання можуть бути використані для моделювання процесів заправки та видачі газу.

*Науковий керівник: Грудка Б.Г., к.т.н., доцент
кафедри кріогенної техніки ОНТУ*

ДОСЛІДЖЕННЯ БЛОКУ ОЧИЩЕННЯ РОБОЧОГО ТІЛА ГЕЛІЄВОЇ КРІОГЕННОЇ СИСТЕМИ

Корба Є.М., магістрант кафедри кріогенної техніки ОНТУ, м. Одеса

Початок промислового застосування кріогенних систем належить до 20-х років нашого століття. Саме у XX столітті було завершено зрідження всіх відомих газів, включаючи гелій. Кріогенні системи, призначені для отримання та використання низьких температур, стали важливим інструментом прогресу у різних галузях знань. Вони відкрили шлях новим напрямкам науки: космонавтиці, ядерній фізиці, квантовій техніці та кріобіології. Безперечна заслуга промислової кріогеніки у сільському господарстві, металургії та обороні країни. З цією спеціальністю пов'язують надії на прогрес в енергетиці та транспорті.

Виділення інертних газів з атмосферного повітря та отримання їх у чистому вигляді – одне з найважливіших завдань кріогеніки. Основним джерелом інертних газів є земна атмосфера. Однак їх вміст у повітрі мізерно малий. З таблиці видно, що для виробництва одного кубічного метра неону необхідно переробити понад 50 тис. м³ повітря. З цієї причини виробництво інертних газів з атмосфери економічно виправдане тільки в тому випадку, коли їх виділяють як побічний продукт у повітророздільних установках.

Таблиця. Вміст інертних газів у атмосфері Землі

Відсотки	He	Ne	Ar	Kr	Xe
Об'ємні	0,00052	0,0018	0,93	0,00011	0,000008
Масові	0,00007	0,0013	1,29	0,00033	0,000036

Тому для переробки подібних сумішей потрібне складне виробниче обладнання та сучасна аналітична база. Зазвичай отримання інертних газів виробляють у кілька етапів. У ході послідовних фізико-хімічних процесів вміст домішок у продукті знижується з десятків відсотків.

Наприклад, первинне збагачення неоновому концентрату починається при азотних температурах (66...78K), а завершальні стадії цього процесу (відділення гелію ректифікацією) ведуться при температурах рідкого неону (27 K). Для тонкого очищення методом сорбції та виморожування потрібні температури 10...16K.

Досягнення такого рівня охолодження можливе лише в кріогенних гелієвих установках (КГУ). Це складні, дорогі та енергоємні системи. Для їх монтажу та експлуатації потрібні висококваліфіковані кадри. Невипадково, що кількість діючих КГУ у нашій країні обчислюється одиницями.

Розширення спектра наукових напрямів і завдань, які вирішуються з використанням низькотемпературних стендів, призвело до необхідності створення нової більш потужної установки. Передбачається, що вона має «перекривати» діапазон температур від 4 до 30 K, забезпечуючи холодопродуктивність від сотень Вт до 1 кВт, відповідно.

Обмеженням рівня Q_0 є використання вітчизняного устаткування, зокрема гелієвого компресора 2ГП-360/30 з витратою 360м³/год. Важливим елементом гелієвої системи є низькотемпературний (77 K) блок очищення робочого тіла. Від чіткості його роботи залежить тривалість пускової кампанії та головні техніко-економічні показники КГУ. Завданням блоку очищення гелію є захист від домішок (насамперед від компонентів повітря) дроселя, детандерних порожнин і теплообмінників нижніх каскадів. «Проскок» через блок очищення твердих O₂, N₂ призведе до зупинки КГУ та спричинить неплановий відігрів та додаткові експлуатаційні витрати. У деяких випадках не виключена поломка детандера, що рівносильно тривалому простою та серйозним втратам.

Особливі умови до блоку очищення, що розробляється, накладає можливість почергової експлуатації КГУ на гелії і на неоні. Перехід з Ne на He пов'язаний із небезпекою присутності в гелії слідів неону. Поглинаюча здатність сорбенту (при 77 K) по відношенню до неону майже на порядок нижче, ніж азоту. Тим часом, в зріджувачі гелію присутність неону також неприпустима, оскільки температура його потрійної точки 24 K і у нижніх каскадах він неминуче затвердіє.

У ході дослідження передбачається виконати серію розрахунків, що включають аналіз гелієвого циклу та окремих апаратів КГУ. Враховуючи важливість і значущість системи контуру підготовки робочого тіла, основну увагу в роботі приділено блоку очищення гелію. Зокрема розробці адсорбера зі збільшеним обсягом сорбенту та підвищеною ємністю кріостату азоту. Робота блоку очищення неможлива без стороннього холодоагенту (рідкого N₂). Значний обсяг дослідження займають розрахунки, проектування та оптимізація реальних магістралей для підведення рідкого азоту. Передбачається розглянути варіанти постачання холодоагентом, у яких досягається економія експлуатаційних витрат.

У ході дослідження планується ознайомитися з реальним обладнанням, яке послужило базою при його виконанні, отримати перші практичні навички його підготовки та експлуатації.

Науковий керівник: Симоненко Ю.М., д.т.н., професор, завідувач кафедри кріогенної техніки ОНТУ

ДОСЛІДЖЕННЯ СОРБЦІЙНОГО РОЗДІЛЕННЯ НЕОНУ НА ІЗОТОПИ

Чигрін Є.О., магістрант кафедри кріогенної техніки ОНТУ, м. Одеса

З розвитком нових технологій виникла потреба у розширенні виробництва чистих та особливо чистих стабільних ізотопів інертних газів, таких як: гелій, неон, аргон, криптон, ксенон. Зокрема, дедалі ширше застосування знаходять стабільні ізомери неону.

Газова суміш ізотопів неону (^{20}Ne та ^{22}Ne) є активним середовищем лазерного гіроскопа, що застосовується в навігаційних системах. Робота гіроскопа ґрунтується на ефекті Жоржа Саньяка. Сутність ефекту полягає в появі фазового зсуву зустрічних електромагнітних хвиль в кільцевому інтерферометрі, що обертається. Такі гіроскопи не чутливі до механічних впливів та мають стабільний масштабний коефіцієнт.

Ізотоп неону ^{22}Ne застосовується для синтезу трансуранових хімічних елементів. Такі елементи як курчатовій, нобелій, францій та астат у природі практично не зустрічаються, проте існує можливість їх одержання внаслідок ядерних реакцій. Реакції протікають в результаті синтезу ізотопів неону та ряду важких радіоактивних ізотопів шляхом бомбардування останніх ізомерами неону ^{22}Ne .

Ізотоп неону ^{21}Ne має великий інтерес у медицині, зокрема застосовується як біомаркер при МРТ – діагностиці легень, печінки, мозку, кровоносної та лімфатичної систем. Завдяки своїм атомним і фізичним властивостям допускається застосування його у якості альтернативи ізомеру ^3He і ^{129}Xe . Застосування таких стабільних ізотопів, що не володіють радіоактивним випромінюванням, є безпечним для людини і дозволяє багаторазово проводити процедуру МРТ-діагностики без шкоди для пацієнта. Крім того, застосування таких біомаркерів зменшують у десятки разів робоче магнітне поле томографа, що особливо важливо під час проведення досліджень на головному мозку.

Ще однією особливістю виробництва ізотопів неону в перспективі є, можливо, нижча вартість. Це зумовлено тим, що з усіх інертних газів саме ізомери неону більш доступні. Оскільки відомо, що чим важчий хімічний елемент, тим трудомісткіший процес його поділу у зв'язку з великою кількістю ізотопів. Так, наприклад: криптон включає п'ять стабільних ізотопів, а ксенон – сім. У випадку з більш легким елементом, таким як гелій, який містить всього два ізомери (^3He і ^4He), основною проблемою в отриманні затребуваного ізомеру гелію ^3He є дуже низький вміст останнього в ізомерній суміші природного складу.

В основі дослідження лежить комплексний підхід до розгляду системи поділу неону на ізомери. Попередньо проведено огляд науково-технічної літератури для ознайомлення з існуючими та застосовуваними адсорбційними матеріалами, виділено технічні рішення, що

обмежують технологію, та проведено пошук можливих шляхів їх вирішення. Зроблено детальне порівняння з технологіями, що конкурують.

Для дослідження технології сорбційного поділу ізотопів неону створено спеціальну лабораторну установку. В результаті проведених експериментів на установці при варіюванні різних параметрів проведено дослідження ефективності поділу неону на ізотопи. Знайдено значення параметрів, за яких може ефективно протікати процес поділу. Доведено можливість поділу неону на ізотопи хроматографічними методами за низьких температур. Вивчено вплив температури на процес розподілу.

Надалі дані напрацювання можуть бути використані для оптимізації процесу хроматографічного поділу. Пропонується використовувати мікропористі та ультра мікропористі сорбенти для того, щоб максимально посилити топологічні ефекти поверхні, зокрема ефект капілярної конденсації, і за рахунок цього спробувати підняти температуру поділу.

Науковий керівник: Симоненко Ю.М., д.т.н., професор, завідувач кафедри кріогенної техніки ОНТУ

МОДЕРНІЗАЦІЯ АЗОТНОЇ КРІОСАУНИ

Матвеев В.В., магістрант кафедри кріогенної техніки ОНТУ, м. Одеса

Широкий діапазон областей застосування загальної кріотерапії робить метод досить перспективним для розвитку та використання в медицині. В даний час кріотерапія використовується для лікування та профілактики захворювань у деяких країнах таких як США та Китай. Але незважаючи на загальносвітову тенденцію розширення сфер використання кріотерапії та кріотерапевтичних установок, існує низка основних проблем, з якими стикаються при впровадженні даного обладнання в роботу.

До них відносяться низька рентабельність установок на споживчому ринку за високої вартості процедур для пацієнтів, викликана високими капітальними та експлуатаційними витратами; недостатня точність дозування на пацієнта у зв'язку з відсутністю контролю температури тіла; високий градієнт температури азотно-повітряної суміші в кабіні (у кріокабінах відкритого типу температура на рівні колін нижче на 50-70 °С, ніж на рівні шиї); недостатньо медичної науково-дослідної, методологічної та практичної інформації з тематики кріотерапії; застаріла конструкція та оснащення установок вітчизняних виробників – найчастіше випускаються дещо модифіковані дослідні зразки першої половини 90-х років.

Мета дослідження полягає в модернізації індивідуальної азотної кріосауни.

Описані сфери застосування загального кріотерапевтичного впливу в медичній практиці. Проведено аналіз характеристик сучасного кріотерапевтичного обладнання щодо ОКВ. Наведено опис проведення кріотерапевтичної процедури. Проведено огляд літератури з тематики магістерської роботи. Вивчено сучасні тенденції у кріотерапії через аналіз зарубіжних публікацій. Сформульовано мету та завдання дослідження.

Описано досліджувану схему здійснення кріотерапевтичної процедури та обґрунтовано її вибір для подальшої розробки та дослідження. Описано варіанти пропонованих модифікацій, характеристики та обґрунтування їх вибору.

Проведено розрахунок кріотерапевтичної процедури та холодопродуктивності кріотерапевтичної установки. Наведено графіки зміни температури шкіри при охолодженні

та інші результати теоретичних досліджень. Описано теоретичні дослідження теплообміну при кріотерапевтичній процедурі. Знайдено розрахункове значення холодопродуктивності.

Описані конструктивні елементи установки, що розробляється. Наведено розрахунок тепломасообмінного апарату з форсункою. Сконструйовано 3Д модель модернізованої установки, а також її схему.

Наведено результати експериментального дослідження температурного поля в кабіні індивідуальної азотної кріосауни. Проведено порівняльне тестування ізоляційних матеріалів. Описано подальші шляхи досліджень та рекомендації для проектування кріотерапевтичних установок відкритого типу з більш рівномірним та комфортним проведенням процедури ОКВ.

*Науковий керівник: Грудка Б.Г., к.т.н., доцент
кафедри кріогенної техніки ОНТУ*

ВПЛИВ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ НА ЕКОЛОГІЮ ТА СПОСОБИ ЙОГО МІНІМІЗАЦІЇ

Харитончук Д.О., бакалавр ОНТУ, м. Одеса

Розуміючи всю проблему потепління клімату на землі, багато підприємств та компаній прагнуть зробити свій можливий внесок, щоб послабити негативну дію на природу. Зменшення енергоємних виробництв, контроль викидів парникових газів, що відновлює вплив на довкілля - ось чого прагнуть організації.

Наразі глобальне потепління клімату на нашій планеті турбує не лише вчених, а й громадські та урядові організації. Жителі планети Земля дедалі більше починають усвідомлювати всю серйозність проблеми потепління клімату планети. Ще кілька десяти років тому холодильне обладнання, що використовується в промисловості, являло собою громіздке обладнання, що негативно впливає як на персонал, що працює з ним, так і на навколишнє середовище. Але час йде, технології вдосконалюються. Сьогодні холодильне обладнання - це комплекс сучасного обладнання, який встановлює та підтримує в приміщеннях, що охолоджуються, задану температуру.

Екологічна шкода холодильних установок полягає у використанні штучного холоду та завдає істотної шкоди нашій планеті.

Основні моменти – це руйнування озонового шару землі та парниковий ефект.

Розглянемо способи вирішення екологічних проблем холодильних установок:

1) У 1987 році для зниження викидів речовин, що руйнують озоновий шар, було запроваджено Монреальський протокол. Держави, які підписали протокол, зобов'язалися

знизити виробництво і споживання озоноруйнівних речовин. Монреальський протокол припускав мінімізацію озоноруйнівних речовин на 15% до 1993, а до 1998 на 35%.

2) Застосування природних холодоагентів: на даний момент цей напрямок інтенсивно розвивається у Західній Європі. Як охолоджувач використовують недорогі натуральні речовини, такі як аміак, пропан, двоокис вуглецю. Усі вказані речовини екологічно чисті та потребують максимальних потужностей для промислового отримання. Втім, використання даних речовин у холодильній техніці вимагає спеціальних запобіжних заходів. Наприклад, використання отруйного аміаку вимагає наявності особливого рівня гермітичності холодильної машини. Як правило, холодильне обладнання, що експлуатує природні холодильні агенти, набагато дорожче.

3) Розвиток екологічно чистої холодильної техніки. До цієї групи холодильного обладнання відносяться пароежекторні, повітряні, сорбційні холодильні машини, установки, що використовують ефект Пельтьє, Ранку та ін. Завдання робіт цього напрямку – покращити ефективність одержання холоду.

4) Розробка нових принципів отримання холоду. До сучасних принципів отримання холоду належать розроблені «звукові компресори» та «холодильні чіпи». У першому випадку для отримання холоду використовують звук, дослідженнями в цій галузі займається компанія "Marco Sorix Co" (США). Розробкою "холодильних чіпів" займається компанія "Бореаліс Технікал". Ця технологія заснована на термоіонному охолодженні. Згідно з оцінками фахівців цей тип охолодження в 2 рази ефективніший за компресорні системи. Однак, нині ціна на холодильне обладнання, що працює на цих принципах, значно перевищує вартість парокомпресійного обладнання.

5) Виробництво холодильних машин помірного холоду Стірлінга.

Сьогодні у світі над виробництвом машин Стірлінга працює приблизно 130 компаній та науково-дослідних центрів, багато з яких уже вийшли на серійне виробництво. Отримані результати досліджень показують, що машини Стірлінга помірного холоду в 1,5 рази ефективніші за кращі зразки парокомпресійних холодильних машин, а масогабаритні характеристики менше на 25%-30%.

Сьогодні для вдосконалення екологічної безпеки при використанні холодильних машин потрібно підготувати документи, що сприяють підвищенню кількості на ринку прогресивних технологій у цій галузі, а також використовувати екологічно безпечні холодоагенти.

*Науковий керівник: Басов А.М., асистент
кафедри кріогенної техніки ОНТУ*

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ КРІОМЕДИЧНОЇ ТЕХНІКИ В СУЧАСНОМУ СВІТІ

Янчук В.В., магістрант кафедри кріогенної техніки ОНТУ, м. Одеса

В сучасній медичній практиці низькотемпературні методи стають все більш популярними. Кріохірургія, кріотерапія та кріоконсервація знаходять застосування в різних

галузях. Однак їх ефективне використання потребує розробки спеціалізованої техніки, універсальних методик та принципів, що відповідають сучасним медико-технічним вимогам.

Кріохірургія є ефективним методом лікування, який має численні переваги порівняно з традиційними методами хірургії. Кріохірургічні операції - менш болісні та простіші, що дозволяє хірургам працювати більш ефективно; дозволяє видаляти новоутворення, які не можуть бути виліковані традиційними методами, та знижує втрати крові під час операцій; демонструє високі показники виживання та успішної реабілітації після операційного періоду. Хоча кріохірургія має ряд переваг, її застосування обмежене деякими недоліками, такими як неповна розуміння механізмів дії на біологічні тканини, нестача науково-дослідної бази та складність виготовлення кріохірургічного обладнання, що призводить до високої вартості процедури. Сьогодні кріохірургічний метод лікування набирає все більшої популярності. Але, як і в будь-якому методі лікування, для її успішного впровадження в медичну практику необхідна належна науково-обґрунтована база та дослідження. Дослідження, проведені на пацієнтах, надають лише часткове розуміння процесу кріодеструкції, тому їх доповнюють дослідження на тваринах, які мають схожі органи з людьми. Цей напрямок досліджень має важливе значення для розвитку кріомедицини, адже дозволяє зібрати фізичні показники та пояснити процес кріодеструкції людських органів. На жаль, на сьогоднішній день не вистачає наукової літератури, яка повністю охоплювала б суть цієї галузі лікування.

Кріотерапія - це метод лікування, що полягає в використанні холоду для зниження температури тканин організму з метою впливу на різноманітні медичні проблеми. У медицині кріотерапію використовують для лікування захворювань шкіри, знищення новоутворень, знеболення та зменшення запалення в м'язах і суглобах. Кріотерапія також може використовуватися в косметології для покращення вигляду шкіри та у спортивній медицині для прискорення відновлення після травм і покращення спортивних результатів. При загальній кріотерапії людина знаходиться у спеціальному приміщенні – кріокамера або кріосауна. Можливі індивідуальні або групові сеанси терапії, але після індивідуального сеансу тривалий час залишається позитивний ефект кріотерапії. Температура в камері може коливатись від $-183,15^{\circ}\text{C}$ до $-83,15^{\circ}\text{C}$, але оптимальним вважається рівень температури від $-143,15$ до $-133,15^{\circ}\text{C}$, який вибирається залежно від фізіологічних особливостей та показань пацієнта. Під час проведення кріотерапії спостерігається корисна реакція організму на фізіологічний стрес. Низькотемпературне охолодження сприяє активації важливих систем життєзабезпечення організму, таких як нервова та терморегуляційна системи, а також відділи головного мозку. При регулярному проведенні кріотерапії відбувається адаптація організму до стресових впливів, що сприяє покращенню імунітету та кровообігу. Таким чином, кріотерапія є ефективним методом профілактики ГРЗ та ГРВІ, а також лікування різноманітних захворювань, таких як неврологічні, ревматологічні, дерматологічні захворювання, травми та депресивні стани. Хоча вона має довгий історичний досвід та багато позитивних результатів, але науковці ще не повністю розуміють процеси, які відбуваються в організмі під час впливу низьких температур. Для більш точного та ефективного використання цього методу необхідно більше досліджень та розуміння теплофізичних принципів, які лежать в основі цих процесів.

Кріоконсервація - це процес зберігання біологічного матеріалу шляхом заморожування їх до дуже низької температури (зазвичай до -196°C) з використанням рідини азоту або інших кріогенних речовин. Вона використовується для збереження біологічного матеріалу на довгі періоди часу, зокрема для збереження генетичного матеріалу, виробництва вакцин, досліджень у галузі медицини та біології. Також можна

використовувати для зберігання ембріонів, що дозволяє зберегти можливість вагітності в майбутньому або для зберігання біоматеріалів рослинного походження (насіння, пилок). Інтерес до цієї галузі стає все більш актуальною відповідно до розвитку суспільства і з'явлення нових проблем, пов'язаних зі збереженням генофонду окремих видів рослин і тварин. Крім того, зростає інтерес до сучасної медицини, таких як трансплантація тканин і органів, наявність банків донорської крові тощо, що також вимагає збереження біоматеріалів на тривалий період часу. Під час процесу заморожування вода, що міститься в клітинах та позаклітинному середовищі, кристалізується, що може призвести до пошкодження матеріалу з двох причин. По-перше, збільшення концентрації солей у позаклітинному просторі може спричинити зневоднення клітин, а по-друге, кристали льоду можуть механічно пошкодити клітинні стінки. Ці проблеми можуть стати загрозою для збереження матеріалу під час заморожування. Проблеми, пов'язані з кріоконсервацією, вирішуються поступово, завдяки проведенню досліджень різних режимів заморожування біоматеріалу та пошуку нових кріопротекторів.

Таким чином, можна виділити основні тенденції для вдосконалення кріохірургічної техніки. Для покращення кріохірургічної техніки потрібно провести детальне дослідження впливу НВЧ та використовувати його для створення нових, сучасних апаратів. У галузі кріотерапії постає завдання: необхідно ретельне вивчення впливу конкретних параметрів охолодження на людський організм, а також процесів перенесення тепла у біологічних тканинах. Для цього можливе використання як теоретичного, так і експериментального аналізу. У останньому розглянутому методі, кріоконсервації, слід приділити увагу вибору режимів заморозки, а також пошуку нетоксичних та ефективних кріопротекторів, що сприяють тривалому зберіганню клітин без їх дегідратації чи руйнування структури при кристалізації води. Необхідно точніше регулювати температуру контейнерів або морозильних камер для зберігання біоматеріалу, для чого потрібне проведення досліджень із заморожування клітин з перевіркою їхньої життєздатності після розморожування. Ефективне обладнання може допомогти вирішити проблему зберігання цілих організмів та органів.

Підсумовуючи, хотілося б ще раз підкреслити, що важливо розширювати теоретичні знання, які дозволять розробляти нові методи кріотерапії та створювати відповідне обладнання для їх застосування.

*Науковий керівник: Басов А.М., асистент
кафедри кріогенної техніки ОНТУ*

АНАЛІЗ РОБОТИ ПОРШНЕВОГО КОМПРЕССОРА ПРИ ОХОЛОДЖУВАННІ ПОВІТРЯ НА ВСМОКТУВАННІ

*Дмитрієв К.В., магістрант кафедри кріогенної техніки ОНТУ, м. Одеса
Семко А.С., магістрант кафедри кріогенної техніки ОНТУ, м. Одеса*

У поршневих повітряних компресорах попереднє охолодження повітря перед першим ступенем на всмоктуванні дозволяє збільшити масову продуктивність компресора та підвищити їхню економічність.

Розглянемо процес стиснення в $p-v$ діаграмі (рис. 1), де $a-c$ – ізотермічне стиснення без попереднього охолодження та $b-c$ – адіабатичне стиснення з попереднім охолодженням по лінії $a-b$.

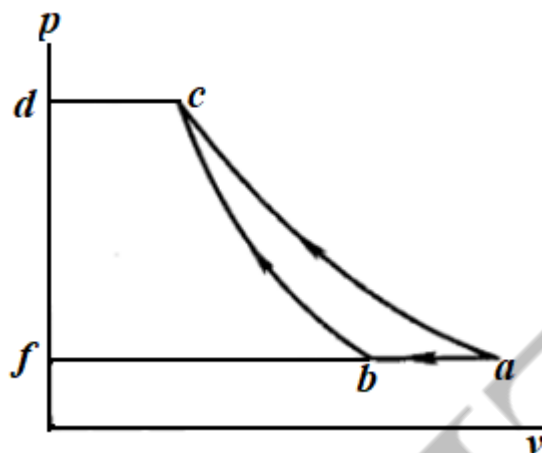


Рис. 1. Процес стиснення повітря в $p - v$ діаграмі

З порівняння процесів стиснення $a - c$ і $a - b - c$ – видно, що витрачена робота у другому випадку буде меншою і вигреш у роботі дорівнюватиме площі $a - b - c - a$.

У реальних умовах у поршневному повітряному компресорі ізотермічне стиснення неможливе, то вигреш у роботі з попереднім охолодженням буде більшим. Попереднє охолодження може здійснюватися в трубчастих холодильниках та мокрих охолоджувачах повітря.

За рахунок попереднього охолодження економія питомої роботи стиснення в 1-му ступені компресора складе:

$$l_t / l = \Delta t / T,$$

де l_t – питома робота стиску попередньо охолодженого повітря;

l – питома робота стиску без попереднього охолодження повітря;

$\Delta T = T_0 - T_1$ – зниження температури повітря;

T_1, K – температура неохолодженого повітря на всмоктуванні.

Зниження температури повітря на всмоктуванні призводить до збільшення масової подачі поршневого компресора, відносно збільшення якої $\Delta m / m$ становитиме:

$$\Delta m / m = (T_0 - T_1) / T_1.$$

Температура кінця стиснення повітря: без попереднього охолодження

$$T_2 = T_0 \cdot \epsilon^{(n-1)/n},$$

з попереднім охолодженням

$$T_2 = T_0 \cdot \epsilon^{(n'-1)/n'},$$

де n' – середній показник політропи стиснення при попередньому охолодженні.

У південних районах України попереднє охолодження повітря доцільно застосовувати у весняно-літній період, коли температура зовнішнього повітря коливається в межах 26...40 °C.

При температурі води в магістральному водопроводі 16 ... 20 °С. охолодження повітря на всмоктуванні компресор можна проводити у водяного теплообміннику.

За високої температури води у магістралях можна використовувати систему обортного водопостачання. Зсучасні високоефективні і компактні градирні здатні охолодити воду до температур, всього на 1,0 °С, що відрізняються від температури повітряного потоку, що входить в градирню, по мокрому термометру.

Для південних регіонів нашої країни, клімат яких відрізняється низькою вологістю повітря. (35 ... 40%), водовипарні системи охолодження можуть виявитися ефективним вирішенням цієї проблеми.

Останнім часом зріс інтерес до водовипарних систем охолодження на основі непрямо-випарних теплообмінних апаратів (непрямо-випарних систем охолодження).

Головною особливістю та перевагою непрямо-випарних систем є можливість охолодження повітря до температури нижче температури мокрого термометра.

У зволожувачах адіабатного типу лінія процесу в I-d діаграмі вологого повітря йде по адіабаті і мінімально можлива температура відповідає точці 2 (рис. 2).

У непрямо-випарному теплообміннику процес у діаграмі йде вертикально вниз по лінії постійного вологовмісту. В результаті одержувана температура у точці 3* виявляється нижче, ніж у точці 2.

Працює система непрямо-випарного охолодження повітря наступним чином. Атмосферне повітря з параметрами, що відповідають точці 1 (рис. 2), нагнітається вентилятором у систему і охолоджується при постійному вологовмісті в непрямо-випарному теплообміннику до точки 3. Після теплообмінника основний потік повітря поділяється на два: допоміжний та робочий, що спрямовується до споживача. Допоміжний потік одночасно грає роль і охолоджувача, і потоку, що охолоджується - після теплообмінника він прямує назад, назустріч основному потоку. При цьому до каналів допоміжного потоку подається вода, яка зволожує повітря і сповільнює зростання його температури.. Після теплообмінника робочий потік зрошують водою з ентальпним зниженням температури до точки 3*, що лежить на лінії насичення і має температуру t_{3*} , меншу, ніж температура t_2 у точці 2 по мокрому термометру.

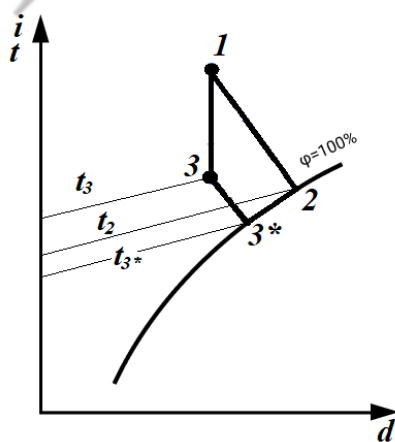


Рис. 2. I-d- діаграма для розрахунку непрямо-випарної системи

У розрахунковому режимі на всмоктуванні при температурі $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, тиску $p = 0,1$ МПа та відносної вологості $\phi = 0,4$ щільність зовнішнього повітря $\rho = 1,185\text{ кг/м}^3$.

У літній період при $t = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$, $p = 0,1$ МПа та $\phi = 0,4$ щільність $\rho = 1,101\text{ кг/м}^3$ об'єм всмоктуваного повітря залишається постійним, але зменшення щільності повітря на всмоктуванні призводить до зниження масової подачі поршневого компресора $\approx$ на 7%. Одночасно збільшується на 18% температура на нагнітанні 1 ступеня збільшуються питомі витрати енергії на стиск повітря

Висновок. Аналіз роботи двоступеневого повітряного поршневого компресора показав, що в літній період, коли температура повітря у південних регіонах України підвищується до $35\ldots 40\text{ }^{\circ}\text{C}$, продуктивність компресора зменшується та збільшуються питомі витрати енергії на стиснення повітря. Пропонована система непрямо-випарного охолодження повітря, дозволяє охолодити повітря на всмоктуванні до температури нижче температури мокрого термометра. Розрахунки показують, що масова подача компресора підвищується на $6\ldots 7\%$, а температура нагнітання 1 ступеня зменшується на $12\ldots 15\%$. Одночасно пропорційно зниженню абсолютної температури повітря зменшуються витрати енергії на стиснення.

*Науковий керівник: Яковлев Ю.О., к.т.н., доцент
кафедри криогенної техніки ОНТУ*

УТИЛІЗАЦІЯ НАДЛИШКОВОГО ТИСКУ ПРИРОДНОГО ГАЗУ В ПРОЦЕСІ ЙОГО ЧАСТКОВОГО ЗРІДЖЕННЯ

Мазуренко В.В., магістрант кафедри криогенної техніки ОНТУ, м. Одеса

Одним із актуальних та першочергових завдань ефективного розвитку України являється проблема енергозбереження, у тому числі, при транспортуванні та споживанні природного газу, який займає провідне, а інколи, і визначальне місце в енергетичних системах переважної більшості країн [2].

Природний газ, основу якого складає метан, транспортується по магістральних трубопроводах при тисках $4,5\text{--}7,5$ МПа, що визначається вимогами до їх пропускної спроможності, а тиск в процесах його практичного споживання є значно нижчим. Перед подачею газу з магістрального газопроводу до споживача тиск проходить кілька етапів зниження на газорозподільних станціях (ГРС) та газорозподільних пунктах (ГРП). На більшості ГРС тиск знижують від $4,5\text{--}7,5$ МПа до $1,2\text{--}1,6$ МПа, а на ГРП від $1,2\text{--}1,6$ МПа до $0,15\text{--}0,3$ МПа [1,3].

При традиційній (досить розповсюдженій) системі газопостачання тиск газу знижується в простих, з технічної точки зору, редуційно-дросельних установок, в яких має місце термодинамічно неефективний процес розширення газу. При цьому втрачається його робото спроможність (ексергія), так як процес адіабатичного дроселювання супроводжується високим рівнем деградації енергії.

Утилізація енергії надлишкового перепаду тиску природного газу при його редукуванні в системах газорозподілу та газоспоживання є одним із видів енергозбереження в газотранспортній системі та виявляється досить перспективною на сьогодні.

Підвищення енергетичної ефективності процесів в газотранспортній системі можливо при альтернативній заміні енергетично неефективного процесу зниження тиску в дросельно-редукційних установках на його адіабатичне розширення в турбодетандерних агрегатах (ТДА) з виробництвом механічної (електричної) енергії та холоду в виді низькотемпературного потоку на рівні кріогенних температур[1].

Розрахунки показують, що при зниженні тиску газу з 5,2 до 1,2 МПа його температура знижується на 50–60 °С (залежно від складу газу та ефективності детандера). При збільшенні рівня зниження тиску від 7,5 до 1,2 МПа різниця температур зростає до 70–80 °С. Якщо прийняти, що температура газу на вході в машину дорівнює 20 °С, температура потоку після розширення становитиме -30 – -40 °С у першому та -50 – -60 °С у другому випадку .

Технологія утилізації потенційної енергії газу та його відповідне природне охолодження газу при зниженні тиску в ТДА може поєднуватись з холодильними технологіями різного призначення для одержання як помірних низьких температур, так і температур, необхідних, для зрідження природного газу (метану) [3].

Принципова схема утилізації надлишкового тиску природного газу при його технологічній підготовці на газорозподільній станції показана , яка поєднується із частковим зрідження природного газу показана на рис. 1.

При отриманні ЗПГ необхідно досягати кріогенних температур, що спричиняє застосування спеціальної технології, обладнання та конструкційних матеріалів. В даний час найбільш перспективними є детандерні холодильні цикли для зрідження природного газу, що працюють на основі використання перепаду між тиском у газопроводі та тиском у газорозподільній мережі.

При виробництві ЗПГ на ГРС проявляється головний недолік схем з внутрішнім охолодженням газу - при зниженні температури проявляється кристалізація, у зв'язку з чим необхідно проводити осушування і очищення всього газу, що проходить через установку, від діоксиду вуглецю CO₂.

Слід підкреслити, що при реалізації такої схеми необхідно забезпечити відповідне очищення природного газу від домішок, у тому числі і від вуглецю.

Така технологія дозволяє заощадити на зрідженні до 50% енергії, з використанням енергії, що втрачається на газорозподільних станціях при дроселюванні природного газу від магістрального трубопроводу (4-6 МПа) до тиску споживача (0,3-1,2 МПа).

Перевагою такої установки виявляються низькі питомі витрати на електроенергію, оскільки для стиснення газу компресор використовується привід детандера.

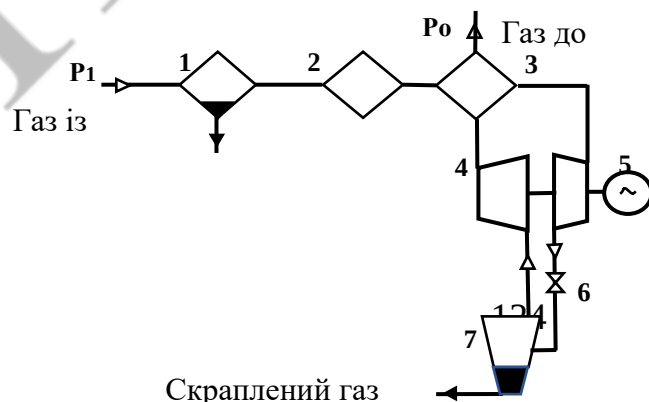


Рис.1.- Схема ТДА для зрідження газу. 1- дросельний клапан; 4 - турбодетандер; 5 – електрогенератор; 3 – рекуперативний теплообмінник (підігрівач газу – охолоджувач холодоносія); 5 – холодна камера; 6- насос; 8 – сепаратор

Особливостями такої утилізаційної технології являється є відсутність процесів пов'язаних з підігрівом газу, застосування теплообмінника 3 для охолодження газу перед турбодетандером 5 холодним зворотним потоком газу і дотискувального компресора 4.

При цьому додатково заощаджується енергія, необхідна для підігріву газу перед подачею до споживання.. Розрахунки показують, що у такий спосіб зріджується до 5 % від загальної витрати газу через газорозподільчу станцію .

Одним із варіантів модернізації такої технології являється застосування відповідних регенеративних процесів за допомогою двох апаратів замість теплообмінника 3, з метою забезпечення безперервності потоку газу до споживачів та відповідного очищення основного потоку від домішок.

Список інформаційних джерел

1. Говдяк Р. М. Утилізація енергії тиску природного газу в турбодетандерних установках на об'єктах газової промисловості. Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ, 2014. №1.- С. 7–12.
2. Енергетична стратегія України до 2030 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу:<http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/doccatalog/document?id=260994>.
- 3.Черних А.И.Использование перепада давления газа, редуцируемого на ГРС и ГРП для получения электроэнергии и тепла.//Вісник інженерної академії України,-2009,-№1-с.251-256

*Науковий керівник: Ярошенко В.М., к.т.н., доцент
кафедри кріогенної техніки ОНТУ*

ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПАРОТУРБІННОГО НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОГО РЕГАЗИФІКАЦІЙНОГО ЦИКЛУ

Гайдаржи В.С., магістрант кафедри кріогенної техніки ОНТУ, м. Одеса

В останні десятиліття бурхливими темпами розвивається світовий ринок зрідженого природного газу (ЗПГ), який у деяких випадках становить серйозну конкуренцію наземним трубопроводам. Це зумовлено тим, що при регазифікації за нормальних умов з 1 м³ ЗПГ отримують близько 600 м³ газу, що суттєво знижує обсяги резервуарів при його зберіганні та транспортуванні. Крім того, морський транспорт ЗПГ дозволяє багатьом країнам диверсифікувати енергоджерела без розширення наземних трубопроводів. Відстань на якій використання ЗПГ більш ефективніше в порівнянні з трубопроводом, в найближчі роки скоротиться ще на 30-40%, з 2500-3000 км до 1500-2000 км, а для підводних трубопроводів - до 750-1000 км. [3,4].

Технологія транспорту ЗПГ є досить складною та витратною, оскільки включає процеси високоефективного очищення газу перед його зрідженням, охолодження та подальше зрідження, закачування ЗПГ у резервуари для зберігання та морського транспорту, транспорт при кріогенних температурах, регазифікацію на приймальних терміналах та подачу газу споживача. Складність технології ЗПГ обумовлює суттєві витрати суспільно-необхідної праці, що виражається великими капітальними та експлуатаційними витратами. Найбільш суттєвою складовою загальних витрат є енергетична складова. Це зумовлено насамперед тим, що процес зрідження проводиться при кріогенних температурах на рівні $-161,2^{\circ}\text{C}$, що зумовлено особливостями технології транспорту ЗПГ морським шляхом. Наприклад, завод зі зрідження природного газу споживає близько 12% газу, який він переробляє у процесі зрідження. [3].

ЗПГ доставляється, як правило, суднами - метановозами морським шляхом на термінали при температурі 111,6 К і має при цьому велику ексергетичну цінність, а процес його регазифікації може і повинен супроводжуватися виробництвом роботи або комбінуватися з іншими технічними системами, де ексергія ЗПГ може бути ефективно використана. Це дозволяє свою чергу знизити вартість природного газу, що подається споживачам.

На прийомних морських терміналах ЗПГ піддається регазифікації. Найчастіше кінцевий тиск газу дорівнює або тиску магістрального газопроводу (4...7 МПа), або тиску технологічних процесів, що забезпечуються газом, наприклад, синтезу аміаку, коли необхідний газ з тиском 4 МПа.

В даний час на більшості прийомних терміналів процеси регазифікації проводяться без утилізації енергії, що витрачається при його зрідженні. Процеси випаровування (регазифікації) ЗПГ і його нагрівання відбуваються за рахунок теплоти зовнішнього середовища (морської води та повітря) або іншими джерелами теплоти, включаючи і спалювання палива.

Перспективи розширення інфраструктури прийомних терміналів та відповідне зниження собівартості ЗПГ суттєво залежать від ефективності систем утилізації холоду, який акумулюється при скрапленні природного газу. Тому з метою підвищення загальної техніко-економічної ефективності технології ЗПГ до складу прийомних терміналів включаються різноманітні системи, які можуть найбільш ефективно поєднувати процеси регазифікації та застосування закумульованого холоду. На сучасному етапі розробляються та впроваджуються проекти приймальних терміналів, на яких процеси регазифікації супроводжуються утилізацією ексергії ЗПГ за наступними напрямками [2,3]:

Енергетичний бізнес на основі газотурбінних циклів;

Кріогенні паротурбінні установки;

Повітророзподільні установки;

Процес охолодження та скраплення бутану та вуглицю.

Водовипарна система охолодження повітря для газових турбін

Реконденсація пари ЗПГ при його зберіганні.

Одним із перспективних способів утилізації ексергії ЗПГ є регазифікаційні установки на основі низькотемпературного паротурбінного силового циклу з виробництвом електричної енергії.

При цьому виникає досить багато питань, пов'язаних із вибором робочих тіл паротурбінної установки, параметрів її роботи, визначення рівня енергетичної ефективності та насамперед максимально можливих її значень.

В роботі проводиться аналіз силової низькотемпературної регазифікаційної установки на основі теоретичного циклу з метою визначення максимально можливої енергетичної ефективності регазифікаційного процесу.

В теоретичних циклах (термодинамічних зразках) значення коефіцієнта трансформації енергії та співвідношення між одиницею холоду та потенційною механічною роботою визначатиметься лише температурами джерелом теплоти[1].

Розрахунки показують, що термічний ккд (коефіцієнт перетворення енергії) силового регазифікаційного циклу Карно становить 50-60%, що зумовлює виробництво зовнішньої роботи відповідно 1,17 і 1,79 Дж на 1 Дж холоду, акумульованого ЗПГ. Наприклад, для 1 Дж теплової енергії, яку підводять до ЗПГ (теплота відводиться в прямому циклі) при його регазифікації потрібно 2,13 Дж теплоти, що відбирається від зовнішнього джерела теплоти (довкілля) при температурі -30°C і вже 2,79 Дж при температурі 40°C . При цьому максимально можлива робота силового циклу регазифікації 1 тонни ЗПГ при температурі навколишнього середовища $T_{\text{ср}} = 303\text{ K}$ складе 872100 кДж або 242 кВт-год. У цьому прикладі враховувалася лише частина найбільш низькотемпературного холоду з температурою 111,6 K, що має найвищу ексергетичну цінність, коли процес випарювання ЗПГ до того ж протікає при суттєвих коефіцієнтах тепловіддачі.

При переході до дійсних циклів, як відомо, ці співвідношення когуть суттєво змінюватись через наявність деградаційних врат, обумовлених властивостями робочих тіл та необоротністю реальних процесів.

Рівень термодинамічної досконалості установки, який визначиться співвідношенням дійсного коефіцієнту перетворення енергії до максимально можливого, являється мірою техніко-економічної доцільності, оскільки рівень необоротності реального процесу, насамперед, залежить від загальних суспільно необхідних витрат, які безпосередньо пов'язані з ефективністю та технічною досконалістю обладнання яке застосовується при практичній реалізації того чи іншого процесу та всієї установки в цілому.

Список інформаційних джерел

1. Мартыновский В.С. Циклы, схемы и характеристики термотрансформаторов. — Энергия, 1979. — 288 с.
2. Пятничко А.И. Лавренченко Г. К. Анализ эффективности производства работ при регазификации СПГ. Технические газы., № 3, 2010
3. СПГ. Мировой рынок. Отчет генерального комиссара по развитию фирмы Шелл, 2011, GIGN.
4. Унітовський Л.М. і інші. Диверсифікація джерел і маршрутів газопостачання: вибір для Європи та України. Національна безпека та оборона., №6, 2009, Центр Разумкова

*Науковий керівник: Ярошенко В.М., к.т.н., доцент
кафедри криогенної техніки ОНТУ*

Матеріали науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів та здобувачів вищої освіти «Стан, досягнення і перспективи холодильної техніки і технології», 19 по 20 квітня 2023 року

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

**Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій та
екоенергетики
ім. В.С. Мартиновського**

**ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ
АСПІРАНТІВ ТА ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

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

**STATE, ACHIEVEMENTS AND PROSPECTS OF REFRIGERATION
EQUIPMENT AND TECHNOLOGY**

ЗБІРНИК ДОПОВІДЕЙ

19-20 квітня 2023 року

Збірник включає доповіді учасників конференції. Тези доповідей публікуються у вигляді, в якому вони були подані авторами.

Відповідальність за зміст і форму подачі матеріалу несуть автори статей.

Комп'ютерний набір і верстка: Жихарєва Н.В.