

Міністерство освіти і науки України
Одеський національний технологічний університет
Кафедра холодильних установок і кондиціонування повітря



ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

на тему: Проект холодильника для зберігання замороженої
риби місткістю 70 тон у м. Київ

Здобувача

Савонов І.В.

5 курсу

СХУ-752 групи

Керівник

к.т.н., доц. Яковлева О.Ю.

Консультанти:

д.т.н, проф. Хмельнюк М.Г.

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від

01.06.2023р.

протокол № 10

Завідувач кафедри ХУКП

Михайло ХМЕЛЬНЮК

Одеса - 2023 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет	Низькотемпературної техніки та інженерної механіки
Кафедра	Холодильних установок і кондиціонування повітря
Ступінь вищої освіти	Бакалавр
Спеціальність	142 Енергетичне машинобудування
Освітня програма	Суднові холодильні установки і системи кондиціонування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри д.т.н., проф. Хмельнюк М.Г.

«17» березня 2023 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Савонов Ігор Валерійович

1. Тема роботи Проект холодильника для зберігання замороженої риби місткістю 70 тон у м. Київ

Затверджена наказом ОНТУ від 26.08.2022 р. наказ № 490-03

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 01.06.2023 р.

3. Вихідні дані роботи
Холодильник для зберігання розташований у м. Київ. Виробнича потужність для заморожування становить 70 тонн на добу. У першій камері з температурним режимом -29°C передбачається тривале зберігання мороженої риби. У другій та третій камері з температурним режимом -40°C передбачається швидке заморожування риби. У четвертій камері передбачається попереднє охолодження риби з температурним режимом -5°C. Каскадна холодильна установка.

4. Перелік питань, які потрібно розробити
Реферат, Вступ, Розділ 1. Теоретична частина, Розділ 2. Аналіз робочих тіл і схем холодильних установок, Розділ 3. Розрахунок каскадної холодильної установки, Розділ 4. Охорона праці, Висновки, Список використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1. Презентація в PowerPoint

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання видав
Охорона праці	д.т.н., проф. Хмельнюк М.Г.	17.05.2023	22.05.2023

7. Дата видачі завдання 17.03.2023 р.

Керівник Яковлева О.Ю.

Завдання прийняв до виконання Саонов І.В.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Реферат	30.05-01.06.2023	
2	Вступ	17.03-20.03.2023	
3	Розділ 1. Теоретична частина	20.04-25.04.2023	
4	Розділ 2. Аналіз робочих тіл і схем холодильних установок	26.04-30.04.2023	
5	Розділ 3. Розрахунок каскадної холодильної установки.	10.05-17.05.2023	
6	Розділ 4. Охорона праці	17.05-22.05.2023	
7	Висновки	23.05-25.05.2023	
8	Список використаних джерел	23.05-25.05.2023	
9	Презентація в PowerPoint	27.05-01.06.2023	

Здобувач-дипломник Саонов І.В.

Керівник роботи Яковлева О.Ю.

Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.

Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.

Здобувач-дипломник Саонов Ігор Валерійович

ЗМІСТ

	Стр.
РЕФЕРАТ.....	5
ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА	8
1.1 Вимоги до холодильної обробки риби.....	9
1.2 Вимоги до камер зберігання.....	12
1.3 Вихідні дані підприємства для розрахунку.....	14
1.3.1 Температурний режим підприємства.....	15
1.3.2 Надходження продукту.....	15
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ РОБОЧИХ ТІЛ І СХЕМ ХОЛОДИЛЬНИХ УСТАНОВОК.....	17
2.1 Загальні положення.....	17
2.2 Натуральні робочі тіла.....	23
2.3 Каскадні системи Бітцер.....	28
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК КАСКАДНОЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ...44	44
3.1 Теплове навантаження на систему та вихідні дані до розрахунку.....	44
3.2 Схема і цикл.....	45
3.3 Термодинамічні процеси каскадної холодильної машини.....	47
3.4 Тепловий розрахунок.....	48
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	53
ВИСНОВКИ.....	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	68

					КРБ.ХУКП.1.490-03.5.2			
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив		Савонов І.В.			Проект холодильника для зберігання замороженої риби місткістю 70 тон у м. Київ	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив		Яковлева О.Ю.				4	68	
Н. Контр.		Яковлева О.Ю.			ОНТУ гр. СХУ-752			

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота складається з: 68 сторінок тексту, 25 рисунків, 34 таблиць, 13 посилань на літературні джерела. В кваліфікаційній роботі вирішено задачу розробки холодильника для зберігання замороженої риби.

Каскадна холодильна установка, яка є об'єктом даного дослідження, розташована у м. Київ.

Будівля холодильника одноповерхова з висотою камер 6 м, з сіткою колон 6x12 м. У першій камері з температурним режимом -29°C передбачається тривале зберігання мороженої риби. У другій та третій камері з температурним режимом -40°C передбачається швидке заморожування риби. У четвертій камері передбачається попереднє охолодження риби з температурним режимом -5°C .

В якості холодильного агента було прийнято CO_2 , як холодильний агент нижнього каскаду і R290, як холодильний агент верхнього каскаду.

Ключові слова: холодильник – риба – каскадна холодильна установка – CO_2

ABSTRACT

The qualification work consists of: 68 pages of text, 25 figures, 34 tables, 13 references to literary sources. In the qualification work, the task of developing a refrigerator for storing frozen fish was solved. The cascade refrigeration plant, which is the object of this study, is located in the city of Kyiv.

The refrigerator building is one-story with a height of chambers of 6 m, with a grid of columns of 6x12 m. The first chamber with a temperature regime of -29°C is intended for long-term storage of frozen fish. In the second and third chambers with a temperature regime of -40°C , quick freezing of fish is expected. In the fourth chamber, pre-cooling of fish with a temperature regime of -5°C is provided.

CO_2 was used as the refrigerant of the lower cascade and R290 as the refrigerant of the upper cascade.

Keywords: refrigerator - fish - cascade refrigeration plant - CO_2

						Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Штучний холод в наш час є необхідною умовою успішного розвитку провідних галузей народного господарства. Зростаюча потреба у використанні холоду призвела до того, що за останні роки розвинулись багато різних напрямів в цій сфері. В останні роки в цій галузі іде глибока модернізація існуючих підприємств, створення нових виробничих і торгових об'єктів. При модернізації великих холодильних установок ці основні задачі вирішуються шляхом заміни морально і фізично застарілого обладнання на сучасне працююче на нових робочих тілах і їх сумішах. При цьому досягається підвищення промислової безпеки, але не завжди забезпечується енергозбереження.

Рибопереробна промисловість являє особливий інтерес з точки зору енергоефективності через високе споживання енергії. Енергія використовується на різноманітні потреби, так як рибу треба швидко заморожувати з високим холодильним навантаженням протягом відносно короткого часу, а потім зберігати при дуже низьких температурах протягом тривалого періоду часу. Це може бути досягнуто за рахунок використання більшої кількості електроенергії, коли вона дешевша (нічний період) і зберігати енергію в низькотемпературній формі, тим самим зменшити споживання електроенергії, коли ціна вище. Крім того, акумулятори холоду можуть бути використані для підвищення ефективностей компресорів. Навантаження може бути збалансовано таким чином, що компресори можуть працювати при повному навантаженні більш-менш постійно.

Метою даної роботи є розробка холодильника для зберігання замороженої риби місткістю 70 тон на добу у м. Київ з використанням холодильної установки, яка працює на натуральних робочих тілах для підприємства рибної промисловості. Під час дослідження сучасного стану на ринку робочих тіл стають очевидними наступні основні вимоги: мінімальна токсичність, вибухо-пожежобезпечність, ознобезпечність, невеликий вплив на парниковий ефект, хороші термодинамічні і високі експлуатаційні

						Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

параметри.

На тлі цього фону, підвищений інтерес до вуглекислоти стає цілком виправданим. Вуглекислота має наступні переваги:

1. має високу об'ємну холодопродуктивність;
2. нетоксична і безпечна;
3. інертна до матеріалів;
4. дешева і достурна;
5. при досягненні потрібної температури в охолоджуємому об'єкті, до мінус 52°C порівняно малі енергетичні затрати;
6. високе відношення тиску насичених парів і їх температури при низьких температурах кипіння, а також низька в'язкість діоксида вуглецю приводить до мінімізації втрат у трубопроводах;
7. більша теплопровідність, низька в'язкість і висока питома теплоємність (навіть при низьких температурах) обумовлюють високий коефіцієнт теплопередачі й, відповідно, менші габарити охолодних пристроїв;
8. трубопроводи мають діаметр в 2-3 рази менший, чим у випадку використання аміаку;
9. значно менша матеріалоемність (в 5-8) раз і набагато більш компактне виконання в порівнянні з машинами, що використовують традиційні холодильні агенти й холодоносії за інших рівних умов.

Основний недолік – низька критична температура 31°C і високий робочий тиск, до 10 МПа. Високий тиск обумовлює обмеження у використанні вуглекислоти. Тому в даній роботі розглянута каскадна схема із вуглекислотою на нижньому каскаді в докритичному циклі, що дозволить використати повітряний конденсатор на верхньому каскаді (замість газового охолоджувача в надкритичному циклі).

На верхньому каскаді в даній схемі працює пропан (вуглеводень) який має високу критичну температуру і помірні тиски конденсації.

						Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Процеси холодильної обробки типового рибного підприємства часто організовані як показано на рисунку 1. Риба спочатку вивантажується з риболовецького судна, а потім транспортується на завод. Після цього рибу промивають в відфільтрованій морській воді і сортують, відповідно до розміру. Після цього риба, яка продається свіжою, упаковується в ящики з льодом і вивозиться.

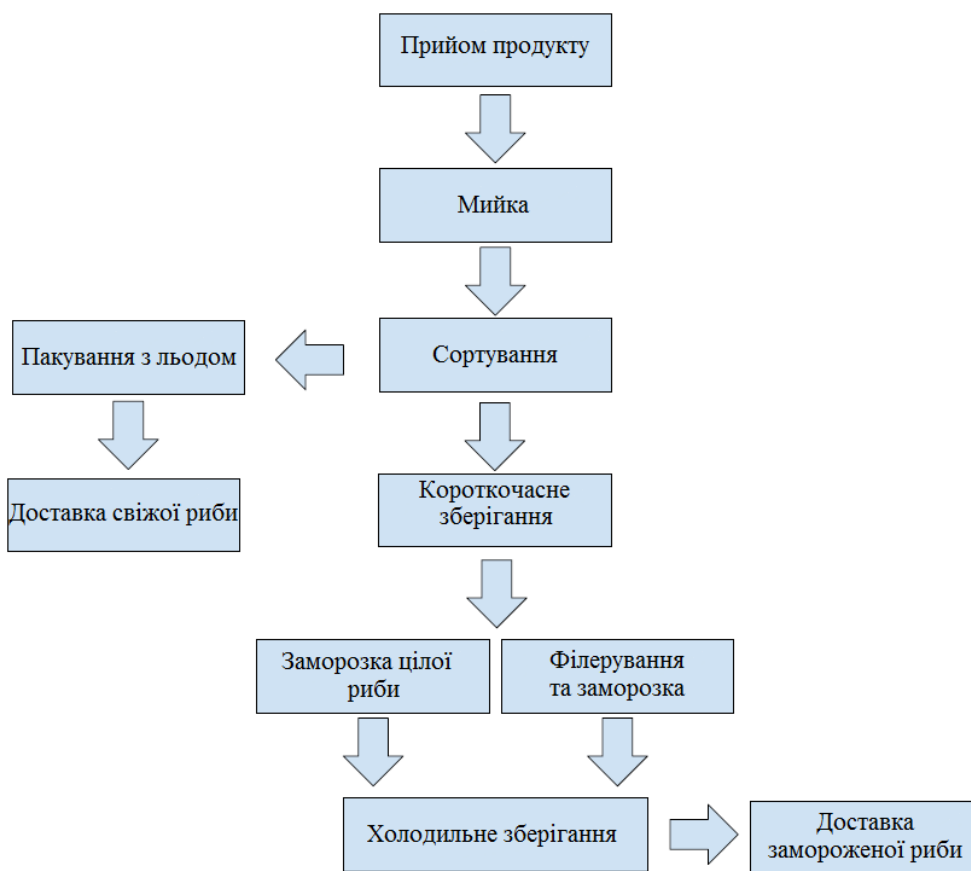


Рисунок 1.1. Процеси холодильної обробки типового рибного підприємства.

Риба яка повинна бути заморожена спочатку обробляється таким же чином, як зазначено вище, але з деякими додатковими кроками після сортування. Оскільки риба часто прибуває в дуже великому обсягу на борту риболовних суден, і, як правило, тільки один або два рази на день, сортувальні потужності повинні бути значно вище, ніж потужність заморожування. Це означає, що риба повинна зберігатися між сортуванням і заморожуванні в холодильниках тимчасового зберігання. Після цього риба

						Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

транспортується в зону заморожування, де вона швидко заморожується. Морожена риба транспортується в до камер зберігання де вона зберігається до доставки. На додаток до заморожування всієї риби є також можливість філерування риби перед заморожуванням, що додає цінність, але збільшує складність обробки риби.

1.1 Вимоги до холодильної обробки риби

При проектуванні нового заводу з переробки риби, першим кроком має бути визначення вимог до системи. Вони засновані головним чином на запит клієнтів, юридичних зобов'язань і фізичних обмежень щодо виду риби, оброблених і його якості. Риба є дуже швидкопсувним харчовим продуктом і, отже, якість погіршується швидко, якщо вони зберігаються в неналежних умовах. Це може привести до небажаних ферментативних дій, росту мікробів і, нарешті, привести до нездорового продукту з небажаним смаком і текстурою. Якість рибного продукту залежить від початкової якості, методу зберігання і тривалості з моменту смерті. Термін зберігання продукту може бути розширений за допомогою таких процесів, як сушіння, соління, охолодження і глибокої заморозки.

Заморожування це процес зниження температури об'єкту від його точки замерзання, і, отже, фазовий зсув з рідини в твердій формі. Риба містить приблизно 75 мас. % води, а розчинені солі знижують температуру замерзання нижче 0 ° С.

Інтервал температур замерзання становить від -1 до -2 ° С. Температура риби буде залишатися більш-менш постійною на рівні точки замерзання, поки більша частина клітинної рідини не замерзне. Це відбудеться в так званій критичній зоні, в діапазон температур від -1 до -5 ° С. Вода все більше зсуватиметься по фазі в лід зі збільшенням концентрації солі у воді, що залишилася поки вся вода не замерзне. Проте, точка замерзання безперервно знижена, оскільки концентрація солі збільшується, і навіть при -25 ° С є ще

						Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

близько 5% води в рідкому вигляді.

Таблиця 1.1. Кількість вимороженої води при заморозці

Температура, °С	% вимороженої води
-0,9	0
-1,1	32
-2,2	61
-3,3	76
-4,4	83
-5,5	86
-7,8	89

Час, проведений в критичній зоні впливає на якість розмороженої риби і, отже, він є загальним для групи мороженої риби на основі часу, проведеного в критичній зоні. Швидка заморозка приводить до створення численних і дрібних кристалів льоду. Якщо, з іншого боку, процес заморожування йде повільно, кристалів, що утворилися буде мало, і великого розміру. Це може привести до розпаду м'язової клітинної стінки в результаті втрати рідини і текстури змінами розмороженої риби.

Існує три види швидкої заморозки риби:

- час в критичній зоні замерзання більше 2 годин. Риба залишається на підносах / полиці в приміщенні з температурою повітря -18 градусів.
- швидке заморожування: час, проведений в критичній зоні нижче 2 год. Заморожування може бути зроблено як непрямими шляхом (плиткового заморожування) або прямим заморожуванням (занурена в рідину або шляхом глазурування під час розпилення рідини). Останнє може призвести до високого поглинання NaCl.
- Ультра-швидке заморожування: риба занурена в рідину або оброблена рідким азотом або рідким діоксидом вуглецю.

						Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Необхідна температура за стандартом при зберіганні заморожені риби - 18°C. Однак, рекомендована температура зберігання знаходиться в межах від -20 ° С до -25 ° С. Цей діапазон температур створює температурний запас від 2 ° С до 7 ° С, який необхідний для забезпечення якості продукту після завантаження до вантажних автомобілів і нормального зберігання в охолоджених зонах. Проте, вимоги стану, в якому сховище холодильна повинні бути в змозі тримати продукт при температурі не більше -18 ° С. Це наводить на думку, що температура повітря повинна бути нижче температури по сухому термометру -18 ° С. Вплив температури зберігання на час зберігання високої якості для деяких видів морепродуктів можна побачити в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2. Термін придатності при трьох різних температурах для різних заморожених морепродуктів

Вид продукту	-18 ° С	-25 ° С	-29 ° С
Тріска	3-5	6-8	8-10
Пікша	3-5	6-8	8-10
Жирна риба	2-3	3-5	6
Лобстер, краб	2		
Креветка	6		
Молюски	3-4		

Температура по сухому термометру незначно коливатиметься внаслідок змін в холодильному навантаженні і недосконалості в системі управління. Припускаючи, що велика маса замороженого продукту знаходиться в камері зберігання теплова інерція буде перешкоджати великим коливанням температури продукту, навіть коли температура повітря коливається. Відповідно до Європейських норм зберігання риби якість замороженого рибного продукту на піддоні залишається придатною до 30 хв при температурі повітря від 15 ° С до 25 ° С. Це дозволяє пом'якшити вимоги

						Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

до температури повітря на короткий період, щоб уникнути надмірних розмірів системи охолодження. Це послаблення дозволяє збільшення температури повітря при розморожуванні і інфільтрації з відкритих дверей протягом літа.

1.2 Вимоги до камер зберігання.

Останнім часом набув поширення спосіб зберігання риби при негативній температурі, близькій до криоскопічної.

Охолоджують рибу недовго, до утворення на її поверхні підмороженого шару товщиною 5-10 мм. Підморожену рибу іноді називають переохолодженою, або рибою глибокого охолодження. Здійснюють цей процес у морозильних апаратах. При цьому температура в підмороженому шарі складає від -3 до -5°C , а в товщі риби кристалоутворення не відбувається, і вона має температуру від 0 до -1°C . Наступне зберігання здійснюють при температурі повітря від -2 до -3°C в ящиках без льоду. Риба добре транспортується, а реалізується як охолоджена.

Найкраще властивості і структура риби зберігаються при швидкому заморожуванні при температурі від -18 до -39°C . Звичайно застосовують повітряне заморожування (холодним повітрям), яке здійснюють у морозильних камерах холодильників і в морозильних апаратах інтенсивної дії.

Риба вважається замороженою, якщо при ударі по ній твердим предметом з'являється дзвінкий звук. Для запобігання усушки мороженої риби й окислення жиру її іноді після замороження глазують, тобто на кілька хвилин опускають у холодну воду і, швидко охолоджуючи, дають можливість утворитися на поверхні риби шару льоду товщиною 2-3 мм.

Існують дані, що заморожування риби в рідкому азоті при -195°C з наступним зберіганням при тій самій температурі протягом двох тижнів не впливає на розчинність білків. Виділення соку з мороженої риби при

						Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відтаванні, центрифугуванні, варінні, а також її органолептичні показники такі ж, як і в свіжої.

Розморожування.

При розморожуванні риби відбуваються процеси, що знижують її якість, особливо смак та здатність утримувати вологу. Щоб звести до мінімуму небажані явища, треба розморожувати швидко. Це дає позитивний ефект як при короткочасному, так і при тривалому (до 6 міс.) зберіганні риби при досить низькій постійній температурі (від -18 до -20°C). При менш сприятливих умовах зберігання або перевезення (при підвищеній мінливій температурі) ефект від швидкого розморожування може знижуватися.

Основним способом розморожування є занурення блоків замороженої риби у ванну з водою, що має температуру $15-20^{\circ}\text{C}$. При цьому збільшується кількість риби з механічними ушкодженнями. Як правило, вона має ослаблену консистенцію, непривабливий вигляд і температуру $10-14^{\circ}\text{C}$. Крім того, цей спосіб потребує значних фізичних затрат і його складно механізувати. Набули поширення інші способи: плівково-зрошувальний, струмом промислової частоти і струмом високої частоти. Кращі результати дає розморожування в полі СВЧ. При розморожуванні, як і при заморожуванні, процеси, які негативно впливають на якість риби, проходять в основному при температурах від -5 до -1°C .

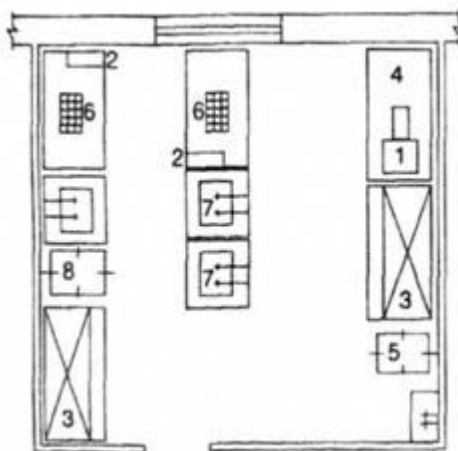


Рисунок 1.3. Розміщення обладнання в рибному цеху потужністю 0,5 т:

						Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 - м'ясорубка; 2 - пристрій для очищення риби; 3 - холодильна шафа; 4 - виробничий стіл; 5 - виробничий стіл для очищення риби; 7 - мийна ванна; 8 - візок-стелаж

Загальне керівництво цехом здійснює начальник виробництва. Якщо в цеху працюють п'ять і більше робітників – призначається бригадир (кухар IV або V розрядів), який разом з іншими виконує виробничу програму. На підставі меню він одержує у начальника виробництва сировину, дає завдання кухарям відповідно до їхньої класифікації, розподіляє продукти між членами бригади. Бригадир здійснює контроль за технологічним процесом, нормами витрати сировини і виходом напівфабрикатів, станом і справністю обладнання, відповідає за дотримання правил охорони праці, техніки безпеки, стежить за санітарним станом цеху.

1.3 Вихідні дані підприємства для розрахунку

Холодильна установка рибного заводу, яка є об'єктом даного дослідження, розташована у м. Ктів, в Київській області. Компанія-власник заводу має свій власний рибальський флот і улов доставляється судами безпосередньо на об'єкт, розвантажуватися з допомогою двох автоматичних станцій розвантаження. Оселедець і скумбрія є єдиними видами риб в стадії обробки і обмеження виробничих потужностей для заморожування становить 70 тонн на добу. На додаток до заморожування є ємність для виробництва льоду 10 тонн на добу. Лід використовується для охолодження свіжого улову на судах до прибуття на об'єкт, але і для охолодження свіжих поставок риби. Перед тим як риба заморожена, вона зберігається в буферних ємностях з -1° С води. Є чотири буферних резервуари з ємністю 100 тонн риби. Після заморожування, риба зберігається в охолоджену зберігання при температурі -29° С, з місткістю 1200 тонн.

						Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3.1 Температурний режим підприємства

Вимоги температури риби до, під час і після процесу заморожування визначаються на основі необхідної якості розмороженої риби разом з часом між заморожуванням і використанням. Оселедець часто їдять маринованим, тобто без нагрівання, і тому потрібна дуже висока якість. Короткий термін зберігання до заморожування дуже важливий для якості і тому риба повинна зберігатися при мінімально можливій температурі, не досягаючи критичної зони. При зберіганні при температурі, зазначеній в таблиці 1.2 він не досягає критичної зони, рівної -1°C і не перевищує вимогу в $4,4^{\circ}\text{C}$ протягом короткого терміну зберігання.

При заморожування риби температура завжди повинна доходити до -18°C в середині рибини менш ніж за 2 години, щоб гарантувати якість. Подальше зниження температури не має негативного ефекту, поки середня температура риби не перевищує довгострокову температуру зберігання.

Для тривалого зберігання, як можна бачити в таблиці 1.2, температура -29°C перевершує вимогу -18°C , і це також дає великий запас температури під час перевезення риби. Так як холодильна установка є першим кроком в процесі виробництва, і риба експортується по всій країні, тривалий термін зберігання і великі запаси температури дуже важливі. Більш низькі температури можуть бути застосовані, якщо вони вважаються більш ефективними в певний час.

1.3.2 Надходження продукту

Кількість замороженої риби в даний час встановлюється максимально 70 т/добу. Це в значній мірі обмежується наявним рибальським флотом. Потужності для зберігання мають такі розміри по відношенню до довжини рибальського сезону, потоку продукту і частоти поставок. Приплив, відтік і зберігання потужності можна побачити в таблиці 1.3.

						Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.3. Надходження продукту

Процеси	Надходження т/добу	Відвантаження т/добу	Місткість, т
Сортування	15	3	0
Охолодження	15	3	100
Замороження	20	5	6
Зберігання	20	5	1200

									Арк.
									16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Розділ 2. Аналіз робочих тіл і схем холодильних установок

2.1. Загальні положення.

Прийняті міжнародними комітетами заходи, по запобіганню руйнування шару стратосферного озону, а також виникнення парникового ефекту в атмосфері із-за викидів агентів привели, починаючи з початку 90-х років, до радикальних змін в технологіях кондиціонування повітря і штучного охолодження.

До недавнього часу в цих системах використовувалися в основному озоноруйнуючі холодильні агенти, а саме R12, R22 і R502; для особливих цілей застосовувалися R114, R12B1, R13B1, R13и R503.

Промислово розвинені країни віднині не дозволяють використовувати ці холодильні агенти, окрім R22, у країнах Європейського Союзу, проте, в теперішній час вже діє поетапна програма відмови також і від R22.

Таке положення справ призводить до колосальних наслідків для всієї галузі штучного охолодження і кондиціонування повітря.

Хоча вже міцно увійшли до практики такі холодильні агенти на основі гідрофторвуглеродів (ГФУ - HFC), які немістять хлору, як R134а, R404A, R507A, R407C, R410A, а також NH₃ і різні вуглеводневі, все ще потрібно зробити немало, особливо у відношенні дії на глобальне потепління. Метою є істотне зменшення прямих викидів, що визвані витоками холодильних агентів, за рахунок використання високоефективних установок, змонтованих з надійних компонентів з високою якістю з'єднань трубопроводів.

У зв'язку з цим виконано велике число розробок; вже доступний щонайширший діапазон компресорів і устаткування для різних альтернативних холодильних агентів.

Результати декількох досліджень підтверджують, що зазвичай застосування в промислових цілях паро-компресійних холодильних установок, значно перевершують по ефективності установки, принцип дії яких заснований на інших процесах, при температурах кипіння біля -40°C.

						Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сьогодні особливе значення має вибір альтернативних холодильних агентів і конструкцій системи охолодження. Окрім вимоги відсутності озono-руйнуючого потенціалу ($ODP=0$) і потенціалу дії на глобальне потепління ($GWP=0$) суттєвим критерієм вибору є величина енергоспоживання систем охолодження, як непрямого вкладу в створення парникового ефекту.

Тому був розроблений метод розрахунку систем охолодження, що дозволяє проаналізувати їх сумарну дію на парниковий ефект.

У зв'язку з цим введений так називаємий чинник "TEWI" (Total Equivalent Warming Impact - сумарна еквівалентна дія на потепління), хоча результат визначається головним чином викидами CO_2 в залежності від використовуваного способу приводу або вироблення енергії. Тому, можливо в майбутньому оцінка дії холодильних агентів на навколишнє середовище буде різною в залежності від місця розташування установки і способу її приводу.

Детальніший розгляд ГФУ холодильних агентів - заміників (HFC) показує, проте, що можливості повністю порівняння однокомпонентних холодильних агентів обмежені. Відносно сприятлива ситуація із заміною R12 на R134a, так само як і R502, на альтернативні R404A і R507A. Гірше йде справа із заміниками для інших хлоровмісних CFC, а також HCFC-холодильних агентів, наприклад, для R22.

Холодильні агенти R32, R15 і R134a розглядаємо як прямі ГФУ - холодильні агенти - заміники (HFC). Проте із-за їх специфічних характеристик вони можуть застосовуватися в чистому вигляді лише у виняткових випадках. В цьому відношенні найбільш важливими критеріями є займистість, термодинамічні властивості і потенціал впливу на глобальне потепління. Ці речовини більш придатні як компоненти сумішей, в яких окремі характеристики шляхом варіювання пропорцій суміші можуть бути приведені у відповідність вимогам.

Окрім ГФУ – холодильних агентів, як заміники розглядаються також аміак (NH_3) і вуглеводневі. Їх промислове використання, проте, обмежується

						Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

жорсткими вимогами безпеки.

Ілюстрації на наступних сторінках містять структурний огляд альтернативних холодильних агентів, а також інформацію про доступні в даний час однокомпонентні або сумішеві холодильні агенти.

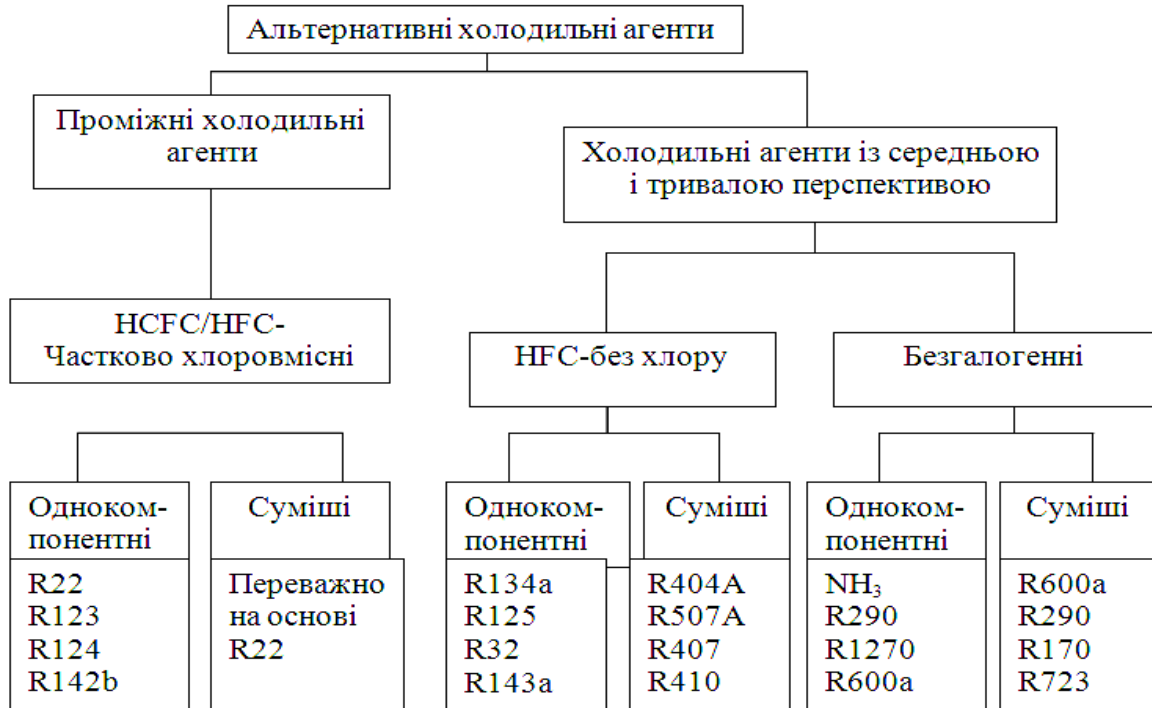


Рис.2.1 Альтернативні холодильні агенти

Попередні холодильні агенти	Альтернативи			
	Класифікація	Промислова назва	Фірми	Склад в сумішах
R12(R500)	R401A R401B R409A R409B R413A	MP39 MP66 FX56 FX57 ISCEON 49	DuPont DuPont Atofina/Solvay Atofina Rhodia	R22/152a/124 R22/152a/124 R22/124/142b R22/124/142b R134a/218/600a
R502	R22 R402A R402B R403A R403B R408A	- HP80 HP81 ISCEON 69S ISCEON 69L FZ10	- DuPont DuPont Rhodia Rhodia Atofina	- R22/125/290 R22/125/290 R22/218/290 R22/218/290 R22/143a/125
R114 R12B1	R124 R124		- -	

Рис.2.2 Альтернативи для CFC холодильних агентів (проміжні (перехідні) холодильні агенти)

Глобальне потепління як чинник TEWI.

Як вже згадувалося у вступі була розроблена методика оцінки дії окремих холодильних установок на ефект глобального потепління (TEWI = Total Equivalent Warming Impact - сумарна еквівалентна дія на потепління).

Всі галогеновуглеводневі холодильні агенти, включаючи гідрофторвуглероди (HFC), що не містять хлору відносяться до категорії парникових газів. Викиди цих речовин вносять вклад у глобальний парниковий ефект. Міра їх дії значно більше в порівнянні з CO₂, що є, парниковим газом в атмосфері. Наприклад, якщо узяти тимчасовий інтервал в 100 років, викид 1 кг R134a приблизно еквівалентний викиду 1300 кг CO₂ (GWP100 = 1300). Вже з цих фактів ясно, що зменшення викидів холодильних агентів має бути одному з основних завдань в майбутньому.

З іншого боку, основний вклад в дію, зі сторони холодильних установок на глобальне потепління, вносять викиди (косвенні) CO₂ при виробленні енергії. З врахуванням високого відсотка використання викопного палива на електростанціях, середня величина викида CO₂ в Європі складає близько 0,6 кг на один кіловат електроенергії. В результаті установка за час її служби вносить істотний вклад до парникового ефекту.

Окрім вимоги використання альтернативних холодильних агентів з термодинамічно-сприятливим енергоспоживанням, необхідно також зробити акцент на необхідність використання високоефективних компресорів і супутнього устаткування, а також оптимізованих компонентів систем зважаючи на їх значиму долю в загальному балансі.

Порівнюючи різні конструкції компресорів, можна бачити, що непрямі викиди CO₂ унаслідок підвищеного енергоспоживання можуть надавати більшу сумарну дію на парниковий ефект, чим викиди холодильних агентів.

На рис. 2.3 показана зазвичай застосовувана формула розрахунку чинника TEWI з відповідним виділенням різних напрямів дії на глобальне потепління.

У всьому світі додаються зусилля для зменшення викиду парникових га-

						Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.1

Суміші що не містять хлору HFC (тривала альтернатива)						
R404A	-47	73	55	99(L)	98	-9
R507A	-47	71	54	102(L)	98	-10
R407A	-46	83	56	78(L)	96	+11
R407B	-48	76	53	93(L)	98	-2
R422A	-49	72	56	-	-	-
R407C	-44	87	58	100(H)	95	-8
R417A	-43	90	68	97(H)	-	-25
R419A	-43	79	64	-	-	-
ISCEON29	-45	81	62	-	-	-
R410A	-51	72	43	142	95	-6
FX80	-51	70	44	-	-	-
ISCEON89	-55	70	50	-	-	-
R508A	-86	13	-3	-	-	-
1	2	3	4	5	6	7
R508B	-88	14	-3	-	-	-

Без галоїдні холодильні агенти (тривала альтернатива)						
R717	-33	133	60	100(M)	105	+60
R723	-37	131	58	105(M)	106	+35
R600a	-12	135	114	-	-	-
R290	-42	97	70	89(M)	102	-25
R1270	-48	92	61	112(M)	101	-20
R170	-89	32	3	-	-	-
R744	-57	31	-11	-	-	-

R409B	-35	105	73	100(M)	100	+6
R413A	-35	101	76	105(M)	100	-9
R402A	-49	75	53	109(L)	100	-0
R402B	-47	83	56	99(L)	98	+16
R403A	-50	93	57	105(L)	99	+17
R403B	-51	90	54	112(L)	100	-0
R408A	-44	83	58	98(L)	100	+10
Холодильні агенти без хлору HFC (тривала альтернатива)						
R134a	-26	101	80	97(M)	103	-8
R152a	-24	113	85	-	-	-
R125	-48	66	51	-	-	-
R143a	-48	73	56	-	-	-
R32	-52	78	42	-	-	-
R227ea	-16	102	96	-	-	-
R236fa	-16	120	117	-	-	-
R23	-82	26	1	-	-	-

H – висока температура (+7/55 °C),

M – середня температура (-10/40°C)

L – низька температура (-35/40°C)

Приведенні технічні дані являють собою середні значення, що базуються на калі метричних дослідженнях.

2.2 Натуральні робочі тіла.

Холодильний агент NH₃ протягом більш ніж одного століття застосовувався в промислових і великих холодильних установках. У нього немає озоноруйнуючого потенціалу і прямого потенціалу дії на глобальне потепління. Його ефективність принаймі не менше, ніж в R22, а в деяких випадках навіть краще; тому його непрямий вклад в ефект глобального потепління малий. Крім того, його вартість незрівнянно нижче. Результуючи,

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

можна задатися питанням: чи є він ідеальним холодильним агентом і оптимальною заміною для R22 або альтернативи гідрофторвуглеородам? Поза сумнівом, NH₃ володіє багатьма позитивними якостями, які можна використовувати також і у великих холодильних установках.

На жаль, мають місце і негативні риси, обмежуючі широке комерційне використання аміаку або вимагаючі споживання витратних, а інколи і нових технічних рішень.

Недоліком NH₃ є високий адіабатичний показник (NH₃ = 1,31 / R22= 1,18 / R12=1,14), що відбивається на температурі нагнітання, яка істотно вище, навіть чим в R22. Тому одноступінчатє стискування вже неможливе при роботі з температурою кипіння приблизно в 10°C і нижче. Слід застосовувати двоступінчатє стискування.

Проблемою при підборі відповідних масел є також і незадовільна їх розчинність в холодильних агентах в невеликих установках. Масла, що раніше застосовувалися, не розчинялися холодильним агентом. Вони вимагають відділення за допомогою витонченої технології і серйозне обмеження використання випаровувачів прямого випаровування із-за погіршення якості при теплопереносі.

Із-за високих температур нагнітання особливі вимоги пред'являються до термостабільності мастил. Це особливо критично для автоматичної роботи, коли масло роками повинне залишатися в контурі без погіршення своїх властивостей.

NH₃ володіє надзвичайно високою різницею ентальпії при фазових переходах і в результаті порівняно малою масовою витратою при циркуляції (приблизно від 13 до 15% порівняно із R22). Ця властивість вважається перевагою для крупних установок, але ускладнює регулювання уприскування холодильного агента на малопотужних установках.

Наступним критерієм, який повинен бути розглянутий, є корозійна дія на мідні матеріали; тому трубопроводи мають бути виготовлені із сталі. Перешкодою є також вимога аміакостійкості обмоток двигунів. Ще однією

						Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

трудністю являється електропровідність холодильного агента при підвищеному водовмісті.

До інших негативних рис можна віднести токсичність і легкозаймистість що вимагають особливих заходів безпеки при спорудженні і експлуатації таких установок.

При сучасному стані технологій промислові системи на NH₃ вимагають абсолютно інші технології монтажу і експлуатації установок в порівнянні із звичайними промисловими системами.

Унаслідок нерозчиненості в мастилі і специфічних характеристик холодильного агента зазвичай застосовуються високоефективні масловідділювачі і випаровувачі затопленого типу з гравітаційною або примусовою циркуляцією. Із-за небезпеки для тих, хто оточує і охолоджує продукт випаровувач часто не може бути встановлений безпосередньо в зоні охолодження. Тому тепло-перенесення доводиться здійснювати через вторинний контур холодоносія.

Лінії холодильного агента, теплообмінники і арматура повинні виготовлятися із сталі; трубопровідні лінії зважаючи на їх більший розмір підлягають перевірці атестованим інспектором.

Зазвичай застосовують холодильний компресор відкритого типу, в якого привідний двигун є окремим від компресора агрегатом.

Ці заходи істотно підвищують затрати, пов'язані з установками NH₃, особливо при середній і малій продуктивності.

Тому додаються зусилля з метою розробки простіших систем, які могли б застосовуватися і в комерційній сфері.

Частиною програм дослідження являється випробовування частково розчинних мастил з метою поліпшення циркуляції мастила в системах. Як альтернативи розглядаються також упрощені способи автоматичного повернення нерозчинних мастил.

Отриманий до теперішнього часу досвід показав, що системи з частково розчинним мастилом важкі в управлінні. Вода, що міститься в системі, має

						Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

серйозний вплив на хімічну стабільність контура і знос компресора. Крім того, високий вміст холодильного агента в мастилі призводить до сильного зносу підшипників і інших рухливих частин. Це відбувається із-за сильної зміни об'єму при випаровуванні NH_3 в зоні змащування.

Існують також рішення з герметизацією установок NH_3 . Компактний рідинний холодильник (заправка холодильним агентом менше 50 кг) встановлюється в закритий контейнер; аміак при витоках поглинається вбудованим водяним резервуаром. Такі компактні вузли можна встановлювати в місцях, які із-за вимог безпеки раніше були зарезервовані для установок з галогеновмісними холодильними агентами.

Виробнича програма включає сьогодні обширний вибір оптимізованих аміачних компресорів для різних типів мастил:

- Одноступінчаті поршневі компресори відкритого типу (подача від 19 до 152 м³/год при 1450 об/хв) для кондиціонування повітря, для середньотемпературного охолодження і бустер-компресорів.
- Гвинтові компресори відкритого типу (подача від 84 до 250 м³/год при паралельній роботі до 1500 м³/год при 2900 об/хв) для кондиціонування повітря, середньо- і низькотемпературного охолодження.

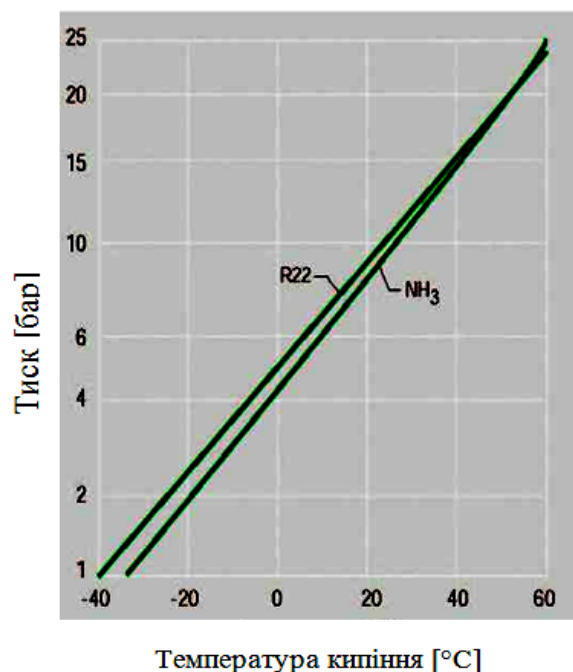
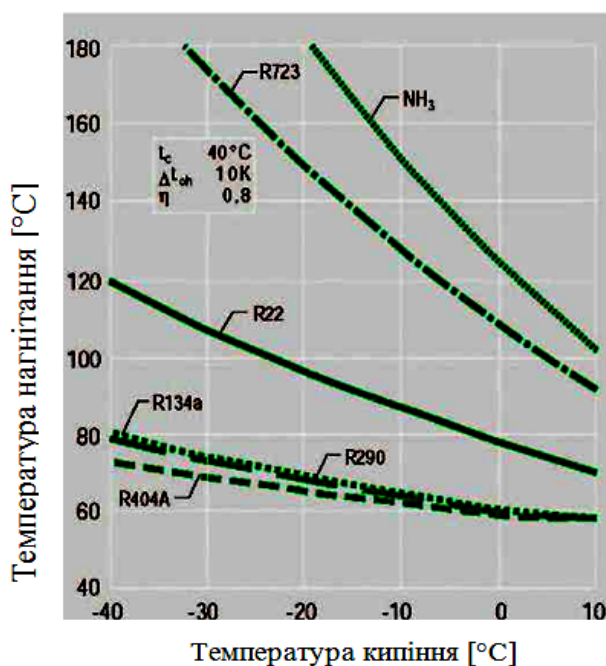


Рис. 4 Порівняння температур нагнітання.

Рис. 5 Порівняння рівнів тисків.

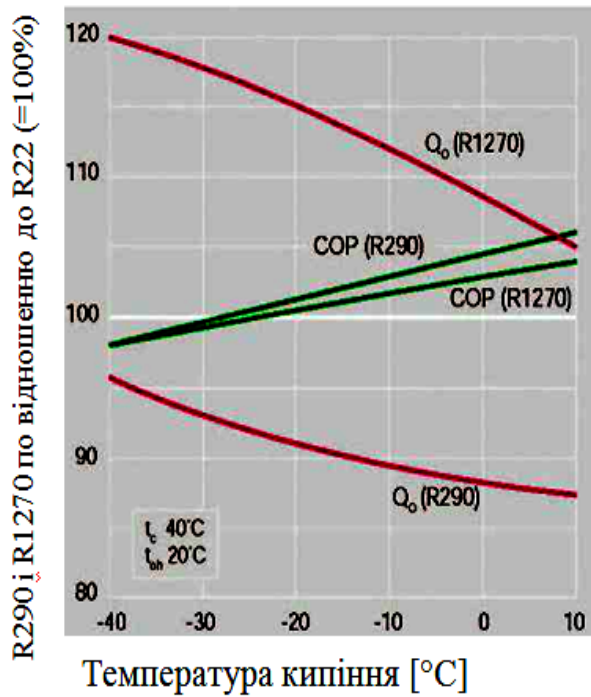


Рис.2.6 R290/R1270/R22 - порівняння холодопродуктивності напівгерметичних компресорів.

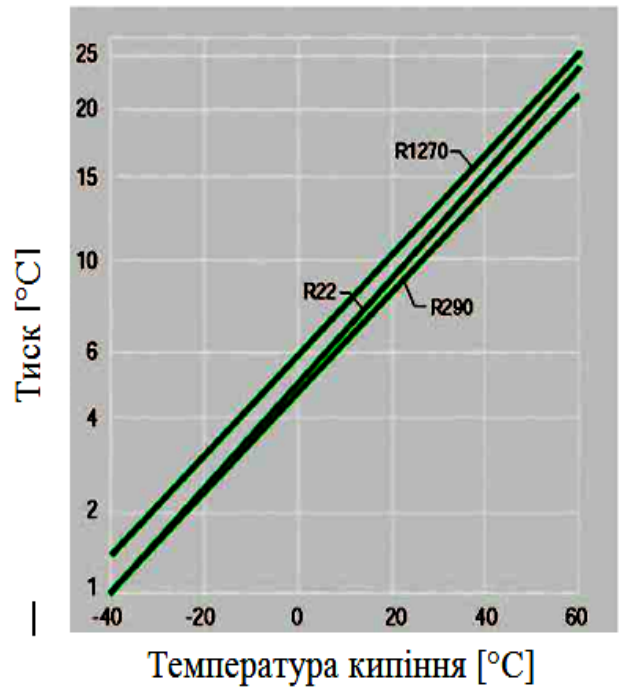


Рис. 2.7 R290/R1270/R22 - порівняння рівнів тиску.

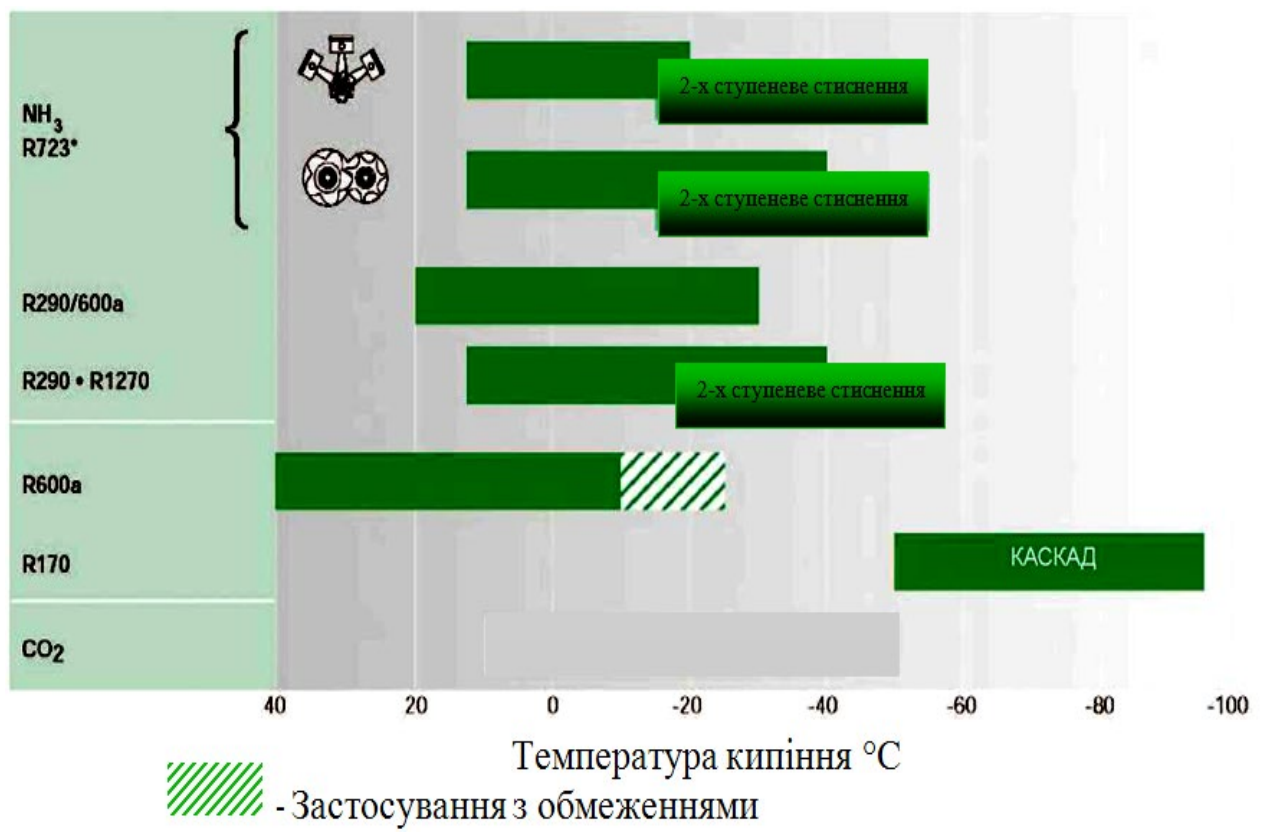


Рис.2.8 Области застосування холодильних агентів.

високі робочі тиски визначають особливі вимоги до конструкції компресора і до систем безпеки.

У цій роботі приведені схемні рішення холодильних установок з CO₂, а також детально розглянуті основні напрями розробки спеціальної компресорної техніки і холодильних масел для CO₂. Крім того, викладені заходи експлуатаційної безпеки установок на CO₂, а також їх характеристики продуктивності в порівнянні із звичайними установками.

Після багатолітнього періоду досить скромного інтересу до CO₂ у розробників холодильної техніки вуглекислота останніми роками привертає до себе особливу увагу, перш за все, із-за екологічних проблем, що загострилися. Разом з розробками проектів з "транс критичними" умовами функціонування останніми роками були успішно введені в експлуатацію багато "до критичних" каскадних систем для комерційного і промислового низькотемпературного охолодження з температурами випаровування нижче -50°C. Слід мати на увазі, що CO₂ в порівнянні з іншими холодильними агентами володіє сприятливішими термофізичними властивостями для даного діапазону температур. Вуглекислота також є хімічно інертною, пожаро- і вибухобезпечною речовиною, але шкідливим для здоров'я людини у великих концентраціях. Всі ці властивості визначають у багатьох випадках явну перевагу CO₂ над аміаком.

До цих пір у холодильних системах з CO₂ використовувалися поршневі і гвинтові компресори відкритого типу. Проте, високий рівень робочих тисків потребує особливих вимоги і, тим самим, підвищує вартість такого компресора. У зв'язку з цим останнім часом зріс інтерес до напівгерметичних компресорів, які є аналогічними до встановлюємих в холодильні агрегати, що випускаються серійно, вживання яких дозволило б значно здешевити перспективні установки.

На сьогоднішній день вже реалізовано багато проектів з напівгерметичними дослідними прототипами. У подальших розділах роботи

						Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

описаний накопичений досвід по створенню надійних спеціалізованих для CO₂ компресорів, а також систем безпеки для них.

2.3.1 Каскадні системи із CO₂.

На рис.10 показана спрощена схема холодильної установки, в якій CO₂ зріджується у випаровувачі первинного холодильного контуру (з холодильними агентами NH₃, HC (пропан, пропилен) або HCFC/HFC) і транспортується циркуляційним насосом прямо у випаровувач системи середньотемпературного охолодження. У сучасних каскадних CO₂-ступенях передбачений додатковий LT- ресивер низького тиску, який підтримується на рівні тиску випаровування CO₂ за рахунок відсмоктування пари одним або декількома одноступеневими компресорами. Компресор нагнітає пари CO₂ в каскадний охолоджувач (конденсатор) разом з газом з середньотемпературного випаровувача. У охолоджувачі сумарний газовий потік конденсується і потім поступає у відповідний MT- ресивер. З нього відбувається перепускання рідини в ресивер низького тиску за допомогою поплавкового клапана.

Циркуляційні насоси або системи гравітаційної циркуляції використовуються для подачі CO₂ до місця його охолодження фреоновими системами. Для виключно низькотемпературного охолодження компоненти середньотемпературного контуру не використовуються.

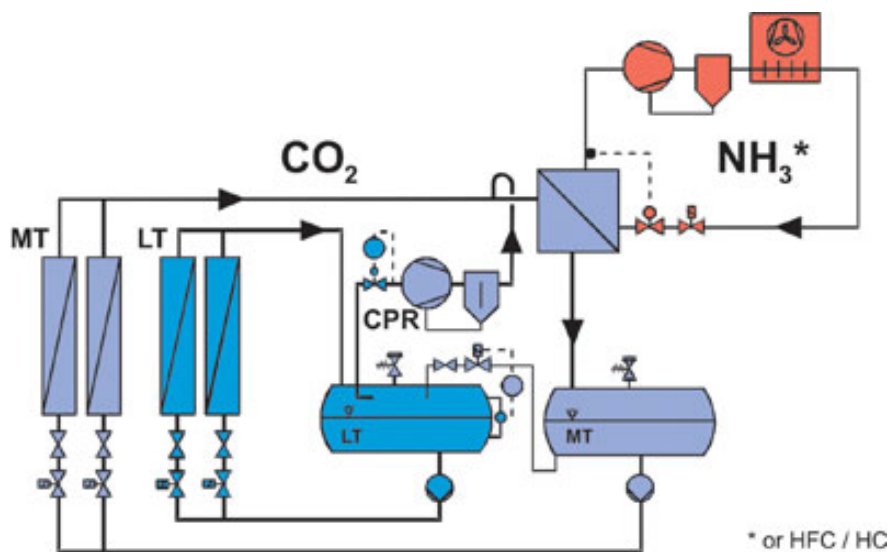


Рис.2.10. Каскадна система із CO₂ (спрощена схема).

					Арк.
					30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

На Рис 2.11 показана спрощена схема двох-каскадної системи, в якій CO₂ використовується якості звичайного холодильного агенту другого каскаду. Установки з такою схемою дуже поширені в країнах Скандинавії і вважаються дуже перспективними для комерційного вживання. У холодильних системах для типових супермаркетів в другому низькотемпературному каскаді CO₂ нагнітається в конденсатор-теплообмінник поршневими компресорами "Бітцер" серії Октагон: С-1К, С-2К, модифікованими для CO₂

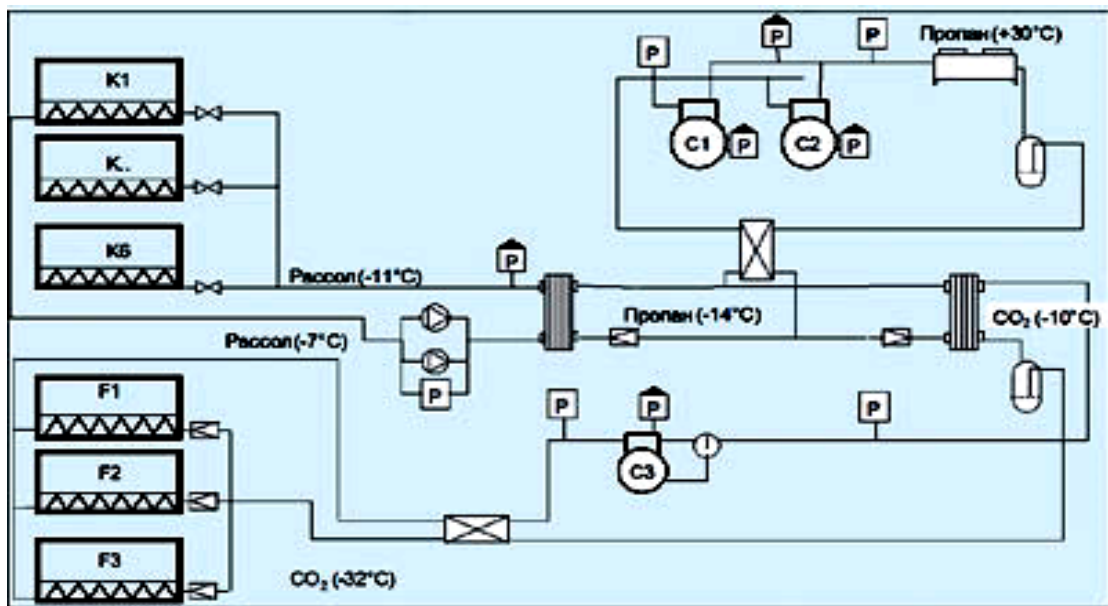


Рис.2.11 Каскадна система з CO₂ (спрощена схема)

2.3.2 Вимоги до компресора в каскаді CO₂.

CO₂ набуває властивості рідини при досягненні порівняно високого рівня тисків при досить низьких температурах випаровування і конденсації. Ці тиски в деяких випадках значно перевищують допустимі робочі значення для типових стандартних компресорів (рис.2.11). При порівнянні робочого режиму установки з R22, з температурою випаровування -35°C (SST) і температурою конденсації -10°C (SCT) для CO₂ це відповідає "+30°C/+64°C". Такі робочі умови в реальних установках зустрічаються дуже рідко. Не дивлячись на низьку густину пари CO₂ порівняно із галогеновмісними холодильними агентами (рис. 2.10) такі термо-фізичні властивості

						Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виражаються в більш високому механічному навантаженню на привід компресора, а отже, в необхідності певного зростання потребуемого приводного моменту. Більш того, при проектуванні устаткування слід розглядати навіть ще більш екстремальні умови навантаження.

Інший критичний чинник пов'язаний з мастилом компресора. При до- сить високому тиску всмоктування деякі холодильні масла розчиняють в собі значний відсоток CO₂. Внаслідок чого, кінематична в'язкість суміші, що утворилася, значно понижена. При використанні напівгерметичних компресорів слід також враховувати сумісність матеріалу ізоляції обмоток і суміші масла з CO₂. Охолодження електромотора - це інший важливий аспект. На сьогодні він є особливо спірним і таким, що викликає багато сумнівів через те, що від мотора з невеликими розмірами потрібний високий приводний момент.

З врахуванням особливих властивостей CO₂, вказаних вище стає ясно, що стандартні напівгерметичні компресори можуть використовуватися лише в дуже обмеженої сфери застосування. Останні досягнення фірми "Бітцер" в цьому напрямі показують, що при комбінуванні різних компонентів одного сімейства компресорів, а також при відповідній модифікації конструкції і використанні відповідного масла всі категоричні вимоги можуть бути виконані.

						Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

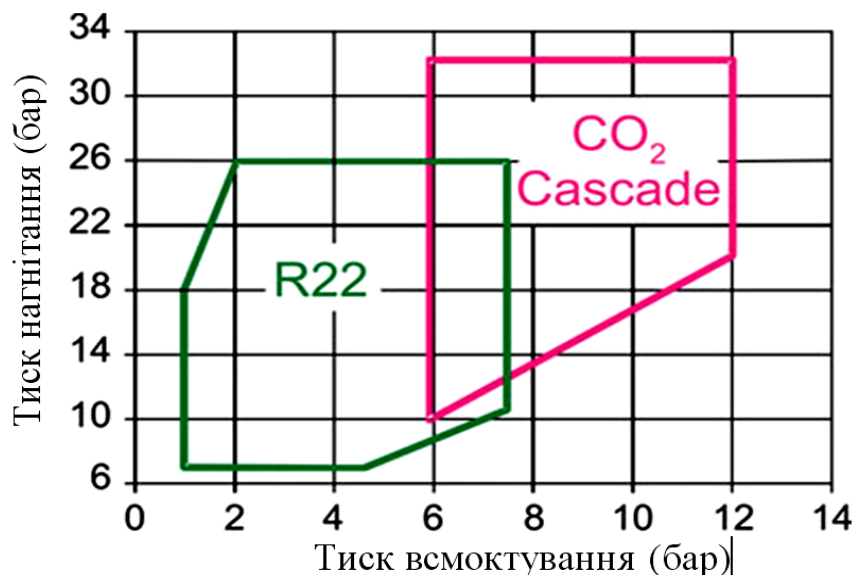


Рис.2.12 CO2/R22 - Порівняння значень тисків випаровування і конденсації в межах стандартної області функціонування

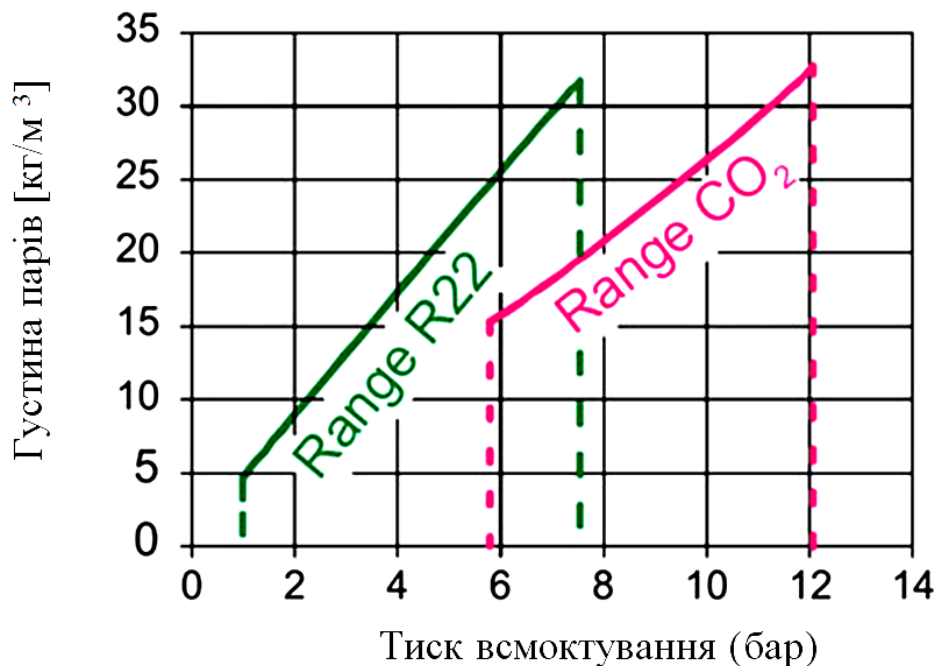


Рис.2.13 CO2/R22 - Порівняння значень густини пару в межах стандартних діапазонів тисків всмоктування.

2.3.3 Напрямки розробок/особливості конструкції.

Навантаження і тиски.

Сучасні напівгерметичні компресори проектуються з п'ятикратним запасом міцності по внутрішньому тиску, і це повинно підтверджуватися при проведенні регулярних перевірок. Навіть з врахуванням наявності внутріш-

нього запобіжного клапана тиску, типом зовнішніх запобіжних клапанів, а також з врахуванням індивідуальних випробувань згідно з відповідними розпорядженнями ЄС звичайні границі застосування (HP - високий тиск 28 бар/ LP - низький тиск 19 бар) можуть бути підведені ще вище.

При необхідності, рекомендується застосовувати прокладки з металевим посиленням або підтримуючі елементи в ущільненнях. Вживання чавуну з сферичною графітною структурою замість сірого чавуну для лиття корпусних деталей дозволяє підвищити їх механічну міцність при тій же товщині стінок.

Механічне навантаження / Необхідний приводний момент.

Порівнюючи максимальні робочі умови компресорів по діаграмі на Рис.2.12, ми бачимо, що тиски випаровування і конденсації CO₂ перевищують приблизно на 60 % і 20 % відповідно нормальні максимальні значення робочих тисків для R22. Самий простий шлях пристосування компресора для роботи на CO₂ - це комбінування в одному типовому корпусі певної серії компресорів найменшої об'ємної продуктивності з найбільшою потужністю мотора. Для поршневого компресора це означає використання найменшого діаметру поршнів, що приведе в результаті до зниження навантаження на підшипники і зменшення згинаючого зусилля на калінвал. Це також відно-ситься і для підшипників пальців шатунів, які також сприймають значні навантаження. У малих поршневих компресорах пальці, як правило, ковзають безпосередньо в деталях, що сполучаються, але з врахуванням специфічних навантажень при роботі на CO₂ необхідно на пальці встановлювати додаткові підшипники ковзання.

У зв'язку з більш високою масовою витратою конструкція клапанів компресора також має бути модифікована.

В разі використання гвинтових компресорів можливе застосування коротких роторів, а також, залежно від об'ємної продуктивності, великих підшипників. Тому що в каскадних системах при звичайних умовах

						Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

функціонування на низьких співвідношеннях робочих тисків реалізація даної концепції не призводить до зниження ефективності (к.к.д.).

З метою оберегти компресор від надмірних механічних навантажень на найважчих режимах, а також мотор від перевантажень на лінію всмоктування, безпосередньо на вході в компресор, встановлюють регулятор тиску в картері. Його налаштовують так, щоб після пуску компресора тиск всмоктування стабілізувався нижче за допустимий максимум.

Охолодження мотора.

Зважаючи на високе питоме навантаження на мотор у поєднанні з його малим об'ємом, повітряне охолодження у багатьох випадках виявляється незадовільним із-за недостатньої площі зовнішньої поверхні моторної частини корпусу компресора. Вибір лише такого способу охолодження вимагав би розробки спеціальної конструкції компресора для CO₂ і, тим самим, істотно понизив би перевагу від використання стандартних вузлів, що виробляються серійно.

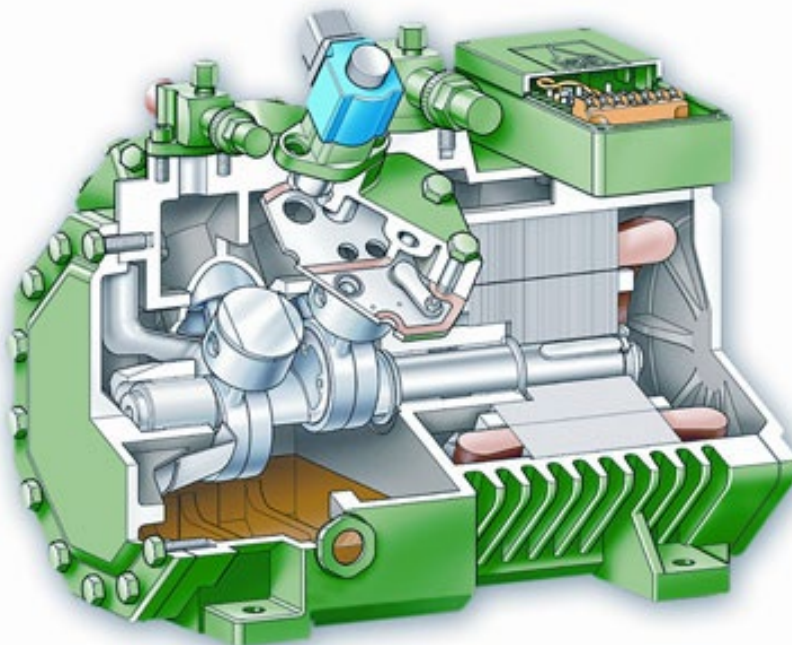


Рис.2.14 Розріз напівгерметичного поршневого компресора

						Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

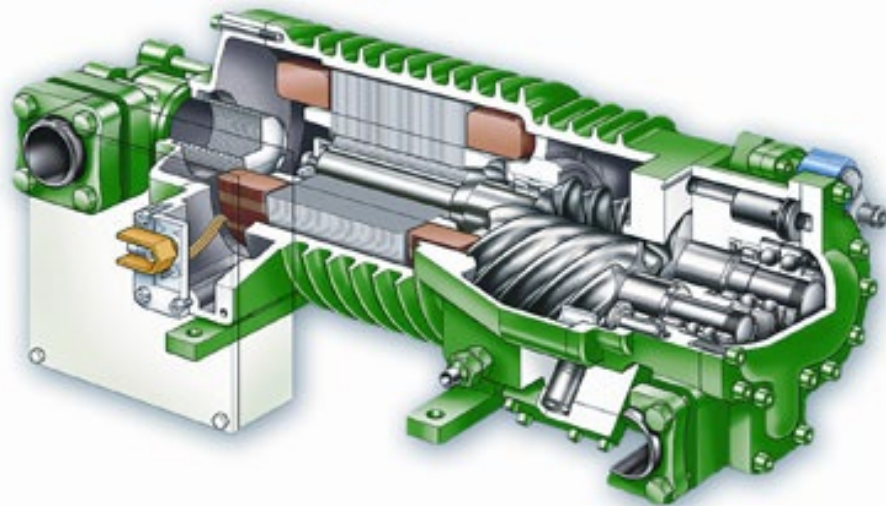


Рис.2.15 Розріз напівгерметичного гвинтового компресора (без масловідділювача)

Широко використовуване в напівгерметичних компресорах охолодження всмоктуваним газом обіцяє в цьому відношенні великі вигоди. Але при низькотемпературному охолодженні, а також при використанні холодильних агентів, що мають низьку питому ентальпію пари такий спосіб охолодження також неефективний, оскільки при цьому з'являється додатковий перегрів газу при протіканні через мотор, внаслідок чого змінюється питомий об'єм (щільність) газу і знижується його масова витрата.

При детальнішому розгляді цього питання виявляється, що втрати від охолодження всмоктуваним газом досить низькі в допустимій області функціонування. Причинами тому є висока масова витрата CO₂ і низький перегрів газу на всмоктуванні при використанні затоплених випаровувачів. Це забезпечує особливо інтенсивне охолодження мотора і гарантує низьку температуру обмоток, що визначає мінімальні теплові втрати і високу ефективність мотора.

						Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

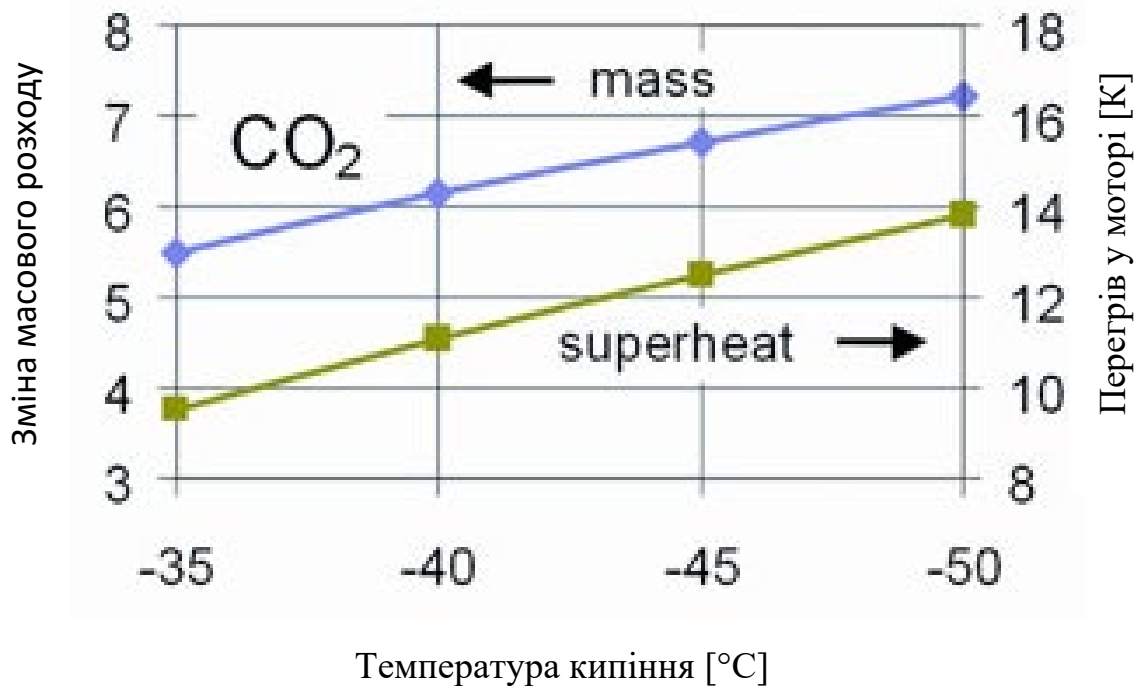


Рис.2.16 Зміна масової витрати CO₂ (%) залежно від значення перегріву всмоктуваного газу в моторі при різних температурах кипіння (SST, °C)

Кожна з обмоток мотора оснащується сполученими з електронним захисним пристроєм РТС - датчиками температури, що забезпечують надійний захист від перевантажень. За наявності достатнього охолодження мотор може працювати при дуже високих навантаженнях тривалий час.

Масило.

Досить високі механічні навантаження і висока розчинність газу у використовуваних холодильних маслах визначають особливі вимоги до вязкісних і трибологічних властивостей масла для CO₂, а також до конструкції компресора. В той же час, для надійного повернення масла з системи масла повинні мати хорошу змішуємість з CO₂ навіть при температурах - 50 °C і нижче.

Поліалкілен-гліколеві (PAG) масла показують бажану низьку розчинність в собі CO₂ в картері компресора, а також в масловідділювачі, забезпечуючи при цьому необхідну товщину шару мастила із сприятливими вязкісними характеристиками. З іншого боку в результаті незадовільної

змішує мості з CO₂ спостерігаються відомі труднощі з циркуляцією масла по системі. Крім того, дуже висока гігроскопічність PAG-масел може привести до різкого зниження їх діелектричних властивостей, а також до підвищення потенціалу їх хімічної активності. Таким чином, використання цих масел в напівгерметичних компресорах на CO₂ не рекомендується.

Тим часом, різносторонні наукові дослідження, а також практичний досвід, показали, що спеціально модифіковані полієфірні мастила (POLAR-POE) є сповна придатними для використання в компресорах спеціального виконання, що функціонують у вищезгаданих умовах. Ці масла володіють високим індексом в'язкості, хорошими змащувальними характеристиками, прийнятною розчинністю в собі CO₂, а також, на відміну від PAG-масел і неполярних мінеральних масел, добре змішуються з CO₂ /2/. Проте, з врахуванням їх гігроскопічності необхідно застосовувати дуже великий і дрібнопористий ("молекулярне сито") фільтр-осушувач.

Не дивлячись на те, що отримані результати досліджень в цілому доки сповна задовільні, аналіз стану роликів підшипників кочення і підшипників ковзання показує досить часто забивання поверхонь тертя при задовільній в'язкості суміші мастила і CO₂. Однією з основних причин цього є утворення значної доли газової фази в суміші при випаровуванні вуглекислоти у випадках різкого падіння тиску і тепловиділення. Зі всього сказаного виходить, що необхідні подальші кроки, як у пошуках придатних масел, так і в розробках конструкцій компресорів.

						Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

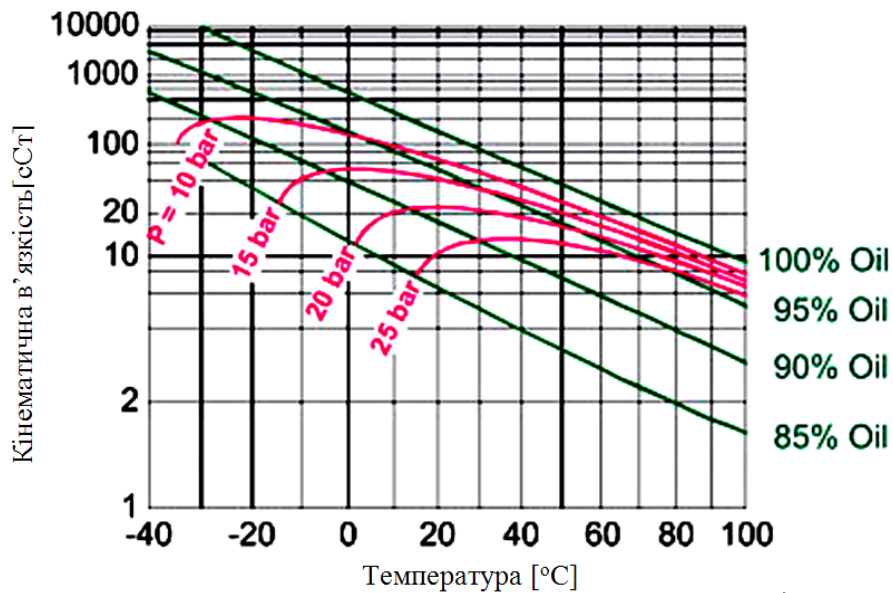


Рис 2.17. Розчинність CO₂ в POE-маслах і кінематична в'язкість суміші (по матеріалах DEA)

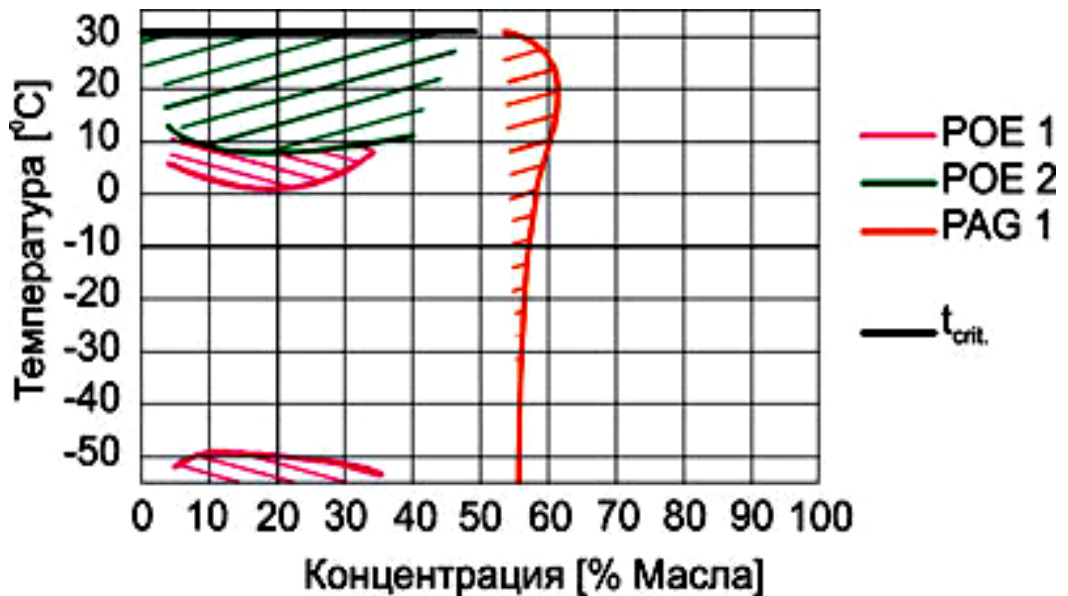


Рис 2.18 Границі змішуємості CO₂ з POE-маслами і PAG-маслом при докритичних температурних умов (по матеріалах DEA).

Окрім властивостей холодильних масел, істотним чинником є високий тиск всмоктування, який також накладає особливі вимоги до конструкції компресора.

З врахуванням цього, в поршневих компресорах "Бітцер" для CO₂ (див. Рис 2.14) використовуються підшипники, розраховані на високе навантаження і з покращеною формулою матеріалу поверхні тертя. Більш того, система мастила проектується так, щоб вона гарантувала особливо

швидко подачу масла після пуску компресора і не допускала високої концентрації газу в маслі, що подається в підшипники.

На додаток до вже згаданих значно збільшених підшипників гвинтові компресори "Бітцер" для CO₂ (див. Рис 2.15) оснащуються особливо ефективною запатентованою системою внутрішньої циркуляції масла. Згідно з цим конструктивним рішенням насичення масла, що поступає в підшипники, газами, що витікають з профілів гвинтів, ефективно запобігає за допомогою ущільнень манжетів. Тиск в корпусі підшипникової камери сторони нагнітання знижується за рахунок цього практично до величини тиску всмоктування, що забезпечує мінімальний вміст CO₂, розчиненого в маслі, і підтримує тим самим максимально можливу його в'язкість. Важливим додатковим ефектом функціонування цієї системи є значне зниження реального навантаження на підшипники.

2.3.4. Характеристики продуктивності.

При використанні в каскадних установках особливо висока питома холодопродуктивність CO₂, залежність якої від зміни температур кипіння є дуже пологою кривою, дозволяє використовувати невеликі компресори для комерційного і малого промислового використання, навіть в установках з високим рівнем холодопродуктивності. На діаграмі (Мал 2.19) показано порівняння характеристик продуктивності гвинтового компресора з об'ємною продуктивністю $220 \text{ м}^3 / \text{г}$ на холодильних агентах CO₂, R22 і NH₃ при температурах всмоктування (SST) від -35 до -50 °C і температурі конденсації (SCT) -10 °C. Дані по CO₂ і R22 були отримані на напівгерметичному компресорі, дані з NH₃ - на компресорі відкритого типу. Значна відмінність значень об'ємної продуктивності є очевидною, при цьому крива CO₂ значно пологіша уздовж всього діапазону температур випаровування (рис 2.11). Масова витрата CO₂ (рис 2.12), при рівній об'ємній продуктивності також набагато вище чим в R22, не дивлячись на те, що концентрація пари CO₂ при ідентичному R22 рівні тисків складає близько 60% (рис 2.14) при

						Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використанні в каскадних установках, причиною цих відмінностей є рівень тисків CO₂, який в описаному діапазоні температур випаровування приблизно в 7...10 разів вищий, ніж в інших холодильних агентах. Як було вже вказано вище, це властивість дуже добре вписується в конструктивний принцип охолодження компресора всмоктуваним газом.

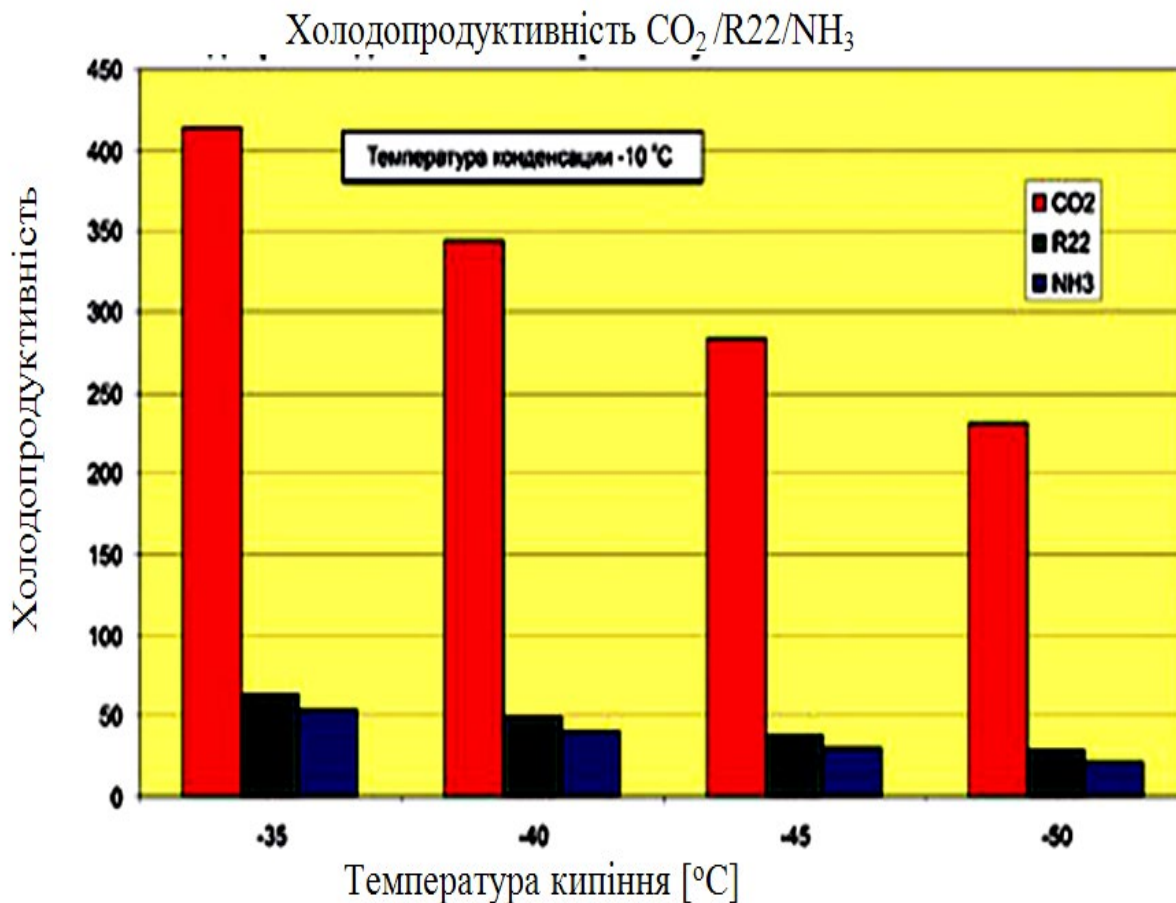


Рис.2.19. Характеристик продуктивності гвинтового компресора "Бітцер" з об'ємною продуктивністю 220 м³ / г

Висновки.

Результати досліджень показують, що перспективи подальших розробок в області застосування напівгерметичних поршневих і гвинтових компресорів в каскадних системах на CO₂ дуже сприятливі, особливо з урахуванням того, що ці дослідження базуються на вже апробованих стандартних агрегатах "Бітцер".

Сучасна базова конструкція компресорів з додатковими засобами безпеки сповна допускає функціонування при вищих значеннях допустимого робочого тиску. Більш того, з оптимальною адаптацією компонентів усередині одного модельного ряду компресорів спеціальні для CO₂ вимоги по механічному навантаженню, потужності і охолодження мотора можуть бути виконані.

Спеціально пристосовані поліефірні (POE) масла забезпечують задовільну циркуляцію і повернення з системи, є вже досить випробуваними і сповна придатними для мастила компресорів. Проте потрібні додаткові дослідження для надійнішого пристосування цих масел для роботи з CO₂.

Завдяки високій об'ємною холодопродуктивності, а також досить рівній характеристиці продуктивності CO₂ реалізуються дуже компактні і маловитратні схемні і конструктивні рішення холодильних установок, які визначають перспективи майбутнього широкого і економічного використання CO₂ в низькотемпературних каскадних системах.

Експериментальні дослідження таких систем проводяться при рівні тисків, який знаходиться в допустимому сучасним досвідом діапазоні, і у зв'язку з цим ризик аварій залишається порівняно низьким. Проте перед широким поширенням каскадних систем на CO₂ необхідно провести довготривалі випробування дослідних зразків з метою накопити достатній досвід по експлуатації компресорів і інших системних компонентів.

						Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 3. Розрахунок каскадної холодильної установки.

3.1 Теплове навантаження на систему та вихідні дані до розрахунку.

Підбір компонентів системи охолодження є дуже важливим. Тиск конденсації змінюється в залежності від зовнішньої температури точки роси.

Тиск конденсації, або тиск нагнітання, змінюється за рахунок використання змінного ступеня стиснення гвинтового компресора. Інша причина використовувати гвинтовий компресор проти поршневого компресора, є перевага в адіабатній ефективності. Гвинтові компресори мають середній адіабатний ККД на 7% вище, ніж їх альтернативи. Зовнішній датчик температури посилає інформацію в контролер системи, який, в свою чергу, контролює золотник компресора, змінюючи ступінь стиснення і, таким чином, тиск на виході. Вибір способу управління ступенем стиснення стояв між частотно-регульованим приводом (VFD) і золотником. Так як компресори працюватимуть на повному навантаженні вибір став на золотнику, оскільки VFD має 4% штраф в цих умовах.

Для циклу R290 максимальне миттєве навантаження холодильної системи за нормальних умов становить 310 кВт. Для досягнення цього ефекту об'єднані два компресори з продуктивністю 160 кВт, 160 кВт.

Для циклу R744 максимальне миттєве навантаження холодильної протягом нормального року становить 230 кВт. Для досягнення цього ефекту об'єднані два компресори з продуктивністю 130 кВт

Потреба в холоді змінюється з плином часу і для досягнення правильного навантаження компресори секвенували. Це означає, що вони включаються і вимикаються таким чином, щоб відповідати потребі в холодильному ефекті. Для того, щоб уникнути необхідності запуску деяких компресорів на частковому навантаженні з більш низькою ефективністю, системі акумуляції теплоти входить в конструкцію системи.

						Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вихідні дані:

- температура конденсації $t_k = 40 \text{ }^\circ\text{C}$;
- температура кипіння $t_o = -50 \text{ }^\circ\text{C}$;
- верхній каскад R290, R744.

3.2 Схема і цикл каскадної холодильної машини.

Схема дійсної холодильної машини показана на Рис. 3.1.

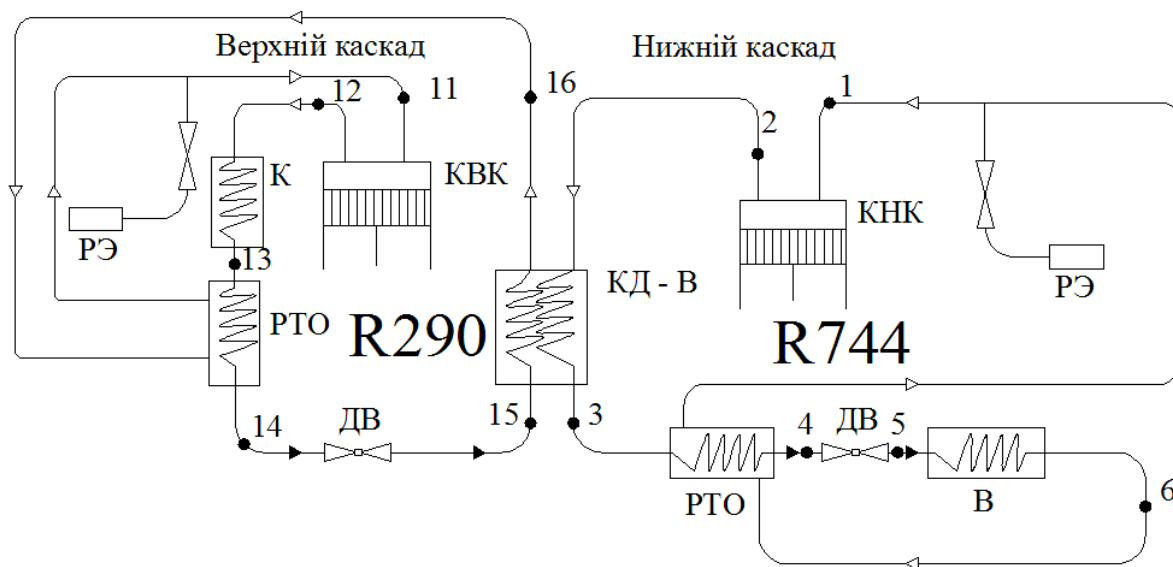


Рис. 3.1.Схема дійсної каскадної холодильної установки.

КВК, КНК – компресори верхнього і нижнього каскаду відповідно; КД-В – конденсатор – випаровувач; РТО – регенеративний теплообмінник типу “ПАР - РІДИНА”; К – конденсатор, РЄ – розширювальна ємкість; В – випаровувач; ДВ – дросельний вентиль.

Каскадна холодильна установка працює як дві незалежні одноступеневі холодильні машини, які пов’язані між собою одним елементом – конденсатор – випаровувачем, в якому здійснюються процеси конденсації CO_2 , як холодильного агента (ХА) нижнього каскаду і кипіння R290, як ХА верхнього каскаду. У високотемпературному басейні пари пропану стискаються у КВК і нагнітаються у К, де охолоджуються, конденсуються і переохолоджуються до температури T_{13} . Далі рідкий ХА потрапляє у РТО де

					Арк.
					45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

вони переохолоджуються за рахунок теплообміну із паром низькотемпературного потенціалу КД-В. ХА із температурою T_{14} дроселюється у ДВ потім паро - рідинна суміш кипить у КД-В і через РТО всмоктується КВК. Цикл повторюється.

У низькотемпературному басейні пари вуглекислоти стискаються у КНК і нагнітаються у КД-В, де конденсуються. Рідкий ХА переохолоджується у РТО і потрапляє у В де кипить забираючи тепло від охолоджуємого об'єкта. Далі пар із низькою температурою підігрівається в РТО до температури всмоктування T_1 і всмоктується КНК. Цикл повторюється.

Під час стоянки машини температура робочої речовини стає рівною температурі навколишнього середовища. Рідкий ХА випаровується. Звичайно, що із ростом температури росте і тиск. Таким чином в машині встановлюється високий тиск насичення, що відповідає температурі навколишнього середовища. Цей тиск досить високий і може привести до серйозних проблем при пуску компресора. У зв'язку з цим на всмоктуючій лінії компресора встановлюється розширювальна ємкість (балон), яка включається тільки під час стоянки машини.

Побудова циклу каскадної холодильної машини здійснюється по наступному алгоритмові:

- проміжна температура в КД-В визначається як:

$$T_{\text{пр}} := \sqrt{T_{\text{КВ}} \cdot T_{\text{ОН}}}$$

Де: $T_{\text{КВ}}$ – абсолютна температура конденсації верхнього каскаду,

$T_{\text{КВ}}=313 \text{ K}$,

$T_{\text{ОН}}$ – абсолютна температура кипіння нижнього каскаду,

$T_{\text{ОН}}=223 \text{ K}$, $T_{\text{пр}}=264 \text{ K}$;

- температура кипіння верхнього каскаду:

$$T_{\text{ОВ}} := T_{\text{пр}} - \Delta T$$

Де: $\Delta T=5 \text{ K}$, $T_{\text{ОВ}}=259 \text{ K}$;

- температура конденсації нижнього каскаду

						Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{кн} := T_{пр} + \Delta T$$

$$T_{кн} = 269 \text{ K};$$

- температурний перегрів на виході із компресора становить 5°C ;
- переохолодження ХА в конденсаторі становить 5°C ;
- температуру недорекуперації приймаємо рівною 15°C ;
- коефіцієнт корисної дії РТО $\eta = 0,8$.

Будуємо цикл в діаграмі logP-h для визначення параметрів вузлових точок.

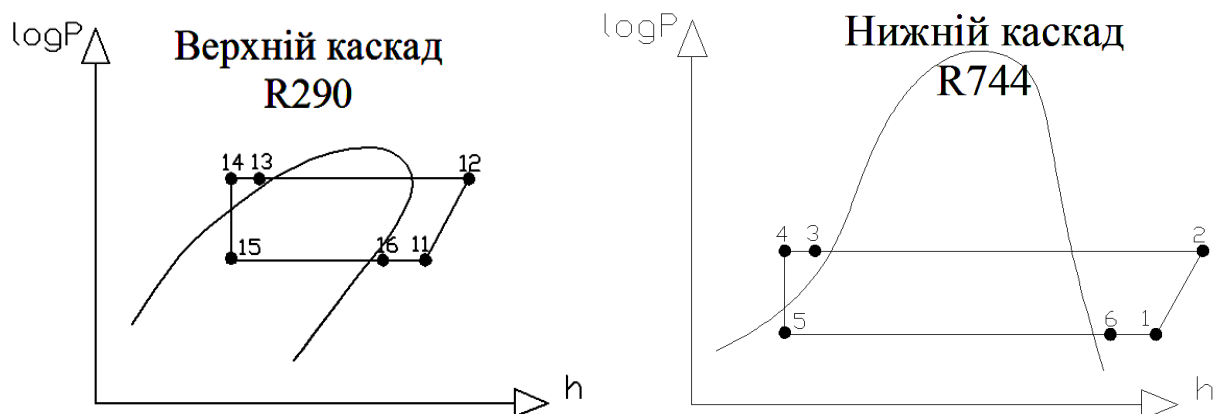


Рис3.2 Зображення циклу каскадної холодильної установки в діаграмі logP-h.

3.3 Термодинамічні процеси каскадної холодильної машини:

- ✓ 11 – 12 адіабатне стиснення парів ХА компресором нижнього каскаду;
- ✓ 12 – 13 ізобарна конденсація парів ХА у конденсаторі;
- ✓ 13 – 14 ізобарне переохолодження рідкого R290 у РТО типу “ПАР - РІДИНА”;
- ✓ 14 – 15 ізоентальпійне дроселювання рідкого ХА у ДВ;
- ✓ 15 – 16 ізобарне випаровування паро – рідинної суміші у конденсатор - випаровувачі;
- ✓ 1 – 1 адіабатне стиснення парів ХА компресором верхнього каскаду;
- ✓ 2 – 3 ізобарна конденсація парів ХА у конденсатор - випаровувачі;
- ✓ 3 – 4 ізобарне переохолодження рідкого R744 у РТО типу “ПАР - РІДИНА”;
- ✓ 4 – 5 ізоентальпійне дроселювання рідкого ХА у ДВ;

						Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

✓ 5 – 6 ізобарне випаровування паро – рідинної суміші у конденсатор - випаровувачі.

Таблиця 3.1

	Температура, °С	Тиск, бар	Об'єм, м ³ /кг	Ентропія, кДж/кг К	Ентальпія, кДж/кг
1	-19	6	0,07	1,29	679
2	80	32	0,0196	1,29	758
3	-9	32	-	-	406
4	-20	32	-	-	377
5	-50	6	-	-	368
6	-45	6	0,06	1,27	675
11	6	2,99	0,1644	2,51	592
12	66	13,7	0,0389	2,51	670
13	35	13,7	0,00209	1,307	291
14	20	13,7	-	-	250
15	-14	2,99	-	-	250
16	-9	2,99	0,153	2,419	567

3.4 Тепловий розрахунок.

3.4.1 Розраховуємо питому масову холодопродуктивність:

$$q_{он} := h_6 - h_5 \quad q_{ов} := h_{16} - h_{15}$$

Де: h – ентальпія відповідних точок (Табл.2.1)

3.4.2 Визначаємо питому теплоту конденсації:

$$q_{кн} := h_2 - h_3 \quad q_{кв} := h_{12} - h_{13}$$

3.4.3 Питома об'ємна холодопродуктивність:

$$q_v := q_{он} \div V_1$$

Де: v₁ – об'єм ХА у відповідних точках циклу.

3.4.4 Масова витрата ХА через нижній каскад:

$$M_{ан} := Q_{он} \div q_{он}$$

Де: Q_{он} – холодопродуктивність установки.

Масову витрату через верхній каскад визначимо із рівняння теплового балансу конденсатор – випаровувача:

$$M_{ав} := (M_{ан} \cdot q_{кн}) \div q_{ов}$$

3.4.5 Адіабатна робота стиснення у компресорі:

						Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$k_{мн} := h_2 - h_1 \quad k_{мв} := h_{12} - h_{11}$$

3.4.6 Дійсна об'ємна продуктивність компресора:

$$V_{дн} := M_{ан} \cdot V_1 \quad V_{дв} := M_{ав} \cdot V_{11}$$

3.4.7 Коефіцієнт подачі компресора:

$$\lambda_n := \lambda_{сн} \cdot \lambda_{wn} \quad \lambda_v := \lambda_{св} \cdot \lambda_{wv}$$

Де: λ_c – коефіцієнт подачі, що враховує наявність мертвого простору:

$$\lambda_{сн} := 1 - c \cdot \left[(P_2 \div P_1)^{1+mн} - 1 \right] \quad \lambda_{св} := 1 - c \cdot \left[(P_{12} \div P_{11})^{1+mв} - 1 \right]$$

де P – тиск у відповідних точках (Табл.2.1)

m – показник адіабати (1,13 для R290, 1,3 для R744)

λ_w – коефіцієнт подачі що враховує об'ємні втрати:

$$\lambda_{wn} := T_{он} \div T_{кн} \quad \lambda_{wv} := T_{ов} \div T_{кв}$$

Де: T – абсолютна температура відповідних точок циклу (Табл.2.1)

3.4.8 Теоретичний об'єм описаний поршнем:

$$V_{hn} := V_{дн} \div \lambda_n \quad V_{hv} := V_{дв} \div \lambda_v$$

3.4.9 Визначаємо потужність необхідну для привода компресора:

➤ Адіабатна:

$$N_{ан} := M_{ан} \cdot k_{мн} \quad N_{ав} := M_{ав} \cdot k_{мв}$$

➤ Індикаторна :

$$N_{ін} := N_{ан} \div \eta_{ін} \quad N_{ів} := N_{ав} \div \eta_{ів}$$

Де: $\eta_{ін}$ – індикаторний коефіцієнт,

$$\eta_{ін} := \lambda_{wn} + v \cdot t_{он} \quad \eta_{ів} := \lambda_{wv} + v \cdot t_{ов}$$

Де: v – коефіцієнт ($v=0,001$).

➤ Потужність, що затрачається на тертя:

$$N_{трн} := V_{hn} \cdot P_{тр} \quad N_{трв} := V_{hv} \cdot P_{тр}$$

➤ Ефективна:

$$N_{ен} := N_{трн} + N_{ін} \quad N_{ев} := N_{трв} + N_{ів}$$

3.4.10 Коефіцієнт перетворення (COP):

						Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

а) циклу Карно:

$$COP_K := T_{OH} \div (T_{KB} - T_{OH})$$

б) теоретичний:

$$COP_T := q_{OH} \div (I_{KMV} + I_{KMN})$$

в) дійсний:

$$COP_D := Q_{OH} \div (N_{eH} + N_{eB})$$

3.4.11 Степінь термодинамічної досконалості (СТС):

а) теоретична:

$$\eta_{СТСТ} := COP_T \div COP_K$$

б) дійсна:

$$\eta_{СТСД} := COP_D \div COP_K$$

3.4.12 Теоретичний холодильний коефіцієнт:

$$\epsilon_T := Q_{OH} \div (N_{aH} + N_{aB})$$

Примітка: індекс н – нижній каскад, в – верхній каскад.

Результати розрахунків зводимо в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2

Позначення	q _{о.н.}	q _{о.в.}	q _{к.н.}	q _{к.в.}	q _{v.}	M _{а.н.}	M _{а.в.}	I _{км.н.}	I _{км.в.}
Розмірність	кДж/кг	кДж/кг	кДж/кг	кДж/кг	кДж/м ³	кг/с	кг/с	кДж/кг	кДж/кг
Величина	307	317	352	379	4386	0,749	0,86	79	78

Продовження таблиці 3.2

Позначення	V _{д.н.}	V _{д.в.}	λ _н	λ _в	V _{н.н.}	V _{н.в.}	N _{а.н.}	N _{а.в.}	N _{і.н.}
Розмірність	м ³ /с	м ³ /с	-	-	м ² /с	м ² /с	кВт	кВт	кВт
Величина	0,052	0,141	0,763	0,757	0,069	0,187	59,2	67,1	76,1

Продовження таблиці 3.2

Позначення	N _{і.в.}	N _{тр.н.}	N _{тр.в.}	N _{е.н.}	N _{е.в.}	COP _к	COP _т	COP _д	η _{стс.т}	η _{стс.д}	ε
Розмірність	кВт	кВт	кВт	кВт	кВт	-	-	-	-	-	-
Величина	81,4	4,2	11,2	80,2	92,6	2,48	1,96	1,33	0,789	0,537	1,83

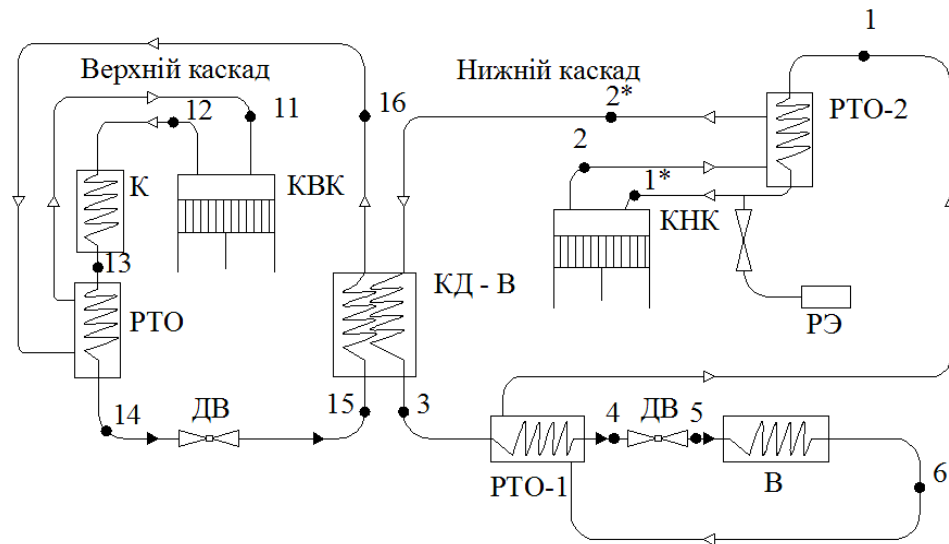


Рис.3.3 Каскадна холодильна схема із двома РТО на нижньому каскаді.

3.5 Підбір устаткування.

За даними розрахунків для циклу на R290 підбираємо 2 гвинтові компресори компанії Мауекава марки 170JL з об'ємною продуктивністю $V^{км} = 210 - 1030 \text{ м}^3/\text{год}$ та вартістю 25 000 євро.

За даними розрахунків для циклу на R744 підбираємо 2 гвинтові компресори компанії Мауекава марки 170JM з об'ємною продуктивністю $V^{км} = 130 - 790 \text{ м}^3/\text{год}$ та вартістю 30 000 євро.

Зведемо результати підбору компресорів модифікованої установки в таблицю 3.3

Таблиця 3.3 Результат підбору компресорів

Агент	Об'ємна витрата, $\text{м}^3/\text{год}$	Марка компресору	Кількість компресорів шт	Вартість за 1 шт, євро	Вартість сумарна, євро
R744	285	Мусом JM170	2	30 000	60 000
R290	690	Мусом JL170	2	35 000	70 000

Знаючи теплове навантаження на конденсатор обираємо із каталогу для R290 ООО «ІЖЕВСКХИММАШ» 2 конденсатори марки 1AK-8.50/8, які мають $F_{зобн} = 131,9 \text{ м}^2$ кожний, що в сумі дає $\sum F_{зобн} = 263,8 \text{ м}^2$ та забезпечує запас теплообмінної поверхні.

Зведемо результати підбору конденсаторів для установки в таблицю 3,4.

Таблиця 3,4 Результати підбору конденсаторів верхнього каскаду

Агент	Теплове навантаження, кВт	Марка конденсатора	Кількість К-В, шт	Вартість за 1 шт, євро	Вартість сумарна, євро
R290	330.9	1AK-8.50/8	2	9250	18 500

*Примітка: хладонові конденсатори обираються по каталогу виробника по показнику теплового навантаження $Q_k^{BK} = (Ma^{BK} + y^{Mac}) * q_k^{BK}$, кВт. Конденсатори для аміаку та вуглеводнів обираються по зовнішній площі теплообміну після повного розрахунку апарата.

Отже, з усього вище зазначеного можна зробити наступні висновки:

- Схемне рішення, яке було прийняте цілком допустиме, про що свідчать результати розрахунків. Схема, що має широке поширення серед машин що працюють на хладонах (Рис.3.3) застосовувати у нашому випадку недоцільно, оскільки встановлення РТО-2 призведе до значного збільшення роботи КНК, що працює на вуглекислоті (іза своїх специфічних властивостей в області ненасиченого пару);
- Холодильний коефіцієнт (ϵ_T) вищий на 64% ніж у каскадній машині, що працює на R22 і R13 в якості холодильних агентів, і рівний відповідному ϵ_T двоступеневій холодильній машині на R22 (Рис.16; с.43; [11]);
- Степінь термодинамічної досконалості ($\eta_{стс.д}$) лежить в традиційних межах (0,5...0,7) для каскадних машин. Це свідчить про те, що робота, що затрачується на виробництво холоду більша чим величина виробленого холоду. Із точки зору термодинаміки це недоцільно, однак холодильні машини не мають альтернативи, тому для отримання таких низьких температур необхідно “платити” дорого.
- Температурний рівень (+40 ÷ -50) цілком допустимий, але необхідно провести додаткові розрахунки для визначення оптимальної температури кипіння нижнього каскаду (с.41;[10]).

						Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 4. Охорона праці

При переведенні холодильного обладнання на альтернативні холодильні агенти надзвичайно актуальною стає задача вибору робочого тіла, яке володіє високою екологічною чистотою та максимальною енергетичною ефективністю.

При умовах гострої енергетичної кризи в Україні задача вибору альтернативних робочих тіл для холодильного обладнання має пріоритетне значення, оскільки буде визначати конкурентоспроможність виробляемого холодильного обладнання, в значній мірі сприяти зниженню енергетичних витрат при виробництві штучного холоду.

Після детального дослідження можливих комбінацій холодильних агентів на каскадній холодильній установці ми зупинились на вуглекислоті (верхній каскад) і пропанові (нижній каскад).

Вуглекислота (CO_2) — належить до групи загальноотруйної дії. Маючи спорідненість до гемоглобіну приблизно в 300 разів вищу, ніж у кисню, витісняє його з неміцної сполуки з гемоглобіном і разом із цим блокує дихальні ферменти, що перешкоджає переносу кисню, його передачі і засвоєнню тканинами. Сполука CO_2 із гемоглобіном називається карбоксигемоглобін. Наростання кількості карбоксигемоглобіну в крові призводить до гіпоксії, а потім аноксії — припинення тканинного дихання, що веде до тяжких уражень та смерті.

Оксид вуглецю не має подразнюючої дії і його неможливо визначити по запаху. CO_2 — це безбарвний газ, без смаку, іноді з дуже слабким часниковим запахом. Густина за повітрям 0,96. В суміші з киснем вибухає. Майже не поглинається активовані вугіллям, тобто звичайні протигазу марні. Гранично допустима концентрація CO_2 у повітрі: 1,7-2,3 мг/л — небезпечна після годинного впливу 4,6 мг/л і вище — смерть при експозиції менше, ніж за годину.

						Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пропан, C_3H_8 , насичений вуглеводень; безбарвний горючий газ, без запаху; температура спалахування $187,7\text{ }^\circ\text{C}$, температура кипіння $-42,1\text{ }^\circ\text{C}$; межі вибуховості в суміші з повітрям $2,1\text{—}9,5\%$ (за об'ємом); міститься в природних і попутних нафтових газах, в газах, що отримуються з CO і H_2 , а також при переробці нафти. У промисловості каталітичним дегідруванням пропану отримують пропилен, нітрацією — нітрометан (у суміші з нітроетаном і нітропропаном); пропан використовують також як розчинник (наприклад, при депарафінізації нафтопродуктів), в суміші з бутаном — як побутовий газ.

Класифікація приміщень за ступенем небезпеки ураження електричним струмом. Згідно нормативному документу «Правила устрою і безпечної експлуатації холодильних установок» категорія приміщень лабораторних установок по вибуховій, вибухово-пожежній і пожежній небезпеці, по мірі небезпеки поразки електричним струмом відповідає Сніп 2.09.08-85 і вимогам ПУЕ (Правила устрою електроустановок). Згідно «Правил улаштування електроустановок» холодильна установка відноситься до приміщень напругою до 1000В

Випробування посудів, працюючих під тиском.

Сосуди підлягають технічному освідоченню: внутрішньому огляду, гідравлічним випробуванням (оскільки вони встановлені перед пуском в роботу), внутрішньому нагляду у раз на два роки, гідравлічним випробуванням – один раз на вісім років.

При гідравлічному випробуванню пробним тиском час витримки сосуда залежить від товщини стінки сосуда: до 50мм – 10хв , $50 \div 100\text{мм}$ – 20хв , більш ніж 100мм – 30хв . Вилиті сосуди, незалежно від товщини стінки витримують під пробним тиском 60хв . Сосуд вважається витримавшим випробування, якщо не виявлено ознак розривів, течі, сльозок, в зварювальних з'єднаннях і основному металі, видимих залишкових деформацій.

						Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні вимоги до конструкції сосуда наступні: надійність, безпека в експлуатації, можливість проведення оглядів, очистки, промивання та ремонту.

Випробовування на міцність та щільність проводимо повітрям. Тиск поетапно збільшуючи із зупинками через 0,3МПа. На стороні нагнітання - тиск 2,5МПа, а на стороні всасування – 2МПа. Тиск утримуємо протягом 5хв. після чого знижуємо до максимального робочого. на стороні нагнітання – 2МПа, на стороні всасування – 1,6МПа утримуємо протягом 15годин. У перші три години здійснюється вирівнювання температури та тиску. Наступні 12годин не припускається зміна тиску по манометру класу 1,5 , після цього систему вакуумуємо до залишкового тиску 5,3КПа і утримуємо протягом 18 годин. В перші 6 годин припускається підвищення тиску, але не вище ніж на 50% від початкового вакуумування.

Розрахунок та підбір запобіжного клапану.

Апарати та сосуди із безпосереднім охолодженням мають пружинні запобіжні клапани у відповідності з вимогами «правил устрою та безпечної експлуатації судів, що працюють під тиском». Установка запорної арматури між апаратом та запобіжним клапаном заборонена. Необхідна установка переключаючого вентиля із двома запобіжними клапанами.

Випуск холодильного агента в атмосферу через запобіжний клапан виконуємо за допомогою трубопроводу, виведеного на один метр вище конька даху самої високої будівлі у радіусі 50 метрів від лабораторії.

Пропускную спроможність клапана вибираємо із врахуванням максимально можливого утворення в сосуді та надходженню до нього пару з живильного джерела, при відсутності розходу із сосуда.

$$M = \mu \cdot F \cdot \beta \cdot \sqrt{2 \cdot \rho \cdot (P_1 - P_2)},$$

де $\mu = 0,6$ – коефіцієнт розходу;

F – площа перерізу клапану, м²;

β – коефіцієнт, залежний від показника адіабати;

ρ – щільність сереловища для параметрів P_1 та t_1 ;

					Арк.
					55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

P_1 – максимальний абсолютний тиск перед запобіжним клапаном, Па;

$P_2 = 0,1 \cdot 10^6$ – тиск поза запобіжним клапаном, Па.

Площа перерізу клапана (для компресора верхнього каскаду):

$$F = \frac{M}{\mu \cdot \beta \cdot \sqrt{2 \cdot \rho \cdot (P_1 - P_2)} \cdot 10^6}, \text{ м}^2$$

$$F = \frac{0,394}{0,6 \cdot 0,92 \cdot \sqrt{2 \cdot 6,08 \cdot (0,299 - 0,1)} \cdot 10^6} = 0,4588 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

Діаметр необхідного проходу.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,4588 \cdot 10^{-3}}{3,14}} = 0,024 \text{ м, приймаємо } d_y = 30 \text{ мм.}$$

Площа перерізу клапана (для компресора нижнього каскаду):

$$F = \frac{M}{\mu \cdot \beta \cdot \sqrt{2 \cdot \rho \cdot (P_1 - P_2)} \cdot 10^6}, \text{ м}^2$$

$$F = \frac{0,394}{0,6 \cdot 0,92 \cdot \sqrt{2 \cdot 14,28 \cdot (0,6 - 0,1)} \cdot 10^6} = 0,188 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

Діаметр необхідного проходу.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,188 \cdot 10^{-3}}{3,14}} = 0,0155 \text{ м, приймаємо } d_y = 20 \text{ мм.}$$

Не рідше одного разу на 12 місяців запобіжні клапани перевіряємо на стенді на спрацювання, а потім опломбовуємо.

Контрольно-вимірювальні прилади.

В приміщенні лабораторії використовуємо манометри класу точності 1,5 і встановлюємо їх таким чином щоб виключити вібрацію та щоб їх показники було чітко видно, циферблат розташовуємо вертикально або з нахилом в перед до 30°.

Манометри і мановакуметри, встановлені на висоті 3-5 метрів від рівня обслуговування мають діаметр не менш 0,2 метрів. Усі встановлені манометри опломбовані та мають тавро перевірки. Перевірка манометрів здійснюється щорічно. Терміни держперевірки – 1 рік.

Організація безпечної експлуатації холодильної установки лабораторії.

									Арк.
									56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

До обслуговують холодильну установку особи, не молодше 18років, які пройшли медичний огляд та які мають свідоцтво про закінчення спеціального учбового закладу або курсів:

- по експлуатації холодильної установки;
- для слюсарів КВП (контрольно-вимірювальні прилади) та автоматики;
- по автоматизації холодильної установки.

До самостійного обслуговування холодильної установки машиністи допускаються тільки після проходження стажування терміном не менше 1місяця, в результаті якого вони опановують обслуговування конкретної установки та підтримці нормальних режимів її роботи та відповідної перевірки знань.

Стажування проводиться досвідчені наставники. Допуски до стажування та самостійної роботи здійснюються розпорядженням по лабораторії. Персонал, працюючий в лабораторії проходить інструктаж з охорони праці.

Заправка холодильних установок холодильним агентом.

Перед заповненням холодильної установки холодильним агентом перевіряємо, щоб в балоні містився відповідний холодильний агент. Перевірка проводимо по величині тиску пари холодильного агенту при температурі балона , рівній температурі навколишнього повітря. Перед перевіркою балон знаходиться в даному приміщенні не менше 6 годин. Залежність тиску холодильного агенту від температури навколишнього повітря перевіряється по таблиці насиченої пари.

Забороняється заповнювати холодильну установку холодильним агентом, що не має документації, підтверджуючої його якість.

Відкриваємо колпачкову гайку на вентилі балона в захисних окулярах. При цьому вихідний отвір вентиля балона має бути направлений убік від працівника. .

Не допускається залишати балони з холодильним агентом, приєднаними до холодильної установки, якщо не виконується заповнення або видалення з неї холодильного агенту.

						Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Заповнення холодильним агентом виконують організації - виготовлювачі, якщо це не заперечує документація на установку.

Поповнення установок холодильним агентом виконується відповідно до вимог, викладених в інструкції організації-виготовлювача. Балони з холодильним агентом зберігаються на спеціальному складі.

Балон забороняється поміщати біля джерел тепла і токоведущих кабелів і дротів. Норма заповнення не перевищує допустимих значень, вказаних, зокрема, в Правилах пристрою і безпечної експлуатації судин, працюючих під тиском. Перевірка наповнення балонів виконується зважуванням. Первинне заповнення холодильної установки холодильним агентом оформляється актом (з додатком розрахунку необхідної кількості холодильного агенту).

Пожежна профілактика.

Границі вогнестійкості будівельної конструкції, яка визначається від початку випробування конструкції на вогнетримкість до виникнення до однієї із наступних ознак: утворення в конструкції наскрізних тріщин або наскрізних отворів, через які проникають продукти горіння або полум'я, підвищення температури на непідігрівасій поверхні конструкції більше ніж на 180°C у порівнянні з температурою до випробування; втрата конструкцією несущої спроможності (звалення).

Для захисту будівлі від розповсюдження пожежі на весь об'єкт (при виникненні на якій-небудь ділянці) передбачуються протипожежні перегородки. До них відносять протипожежні стіни, перегородки, перекриття, конструкції протипожежних зон, а також заповнення світлових проїомів в протипожежних перегородках виконуються із негорючих матеріалів.

Пожежна сигналізація.

Надійний пожежний зв'язок і сигналізація грають важливу роль у своєчасному виявленні пожеж і виклику пожежного підрозділу до місця пожежі.

						Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Електричну пожежну сигналізацію складаємо установлені на ділянках і цехах лабораторії оповіщувачі, з допомогою котрих сигнал передається на пункт зв'язку, пожежної частини.

Теплові оповіщувачі працюють при підвищені температури оточуючого середовища. Приймальна станція, отримавши сигнал з оповіщувача перетворює його у звукові та світлові сигнали.

Пожежний інвентар.

На території лабораторії встановлюються спеціальні пожежні щити з набором засобів первинного пожежетушіння:

- вогнегасник пінний – 2 шт.;
- вогнегасник вуглекислотний – 1 шт.;
- ящик з піском ($V=0,1 \text{ м}^3$) та лопата;
- багор;
- відро;
- лом;
- щільне полотно (волок, асбест).

Для гасіння пожеж у початкової стадії застосовуємо пінні хімічні вогнегасники. Промисловість випускає вогнегасник ВХП-10 (вогнегасник хімічний пінний, модель 10).

Забороняється застосовувати цей тип вогнегасника для гасіння електроустановок, що знаходяться під напругою, так як утворена піна електропровідна. Час роботи вогнегасника 60-65секунд.

Вуглекислотні вогнегасники застосовуємо для гасіння пожеж у електроустановках, що знаходяться під напругою.

Промисловість випускає вогнегасники ВВ-2, ВВ-5, ВВ-8 (вогнегасник вуглекислотний місткістю 2, 5 та 8 літрів).

Порошкові вогнегасники застосовуємо для гасіння горючої рідини та електроустановок, що знаходяться під напругою. Промисловість випускає порошкові вогнегасники трьох типів ВП-1 «Спутнік», ВП-1Б Момент та ВПЕ-10. Дія вогнегасника 20-50секунд.

						Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Заземлення.

Захисне заземлення – намірене з'єднання з землею металевих частин обладнання, яке не знаходиться під напругою у звичайних умовах, але які можуть опинитися під напругою в результаті порушення ізоляції електроустановки. Опір ізоляції не менше 0,5 МОм.

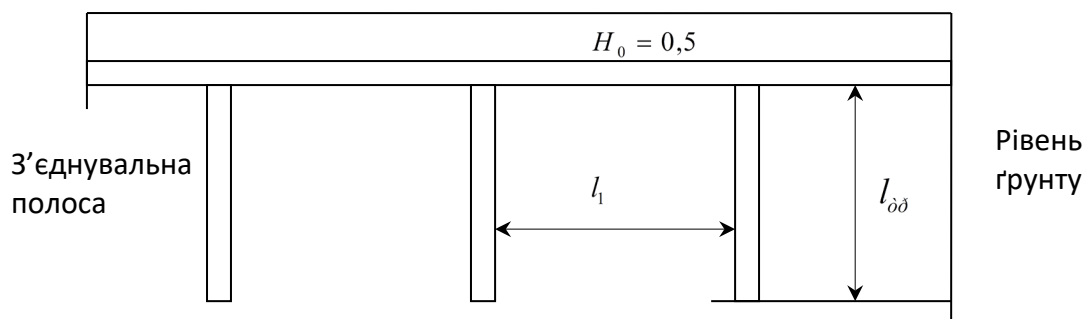
Ідея захисного заземлення складається в тому, що при появі на металевих частинах об'єкта, який захищається, створити основний шлях для утічки струму в землю не через тіло людини, а через заземлюючий провід.

В якості заземлюючих проводів використовують спеціальні провідники.

Для визначення технічного стану заземлюючих пристроїв здійснюємо огляди, при яких перевіряємо наявність електричного кола між заземленим обладнанням та заземлювачем і вимірюємо опір заземлюючих пристроїв, не ріже одного разу на рік. Гранично припустимий опір заземленого пристрою в установках з напругою до 1000В не перевищує 4Ом.

Розрахунок заземлюючого обладнання.

Схема системи заземлення.



1. Визначимо дійсний опір ґрунту:

$$\rho_{\tilde{\alpha}\delta} = \rho_{\delta^i\zeta} \cdot \varphi, \text{ Ом}\cdot\text{м}$$

де $\rho_{\delta^i\zeta} = 0,4 \cdot 10^2$ – фізичний опір ґрунту;

φ – кінетичний коефіцієнт, $\varphi = 1 \div 2$, обираємо $\varphi = 1,1$.

$$\rho_{\tilde{\alpha}\delta} = 0,4 \cdot 10^2 \cdot 1,1 = 0,44 \cdot 10^2 \text{ Ом}\cdot\text{м}$$

					Арк.
					60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

2. Визначимо опір одного вертикального заземлювача:

$$R_{\delta\delta} = \frac{\rho_{\delta\delta}}{2 \cdot \pi \cdot l_{\delta\delta}} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l_{\delta\delta}}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4H + l_{\delta\delta}}{4H - l_{\delta\delta}} \right)$$

$$H = H_0 + \frac{l_{\delta\delta}}{2}, \text{ м} \quad H = 0,5 + \frac{2,5}{2} = 1,75 \text{ м.}$$

$$R_{\delta\delta} = \frac{0,44 \cdot 10^2}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,5} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 2,5}{0,06} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 1,75 + 2,5}{4 \cdot 1,75 - 2,5} \right) = 18,15 \text{ Ом.}$$

3. Визначаємо кількість стержнів:

$$n_1 = \frac{R_{\delta\delta}}{R_{\delta\delta i}}, \text{ шт. } R_{\delta\delta i} = 4 \text{ Ом.}$$

$$n_1 = \frac{18,5}{4} = 4,6$$

приймаємо $n_1 = 6$,

при довжині труби $l_{\delta\delta} = 2$ м і відстані між ними $l_1 = 6$ м, $\frac{l_1}{l_2} = 3$.

Коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів: $\eta = 0,85$.

4. Визначаємо опір системи вертикальних заземлювачів:

$$R_{\delta\delta}^{\tilde{n}\tilde{n}} = \frac{R_{\delta\delta}}{n \cdot \eta} = \frac{18,15}{6 \cdot 0,85} = 3,55 \text{ Ом.}$$

5. Визначаємо довжину з'єднувальної полоси:

$$L_n = (n - 1) \cdot l_1 + 50 \div 100, \text{ м}$$

$$L_n = (6 - 1) \cdot 6 + 82,5 = 112,5, \text{ м}$$

6. Визначаємо опір з'єднувальної полоси:

$$R_n = \frac{\rho_{\delta\delta}}{2\pi \cdot L_n \cdot \eta} \cdot \ln \frac{2 \cdot L_n^2}{b \cdot H_0}, \text{ Ом}$$

$b = 0,05$ м – ширина полоси;

7. загальний опір системи заземлення:

$$R_{\zeta\delta\delta} = \frac{R_{\delta\delta}^{\tilde{n}\tilde{n}} \cdot R_n}{R_{\delta\delta}^{\tilde{n}\tilde{n}} + R_n}, \text{ Ом;}$$

$$R_{\zeta\delta\delta} = \frac{3,55 \cdot 13,4}{3,55 + 13,4} = 2,8 \text{ Ом.}$$

$$R_{\zeta\delta\delta} < 4 \text{ Ом.}$$

					Арк.
					61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Виробнича санітарія.

Лабораторія є просторою, добре освітленою, обігрітою, в перехідний та холодний періоди року. Об'єм приміщення лабораторії на кожного працюючого складає більше 1,5м³, а площа приміщення – не менше 4,5м².

Конструкції зовнішніх огорожень опалювального приміщення виключають утворення конденсату на їх внутрішніх поверхнях.

Для попередження поглинання і накопичення токсичних речовин та руйнування агресивними речовинами внутрішніх поверхонь приміщень захищені глазурованими керамічними плитками кислототривкими штукатурками, олійними фарбами та іншим подібним покриттям, яке легко піддається чищенню. Підлога лабораторії виготовлена із вологонепроникненого матеріалу (бетону).

Вентиляція.

Утворення сприятливих метеорологічних умов на робочих місцях залежить від раціонального устрою систем вентиляції, кондиціонування повітря та опалення.

За характером дії вентиляцію розділяють на приточну, витяжну та приточно-витяжну, за місцем дії – загально обмінну та місцеву.

В приміщень є аварійна та витяжна вентиляцію.

Найбільш ефективною є приточно-витяжна вентиляція, яка здійснюється за допомогою вентиляторів одночасну подачу свіжого повітря та видалення забрудненого. Лабораторії обладнують вентиляцією із кратністю циркуляції 3 для приточної та 4 для витяжної.

Кількість повітря, необхідного для вентиляції визначаємо знаючи кількість виділяємих шкідливих речовин і їх концентрації у видаленому і приточному повітрі. Для приблизних розрахунків використаємо метод кратності:

						Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L = k \cdot V, \text{ м}^3/\text{ч}$$

где k – коефіцієнт кратності, 1/год,

V – об'єм приміщення, м^3 ,

Приймаємо наступні коефіцієнти кратності вентиляції:

Витяжна: $k = 4$;

Приточна: $k = 3$;

Аварійна: $k = 4$.

Об'єм приміщення лабораторії складає:

$$V = A \cdot B \cdot H, \text{ м}^3$$

де A – довжина, $A = 6,0 \text{ м}$;

B – ширина, $B = 4,0 \text{ м}$;

H – висота, $H = 3,2 \text{ м}$.

$$V = 6 \cdot 4 \cdot 3,2 = 76,8 \text{ м}^3/\text{год}.$$

1 визначаємо продуктивність вентиляції по кратності повітрообміну:

$\text{м}^3/\text{год}$;

$$L_{\text{прит}} = 3 \cdot 76,8 = 230,4 \text{ м}^3/\text{год};$$

$$L_{\text{авар}} = 4 \cdot 76,8 = 307 \text{ м}^3/\text{год}.$$

2. Потужність електродвигуна вентилятора визначаємо по формулі:

$$N = \frac{k \cdot L \cdot \Delta P_n \cdot 10^{-6}}{3,6 \cdot \eta_{\text{вент.}} \cdot \eta_{\text{перед}}}, \text{ кВт}.$$

де ΔP_n - втрати тиску в мережі трубопроводів;

Для розрахунків приймаємо високонапорний вентилятор $\Delta P_n = 3000 \text{ Па}$;

$\eta_{\text{вент}}$ – К.К.Д. вентилятора

$$\eta_{\text{вент.}} = 0,6 \div 0,8, \text{ приймаємо } \eta_{\text{вент.}} = 0,7$$

$\eta_{\text{пр}}$ – К.К.Д. привода вентилятора

$$\eta_{\text{пр.}} = 0,9 \div 1, \text{ приймаємо } \eta_{\text{пр.}} = 0,95.$$

$$N_{\text{выт}} = \frac{4 \cdot 307 \cdot 3000 \cdot 10^{-6}}{3,6 \cdot 0,7 \cdot 0,95} = 1,54 \text{ кВт}$$

						Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_{\text{прит}} = \frac{3 \cdot 230 \cdot 3000 \cdot 10^{-6}}{3,6 \cdot 0,7 \cdot 0,95} = 0,86 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{авар}} = \frac{4 \cdot 307 \cdot 3000 \cdot 10^{-6}}{3,6 \cdot 0,7 \cdot 0,95} = 1,54 \text{ кВт}$$

У відповідності із розрахунку по каталогу підбираємо вентилятор.

Розрахунок освітлення.

Розрахунок системи штучного освітлення проводим по наступним даним:

Довжина приміщення, $A = 6,0 \text{ м}$;

Ширина приміщення, $B = 4,0 \text{ м}$;

Висота підвісу світильника $H = 3,2 \text{ м}$;

Напруга в мережі $V = 220 \text{ В}$.

Вибираємо в якості джерела світла газорозрядні лампи. Система освітлення - загальна. Вибираємо світильник типу ПВЛП.

Відстані між центрами світильників (L) до висоти їх підвісу ($H_{\text{раб}}$) складає:

$$H_{\text{раб}} = H - 0,8 = 3,2 - 0,8 = 2,4 \text{ м}$$

В даному випадку приймаємо $\frac{L}{H_{\text{раб}}} = 1,5$

$H_{\text{раб}} = 2,4 \text{ м}$, тоді $L = 3,6 \text{ м}$

Визначаємо кількість необхідних світильників:

$$N = \frac{A \cdot B}{L^2}$$

Визначаємо світловий потік ламп світильника:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot k \cdot z \cdot 100}{N \cdot \eta}, \text{ лм}$$

де E_n – мінімальна нормуємо освітленість, приймаємо $E_n = 400 \text{ лк}$,

S – площа приміщення, $S = 24,0 \text{ м}^2$,

k – коефіцієнт запасу, що враховує старіння ламп, $k = 1,5$,

z – відношення середньої освітленості до мінімальної,

					Арк.
					64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

$z = 1,1$ (для люмінесцентних ламп),

η – коефіцієнт, використання світлового потоку, який залежить від індекса приміщення - i .

Визначасмо індекс приміщення:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_{\text{раб.}} \cdot (A + B)},$$

$$i = \frac{6.0 \cdot 4.0}{2.4 \cdot (6.0 + 4.0)} = 1$$

$$\Phi = \frac{400 \cdot 24 \cdot 1.5 \cdot 1.1 \cdot 100}{2 \cdot 0.39} = 20307 \text{ лм}$$

У відповідності із виконаним розрахунком вибираємо 4 світильника із двома лампами ($n=2$) ЛБ 80 ($r=80$ Вт) із світловим потоком 10440 лм.

Потужність світильників:

$$R = r \cdot N \cdot n = 80 \cdot 4 \cdot 2 = 640 \text{ Вт.}$$

Долікарська допомога.

Поразка холодильним агентом.

При отруєнні постраждалого необхідно вивести на свіже повітря або в чисте тепле приміщення. При цьому слід звільнити його від стискаючого дихання одягу, зняти забруднений холодильним агентом одяг і надати постраждалому повний спокій. У всіх випадках отруєння давати вдихати йому медичний кисень протягом 30...45 хвилин (з гумової подушки, балона), зігріти хворого (обкласти грілками). В випадку глибокого сну і можливого зниження больової чутливості слід дотримуватися обережності, аби не викликати опіків. Необхідно постраждалому давати пити міцний солодкий чай або каву, вдихати з вати нашатирний спирт. Незалежно від стану постраждалого має бути викликана швидка допомога.

За наявності явищ роздратування слизистої оболонки виконуємо полоскання носа і глотки 2 %-вим розчином соди або водою. При попаданні холодильного агента в очі здійснюємо рясне промивання очей струменем чистої води. Потім до приходу лікаря надіваємо темні захисні окуляри. Не

						Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забинтовувати очі, не накладати на них пов'язок. При попаданні холодильного агенту на шкіру спостерігається процес її відмороження. В цьому випадку занурюємо уражену кінцівку в теплу воду (35...40 °С) на 5...10 хвилин. Після цього на пошкоджену ділянку накладаємо марлеву пов'язку. В випадку появи пухирів накладаємо марлеву пов'язку на пухірі.

В лабораторії є аптечка із засобами для надання долікарської допомоги:

- нашатирний спирт (для дихання);
- валеріанові краплі;
- двовуглекисла сода (для промивання очей або полоскання горла);
- темні захисні окуляри;
- мазь Вишневського або Пеніцилін (для змазування пошкодженої поверхні шкіри);
- серветки, вата, бинти;
- дерев'яні лопатки (для узяття і накладення мазі). В спеціально відведеному місці слід мати балон з медичним киснем і устаткуванням до нього.

Ураження електричним струмом.

Перша перед лікарська допомога у нещасних випадках від електричного струму складається з двох етапів: звільнення потерпілого від дії струму та надання йому медичної допомоги. Звільнення потерпілого від дії струму здійснюється кількома способами. Найбільш простий та правильний спосіб – це відключення відповідної частини електроустановки. Якщо відключення швидко зробити неможна через будь-які причини (наприклад, далеко розташований вимикач), можливо при напрузі до 1000 В перерубати дроти сокирою з дерев'яною рукояткою або відтягнути потерпілого від струмопровідної частини, тримаючись за його одяг, якщо він сухий, відкинути від нього дріт за допомогою дерев'яної палиці та ін.

При напрузі більше 1000 В слід застосовувати діелектричні рукавиці, боти та в необхідних випадках ізолюючу штангу або ізолюючі кліщі.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

ВИСНОВКИ

Прийняті міжнародними комітетами заходи, по запобіганню руйнування шару стратосферного озону, а також виникнення парникового ефекту в атмосфері із-за викидів холодильних агентів привели, до радикальних змін в технологіях кондиціонування повітря і штучного охолодження.

У цій роботі приведені схемні рішення холодильних установок з CO₂, а також детально розглянуті основні напрями розробки спеціальної компресорної техніки і холодильних масел для CO₂. Крім того, викладені заходи експлуатаційної безпеки установок на CO₂, а також їх характеристики продуктивності в порівнянні із звичайними установками.

Схемне рішення, яке було прийняте цілком допустиме, про що свідчать результати розрахунків. Схема, що має широке поширення серед машин що працюють на хладонах (Рис.2.3) застосовувати у нашому випадку недоцільно, оскільки встановлення РТО-2 призведе до значного збільшення роботи компресора нижнього каскаду, що працює на вуглекислоті (із-за своїх специфічних властивостей в області ненасиченого пару).

Результати теплового розрахунку показують:

- Холодильний коефіцієнт (ϵ_T) вищий на 64% ніж у каскадних машин, що працює на R22 і R13 в якості холодильних агентів, і рівний відповідному ϵ_T двоступеневій холодильній машині на R22 (Рис.16; с.43; [11]);
- Степінь термодинамічної досконалості ($\eta_{\text{стс.д}}$) лежить в традиційних межах (0,5...0,7) для каскадних машин. Це свідчить про те, що робота, що затрачується на виробництво холоду більша чим величина виробленого холоду. Із точки зору термодинаміки це недоцільно, однак холодильні машини не мають альтернативи, тому для отримання таких низьких температур необхідно “платити” дорого.
- Температурний рівень (+40 ÷ -50) цілком допустимий, але необхідно провести додаткові розрахунки для визначення оптимальної температури кипіння нижнього каскаду (с.41;[10]).

						Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаних джерел

1. Pearson, F., 1983, Refrigeration Systems Using Low Pressure Receivers, IoR Paper (UK).
2. Fahl, J., 1997, Lubricants for CO₂ — DKV Conference (Germany).
3. S. Bhattacharyya et al. International Journal of Refrigeration 30 (2007) 624—632.
4. Цветков О.Б. Озонобезопасные холодильные агенты. М.: ЦИНТИ. 1991. 25с.
5. UNEP Monreal Protocol on substances that deplete the ozon layer. Final act date 16 September 1987. 6р.
6. Цветков О.Б., Лаптев Ю.А. Поправки и корректировки Монреальского протокола. Прогресс в области холодильных агентов. Проблемы теплофизики и теплообмена в холодильной технике: Межвуз. сб. научн. тр. СПб.: СПбГАХИТ. 1994. С.3-11.
7. Цветков О.Б. Хладагенты. Тенденции развития. ХТ. 1997. №8. С.6-7.
8. Железный В.П., Жидков В.В. Эколого-энергетические аспекты внедрения альтернативных хладагентов в холодильной технике. Донецк: Донбасс. 1996. 144с.
9. H. Sato, K. Watanabe. Thermodynamic-property database for new refrigerants. Proc. 19th Intern. Congress of Refrigeration. 1995. Vol.4a. P.519–526.
10. Т.В. Морозюк, Л.И. Морозюк, Л.В. Ястребова. Теоретические основы холодильной техники. Одесса: ОГАХ. 2004. 60с
11. В.Д. Вайнштейн, В.И. Канторович. Низкотемпературные холодильные установки. Москва: Пищевая промышленность. 1972. 350с.
12. А.А. Полевой. Монтаж холодильных установок и машин / - СПб.: Профессия, 2007. - с. 224-232.
13. Н. Н. Кошкин. Тепловые и конструктивные расчеты холодильных машин. Л., “Машиностроение” (Ленинград. отделение). 1976. 464с.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68