

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



**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

**на тему Проект охолоджувальної системи птахофабрики місткістю 1000 тонн
для м. Запоріжжя**

(назва кваліфікаційної роботи згідно наказу ОНТУ)

Здобувача Павлишин В.О.
(прізвище, ініціали)

4 курсу ЕНск-141а групи
Керівник доц. Подмазко О.С.
(посада, прізвище та ініціали)

Консультанти: доц. каф. ХУ і КП Подмазко О.С.
доц. каф. ХУ і КП Піщанська Н.О.
(посада, прізвище та ініціали)

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від _____ р, протокол № __

Завідувач кафедри ХУ і КП _____ Михайло ХМЕЛЬНЮК
(назва кафедри) (підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Одеса – 2024 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 Холодильні машини, установки і кондиціонування повітря

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри М.Г. Хмельнюк

«1» березня 2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Павлишина Владислава Олександровича

1. Тема роботи Проект охолоджувальної системи птахофабрики місткістю 1000 тонн для м. Запоріжжя
Затверджена наказом університету від 31.08.2023 р. наказ № 487-03
2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 30.05.2024 р.
3. Вихідні дані роботи: м. Запоріжжя; місткість холодильника 1000 тон;
розрахункова літня температура 32 °С; температури кипіння: $t_0 = -12; -30; -40$
°С, температура конденсації $t_k = 40$ °С; заміна холодильного агента R404a на
аміак; використати компауд-схему.
4. Перелік питань, які потрібно розробити: вступ; планування холодильника;
розрахунок теплоізоляції; розрахунок теплоприпливів; аналіз та
обґрунтування зміни холодильного агента; тепловий розрахунок холодильної
установки та підбір компресорів; розрахунок магістральних трубопроводів
розрахунок повітроохолоджувача; цивільний захист; охорона праці; техніко-
економічний розрахунок; список використаної літератури
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): план та розрізи холодильника (2 листа); розводка трубопроводів по
камерам холодильника (1 лист); компауд-схема (1 лист) результати
дослідження у вигляді презентації.

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

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Піщанська Н.О., доц. ХУ і КП	17.03.2024р.	15.05.2024 р.
Цивільний захист	Подмазко О.С., доц. ХУ і КП	17.03.2024р.	15.05.2023 р.
Економічна частина	Піщанська Н.О., доц. ХУ і КП	17.03.2024р.	15.05.2024 р.

7.Дата видачі завдання

01.02.2024 р.

Керівник

Подмазко Олександр Степанович

Завдання прийняв до виконання

Павлишин Владислав Олександрович

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	вступ; планування холодильника	25.03.2024	виконано
2	розрахунок теплоізоляції; розрахунок теплоприпливів; план та розрізи холодильника	01.04.2024	виконано
3	аналіз та обґрунтування зміни холодильного агента; розводка трубопроводів по камерам холодильника	15.04.2024	виконано
4	тепловий розрахунок холодильної установки та підбір компресорів; компауд-схема	01.05.2024	виконано
5	розрахунок магістральних трубопроводів розрахунок повітроохолоджувача;	15.05.2024	виконано
6	Цивільний захист. Охорона праці. Техніко-економічний розрахунок	30.05.2024	виконано

Здобувач-дипломник _____ Павлишин Владислав Олександрович

Керівник роботи _____ Подмазко Олександр Степанович

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

Павлишин Владислав Олександрович

АНОТАЦІЯ

Бакалавр ЕНск-141а групи Павлишин Владислав Олександрович

Керівник: доцент, кандидат технічних наук Подмазко О.С.

Для виконання дипломної роботи була розглянута охолоджувальна система птахофабрики місткістю 1000 тонн для м. Запоріжжя. Будинок птахофабрики - одноповерховий з висотою камер 6 м, сітка колон 6 x 12 м. В 4-х камерах з температурним режимом -18°C для тривалого зберігання замороженої птиці, в 2-х камерах - 0°C для зберігання охолодженої птиці, одна камера - для охолодження птиці з температурою 0°C , та швидко- морозильний апарат для заморозки продукту з температурним режимом -30°C . В якості холодильного агенту використовується R404a. Дана птахофабрика забезпечує населення міста Запоріжжя птицею та окружні райони.

В процесі експлуатації охолоджувальної системи був виявлений суттєвий недолік – виникав температурний глайд і доводилось утилізувати рештки фреону та заправляти систему по новому. В дипломній роботі запропоновано перейти на аміак, та використата компаунд схему. Це дозволило значно підвищити ефективність роботи системи охолодження, та економити кошти на експлуатацію. Виконана графічна частина по камерам зберігання. В дипломній роботі також були розглянуті питання, повязані з охороною праці, цивільним захистом та економікою.

Кількість ілюстрацій - 23, таблиць - 28, стр. ДР -74

Ключові слова: будівельні площі; ізоляційні конструкції; теплове навантаження; холодильні цикли; аміак; компаунд- схема; компресор; прибори охолодження; магістральні трубопроводи

					ДР: Проект охолоджувальної системи птахофабрики місткістю 1000т			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Павлишин В.О.			<i>Розрахунково- пояснювальна записка</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Подмазко О.С.					4	74
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.								
						ОНТУ гр. ЕНск-141а		

ANNOTATION

Bachelor of ENsk-141a group Pavlyshyn Vladyslav Oleksandrovykh

Supervisor: associate professor, candidate of technical sciences Podmazko O.S.

The cooling system of a poultry farm with a capacity of 1,000 tons for the city of Zaporizhzhia was considered for the thesis. The building of the poultry farm is one-story with a height of chambers of 6 m, a grid of columns of 6 x 12 m. In 4 chambers with a temperature regime of -18°C for long-term storage of frozen poultry, in 2 chambers - 0°C for storing chilled poultry, one chamber - for cooling poultry with a temperature of 0°C , and a quick-freezer for product freezing at a temperature of -30°C . R404a is used as a refrigerant. This poultry farm provides poultry to the population of the city of Zaporozhye and the surrounding areas.

During the operation of the cooling system, a fundamental flaw was discovered - a temperature glide occurred and it was necessary to dispose of the remaining freon and fill the system with a new one. In the thesis, it is proposed to switch to ammonia, and the compound scheme is used. This made it possible to significantly increase the efficiency of the cooling system and save money on operation. The graphic part of the storage chambers has been completed. Issues related to labor protection, civil protection and economy were also considered in the thesis.

Number of illustrations - 23, tables - 28, pages DR -74

Keywords: construction areas; insulating structures; heat load; refrigeration cycles; ammonia; compound scheme; compressor; cooling devices; main pipelines

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

	стор.
Вступ.....	7
1. Планування холодильника.....	12
2. Розрахунок та підбір ізоляційних конструкцій.....	13
3. Розрахунок теплоприпливів у камери та визначення теплового навантаження для підбору камерного устаткування та компресорів.....	19
4. Аналіз та обґрунтування зміни холодильного агенту.....	26
5. Тепловий розрахунок холодильної установки та підбір компресорів.....	36
6. Тепловий розрахунок повітроохолоджувача.....	40
7. Розрахунок магістральних трубопроводів	46
8. Цивільний захист.....	49
9. Охорона праці.....	59
10. Економічна частина.....	67
Список використаної літератури.....	73

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

ВСТУП

Холодильником називається підприємство, призначене для охолодження, заморожування і зберігання швидкопсувних продуктів при заданих низьких температурах. Від звичайного складу холодильник відрізняється наявністю холодильної установки і теплоізоляції. Окрім охолоджуваної частини (камер), холодильник має приміщення для компресорного цеху, трансформаторної підстанції, котельної, адміністративно-побутових приміщень, вестибюлів та ін. Холодильники мають характерні особливості:

1) У них обробляються і зберігаються продукти, що досить швидко псуються, що вимагають для свого збереження підтримання температур нижче за температуру зовнішнього довкілля і певної відносної вологості.

2) Теплота і волога зовнішнього повітря прагнуть проникнути в холодильник, що вимагає створення спеціальних конструкцій огорожувань для зменшення проникнення теплоти і вологи всередину приміщень.

3) Великий об'єм переміщуваних вантажів, і необхідність швидкого їх розвантаження вимагають широкого застосування транспортних пристроїв.

4) До них пред'являються високі санітарні вимоги. Холодильники можна класифікувати по різних ознаках. Кожен тип холодильника має свої особливості, які доводиться враховувати при проектуванні і експлуатації. Перш за все, холодильники розрізняються за цільовим призначенням.

Ця класифікація, як найповніше відображає особливості роботи холодильників і їх устаткування. Наявність всіляких холодильних підприємств відповідає завданням здійснення безперервного холодильного ланцюга, під яким розуміють сукупність холодильників різних типів і організацію взаємного зв'язку між ними, завдяки якому харчові продукти, починаючи з моменту виробництва і закінчуючи споживанням, знаходяться під постійною дією низьких температур, що забезпечує високу якість продуктів навіть при тривалому їх зберіганні. Окремі типи холодильників є,

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

таким чином, ланками безперервного холодильного ланцюга.

Пропонується реконструкція систем холодопостачання Запоріжської птахофабрики.

Виділена площадка для будівництва проектованого об'єкта перебуває в промисловій зоні міста. Розміри її дозволяють у перспективі розмістити тут склади продтоварів і промтоварів.

Рельєф площадки вимагає великого обсягу планувальних робіт.

Підїзна залізнична колія відсутня.

Будинок птахофабрики - одноповерховий з висотою камер 6 м, сітка колон 6 x 12 м. В 4-х камерах з температурним режимом -18°C передбачається тривале зберігання замороженої птиці, в 2-х камерах - 0 °C для зберігання охолодженої птиці, одна камера - для охолодження птиці з температурою 0 °C, і передбачений швидко-морозильний апарат для заморозки продукту. Дана птахофабрика повинна забезпечувати населення міста Запоріжжя птицею й окружні райони .

Проектом передбачається використання навантажно-розвантажувальних робіт електро навантажувачів.

У цей час повітряне охолодження вважається найбільш кращою системою устаткування холодильних камер для охолоджених і заморожених вантажів. Широке використання повітряного охолодження доцільне внаслідок значних змін характеру вантажів, що зберігаються, способу їхнього впакування, удосконалювання конструкцій повітроохолоджувачів.

Характерним для повітроохолоджувачів сучасних конструкцій є значне зниження енергетичних витрат на їхню роботу завдяки оптимізації теплообмінної поверхні. Зменшення потужності електродвигунів повітроохолоджувачів знижують вплив теплового еквівалента на режим зберігання вантажів.

Будівництво птахофабрики в місті Запоріжжі виявилось доцільно, це пояснюється фактичним зниженням потреб даного міста в харчовій

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

продукції. В останні роки ринок птиці розвивається найбільш успішно, зі стабільною динамікою.

Виробництво бройлерів займає 90 відсотків від загального виробництва м'яса птахів. В чому секрет успіху? По-перше, слід відзначити ненасиченість ринка. Якщо порівнювати рівень споживання м'яса птиці в Україні з іншими країнами, то він досить низький. Так, українці споживають у середньому 19 кг м'яса птиці, в той час як європейці - 25 - 30 кг, а американці - 50 кг. По-друге, дешевизна м'яса птиці в порівнянні з іншими видами м'яса. А також слід відзначити, що м'ясо птиці є корисним для здоров'я продуктом харчування і найбільш доступним серед інших видів м'яса.

На щастя інвестора, в Україні було (та й є) досить птахогосподарств із зношеним обладнанням, але стерпним станом будівель та споруд, так що на будівництві та облаштуванні території вдалося заощадити. Економити виходить і на поточному утриманні птиці. У порівнянні з радянським бройлером, що набирає товарну вагу протягом 60 - 70 днів, голландське (та й американське) курча "дорослішає" на протязі 42 - 45 діб. Інкубаційний період і у того, і в іншого, і третього становить 21 день. До речі, більшість великих і середніх українських птахівників воліють вирощувати курчат у власному інкубаторії. (Що вимагає витрат у сумі кілька сотень тисяч євро). Загалом, виходячи "від яйця", термін обігу капіталу в птахівництві становить від 63 до 65 діб, тобто не більше 10 тижнів або 2-х з невеликим місяців. У м'ясному скотарстві той же показник становить від 6-и до 12 місяців, в залежності від виду і породи тварин.

Не варто скидати з рахунків і державну підтримку. Як відомо, дотації на вирощування бройлерів грають важливу роль у розвитку даного ринку. Мова йде про 2022 рік.

Роздрібна ціна на м'ясо птиці в останні роки була найстабільнішою, чому сприяло збільшення попиту на нього. На зростання обсягів виробництва м'яса птиці позитивно впливає незначна тривалість операційного циклу, а значить, і висока рентабельність!

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Постійне зростання на енергоносії і фуражне зерно сприяє розоренню середніх і дрібних виробників. Виробництво м'яса птиці в населення (у домашніх господарствах) щорічно знижується. Випуск м'яса в домашніх господарствах не впливає на ринок в цілому.

З огляду на те, що ринок м'яса птиці практично насичений (з урахуванням купівельної спроможності населення), конкуренція серед гравців загострюється, і щоб вижити в цій боротьбі, необхідно знаходити нові стратегії розвитку та нові ринки збуту. Середнім і дрібним підприємствам вижити в таких жорстких умовах практично неможливо. Великі підприємства можуть собі дозволити просування на зовнішні ринки, про що дрібним підприємствам залишається тільки мріяти. Причому, чим успішніше буде розвиватися експорт у великих гравців, тим краще для дрібних (залишається більше можливостей на вітчизняному ринку).

На сьогоднішній день українське птахівництво не поступається світовому рівню в технології виробництва, оснащенні обладнанням і за іншими параметрами.

Сьогодні на українському ринку імпортна курятина (а також - індичатина та субпродукти з птиці) на 100 % являє собою продукт глибокої заморозки, фасований "монолітом" в ящики по 10 кілограмів. Крім того, з м'яса в Україну ввозять лише стегенця та стегна (гомілки), рідше - крило; із субпродуктів - в основному печінку. Загалом, імпортний продукт на українському ринку птахопродуктів з вітчизняним конкурує лише в секторі "заморозки" (та й то не по всіх позиціях асортименту). З виникненням в Україні дефіциту м'яса худоби в минулому, а ще більше в поточному році імпортну курятину в більшій мірі споживають переробники м'яса, ніж споживачі (А зарубіжну індичатину в Україну, мабуть, на 100% "з'їдають" м'ясокомбінати). Тобто, на споживчому ринку України конкуренція з боку імпортної курятини з слабкої стала зовсім незначною. У всякому разі, так вважають вітчизняні птахівники.

Охолоджена курятина сьогодні в Україні є продуктом підвищеного попиту (Завдяки і смаковим якостям, і зручності приготування, та активній

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

рекламній

розкрутці). У поточному році популярності птиці сприяє ще й гострий дефіцит свинини і м'яса ВРХ, через що дані продукти сьогодні в півтора рази дорожче згаданої курятини. З іншого боку, виробники визнають, що пропозиція охолодженої птиці в Україні покриває попит чи то на половину, чи то на дві третини. Загалом, володіючи виробництвом дефіцитного продукту, виробник охолодженої курятини успішно "виторгує" для себе досить вигідні умови. Великі точки продажів згодні на умови, висунуті постачальником (виробником), в тому числі і "не працювати з іншим виробником", що для роздрібною (а на більшості ринків - і для оптової) торгівлі є рідкісним винятком. Крім того, супермаркети згодні приймати від виробника товар "насіпом", тобто в ящиках по 15 кг, з наступною розфасовкою (поштучно або за 1 кг) в точці продажу.

Популярно кажучи, м'ясо птиці сьогодні в Україні є чи не єдиним товаром, де умови диктує виробник, а не торговець. А якщо більш серйозно, то мережеві супермаркети вже досить успішно висувають умови приведення фасування продукту до європейських стандартів. Більш того, прагнучи випередити конкурента, виробники готові йти на дедалі більші вдосконалення (а то й поступки), наприклад, розфасовку в споживчому "форматі" в місці виробництва.

Доставка охолодженої курятини - відповідальність виробника, через що доводиться або утримувати власний парк ізотермічних (для доставки в межах області) та рефрижераторних (транспортуючи по країні) автомобілів.

Проте, основною і постійною причиною зниження рентабельності виробництва можна назвати збільшення витрат на основні складові собівартості - ріст цін на зернові, енергоносії та ін. Якщо говорити про 2022 р., то ціни на зернові в Україні зросли в 2,5 - 3 рази в порівнянні з 2021 р, а енергоносії подорожчали на 15 %. Подорожчання зернових відбувається за рахунок споживчого попиту на них у Китаї та Індії, а також - через посуху та активне впровадження зернових у виробництво біопалива.

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Виробники м'яса птиці в цей час досягли такого рівня, коли їх продукція є конкурентоспроможною в країнах Європи, але залишається відкритим питання в системі сертифікації, яке необхідно врегулювати, для того щоб вийти на європейський ринок. Держава має допомогти виробникам, країна повинна бути експорт-орієнтованою. Українські птахофабрики працюють над нарощуванням обсягів виробництва і повинні кудись поставляти свою продукцію, розширювати ринки збуту.

1.Планування холодильника

Дійсна ємкість холодильника складає:

$$E_d = 1000\text{т}$$

Будівельна площа для камер збереження замороженої птиці

$$F_{\text{хол}} = 432\text{кв.м.}$$

Будівельна площа для камер збереження охолодження птиці

$$F_{\text{хол}} = 324\text{кв.м.}$$

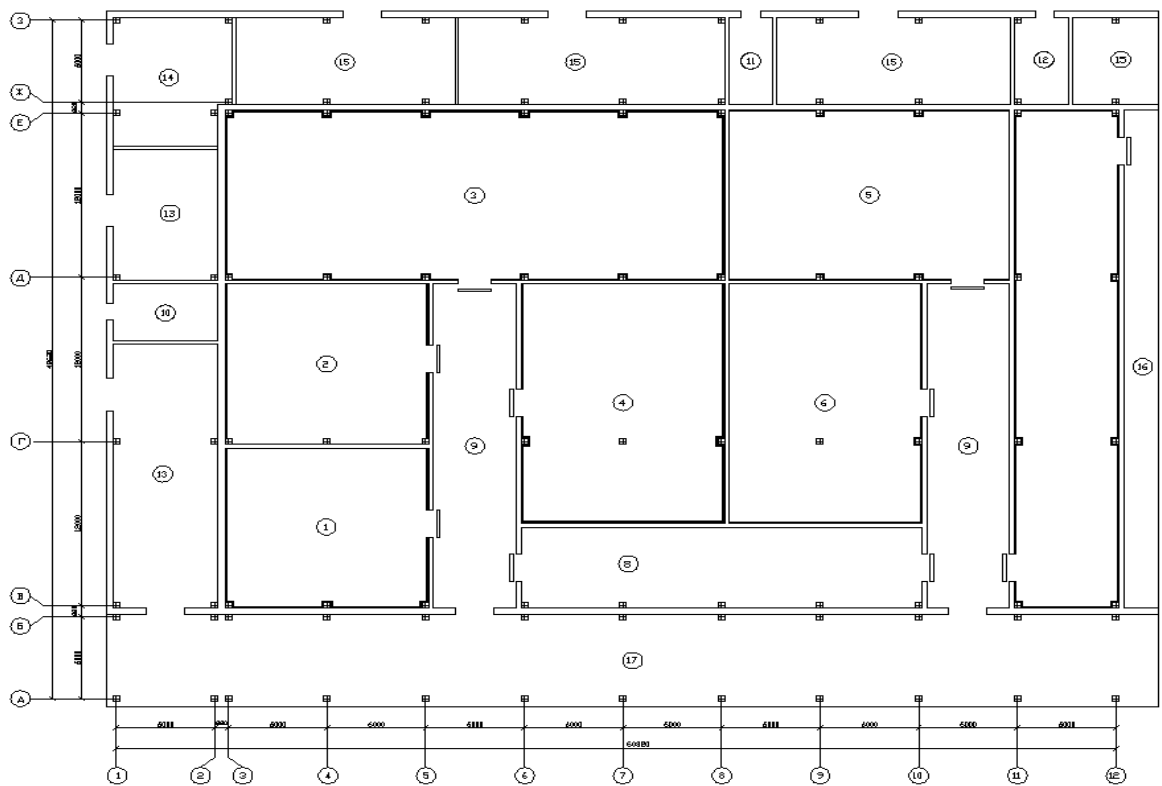


Рисунок 2.1 - План холодильника

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

- ① Камера №1 зберігання замороженої птиці
- ② Камера №2 зберігання замороженої птиці
- ③ Камера №3 зберігання замороженої птиці
- ④ Камера №4 зберігання замороженої птиці
- ⑤ Камера №5 зберігання охолодженої птиці
- ⑥ Камера №6 зберігання охолодженої птиці
- ⑦ Камера №7 охолодження птиці
- ⑧ Приміщення для скороморозильного апарату
- ⑨ Коридор
- ⑩ Апаратна камер зберігання замороженої птиці
- ⑪ Апаратна камер зберігання охолодженої птиці
- ⑫ Апаратна камери охолодження птиці
- ⑬ Побутові приміщення
- ⑭ Кладова запчастин
- ⑮ Складські приміщення
- ⑯ Технологічний цех
- ⑰ Автомобильна платформа

2. Розрахунок та підбір ізоляційних конструкцій

2.1. Визначаємо товщину ізоляційних шарів камери охолодження

Температура повітря всередині камери $t_k = -3^0 C$.

Розрахункову літню температуру зовнішнього повітря для міста приймаємо рівною $t_p = 33^0 C$.

Всі ці температури необхідні для розрахунку теплоізоляційного шару.

Зовнішня стіна.

$t_k = -3^0 C$, циркуляція повітря в камері помірна;

$k = 0.34 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – нормативний коефіцієнт теплопередачі зовнішньої стіни;

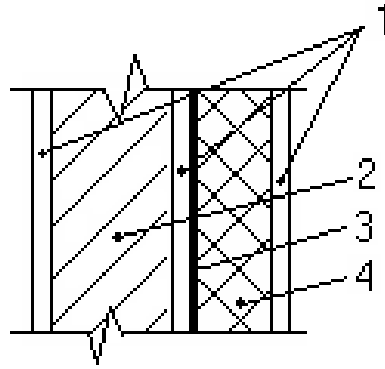
$\alpha_s = 23,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_s} = 0.043 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та

відповідний термічний опір для зовнішньої поверхні стіни;

$\alpha_{вн} = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_{вн}} = 0.11 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та

відповідний термічний опір для внутрішньої поверхні стіни.

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Конструкція зовнішньої стіни холодильника (мал. 2.1)

Мал. 2.1

№ шару	Найменування та матеріал шару	Товщина матеріалів δ_i , м	Коефіцієнт теплопровідності λ_i , Вт/(м·К)
1	Штукатурка	0.02	0.88
2	Цегляний мур	0.38	0.82
3	Пароізоляція з гідроізолю	0.004	0.35
4	Теплоізоляція з ПСБ-С	–	0.047

Необхідна товщина ізоляційного шару:

$$\delta_{iz}^{nomp} = \lambda_{iz} \cdot \left[\frac{1}{k} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн}} \right) \right] \quad (2.1)$$

$$\delta_{iz}^{nomp} = 0.047 \cdot \left[\frac{1}{0.34} - \left(0.043 + 3 \cdot \frac{0.02}{0.88} + \frac{0.38}{0.82} + \frac{0.004}{0.35} + 0.11 \right) \right] = 0.101 \text{ м.}$$

Приймаємо товщину ізоляційного шару з двох шарів плит ПСБ-С по 50 мм.

Розрахуємо дійсний коефіцієнт теплопередачі:

$$\left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн}} \right) + \frac{\delta_{iz,0}}{\lambda_{iz}} \quad (2.2)$$

$$k_o = \frac{1}{\left(\frac{1}{23.3} + 3 \cdot \frac{0.02}{0.88} + \frac{0.38}{0.82} + \frac{0.004}{0.35} + \frac{1}{9} \right) + \frac{0.1}{0.047}} = 0.34 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

Внутрішня стінка.

$t_k = -3^{\circ}C$, циркуляція повітря в камері помірна;

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

$k = 0.54 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – нормативний коефіцієнт теплопередачі внутрішньої стіни;

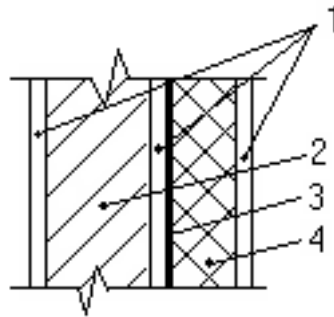
$\alpha_3 = 23,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_3} = 0.043 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та

відповідний термічний опір для зовнішньої поверхні стіни;

$\alpha_{\text{вн}} = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} = 0.11 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та

відповідний термічний опір для внутрішньої поверхні стіни.

Конструкція внутрішньої стіни холодильника (мал. 2.2)



Мал. 2.2

№ шару	Найменування та матеріал шару	Товщина матеріалів δ_i , м	Коефіцієнт теплопровідності λ_i , $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$
1	Штукатурка	0.02	0.88
2	Цегляний мур	0.125	0.82
3	Пароізоляція з гідроізолю	0.004	0.35
4	Теплоізоляція з пінобетону	–	0.15

Необхідна товщина ізоляційного шару:

$$\delta_{\text{із}}^{\text{норм}} = 0.15 \cdot \left[\frac{1}{0.54} - \left(0.043 + 3 \cdot \frac{0.02}{0.88} + \frac{0.125}{0.82} + \frac{0.004}{0.35} + 0.11 \right) \right] = 0.194 \text{ м.}$$

Приймаємо товщину ізоляційного шару з одного шару пінобетону, рівного 200 мм.

Розрахуємо дійсний коефіцієнт теплопередачі: $\frac{1}{\left(0.043 + 3 \cdot \frac{0.02}{0.88} + \frac{0.125}{0.82} + \frac{0.004}{0.35} + 0.11 \right) + \frac{0.2}{0.15}} = 0.52 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

Перегородка.

$k = 0.35 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – нормативний коефіцієнт теплопередачі перегородки;

$\alpha_3 = 23,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_3} = 0.043 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та

відповідний термічний опір для перегородки;

$\alpha_{\text{вн}} = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} = 0.11 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та

відповідний термічний опір для внутрішньої сторони перегородки.

Конструкція перегородки (мал. 2.2)

№ шару	Найменування та матеріал шару	Товщина матеріалів δ_i , м	Коефіцієнт теплопровідності λ_i , $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$
1	Штукатурка	0.02	0.88
2	Цегляний мур	0.125	0.82
3	Пароізоляція з гідроізолю	0.004	0.35
4	Теплоізоляція з пінобетону	–	0.15

Необхідна товщина ізоляційного шару:

$$\delta_{\text{із}}^{\text{норм}} = 0.15 \cdot \left[\frac{1}{0.35} - \left(0.043 + 3 \cdot \frac{0.02}{0.88} + \frac{0.125}{0.82} + \frac{0.004}{0.35} + 0.11 \right) \right] = 0.37 \text{ м.}$$

Приймаємо ізоляцію перегородки 400 мм з двох шарів пінобетонних блоків товщиною по 200 мм.

Розрахуємо дійсний коефіцієнт теплопередачі: $\frac{1}{\left(0.043 + 3 \cdot \frac{0.02}{0.88} + \frac{0.125}{0.82} + \frac{0.004}{0.35} + 0.11 \right) + \frac{0.4}{0.15}} = 0.33 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

Підлога.

$k = 0.48 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – нормативний коефіцієнт теплопередачі підлоги;

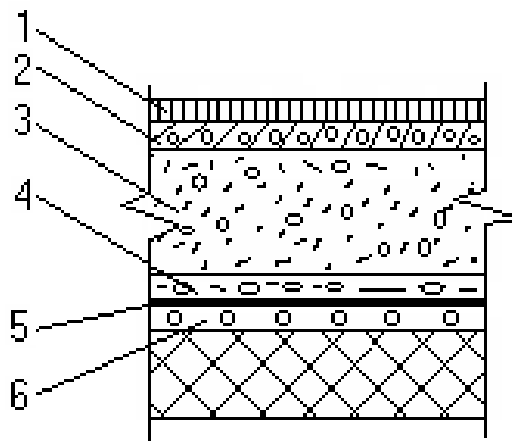
$\alpha_3 = 0 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – коефіцієнт тепловіддачі від ґрунту до конструкції підлоги;

$\alpha_{\text{вн}} = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} = 0.11 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та

відповідний термічний опір від поверхні підлоги до повітря.

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Піліпис	Дата		

Конструкція підлоги холодильника (мал. 2.3)



Мал. 2.3

№ шару	Найменування та матеріал шару	Товщина матеріалів δ_i , м	Коефіцієнт теплопровідності λ_i , Вт/(м·К)
1	Чиста підлога з мозаїчних плит	0.055	1.4
2	Бетонна підготовка з електродігрівачами	0.1	1.4
3	Теплоізоляція з керамзитового гравію	—	0.18
4	Бетонна підготовка	0.1	1.4
5	Гідроізоляція	0.001	0.15
6	Бетонна підготовка по ущільненому ґрунту з щєбінкою	—	—

Необхідна товщина ізоляційного шару:

$$\delta_{із}^{номр} = 0.18 \cdot \left[\frac{1}{0.48} - \left(\frac{0.055 + 0.1 + 0.1}{1.4} + 0.11 \right) \right] = 0.26 \text{ м.}$$

$$k_{\delta} = 0.48 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Покрівля.

$k = 0.3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – нормативний коефіцієнт теплопередачі підлоги.

$\alpha_3 = 23,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_3} = 0.043 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та

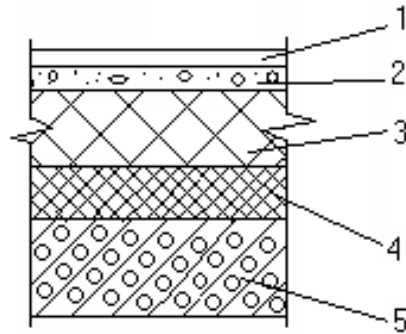
відповідний термічний опір для покрівлі.

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

$$\alpha_{вн} = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}), \quad \frac{1}{\alpha_{вн}} = 0.11 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт} \quad - \text{ коефіцієнт тепловіддачі та}$$

відповідний термічний опір для внутрішньої сторони покрівлі.

Конструкція покрівлі (мал. 2.4)



Мал. 2.4

№ шару	Найменування та матеріал шару	Товщина матеріалів δ_i , м	Коефіцієнт теплопровідності λ_i , Вт/(м·К)
1	5 шарів гідроізолу на гарячій бітумній мастиці	0.012	0.35
2	Стяжка з бетону	0.03	1.4
3	Плиткова теплоізоляція (пінопласт полістирольний марки ПСБ-С)	—	0.047
4	Плиткова теплоізоляція (жорсткі мінералові плити, два шара)	0.1	0.085
5	Залізобетонна плита покрівлі	0.16	1.5

Необхідна товщина ізоляційного шару:

$$\delta_{із}^{нотр} = 0.047 \cdot \left[\frac{1}{0.3} - \left(0.043 + \frac{0.012}{0.35} + \frac{0.03}{1.4} + \frac{0.1}{0.085} + \frac{0.16}{1.5} + 0.11 \right) \right] = 0.15 \text{ м.}$$

Приймаємо товщину ізоляційного шару з трьох шарів плит ПСБ-С по 50 мм.

$$k_o = 0.3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

3. Розрахунок теплоприпливів у камери та визначення теплового навантаження для підбору камерного устаткування та компресорів

При визначенні теплового навантаження враховують наступні тепло приливи:

- через захисні конструкції приміщення Q_1 ;
- від продуктів при їх охолодженні Q_2 ;
- з зовнішнім повітрям при вентиляції приміщення Q_3 ;
- від різноманітних джерел при експлуатації камер Q_4 ;
- від фруктів у процесі «дихання» для життєдіяльності клітин Q_5 .

Навантаження на камерне устаткування визначають як суму всіх тепло приливів у дану камеру, тому що устаткування повинно забезпечити відведення теплоти при самих несприятливих умовах.

$$\sum Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$$

3.1 Тепло приливи через захисні конструкції.

$$Q_1 = Q_{1m} + Q_{1c} \quad (3.1)$$

Q_{1m} – тепло приливи, викликані наявністю різницею температур зовні огороження та всередині приміщення, що охолоджується;

Q_{1c} – тепло приливи, викликані дією сонячної радіації.

3.1.1 Тепло приливи через стіни, перегородки, покрівлі та підлоги

$$Q_{1m} \text{ (кВт)}$$

$$Q_{1m} = K^{\circ} \cdot F \cdot \theta \cdot 10^{-3} = K^{\circ} \cdot F \cdot (t_n - t_{\circ}) \cdot 10^{-3} \quad (3.2)$$

де K° – дійсний коефіцієнт теплопередачі огороження, що визначається при розрахунку товщини ізоляційного шару, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

F – розрахункова площа поверхонь огороження, м^2 ;

θ – розрахункова різниця температуррасчетная разность температур;

$t_n = 33^{\circ}\text{C}$ – розрахункова зовнішня температура повітря;

$t_{\circ} = -3^{\circ}\text{C}$ – розрахункова температура повітря в камері.

3.1.2 Тепло приливи від сонячної радіації крізь зовнішні стіни та покриття холодильника Q_{1c} (кВт).

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{ic} = K^o \cdot F \cdot \Delta t_c \cdot 10^3 \quad (3.3)$$

K^o – дійсний коефіцієнт теплопередачі огороження, $Bm/(m^2 \cdot K)$;

F – розрахункова площа поверхонь огороження, опромінюваного сонцем, m^2 ;

Δt_c – надлишкова різниця температур, що характеризує дію сонячної радіації у літній період, $^{\circ}C$.

Кількість теплоти від сонячної радіації залежить від зони розташування холодильника, характеру поверхні та орієнтації її по сторонам горизонту.

Δt_c – стіна західна = 10.2 $^{\circ}C$;

Δt_c – покрівля = 18.5 $^{\circ}C$;

K^o беремо з попередньої глави.

3.2 Тепло приливи від вантажів.

При холодильній обробці, тобто охолодженні, кожний кг продукту виділяє тепло у кількості $g = \Delta i (\text{кДж/кг}) \cdot (Q_{2np})$.

Тепло приливи $Q_2 (\text{кВт})$ від вантажів визначаємо згідно формули:

$$Q_{2np} = G_{np} \cdot \Delta i \cdot \frac{10^3}{\tau \cdot 3600} \quad (3.4)$$

G_{np} – добове надходження продуктів, т/добу; $G_{np} = 17.5$ т/добу;

$\tau = 12$ – час термічної обробки, година;

Δi – різниця питомих ентальпій продукту, що відповідає початковій та кінцевій температурам продукту, кДж/кг ;

при температурі завантаження = 35 $^{\circ}C$ $i_n = 345 \text{ кДж/кг}$

при температурі продукту, що випускається, = 4 $^{\circ}C$ $i_k = 245 \text{ кДж/кг}$

При цьому припускаємо, що продукт надходить в камеру рівномірно на протязі доби:

$$Q_2 = \frac{17.5 \cdot (345 - 245)}{12 \cdot 3600} \cdot 10^3 = 40.51 \text{ кВт}$$

3.3 Тепло приливи при вентиляції приміщення.

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

$Q_3 = 0 \text{ кВт}$, тому що тепло приливи від зовнішнього повітря при вентиляції слід враховувати тільки при проектуванні спеціалізованих холодильників та камер схову фруктів.

3.4 Експлуатаційні тепло приливи.

Ці тепло приливи виникають внаслідок освітлювання камер, перебування в них людей, роботи електродвигунів та відкривання дверей.

3.4.1 Тепло приливи від освітлювання $g_1 (\text{кВт})$ розраховуємо по формулі:

$$g_1 = A \cdot F \cdot 10^{-3} \quad (3.5)$$

де A – тепло, що виділяється джерелами освітлювання в одиницю часу на м^2 площі підлоги, з урахуванням коефіцієнта одночасності включення; $A = 4.5 \text{ Вт} / \text{м}^2$;

3.4.2 Тепло приливи від перебування людей $g_2, \text{кВт}$

$$g_2 = 0.23 \cdot n \quad (3.6)$$

0.23 – тепловиділення однієї людини при помірній фізичній роботі;

n – кількість людей, працюючих у даному приміщенні, $n = 2$

3.4.3 Тепло приливи від працюючих електродвигунів g_3 визначаємо по формулі:

$$g_3 = N_E \quad (3.7)$$

N_E – сумарна потужність електродвигунів

3.4.4 Тепло приливи від відкривання дверей $g_4 (\text{кВт})$ розраховуємо по формулі:

$$g_4 = \kappa \cdot F \cdot 10^{-3} \quad (3.8)$$

κ – питомий прилив тепла при відкриванні дверей, віднесений до 1 м^2 площі підлоги, $\kappa = 7 \text{ Вт} / \text{м}^2$;

Експлуатаційні тепло приливи визначаємо як суму тепло приливів окремих видів:

$$Q_4 = g_1 + g_2 + g_3 + g_4$$

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Аналогічним чином розраховуємо тепло приливи і в інших камерах холодильника. Отримані значення тепло приливів заносимо у зведену таблицю тепло приливів по кожній камері окремо.

Таблиця 3.1 – Розрахунок теплоприпливів через огороження камери № 1

Огородженн я	Орієнтація	K_o^D , $\frac{Вт}{м^2 * К}$	F, м ²	t _н , °С	t _в , °С	Δt °С	Q _{1т} , Вт	Δt _с , °С	Q ^{1с} , Вт	Q ₁ , Вт
Стіна	Схід	0,25	83	+18	-18	36	747	-	-	747
Стіна	Південь	0,24	83	+33	-18	51	1016	-	-	1016
Стіна	Захід	0,3	83	+18	-18	36	896	-	-	896
Стіна	Північ	0,56	83	-18	-18	0	0	-	-	0
Покриття	-	0,2	166	+33	-18	51	1693	18,9	627	2320
Підлога	-	0,23	166	+1	-18	19	725	-	-	725

Таблиця 3.2 – Розрахунок теплоприпливів через огороження камери № 2

Огородженн я	Орієнтація	K_o^D , $\frac{Вт}{м^2 * К}$	F, м ²	t _н , °С	t _в , °С	Δt °С	Q _{1т} , Вт	Δt _с , °С	Q ^{1с} , Вт	Q ₁ , Вт
Стіна	Схід	0,25	78	+18	-18	36	702	-	-	702
Стіна	Південь	0,56	83	-18	-18	0	0	-	-	0
Стіна	Захід	0,3	78	+18	-18	36	842	-	-	842
Стіна	Північ	0,56	83	-18	-18	0	0	-	-	0
Покриття	-	0,2	15 5	+33	-18	51	1581	18,9	586	2167
Підлога	-	0,23	15 5	+1	-18	19	677	-	-	677

Таблиця 3.3 – Розрахунок теплоприпливів через огороження камери № 3

						КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
							22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Огородження	Орієнтація	K_o^D , $\frac{Вт}{м^2 * К}$	F, м ²	t _н , °С	t _в , °С	Δt °С	Q _{IT} , Вт	Δt _с , °С	Q _{IC} , Вт	Q ₁ , Вт
Стіна	Схід	0,24	83	0	-18	18	358	-	-	358
Стіна	Південь 1	0,56	83	-18	-18	0	0	-	-	0
Стіна	Південь 2	0,25	35	+18	-18	36	315	-	-	315
Стіна	Південь 3	0,56	80	-18	-18	0	0	-	-	0
Стіна	Захід	0,3	83	+18	-18	36	896	-	-	896
Стіна	Північ	0,3	200	+18	-18	36	2160	-	-	2160
Покриття	-	0,2	400	+33	-18	51	4080	18,9	1512	5592
Підлога	-	0,23	400	+1	-18	19	1748	-	-	1748

Таблиця 3.4 – Розрахунок теплопривлівів через огороження камери № 4

Огородження	Орієнтація	K_o^D , $\frac{Вт}{м^2 * К}$	F, м ²	t _н , °С	t _в , °С	Δt °С	Q _{IT} , Вт	Δt _с , °С	Q _{IC} , Вт	Q ₁ , Вт
Стіна	Схід	0,24	114	0	-18	18	492	-	-	492
Стіна	Південь	0,25	81	+18	-18	36	729	-	-	729
Стіна	Захід	0,25	114	+18	-18	36	1026	-	-	1026
Стіна	Північ	0,56	81	-18	-	0	0	-	-	0

					18					
Покриття	-	0,2	223	+33	- 18	51	2275	18,9	843	3118
Підлога	-	0,23	223	+1	- 18	19	975	-	-	975

Таблиця 3.5 – Розрахунок теплоприпливів через огороження камери № 5

Огороження	Орієнтація	K_o^D , $\frac{Вт}{м^2 * К}$	F, м ²	t _н , °С	t _в , °С	Δt °С	Q _{IT} , Вт	Δt _с , °С	Q _{IC} , Вт	Q ₁ , Вт
Стіна	Схід	0,34	112	+18	0	18	685	-	-	685
Стіна	Південь	0,34	77	+18	0	18	471	-	-	471
Стіна	Захід	0,24	112	-18	0	- 18	-484	-	-	-484
Стіна	Північ	0,56	77	0	0	0	0	-	-	0
Покриття	-	0,37	215	+33	0	33	2625	18,9	1504	4129
Підлога	1	0,47	35	+33	0	33	543	-	-	543
	2	0,23	35	+33	0	33	265	-	-	265
	3	0,12	35	+33	0	33	139	-	-	139
	4	0,07	98	+33	0	33	226	-	-	226

Таблиця 3.6 – Розрахунок теплоприпливів через огороження камери № 6

Огороження	Орієнтація	K_o^D , $\frac{Вт}{м^2 * К}$	F, м ²	t _н , °С	t _в , °С	Δt °С	Q _{IT} , Вт	Δt _с , °С	Q _{IC} , Вт	Q ₁ , Вт
Стіна	Схід	0,34	81	0	0	0	0	-	-	0
Стіна	Південь 1	0,58	76	0	0	0	0	-	-	0
Стіна	Південь 2	0,34	34	+18	0	18	208	-	-	208
Стіна	Захід	0,24	81	-18	0	-18	-350	-	-	-350
Стіна	Північ	0,47	110	+18	0	18	930	-	-	930
Покриття	-	0,37	222	+33	0	33	2710	18,9	1552	4262
Підлога	1	0,47	59	+33	0	33	915	-	-	915

	2	0,23	47	+33	0	33	357	-	-	357
	3	0,12	39	+33	0	33	154	-	-	154
	4	0,07	70	+33	0	33	162	-	-	162

Таблиця 3.7 – Розрахунок теплоприпливів через огороження камери № 7

Огороження	Орієнтація	$K_o^D \frac{Вт}{м^2 * К}$	F, м ²	t _н , °С	t _в , °С	Δt, °С	Q _{1т} , Вт	Δt _с , °С	Q _{1с} , Вт	Q ₁ , Вт
Стіна	Схід	0,35	237	+18	0	18	1493	-	-	1493
Стіна	Південь	0,34	42	+33	0	33	471	-	-	471
Стіна	Захід 1	0,58	82	0	0	0	0	-	-	0
Стіна	Захід 2	0,35	155	+18	0	18	977	-	-	977
Стіна	Північ	0,52	42	+18	0	18	393	-	-	393
Покриття	-	0,38	246	+33	0	33	3085	18,9	1767	4852
Підлога	1	0,47	98	+33	0	33	1520	-	-	1520
	2	0,23	74	+33	0	33	562	-	-	562
	3	0,12	56	+33	0	33	222	-	-	222
	4	0,07	6	+33	0	33	14	-	-	14

3.5. Визначення навантаження для підбору компресора.

Навантаження на компресори, працюючих при температурі кипіння

t₀ = - 40:

$$\Sigma Q_{-40} = \Sigma Q_1 + \Sigma Q_2 + 0.7 \cdot \Sigma Q_4 = 36.5 + 496.8 + 0.7 \cdot 131 = 625 \text{ кВт.}$$

Навантаження на компресори, працюючих при температурі кипіння

t₀ = - 30:

$$\Sigma Q_{-30} = \Sigma Q_1 + 0.6 \cdot \Sigma Q_2 + 0.7 \cdot \Sigma Q_4 = 51.4 + 0.6 \cdot 46.9 + 0.7 \cdot 9 =$$

85.84 кВт.

Навантаження на компресори, працюючих при температурі кипіння

t₀ = - 12:

$$\Sigma Q_{-12} = \Sigma Q_1 + 0.6 \cdot \Sigma Q_2 + 0.7 \cdot \Sigma Q_4 = 9.6 + 0.6 \cdot 65.2 + 0.7 \cdot 26 = 66.92 \text{ кВт.}$$

Розрахункова (необхідна) холодовидатність для підбору компресорів:

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{0(-40)} = 1.1 \cdot \Sigma Q_{\text{км}} = 1.1 \cdot 625 = 688 \text{ кВт};$$

$$Q_{0(-30)} = 1.07 \cdot \Sigma Q_{\text{км}} = 1.07 \cdot 85.84 = 92 \text{ кВт};$$

$$Q_{0(-12)} = 1.05 \cdot \Sigma Q_{\text{км}} = 1.05 \cdot 66.92 = 70 \text{ кВт}.$$

4. Аналіз та обґрунтування зміни холодильного агента

Холодильний агент (холодоагент) - робоча речовина холодильної машини, яка при кипінні або в процесі ізотермічного розширення віднімає теплоту від охолоджуваного об'єкту і потім після стиснення передає її охолоджувальній середовищі за рахунок конденсації (воді, повітрю і т. п.).

У нормальних умовах холодоагенти представляють собою гази або безбарвні рідини. В даний час відомо більше 60 холодоагентів, але тільки 15 з них знаходять практичне застосування. Крім однокомпонентних (або чистих) холодоагентів останнім часом знаходять застосування численні суміші, складені з двох і більш чистих холодоагентів.

Ідеальний холодоагент повинен мати гарні термодинамічними показниками і забезпечувати високу ефективність роботи холодильної машини. Крім того, холодоагент повинен бути хімічно стабільним, не розкладатися і не вступати в реакції з металами і маслами. Холодоагент повинен забезпечувати безпеку експлуатації - не утворювати вибухових з'єднань, не бути токсичним.

Оскільки не існує ідеального холодоагенту, який підходив би за всіма показниками, на практиці застосовують холодоагенти, відповідні найбільш важливим вимогам. До найбільш широко використовуваних холодоагентів відносяться аміак, хладони, елєгаз, вода і деякі вуглеводні.

Кращим холодоагентом для парокомпресорної холодильної машини є аміак. За сукупністю теплотехнічних параметрів йому немає рівних. Однак його застосування обмежене, оскільки аміак надзвичайно отруйний і вибухонебезпечний. Речовину, яка близька аміаку за властивостями і разом з тим відносно безпечна, було синтезовано на початку ХХ століття з чотирьохлористого вуглецю шляхом відщеплення від його молекули двох атомів хлору та введення на їх місце двох атомів фтору. Наукова назва - дихлордифторметан. Цей клас холодоагентів був запатентований компанією

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

DuPont під торговою маркою Freon. Інші фірми, що виробляють аналогічні холодоагенти, не мають права користуватися цією назвою без дозволу власника патенту. Однак з часом слово «фреон» стало загальноживаним і навіть в технічній літературі, якщо мова не йде про конкретну торгову марку, всі холодоагенти цієї групи називають фреонами.

Холодоагент R404A - з'єднання на основі гідрофторвуглецю (HCF) з термодинамічними властивостями, порівнянними з властивостями хлорфторвуглеводного (CFC) холодоагенту R502. R404A має нульовий озоноруйнуючий потенціал ($ODP = 0$) і повсюдно вважається одним з кращих замінників холодоагентів. R404A особливо добре працює в установках з низькою температурою кипіння, але також може використовуватися і в агрегатах з середньою температурою кипіння. Холодоагент R404A - це суміш холодоагентів, він має невелике температурне «ковзання» і тому повинен заправлятися в рідкій фазі, але у всіх інших випадках цим «ковзанням» можна знехтувати. Завдяки невеликому температурному «ковзанню» холодоагент R404A часто називають квазізеотропною сумішшю. При низьких температурах кипіння аж до -45°C потрібно використовувати компресори фірми Maneurop серії LTZ. При середніх температурах разом з R404A використовуйте компресори фірми DanfossManeurop серії MTZ з поліефірним маслом 160PZ, яке поставляється разом з компресорами цієї серії. Для правильного вибору потрібного типу компресора використовується область його експлуатації з холодоагентом R404A і таблиці експлуатаційних характеристик. У компресорах Maneurop серії MT холодоагент R404A застосовувати не дозволяється, навіть якщо мінеральне масло буде замінено на поліефірне.

Холодоагент R - 404a - зеотропна суміш R125/R143a/R134a із співвідношенням масових часток компонентів 44/52/4. Температурний глайд менше $0,5\text{ K}$. В залежності від умов експлуатації забезпечуються підвищення холодопродуктивності на $4 \dots 5\%$ і зниження температури нагнітання в компресорі до 8% у порівнянні з аналогічними характеристиками R502.

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після надходження в продаж з кінця 1993 р. R404A спочатку використовували в новому устаткуванні, розрахованому на низькі і середні температури кипіння. В даний час R404A застосовують як заміник R502 при ретрофіті систем. При цьому необхідна заміна мінерального масла на поліефірне і фільтра-осушувача. Зміна складу суміші, що циркулює в холодильній системі, може призвести до погіршення її енергетичних характеристик, особливо в схемах з ресивером або при значній довжині комунікаційних ліній.

Фізичні властивості R404a:

Потенціал руйнування озону (ODP) - 0,000

Потенціал глобального потепління (GWP) - 3750

Нормальна температура кипіння (P = 0,1 МПа) - 46,70 °C

Щільність насиченою рідини при 25 ° C - 1048 кг/м³

Тиск парів насиченою рідини при 25 ° C (абс) +1257 кПа

Критична температура - 72,7 °C

Критичний тиск - 3,74 МПа

Критична щільність - 485,1 кг/м³

Формула.

зеотропна суміш групи ДФУ (44 % R125 + 52 % R143a + 4 % R134a)

Застосування.

Розроблений в якості довгострокової заміни хладону-502 і хладону-22 в холодильних системах, що працюють в діапазоні середніх і низьких температур.

Застосування холодоагентів на основі гідрофторвуглецю (ГФУ) в якості довгострокової заміни хлорфторвуглеців (ХФУ) і гідрохлорфторвуглеводнів (ГХФУ) як в системах охолодження, так і в пристроях кондиціонування повітря стало загально визнаним підходом у рамках Європейського співтовариства.

Тим часом, такі охолоджуючі речовини на основі гідрофторвуглецю, як R404A і R507, все частіше приходять на зміну застарілим холодоагентам і впроваджуються майже всіма фірмами-виробниками комплектного

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обладнання. Однак зростання значущості ефективності використання енергії веде до того, що вибору холодоагентів приділяється все більше уваги: адже завдяки навіть невеликій зміні робочих характеристик можна домогтися значного енергозбереження.

У промисловості машин для виготовлення льоду охолодження з аміаком і фтором завжди були в центрі суперечок. Вибір методу охолодження може максимізувати економічні, екологічні та соціальні вигоди. У цій статті /10/ об'єктивно аналізується природа аміаку, фторових холодоагентів та систем охолодження аміаку та фтору, а також узагальнено стан застосування, існуючі проблеми та напрямки досліджень двох методів охолодження в промисловості, що допоможе людям чітко зрозуміти ці два способи. холодильні методи. До розуміння.

4.1. Порівняння властивостей аміачного холодоагенту (R717) і фтору (R22 і R404A)

З точки зору безпеки: вибухонебезпечність і токсичність аміаку значно обмежують його застосування, і з частими новинами про аміачні холодильні системи останніми роками, люди відчувають певний страх перед аміачними холодильними системами. Висока безпека фторових холодоагентів є головною причиною стрімкого розвитку систем фтору охолодження в останні роки.

Охорона навколишнього середовища: ODP аміаку дорівнює нулю, і GWP також дорівнює нулю. R404A є більш екологічно чистим холодоагентом, а холодоагент R22 через його низькі екологічні характеристики країни, що розвиваються, обмежуватимуть його застосування до 2020 року. Зараз люди в галузі активно шукають альтернативні холодоагенти, які є більш екологічними.

Сумісність матеріалів: Коли аміак містить вологу, він корозійний для міді.

Тому мідь і мідні сплави не можна використовувати для труб і клапанів аміачної системи. Існують певні обмеження у виборі матеріалів системного обладнання. Фторові холодоагенти мають високу хімічну та термічну

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

стабільність, і теоретично вони не корозійні для всіх металів. Взаємодія з водою: допустимий вміст води аміаку менше $\{0\}$,2 відсотка. Оскільки аміак легко розчиняється у воді, навіть якщо є невелика кількість води, на ньому не з'явиться «крижана пробка», як фреон, тому необхідно просушити аміачну холодильну систему до 9 системи трубопроводів. Вимоги не такі суворі, як фреон. Фреон важко розчиняється у воді, тому, якщо в системі є вода, легко викликати забивання льоду. Зазвичай у нас в системі є фільтр-осушувач. Взаємодія з маслом: На даний момент мастилом аміачної холодильної системи є мінеральне масло, яке не можна змішувати з аміаком. Для повернення мастила в компресор за допомогою автоматичного або ручного керування зазвичай встановлюють таке обладнання, як масловіддільник і маслосбірник. R404A не змішується з мінеральним маслом та алкілбензольним маслом, але його можна змішувати з поліефірним маслом (POE). Однак при високих температурах (близько 50 градусів) буде нерозчинне розшарування, і R22 також слабо розчинний у мастилі. Тому великомасштабні системи охолодження фтору зазвичай оснащуються масляними та масляними резервуарами. Візьмемо R404A як приклад. Різниця між двома компресорами полягає лише в холодоагенті. Порівняйте охолоджуючу здатність R717, R22 і R404A при однаковій температурі випаровування (-10 градус), температурі конденсації (45 градусів), переохоложенні рідини (0K) і перегріванні всмоктування (10K). Аміак має більше переваг, ніж фтор з точки зору охолоджуючої здатності, COP та масового витрати. Однак температура вихлопу R717 набагато вища, ніж у R22 і R404A, що підвищить вимоги до конфігурації компонентів системи. Аміак має набагато більшу холодоємність на одиницю маси фтору, що вказує на те, що аміак має кращу холодоємність. Однак, коли температура випаровування досягає -33.33 градуса, манометричний тиск аміаку дорівнює 0. Щоб уникнути роботи системи під негативним тиском, аміак зазвичай використовується для систем, де температура випаровування вище $\{20\}$.33 градус .

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2. Складність системи

Трубочатий льодогенератор Ам'ячне охолодження являє собою систему подачі насосів. Оскільки мінеральне змащувальне масло, яке використовується в ам'ячній холодильній системі, не змішується з ам'яком, система ам'яку незамінна для масляних сепараторів, маслозбірників та іншого обладнання, щоб забезпечити повернення масла в систему та знизити температуру системи, так що ам'як масляна система дуже складна. Це робить систему ам'яку величезною, багато допоміжних машин, складні трубопроводи, багато клапанів, складна конструкція і тривалий період будівництва. Система фтору має компактну структуру, невелику площу та невелику кількість аксесуарів. Конфігурація блоку була дуже повною, і більшість із них може бути завершена на заводі постачальника пристрою.

4.3. Інвестиції в обладнання

Система ам'яку включає в себе багато обладнання, в основному, включаючи компресори, випарники, конденсатори, масляні сепаратори, резервуари для зберігання високого та низького тиску, проміжні охолоджувачі, рекулери, сепаратори ам'яку, циркуляційні баки низького тиску та пристрої аварійного скидання ам'яку. , вентиляційний отвір, масляний колектор, ам'ячний насос та відповідні частини клапана та перепускний клапан тощо, що призводить до великого навантаження на монтаж на місці. Основне обладнання системи фтору включає компресори, випарники, конденсатори, масловідділювачі, маслозбірники, газорідинні сепаратори, резервуари рідини та відповідні клапани тощо. Як правило, у системі фтору використовуються мідні або сталеві труби, які зручно брати. закінчено. , Схема труби проста, а витрата труби менше, ніж у системи ам'яку. Вартість інвестицій у ам'ячно-фторне холодильне обладнання знаходиться на одному рівні якості обладнання та методів контролю. Для невеликих холодильних камер (компресори потужністю менше 50 к.с.) ціна фтору більш ніж на 10 відсотків нижча, ніж на обладнання для ам'яку. Ціни на великі та середні холодильні камери майже однакові. Якщо використовується імпортоване або імпортоване

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

холодильне обладнання з фтором вітчизняного виробництва, воно більш ніж на 30 відсотків дешевше, ніж імпортне аміачне холодильне обладнання, але на 20 відсотків -30 відсотків дорожче, ніж вітчизняне аміачне холодильне обладнання.

4.4. Ступінь автоматизації

Оскільки на клапани внутрішньої системи аміаку впливає матеріал клапана, технологічне обладнання та технологія обробки, проблема витоків клапанів аміачної системи є серйозною, і важко досягти високого ступеня автоматичного контролю. Для 24-управління годинами потрібен спеціальний персонал (Примітка. Існують також автоматизовані сховища аміаку, але їх відносно небагато). Систему фтору легко реалізувати високоінтегроване та відносно стабільне автоматичне керування завдяки зрілим продуктам і стабільній продуктивності різних компонентів, і в основному реалізує роботу системи без нагляду. Через небезпеку фреонових холодоагентів для атмосферного середовища використання фторового охолодження було обмежено в останні роки. Тому активний пошук більш ідеальних холодоагентів є напрямком розвитку фторового охолодження. Люди досягли позитивних успіхів у пошуку альтернативних холодоагентів фреону. Деякі експерти та вчені зазначають, що кращими холодоагентами для заміни R22 є R407C, R410A і R32.

Висновок

Порівняльний аналіз переваг та недоліків аміаку та фтору холодоагентів із характеристик холодоагентів та характеристик поточного застосування показує, що аміачне охолодження має кращі характеристики охолодження, а токсичність та небезпека аміаку – це те, що ми повинні враховувати, тому нам потрібно продовжувати. Дослідження та вдосконалення об'єктивних проблем аміачної холодильної системи. Краща безпека і простота охолодження фтором широко використовується в малих і середніх холодильних установках, а також спостерігається тенденція до великомасштабного розвитку. Однак слід звернути увагу на небезпеку

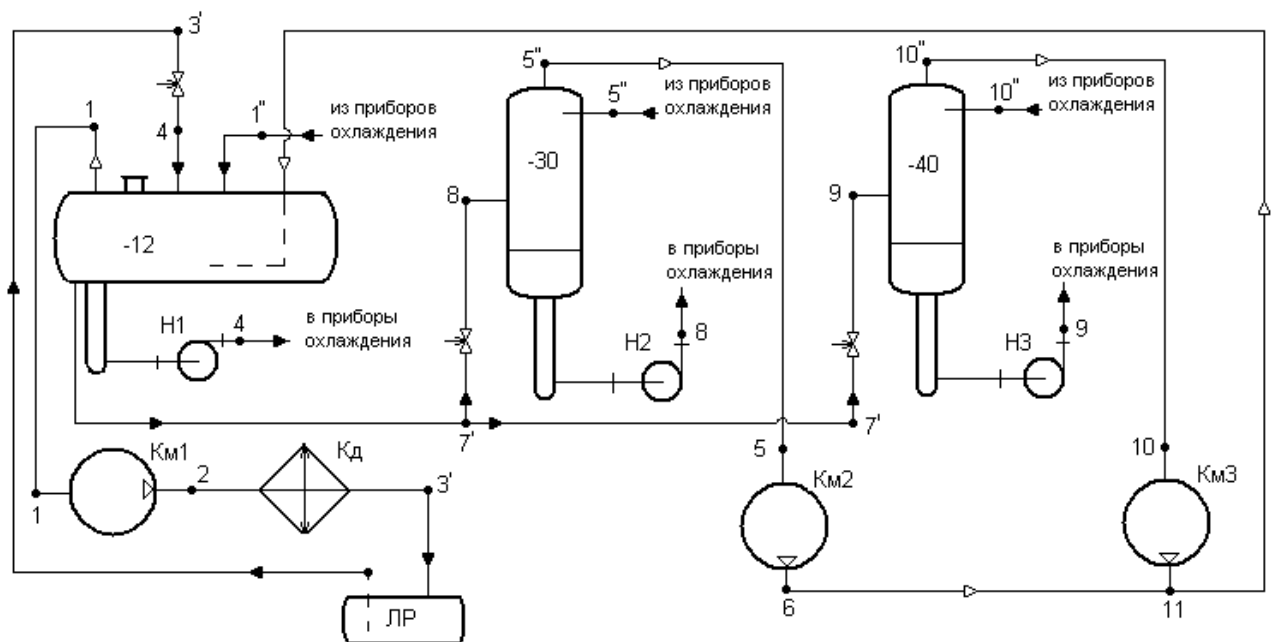
					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

фреону для атмосферного середовища. Тому все ще потрібно знайти більш ідеальні холодоагенти. Спрямованість і напрям майбутніх досліджень.

5 ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ ТА ПІДБІР КОМПРЕСОРІВ

Завданням теплового розрахунку холодильної машини є:

- визначення споживаної об'ємної продуктивності компресорів;
- підбір компресорів;
- визначення споживаної потужності;
- визначення теплового навантаження на компресори.



Мал. 5.1. Двохступенева аміачна холодильна машина з трьома температурами кипіння та з компаундним циркуляційним ресивером.

Вибираємо розрахункові параметри роботи холодильної установки:

- агент – аміак;
- температура зовнішнього повітря: $t_z = 33 \text{ }^\circ\text{C}$;
- навантаження на компресори: $Q_{0(-40)} = 688 \text{ кВт}$;
 $Q_{0(-30)} = 92 \text{ кВт}$; $Q_{0(-12)} = 70 \text{ кВт}$;

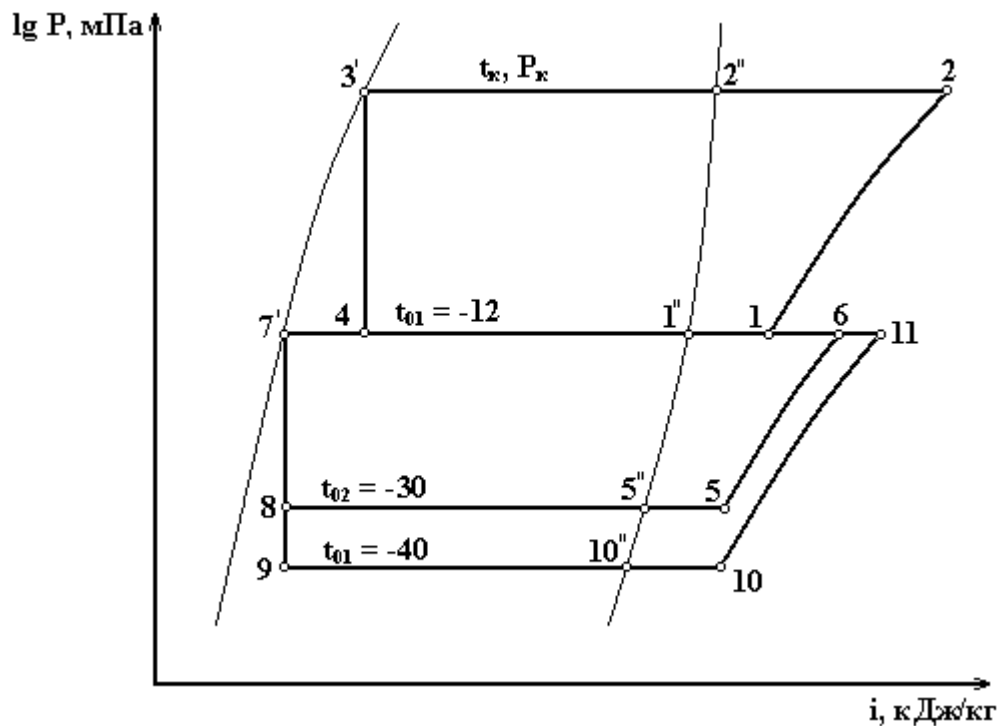
					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

- температура та відповідний тиск кипіння: $t_0 = -40, -30, -12$ °C; $P_0 = 0.075, 0.126, 0.3$ МПа.

- температура та тиск конденсації: $t_k = t_n + 7 = 33 + 7 = 40$ °C; $P_k = 15$ МПа.

5.1 Тепловий розрахунок.

Цикл установки:



Мал. 5.2 Схема циклу в діаграмі $\lg P - i$.

За допомогою діаграми параметри в вузлових точках циклу. Значення температури, тиску, ентальпії та питомого об'єму у характерних точках приведені у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1.

Зведена таблиця параметрів в вузлових точках циклу

	1	1''	2	2''	3'	4	5
P, МПа	0.3	0.3	1.5	1.5	1.5	0.3	0.126
t, °C	-2	-12	140	40	40	-12	-20
i, кДж/кг	1700	1673	1975	1715	605	605	1675
V, м ³ /кг	0.478	-	-	-	-	-	1.05

Зведена таблиця параметрів в вузлових точках циклу

	5''	6	7'	8	9	10	10''	11
P, МПа	0.126	0.3	0.3	0.126	0.075	0.075	0.075	0.3
t, °C	-30	38	-12	-30	-40	-30	-40	60
i, кДж/кг	1650	1780	370	370	370	1660	1635	1825
V, м ³ /кг	-	-	-	-	-	1.7	-	-

$$t_{ec} = t_0 + \Delta t, \quad \Delta t = 10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Визначаємо основні параметри теоретичного циклу та необхідну об'ємну продуктивність компресорів.

1. Питома масова холодовидатність:

$$q_{0(-40)} = i_{10''} - i_9 = 1635 - 370 = 1265 \text{ кДж/кг};$$

$$q_{0(-30)} = i_{5''} - i_8 = 1650 - 370 = 1280 \text{ кДж/кг};$$

$$q_{0(-12)} = i_{1''} - i_4 = 1673 - 605 = 1068 \text{ кДж/кг}.$$

2. Питома об'ємна холодовидатність:

$$q_{v(-40)} = \frac{q_{0(-40)}}{V_{10}} = \frac{1265}{1.7} = 744 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3};$$

$$q_{v(-30)} = \frac{q_{0(-30)}}{V_5} = \frac{1280}{1.05} = 1219 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3};$$

$$q_{v(-12)} = \frac{q_{0(-12)}}{V_1} = \frac{1068}{0.478} = 2234 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}.$$

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Питома адиабатна робота компресору:

$$l_{a(-40)} = i_{11} - i_{10} = 1825 - 1660 = 165 \text{ кДж/кг};$$

$$l_{a(-30)} = i_6 - i_5 = 1780 - 1675 = 105 \text{ кДж/кг};$$

$$l_{a(-12)} = i_2 - i_1 = 1975 - 1700 = 275 \text{ кДж/кг}.$$

4. Масова витрата циркулюючого агента, яку треба відводити від циркуляційних ресиверів:

$$G_{a(-40)} = \frac{Q_{0(-40)}}{q_{0(-40)}} = \frac{688}{1265} = 0.544 \text{ кг/с};$$

$$G_{a(-30)} = \frac{Q_{0(-30)}}{q_{0(-30)}} = \frac{92}{1280} = 0.0719 \text{ кг/с};$$

$$G_{a(-12)} = \frac{Q_{0(-12)}}{q_{0(-12)}} = \frac{70}{1068} = 0.0655 \text{ кг/с};$$

5. Необхідна сумарна масова витрата холодоагенту у компресорі СВД:

$$G_{a1} = G_{a(-40)} \cdot \frac{i_{11} - i_{7'}}{i_{1''} - i_4} + G_{a(-30)} \cdot \frac{i_6 - i_{7'}}{i_{1''} - i_4} + G_{a(-12)} \text{ кг/с}$$

$$G_{a1} = 0.544 \cdot \frac{1825 - 370}{1673 - 605} + 0.0719 \cdot \frac{1780 - 370}{1673 - 605} + 0.0655 = 0.902 \text{ кг/с}$$

6. Для визначення необхідної об'ємної продуктивності компресору знайдемо коефіцієнт подачі:

$$\lambda = \lambda_c \cdot \lambda_w'$$

де λ_c – коефіцієнт, враховуючий мертвий простір компресору;

λ_w' – коефіцієнт, враховуючий об'ємні втрати;

$$\lambda_c = \frac{1 - c \left[\left(\frac{P_{k(np)}}{P_0} \right)^{\frac{1}{m}} - 1 \right]}{1}$$

де c – відносна величина мертвого простору, $c = 0.03$ для аміаку;

m – показник політропи розширювання з мертвого простору, $m = 1$;

$$\lambda_w' = \frac{T_o}{T_{к(нр)}}$$

при $t_0 = -40$ °С:

$$\lambda_w' = \frac{233}{261} = 0.893,$$

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\lambda_c = \frac{1 - 0.03 \cdot \left[\left(\frac{0.3}{0.075} \right) - 1 \right]}{1} = 0.88,$$

$$\lambda = 0.88 \cdot 0.893 = 0.786;$$

при $t_0 = -30 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$\lambda_w' = \frac{243}{261} = 0.931,$$

$$\lambda_c = \frac{1 - 0.03 \cdot \left[\left(\frac{0.3}{0.126} \right) - 1 \right]}{1} = 0.96,$$

$$\lambda = 0.96 \cdot 0.931 = 0.894.$$

при $t_0 = -12 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$\lambda_w' = \frac{261}{313} = 0.834,$$

$$\lambda_c = \frac{1 - 0.03 \cdot \left[\left(\frac{1.5}{0.3} \right) - 1 \right]}{1} = 0.88,$$

$$\lambda = 0.88 \cdot 0.834 = 0.734.$$

7. Необхідна продуктивність компресорів:

$$V_T = \frac{G_a \cdot V}{\lambda} \text{ м}^3/\text{с};$$

$$V_{T(-40)} = \frac{0.544 \cdot 1.7}{0.786} = 1.177 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$V_{T(-30)} = \frac{0.0719 \cdot 1.05}{0.894} = 0.084 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$V_{T(-12)} = \frac{0.902 \cdot 0.478}{0.734} = 0.587 \text{ м}^3/\text{с}.$$

По значенню $V_{h,тр,г}$ вибираємо для температури кипіння $t_0 = -40 \text{ }^\circ\text{C}$ три непрямотечійних поршневих компресора марки SABROE SMC-188, середньої холодовидатності на стандартному режимі: $Q_0 = 965 \text{ кВт}$; $N_e = 270 \text{ кВт}$; з сумарним об'ємом, що описаний поршнями, $\Sigma V_{h,км} = 3 \cdot 0.475 = 1.425 \text{ м}^3/\text{с}$. Для ступені високого тиску при температурі кипіння $t_0 = -12 \text{ }^\circ\text{C}$ – два компресора марки SABROE SMC-188 з сумарним об'ємом, що описаний поршнями, $\Sigma V_{h,км} = 2 \cdot 0.475 = 0.95 \text{ м}^3/\text{с}$. Для температури кипіння $t_0 = -30 \text{ }^\circ\text{C}$ – один непрямотечійний поршневий компресор марки SABROE SMC-106L,

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

середньої холодовидатності на стандартному режимі: $Q_0 = 247$ кВт; $N_e = 65.8$ кВт; з сумарним об'ємом, що описаний поршнями, $V_{h.км} = 0.118$ м³/с

Щоб забезпечити постійну видатність, нам прийдеться безперервно експлуатувати данні агрегати. Щоб не трапилось перерви, ставимо компресор марки SABROE SMC-188, який допоможе нам без втрати видатності полагодити зламаний компресор чи зробити його дрібний ремонт.

8. Дійсна масова витрата:

$$\Sigma G_{км(-40)} = \frac{\lambda_{(-40)} \Sigma V_{h.км(-40)}}{V_{10}} = \frac{0.786 \cdot 1.425}{1.7} = 0.659 \text{ кг/с;}$$

$$\Sigma G_{км(-30)} = \frac{\lambda_{(-30)} \Sigma V_{h.км(-30)}}{V_{10}} = \frac{0.894 \cdot 0.118}{1.05} = 0.100 \text{ кг/с;}$$

$$\Sigma G_{км(СВД)} = \frac{\lambda_{(-12)} \Sigma V_{h.км(-12)}}{V_1} = \frac{0.734 \cdot 0.95}{0.478} = 1.459 \text{ кг/с.}$$

9. Сумарна теоретична потужність:

$$\Sigma N_{T(-40)} = \Sigma G_{км(-40)} \cdot I_{a(-40)} = 0.659 \cdot 165 = 108.7 \text{ кВт;}$$

$$\Sigma N_{T(-30)} = \Sigma G_{км(-30)} \cdot I_{a(-30)} = 0.100 \cdot 105 = 10.5 \text{ кВт;}$$

$$\Sigma N_{T(СВД)} = \Sigma G_{км(СВД)} \cdot I_{a(-12)} = 1.459 \cdot 275 = 401.2 \text{ кВт.}$$

10. Індикаторна потужність компресора. Приймаємо $\eta_i = 0.75$ – індикаторний К.К.Д. компресору.

$$N_{i(-40)} = \frac{N_{T(-40)}}{\eta_i} = \frac{108.7}{0.75} = 144.9 \text{ кВт;}$$

$$N_{i(-30)} = \frac{N_{T(-30)}}{\eta_i} = \frac{10.5}{0.75} = 14 \text{ кВт;}$$

$$N_{i(СВД)} = \frac{N_{T(СВД)}}{\eta_i} = \frac{401.2}{0.75} = 534.9 \text{ кВт.}$$

11. Ефективна потужність компресору:

$$N_1 = N_i + N_{тр} \text{ кВт;}$$

$$N_{тр} = \Sigma V_{h.км} \cdot p_{тр}$$

$p_{тр}$ – середній тиск третьових парів, $p_{тр} = 60$ кПа;

$$N_{1(-40)} = 144.9 + 1.425 \cdot 60 = 230.4 \text{ кВт;}$$

$$N_{1(-30)} = 14 + 0.118 \cdot 60 = 21.1 \text{ кВт;}$$

$$N_{1(СВД)} = 534.9 + 0.95 \cdot 60 = 591.9 \text{ кВт.}$$

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. Загальна потужність, споживана електродвигунами компресора з сіті.

$$N_{э(-40)} = \frac{N_{I(-40)}}{\eta_{ел.дв}} = \frac{230.4}{0.9} = 256 \text{ кВт};$$

$$N_{э(-30)} = \frac{N_{I(-30)}}{\eta_{ел.дв}} = \frac{21.1}{0.9} = 23.4 \text{ кВт};$$

$$N_{э(СВД)} = \frac{N_{I(СВД)}}{\eta_{ел.дв}} = \frac{591.9}{0.9} = 657.7 \text{ кВт};$$

де $\eta_{ел.дв}$ – К.К.Д. електродвигуна, $\eta_{ел.дв} = 0.9$.

13. Розраховуємо навантаження на конденсатор, у відповідності з нею підбираємо тип конденсатора для холодильної установки.

Теплове навантаження на конденсатор у теоретичному циклі:

$$Q_K = \sum G_{км(СВД)} \cdot q_k = 1.459 \cdot (1975 - 605) = 1998.8 \text{ кВт}$$

14. Дійсна холодовидатність компресорів:

$$Q_{0(-40)} = \sum Q_{0m(-40)} \cdot \frac{\sum V_{h,км(-40)}}{V_{h,m(-40)}} = 688 \cdot \frac{1.425}{1.177} = 833 \text{ кВт}$$

$$Q_{0(-30)} = \sum Q_{0m(-30)} \cdot \frac{\sum V_{h,км(-30)}}{V_{h,m(-30)}} = 92 \cdot \frac{0.118}{0.084} = 129 \text{ кВт}$$

$$Q_{0(-12)} = \sum Q_{0m(-12)} \cdot \frac{\sum V_{h,км(-12)}}{V_{h,m(-12)}} = 70 \cdot \frac{0.95}{0.587} = 113 \text{ кВт}$$

15. Дійсне теплове навантаження на конденсатор:

$$Q_{кд} = Q_{0(-40)} + Q_{0(-30)} + Q_{0(-12)} + N_{i(-40)} + N_{i(-30)} + N_{i(-12)} \text{ кВт};$$

$$Q_{кд} = 833 + 129 + 113 + 144.9 + 14 + 534.9 = 1768.8 \text{ кВт}.$$

16. Середній коефіцієнт робочого часу компресорів:

$$\epsilon = \frac{\sum V_m}{\sum V_{км}} = \frac{1.177 + 0.084 + 0.587}{1.425 + 0.118 + 0.95} = 0.74$$

17. Необхідна площа тепло передаючої поверхні конденсатора:

$$F = \frac{Q_{кд}}{q_F} = \frac{1768.8}{4} = 442.2 \text{ м}^2$$

Підбираємо кожухотрубний конденсатор марки КТГ – 500, площею тепло передаючої поверхні 500 м².

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

6 РОЗРАХУНОК ПОВІТРООХОЛОДЖУВАЧА

Розрахунок здійснювався при наступних допущеннях: середні параметри повітря у повітроохолоджувачі дорівнюють параметрам повітря у охолоджуваному приміщенні, температури кипіння холодильного агента та поверхні теплообмінної секції постійні.

Для проєктованого повітроохолоджувача приймаємо наступні початкові дані:

- температурний перепад між температурами повітря та холодильного агента: $\Delta t_a = t_{\text{кам}} - t_0 = 7 \dots 10 \text{ }^\circ\text{C}$, приймаємо $\Delta t_a = 10 \text{ }^\circ\text{C}$;
- температура у камері при заморожуванні $t_{\text{кам}} = -30 \text{ }^\circ\text{C}$;
- температура у камері при охолодженні $t_{\text{кам}} = -3 \text{ }^\circ\text{C}$;
- глибина охолодження повітря в апараті: $\Delta t_{\text{п}} = t_{\text{вх}} - t_{\text{вих}} = 2 \dots 4 \text{ }^\circ\text{C}$, приймаємо $\Delta t_{\text{в}} = 3 \text{ }^\circ\text{C}$;
- швидкість повітря у «живому перетині» апарату: $\omega = 3 \dots 5 \text{ м/с}$, приймаємо $\omega = 3 \text{ м/с}$;
- кількість рядів труб по ходу повітря: $n_{\Gamma} = 4 \dots 20 \text{ шт}$;
- кількість рядів труб по фронту повітря: $n_{\text{В}} = 4 \dots 16 \text{ шт}$;
- середня температура зовнішньої поверхні повітроохолоджувача:
$$t_w = t_{\text{кам}} - (0.1 \dots 0.9) \cdot \Delta t_a \quad (6.1)$$
- при заморожуванні $t_w = -30 - 0.4 \cdot 10 = -34 \text{ }^\circ\text{C}$;
- при охолодженні $t_w = -3 - 0.4 \cdot 10 = -7 \text{ }^\circ\text{C}$;

Визначаємо температуру повітря на вході у повітроохолоджувач (t_1) і на виході з нього (t_2):

$$t_1 = t_{\text{кам}} + 0.5 \cdot \Delta t_{\text{в}}, \quad t_2 = t_{\text{кам}} - 0.5 \cdot \Delta t_{\text{в}} \quad (6.2)$$

- при заморожуванні :

$$t_1 = -30 + 0.5 \cdot 3 = -28.5 \text{ }^\circ\text{C}, \quad t_2 = -30 - 0.5 \cdot 3 = -31.5 \text{ }^\circ\text{C};$$

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- при охолодженні:

$$t_1 = -3 + 0.5 \cdot 3 = -1.5 \text{ }^\circ\text{C}, \quad t_2 = -3 - 0.5 \cdot 3 = -4.5 \text{ }^\circ\text{C};$$

Коефіцієнт тепловіддачі при поперечному обтіканні газовим потоком (повітрям) пучків оребрених труб:

$$\alpha_k = \frac{Nu \cdot \lambda}{u} \quad (6.3)$$

де число Нусельта розраховуємо по формулі:

$$Nu = c \cdot c_s \cdot c_z \left(\frac{d_n}{u}\right)^{-0.54} \cdot \left(\frac{h}{u}\right)^{-0.14} \cdot Re^m \quad (6.4)$$

де $Re = \omega \cdot \frac{u}{\nu}$ – число Рейнольдса,

λ – коефіцієнт теплопровідності при температурі камери,

при заморожуванні: $\lambda = 0.0220 \text{ Вт / (м} \cdot \text{К)}$,

при охолодженні: $\lambda = 0.0241 \text{ Вт / (м} \cdot \text{К)}$;

ν – кінематична в'язкість повітря при температурі камери $t_{\text{кам}}$:

при заморожуванні: $\nu = 10.80 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 / \text{с}$,

при охолодженні: $\nu = 13.04 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 / \text{с}$;

u – крок ребер, вибираємо $z = 0.0175 \text{ м}$;

d_z – зовнішній діаметр труби, вибираємо $d_n = 0.028 \text{ м}$;

d_b – внутрішній діаметр труби, вибираємо $d_b = 0.02 \text{ м}$;

h – висота ребра, вибираємо $h = 0.026 \text{ м}$.

Для повітроохолоджувача, що розраховується, приймаємо шаховий пучок труб. Коефіцієнти рівняння c_s і c_z приймаємо рівними одиниці. Для шахового пучка труб коефіцієнти c і m приймаємо рівними відповідно $c = 0.105$ та $m = 0.72$.

при заморожуванні: $Re = \frac{3 \cdot 17.5 \cdot 10^{-3}}{10.80 \cdot 10^{-6}} = 4861$,

при охолодженні: $Re = \frac{3 \cdot 17.5 \cdot 10^{-3}}{13.04 \cdot 10^{-6}} = 4026$;

при заморожуванні:

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

$$Nu = 0.105 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \left(\frac{0.028}{0.0175}\right)^{0.54} \left(\frac{0.02}{0.0175}\right)^{-0.14} \cdot 4861^{0.72} = 36.08$$

при охолодженні:

$$Nu = 0.105 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \left(\frac{0.028}{0.0175}\right)^{-0.54} \left(\frac{0.02}{0.0175}\right)^{-0.14} \cdot 4026^{0.72} = 31.50$$

при замороженні: $\alpha_{\kappa} = \frac{36.08 \cdot 0.022}{0.0175} = 45.36 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)},$

при охолодженні: $\alpha_{\kappa} = \frac{31.5 \cdot 0.0241}{0.0175} = 43.38 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)}.$

Коефіцієнт вологовипадіння:

$$\xi = 1 + \frac{d_{\text{кам}} - d_w''}{t_{\text{кам}} - t_w} \cdot \frac{r - i_w}{c_p} \quad (6.5)$$

де $d_{\text{кам}} = d_{\text{кам}}'' \cdot \varphi_{\text{кам}}$ – вологовміст повітря камери при температурі камери та відносній вологості камери,

$d_{\text{кам}}''$ і d_w'' – відповідно, вологовміст насиченого повітря при $t_{\text{кам}}$ і t_w ($\varphi_{\text{кам}} = 100\%$).

при замороженні: $d_{\text{кам}}'' = 0.2332 \text{ г/кг}, d_w'' = 0.1527 \text{ г/кг},$

при охолодженні: $d_{\text{кам}}'' = 2.9336 \text{ г/кг}, d_w'' = 2.0811 \text{ г/кг};$

при замороженні: $d_{\text{кам}} = 0.2332 \cdot 0.95 = 0.2215 \cdot 10^{-3} \text{ кг/кг},$

при охолодженні: $d_{\text{кам}} = 2.9336 \cdot 0.95 = 2.7869 \cdot 10^{-3} \text{ кг/кг};$

r – прихована теплота фазового переходу, при $t_w < 0$, $r = 2835 \text{ кДж/кг},$
 i_w – ентальпія інею, $i_w = 2.09 \cdot t_w:$

при замороженні: $i_w = 2.09 \cdot 239 = 499.51 \text{ кДж/кг},$

при охолодженні: $i_w = 2.09 \cdot 266 = 555.94 \text{ кДж/кг};$

c_p – теплоємність вологого повітря, приймаємо $c_p = 1.005 \text{ кДж / (кг} \cdot \text{К)};$

при замороженні: $\xi = 1 + \frac{0.0002215 - 0.0001527}{243 - 239} \cdot \frac{2835 - 499.51}{1.005} = 1.04$,

при охолодженні: $\xi = 1 + \frac{0.0027869 - 0.0020811}{270 - 266} \cdot \frac{2835 - 555.94}{1.005} = 1.40$.

Коефіцієнт тепловіддачі з урахуванням вологовипадіння:

$$\alpha_B = \alpha_{\kappa} \cdot \xi \quad (6.6)$$

при замороженні: $\alpha_B = 45.36 \cdot 1.04 = 47.17 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)};$

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

при охолодженні: $\alpha_B = 43.38 \cdot 1.40 = 60.73 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)}$.

Приведений коефіцієнт тепловіддачі з урахуванням термічного опору шару інею:

$$\alpha_{np} = \frac{1}{(1/\alpha_B + \delta_{in}/\lambda_{in})} \quad (6.7)$$

де δ_{in} – товщина шару інею, $\delta_{in} = 0.005 \text{ м}$;

$\lambda_{in} = 0.11 \dots 0.23$ – теплопровідність інею, приймаємо $\lambda_{in} = 0.2 \text{ Вт / (м} \cdot \text{К)}$.

при замороженні: $\alpha_{np} = \frac{1}{(1/47.17 + 5 \cdot 10^{-3}/0.2)} = 21.65 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)}$;

при охолодженні: $\alpha_{np} = \frac{1}{(1/60.73 + 5 \cdot 10^{-3}/0.2)} = 24.12 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)}$.

Коефіцієнт ефективності ребра:

$$E = \frac{th(mh')}{mh'} \quad (6.8)$$

де h' – умовна висота ребра (для круглих ребер):

$$h' = h \cdot \left(1 + 0.805 \cdot \lg \frac{D_p}{d_n} \right) \quad (6.9)$$

де D_p – діаметр ребра, $D_p = 0.08 \text{ м}$.

$$h' = 26 \cdot 10^{-3} \cdot \left(1 + 0.805 \cdot \lg \frac{80 \cdot 10^{-3}}{28 \cdot 10^{-3}} \right) = 0.036 \text{ м.}$$

Безрозмірний комплекс розраховується по формулі:

$$mh' = h' \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \alpha_{np}}{\delta_p \cdot \lambda_p}} \quad (6.10)$$

де δ_p – середня товщина ребра, $\delta_p = 0.0009 \text{ м}$,

λ_p – теплопровідність матеріалу ребра, вибираємо сталь – $\lambda_p = 40 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$.

при замороженні: $mh' = 0.036 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 21.65}{0.9 \cdot 10^{-3} \cdot 40}} = 1.247$,

при охолодженні: $mh' = 0.036 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 24.12}{0.9 \cdot 10^{-3} \cdot 40}} = 1.318$;

при замороженні: $E = \frac{th(1.247)}{1.247} = 0.680$,

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

$$E = \frac{th(1.318)}{1.318} = 0.657$$

при охолодженні:

Умовний коефіцієнт тепловіддачі, віднесений до всієї зовнішньої поверхні:

$$\alpha_{np.o} = \alpha_{np} \cdot \left(\frac{f_p}{f_3} \cdot E + \frac{f_{mp}}{f_3} \right) \quad (6.11)$$

де f_p – зовнішня поверхня ребра, м²

$$f_p = \frac{\pi}{2} \cdot (D_p^2 - d_3^2) + \pi \cdot D_p \cdot \delta_p \quad (6.11.1)$$

$$f_p = \frac{\pi}{2} \cdot ((80 \cdot 10^{-3})^2 - (28 \cdot 10^{-3})^2) + \pi \cdot 80 \cdot 10^{-3} \cdot 0.9 \cdot 10^{-3} = 0.00904 \text{ м}^2.$$

f_{mp} – поверхня труби між ребрами, м²:

$$f_{mp} = \pi \cdot d_n (u - \delta_p) \quad (6.11.2)$$

$$f_{mp} = \pi \cdot 28 \cdot 10^{-3} (17.5 \cdot 10^{-3} - 0.9 \cdot 10^{-3}) = 0.00146 \text{ м}^2.$$

f_n – зовнішня поверхня орбреного елемента, м²:

$$f_3 = f_p + f_{mp} \quad (6.11.3)$$

$$f_3 = 0.00904 + 0.00146 = 0.0105 \text{ м}^2.$$

при замороженні:

$$\alpha_{np.o} = 21.65 \cdot \left(\frac{0.00904}{0.0105} \cdot 0.680 + \frac{0.00146}{0.0105} \right) = 15.69 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)};$$

при охолодженні:

$$\alpha_{np.o} = 24.12 \cdot \left(\frac{0.00904}{0.0105} \cdot 0.657 + \frac{0.00146}{0.0105} \right) = 17.06 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)}.$$

Щільність теплового потоку, віднесена до внутрішньої поверхні труби:

$$q_{F_{вн}} = \alpha_B \cdot (t_{кам} - t_w) \cdot \beta_{ин} \quad (6.12)$$

де $\beta_{ин}$ – відношення зовнішньої поверхні інею на ребристому елементі до внутрішньої поверхні труби:

$$\beta_{ин} = \frac{f_p^{ин} + f_{mp}^{ин}}{f_{вн}} \quad (6.13)$$

$f_p^{ин}$ – зовнішня поверхня інею на ребрі, м²:

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$f_p^{in} = \frac{\pi}{2} \cdot [(D_p + 2 \cdot \delta_{in})^2 - (d_n + 2 \cdot \delta_{in})^2] + \pi \cdot (D_p + 2 \cdot \delta_{in}) \cdot (\delta_p + 2 \cdot \delta_{in}) \quad (6.13.1)$$

$$f_p^{in} = \frac{\pi}{2} \cdot [(80 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 5 \cdot 10^{-3})^2 - (28 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 5 \cdot 10^{-3})^2] +$$

$$+ \pi \cdot (80 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 5 \cdot 10^{-3}) \cdot (0.9 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 5 \cdot 10^{-3}) = 0.0135 \text{ м}^2$$

f_{mp}^{in} – зовнішня поверхня інею на трубі, м²:

$$f_{mp}^{in} = \pi \cdot (d_s + 2 \cdot \delta_{in}) \cdot (u - (\delta_p + 2 \cdot \delta_{in})) \quad (6.13.2)$$

$$f_{mp}^{in} = \pi \cdot (28 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 5 \cdot 10^{-3}) \cdot (17.5 \cdot 10^{-3} - (0.9 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 5 \cdot 10^{-3})) = 0.000788 \text{ м}^2$$

$f_{вн}$ – внутрішня поверхня труби довжиною u , м²:

$$f_{вн} = \pi \cdot d_{вн} \cdot u \quad (6.13.3)$$

$$f_{вн} = \pi \cdot 20 \cdot 10^{-3} \cdot 17.5 \cdot 10^{-3} = 0.0011 \text{ м}^2.$$

$$\beta_{in} = \frac{f_p^{in} + f_{mp}^{in}}{f_{вн}} = \frac{0.0135 + 0.000788}{0.0011} = 12.99$$

при заморожуванні: $q_{F_{вн}} = 47.17 \cdot (-30 + 34) \cdot 12.99 = 2451 \text{ Вт / м}^2$,

при охолодженні: $q_{F_{вн}} = 60.73 \cdot (-3 + 7) \cdot 12.99 = 3156 \text{ Вт / м}^2$.

Коефіцієнт тепловіддачі зі сторони холодильного агента для аміаку:

$$\alpha_a = (103.2 + 0.19 \cdot t_0) \cdot q_{F_{вн}}^{0.25} \quad (6.14)$$

при заморожуванні:

$$\alpha_a = (103.2 + 0.19 \cdot (-40)) \cdot 2451^{0.25} = 672.66 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)},$$

при охолодженні:

$$\alpha_a = (103.2 + 0.19 \cdot (-12)) \cdot 3156^{0.25} = 756.42 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)}.$$

Коефіцієнт теплопередачі повітроохолоджувача без урахування термічного опору стінки труби:

$$k_n = \frac{1}{(1/\alpha_{np,0} + \beta_{in}/\alpha_a)} \quad (6.15)$$

при заморожуванні: $k_n = \frac{1}{(1/15.69 + 12.99/672.66)} = 12.04 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)},$

при охолодженні: $k_n = \frac{1}{(1/17.06 + 12.99/756.42)} = 13.19 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)}.$

Щільність теплового потоку, віднесена до поверхні інею:

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

$$q_{Fh} = k_n \cdot (t_{кам} - t_0)$$

при заморожуванні: $q_{Fh} = 12.04 \cdot (-30 + 40) = 120.4 \text{ Вт / м}^2$,

при охолоджуванні: $q_{Fh} = 13.19 \cdot (-3 + 12) = 131.9 \text{ Вт / м}^2$.

Різниця температур між повітрям камери та поверхнею інею:

прийнята: $\Delta t_1 = t_{кам} - t_w \quad (6.16)$

розрахункова: $\Delta t_2 = q_{Fh} / \alpha_B \quad (6.17)$

при заморожуванні: $\Delta t_1 = -30 + 34 = 4 \text{ }^\circ\text{C}$, $\Delta t_2 = 120.4 / 47.17 = 2.74 \text{ }^\circ\text{C}$;

при охолоджуванні: $\Delta t_1 = -3 + 7 = 4 \text{ }^\circ\text{C}$, $\Delta t_2 = 131.9 / 60.73 = 2.69 \text{ }^\circ\text{C}$.

Відносна похибка дійсного температурного напору:

$$\left| \frac{(\Delta t_2 - \Delta t_1)}{\Delta t_2} \right| \cdot 100\% \leq 5\% \quad (6.18)$$

при заморожуванні: $\left| \frac{(2.74 - 4)}{2.74} \right| \cdot 100\% = 4.6\% \leq 5\%$

при охолоджуванні: $\left| \frac{(2.69 - 4)}{2.69} \right| \cdot 100\% = 4.9\% \leq 5\%$

Тому що похибка не перевищує 5%, визначаємо зовнішню поверхню повітроохолоджувача:

$$F_n = \frac{Q_0}{k_n (t_{кам} - t_0)} \quad (6.19)$$

де Q_0 – теплове навантаження.

7 РОЗРАХУНОК МАГІСТРАЛЬНИХ ТРУБОПРОВОДІВ

Для температури кипіння $t_0 = -30 \text{ }^\circ\text{C}$.

Масова витрата повітря:

$$G_a = \frac{\Sigma Q_0 \cdot n}{r} \text{ кг/с} \quad (7.1)$$

де $\Sigma Q = 129$ – загальне навантаження, кВт;

$n = 3 \dots 5$ – кратність циркуляції;

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$r = 1359$ кДж – прихована теплота пароутворення для даної температури;

$$G_{a1} = \frac{129 \cdot 5}{1359} = 0.475 \text{ кг/с}$$

Об'ємна витрата рідкого агента:

$$V_1^H = \frac{G_{a1}}{\rho'} \text{ м}^3/\text{с} \quad (7.2)$$

де $\rho' = 678$ кг/м³ – щільність агента;

$$V_1^H = \frac{0.475}{678} = 7 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$$

Діаметр нагнітального трубопроводу:

$$d_1^H = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{V_1^H}{\omega_H}} \text{ м} \quad (7.3)$$

де $\omega_H = 0.5 \dots 1.25$ м/с – швидкість рідини;

$$d_1^H = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{7 \cdot 10^{-4}}{0.55}} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

Об'ємна витрата парів агента:

$$V_1^{ec} = \frac{G_{a1}}{\rho''} = \frac{0.475}{1.04} = 0.46 \text{ м}^3/\text{с}$$

Діаметр всмоктувального трубопроводу:

$$d_1^{ec} = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{V_1^{ec}}{\omega_{ec}}} = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{0.46}{20}} = 17 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

де $\omega_{ec} = 10 \dots 25$ м/с – швидкість пару.

Для температури кипіння $t_0 = -12$ °С.

Масова витрата повітря:

$$G_{a2} = \frac{113 \cdot 5}{1302} = 0.434 \text{ кг/с}$$

Об'ємна витрата рідкого агента:

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_2^H = \frac{0.434}{654} = 6.6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$$

Діаметр нагнітального трубопроводу:

$$d_2^H = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{6.6 \cdot 10^{-4}}{0.55}} = 3.9 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

Об'ємна витрата парів агента:

$$V_2^{ec} = \frac{0.434}{2.2} = 0.197 \text{ м}^3/\text{с}$$

Діаметр всмоктувального трубопроводу:

$$d_2^{ec} = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{V_1^{ec}}{\omega_{ec}}} = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{0.197}{20}} = 0.11 \text{ м}$$

Для температури кипіння $t_0 = -40 \text{ }^\circ\text{C}$.

Масова витрата повітря:

$$G_{a2} = \frac{833 \cdot 5}{1302} = 3.2 \text{ кг/с}$$

Об'ємна витрата рідкого агента:

$$V_2^H = \frac{3.2}{654} = 4.9 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$$

Діаметр нагнітального трубопроводу:

$$d_2^H = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{4.9 \cdot 10^{-3}}{0.55}} = 0.1 \text{ м}$$

Об'ємна витрата парів агента:

$$V_2^{ec} = \frac{3.2}{2.2} = 1.45 \text{ м}^3/\text{с}$$

Діаметр всмоктувального трубопроводу:

$$d_2^{ec} = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{V_1^{ec}}{\omega_{ec}}} = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{1.45}{20}} = 0.3 \text{ м}$$

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

8. ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

Тема: Система контролю і захисту від виникнення аварій і передаварійних ситуацій в холодильних установках

Основні положення.

Аварія – небезпечна подія техногенного характеру, що може спричинити або спричинила загибель людей або створює на об'єкті чи окремій території загрозу життю та здоров'ю людей і приводить до руйнування будівель, споруд, обладнання і транспортних засобів, порушення виробничого або транспортного процесу чи завдає шкоди довкіллю.

Передаварійна ситуація – це ситуація, яка передуює аварійній і не завдала серйозної шкоди, але якщо не усунути її наслідки то може призвести до аварійної.

Система контролю і захисту - це система заходів і пристроїв призначена для виявлення і попередження аварійних і передаварійних ситуацій.

Дії працівників при аварійних ситуаціях на холодильних установках регламентує типова інструкція.

Типова інструкція по діях працівників при аварійних ситуаціях на холодильних установках встановлює порядок дії працівників при аварійних ситуаціях, а також вимоги до складання, узгодження і затвердження інструкції в організаціях, що експлуатують хімічно небезпечні виробничі об'єкти (холодильні установки), на яких можливі аварії, що супроводжуються викидами вибухонебезпечних сумішей, вибухами в апаратурі, виробничих приміщеннях і зовнішніх установках, які можуть привести до руйнування будівель, споруд, технічних пристроїв, ураження людей, негативної дії на навколишнє середовище.

Інструкція розробляється з метою:

- визначення можливих сценаріїв виникнення аварійної ситуації і її розвитку;
- визначення готовності організації до локалізації і ліквідації аварійних

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

ситуацій на аміачно-холодильних установках;

- планування дій виробничого персоналу і аварійно-рятувальних служб (формувань) по локалізації і ліквідації аварійних ситуацій на відповідних стадіях їх розвитку;
- розробки заходів, спрямованих на підвищення протиаварійного захисту і зниження масштабів наслідків аварій;
- виявлення достатності прийнятих заходів по попередженню аварійних ситуацій на аміачно-холодильних установках.

Інструкція є додатком до плану ліквідації аварійних ситуацій в організації (на об'єкті). Розробка інструкції може виконуватися самостійно (працівниками організації) або із залученням фахівців, що мають досвід розробки декларацій промислової безпеки небезпечних виробничих об'єктів.

Відповідальність за якість розробки, своєчасність перегляду, внесення змін і доповнень до інструкції покладається на керівника організації.

У такій інструкції визначаються і дії оператора в аварійних ситуаціях. Нижче будуть описані основні правила, положення, ситуації і дії персоналу в передаварійних і аварійних ситуаціях.

Перелік можливих аварій і інцидентів.

Аварії та інциденти - це ситуації, при яких необхідно аварійно зупинити холодильну установку. Вони поділяються:

- аварії (вибух, пожежа, викид, вилив фреону);
- інциденти (порушення параметрів технологічного процесу, розгерметизація устаткування з викидом фреону, відключення електроенергії, припинення подачі холодоагенту, повітря);
- відключення електроенергії і освітлення, припинення роботи вентиляції;
- порушення технологічного процесу або режиму роботи компресорів, посудин, що працюють під тиском, агрегатів, апаратів, комунікацій, загоряння від грозових розрядів і вторинних проявів блискавки та інші, які можуть привести до аварій.

Противоаварійний автоматичний захист.

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Повинен відповідати вимогам діючих Правил, нормативно - технічній документації, проектам, регламентам і забезпечувати задану точність підтримання технологічних параметрів, надійність і безпеку експлуатації холодильних систем.

Фреонові компресори повинні бути оснащені засобами ПАЗ (протиаварійний автоматичний захист), які спрацьовують по наступних параметрах:

- по гранично допустимому значенню тиску нагнітання;
- по гранично допустимій температурі нагнітання;
- по гранично допустимій низькій різниці тиску в системі змащування;
- по верхньому гранично допустимому рівню рідкого фреону в апараті або посудині, з якої відсмоктуються пари фреону;
- по верхньому гранично допустимому рівню рідкого фреону в проміжній посудині (між ступенями компресора).

Значення гранично допустимих параметрів визначаються розробником проекту за даними наукового-дослідницьких організацій, характеристиками засобів контролю, вимірювання і управління, документації заводів-виготовлювачів устаткування.

У холодильних системах, обладнаних двома і більш компресорами, обслуговуючими декілька випарних систем, слід передбачати пристрої, що забезпечують зупинку всіх компресорів при спрацьовуванні захисних реле рівня рідини в посудині (апараті) будь-якої системи.

Прилади захисту устаткування холодильної установки.

На устаткуванні холодильної установки повинні бути передбачені прилади захисту, завдання яких полягає в:

- сигналізації диспетчерові і персоналу про передаварійну і аварійну ситуацію;
- своєчасному відключенні компресорів, які досягли критичних параметрів і інших агрегатів;
- введенні резервного устаткування при відмові головного (насосів, вентиляторів і т.д.).

Нижче приведені встановлювані прилади і деякі правила відносно них:

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

а) у системах охолодження з холодоносієм (розсіл, вода та ін.) повинні бути передбачені прилади, що відключають компресори при припиненні руху холодоносія через кожухотрубні випарники або при пониженні в них температури кипіння фреону до меж, які ведуть до замерзання холодоносія;

б) на кожному компресорі або агрегаті, що має водяне охолодження, повинні бути передбачені прилади, що відключають компресори за відсутності потоку води або зниженні тиску води нижче встановленої межі. На трубопроводах подачі води повинні бути встановлені електромагнітні клапани, що припиняють подачу води при зупинці компресора;

в) пуск і робота компресорів з несправними або вимкненими приладами захисної автоматики забороняється;

г) при спрацьовуванні приладів ПАЗ повинна автоматично включатися світлозвукова сигналізація, виключення якої повинне бути ручним;

д) кожна з перерахованих нижче посудин (апаратів) холодильної системи повинна мати захист по рівню рідкого фреону:

1) блок випарника (кожухотрубного або панельного) – два реле рівня, що здубльовані, відключають компресори по досягненню верхнього гранично допустимого рівня фреону, з передаварійною сигналізацією;

2) циркуляційний ресивер (що суміщає функції віддільника рідини), проміжна судина: два реле рівня, що здубльовані, що відключають компресори, які досягли верхнього гранично допустимого рівня фреону, з передаварійною сигналізацією; реле для попереджувальної сигналізації про небезпечне підвищення рівня фреону;

3) віддільник рідини: два реле рівня, що здубльовані, відключають компресори, у разі перевищення в цій посудині гранично допустимого рівня фреону, з передаварійною сигналізацією;

4) захисний ресивер (що суміщає функції віддільника рідини): два реле рівня, що здубльовані, відключають компресори, які досягли граничного допустимого рівня фреону, з передаварійною сигналізацією; реле для

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

попереджувальної сигналізації про небезпечне підвищення рівня фреону; реле для попереджувальної сигналізації про мінімальний рівень фреону;

5) ресивери лінійний і дренажний: реле для попереджувальної сигналізації про досягнення максимального рівня фреону.

Досягши перерахованих вище рівнів рідкого фреону в посудинах і апаратах, повинна автоматично включатися світлова сигналізація, яка повинна бути забезпечена лампами наступних кольорів:

- червоний – сигнал про гранично допустимий рівень (передаварійна сигналізація);
- жовтий – сигнал про небезпечне підвищення верхнього рівня (попереджувальна сигналізація).

Світлові сигнали про досягнення рівня рідкого фреону повинні одночасно супроводжуватися звуковим сигналом, виключення якого повинне бути ручним.

Основні причини аварійної зупинки компресора і аварійних ситуацій.

Несправності, які можуть привести до аварійної зупинки компресора і аварійної ситуації:

а) Апарат (посудина) повинен бути виведений з роботи у випадку:

1) підвищення тиску в посудині вище дозволеного, не дивлячись на дотримання всіх вимог, вказаних в інструкції;

2) несправності запобіжних клапанів;

3) виявлення в основних елементах посудини тріщин, опуклостей, значного потоншення стінок, пропусків або протікання в зварних швах, течі в з'єднаннях;

4) виникнення пожежі, що безпосередньо загрожує посудині під тиском;

5) несправності манометра і неможливості визначити тиск по інших приладах;

6) несправності кріпильних деталей кришок і люків;

7) несправності покажчика рівня рідини;

8) несправності передбачених проектом контрольно-вимірювальних приладів і засобів автоматики;

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- структура системи контролю рівня загазованості повинна бути двоконтурною і дворівневою.

Зовнішній контур повинен забезпечувати контроль за рівнем загазованості на території холодильної установки з видачею даних для прогнозування розповсюдження зони хімічного зараження на території об'єкту і контроль за аварійними витокami фреону з устаткування холодильної установки, що знаходиться поза приміщеннями.

Внутрішній контур повинен забезпечувати контроль за рівнем загазованості і аварійними витокami фреону в приміщеннях.

Зовнішній і внутрішній контури системи контролю рівня загазованості повинні мати два рівні контролю концентрації фреону в повітрі:

- I рівень - гранично допустима концентрація (ГДК_{р.з.});
- II рівень - аварійний витік фреону: концентрація фреону у місцях установки датчиків досягла величини, яка дорівнює $25 \cdot \text{ГДК}_{\text{р.з.}}$.

Система повинна бути обладнана автоматичними засобами, що дозволяють контролювати рівень загазованості на промисловому майданчику (I рівень зовнішнього контуру контролю) і прогнозувати розповсюдження зони хімічного зараження за територію об'єкту. Таке оснащення повинне бути обґрунтоване оцінкою можливих наслідків аварії, підтвердженої відповідними розрахунками.

Для фреонових холодильних установок, що мають в своєму складі технологічні блоки III-ої категорії вибухонебезпеки.

Допускається установка сигналізаторів концентрації пари фреону, що спрацьовують при заданих значеннях концентрацій. Об'єм інформації від встановлених сигналізаторів повинен бути достатнім для формування відповідних управляючих дій.

Система контролю рівня загазованості при перевищенні заданої величини концентрації фреону повинна забезпечувати автоматичне виконання наступних дій:

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

- включення в приміщенні управління (приміщення обслуговуючого персоналу) попереджувальної світлової і звукової сигналізації і загальнообмінної вентиляції в машинному, апаратному і конденсаторному відділеннях при перевищенні концентрації фреону в повітрі робочої зони цих приміщень величини, яка дорівнює $ГДК_{р,з}$;
- включення в приміщенні управління світлової і звукової сигналізації "Перевищення рівня $ГДК$ " і аварійної вентиляції при перевищенні концентрації фреону в повітрі робочої зони приміщення (машинного, апаратного і конденсаторного відділень) величини, рівної $3 \cdot ГДК_{р,з}$;
- повернення всіх систем в початковий стан при зниженні поточного значення концентрації нижче рівня $3 \cdot ГДК_{р,з}$ і $ГДК_{р,з}$ без відключення загальнообмінної вентиляції;
- включення в приміщенні управління попереджувальної світлової і звукової сигналізації при перевищенні концентрації фреону в повітрі робочої зони у місцяї установки датчиків, розташованих поблизу технологічних блоків на відкритому майданчику, величини, яка дорівнює $ГДК_{р,з}$; включення в приміщенні управління світлової і звукової сигналізації "Перевищення рівня $ГДК$ " і системи сповіщення на об'єкті при перевищенні концентрації фреону в повітрі робочої зони у місцях установки датчиків величини, рівної $3 \cdot ГДК_{р,з}$; повернення всіх систем в початковий стан при зниженні поточного значення концентрації нижче рівня $ГДК_{р,з}$;
- включення в приміщенні управління попереджувальної світлової і звукової сигналізації "Аварія" при перевищенні концентрації фреону в повітрі робочої зони приміщень розподпристроїв величини, яка дорівнює $ГДК_{р,з}$, з одночасним включенням аварійної вентиляції цих приміщень;
- автоматичне відключення подачі рідкого фреону в приміщення розподпристроїв при перевищенні концентрації фреону в повітрі робочої зони величини, яка дорівнює $3 \cdot ГДК_{р,з}$;
- включення в приміщенні управління попереджувальної світлової і звукової сигналізації "Аварія" при перевищенні концентрації фреону в повітрі робочих

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зон холодильних камер і приміщень інших споживачів холоду величини $ГДК_{р.з}$;

- відключення подачі фреону в контрольовані приміщення при перевищенні в них концентрації фреону величини, яка дорівнює $3 \cdot ГДК_{р.з}$. При цьому в приміщеннях виробничих цехів з технологічним устаткуванням, що містить фреони, повинна включатися витяжна вентиляція;

- включення в приміщенні управління попереджувальної світлової і звукової сигналізації "Аварія", технічних засобів системи локалізації аварії, системи сповіщення на об'єкті, відключення ам'ячного устаткування при перевищенні концентрації фреону у місцях установки датчиків в приміщеннях машинного, апаратного і конденсаторних відділень величини, яка дорівнює $25 \cdot ГДК_{р.з}$;

- включення в приміщенні управління світлової і звукової сигналізації "Аварія", технічних засобів системи локалізації аварії, системи сповіщення на об'єкті, відключення фреонового устаткування при перевищенні концентрації фреону у місцях установки датчиків поблизу технологічних блоків і устаткування, розташованого на відкритому майданчику величини, яка дорівнює $25 \cdot ГДК_{р.з}$.

Система повинна забезпечувати оперативне попередження в приміщенні управління про конкретне місце аварії, що відбулася, і включення необхідних технічних засобів локалізації наслідків аварії.

Система контролю рівня загазованості по забезпеченню надійності електропостачання відноситься до електроприймачів I-ої категорії відповідно до ПУЕ. За відсутності на об'єкті другого незалежного джерела електропостачання необхідно використовувати станції автоматичного резервного живлення, забезпечені акумуляторними батареями.

Дії оператора в аварійній ситуації.

Всі параметри холодильної установки відображаються на моніторі оператора. Досягнувши параметра передаварійного значення, на екрані спрацює додаткова сигналізація, застерігаючи про це. У такій ситуації холодильна установка не буде зупинена, оператор виходячи з отриманих

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

даних, сам вирішить чи можна вирішити проблему без зупинки процесу або зупинити і повідомити про несправність відповідній службі і керівництву.

При отриманні повідомлення про аварійну ситуацію або аварію диспетчер зобов'язаний:

- оповістити територіальні органи МНС, Проматомнадзор, місцевий виконавський і розпорядливий орган;
- уточнити характер аварійної ситуації або аварії, можливих наслідків і зробити запис в журналі;
- визначити напрям вітру, зону можливого ураження, місце розміщення командного пункту і місце збору працівників організації, які попереджені про необхідність покинути небезпечну зону;
- повідомити посадових осіб за списком, вказавши місце розташування командного пункту;
- викликати "швидку медичну допомогу";
- оповістити персонал інших цехів, яким загрожує можливість ураження фреоном, про необхідність покинути робочі місця і вийти на місце збору, визначене їм;
- викликати членів добровільної пожежної дружини, що є на зміні;
- до прибуття керівника ліквідації аварії прийняти заходи по виставленню постів для обмеження доступу людей і транспортних засобів в небезпечну зону;
- з'ясувати (за чисельністю), чи всі працівники попереджених цехів вийшли з небезпечної зони;
- з'ясувати хід ведення аварійно-рятувальних робіт.

Висновок. У даному розділі були описані основні вимоги по захисту холодильного устаткування від аварій і передаварійних ситуацій, які можуть заподіяти збиток людям і навколишньому середовищу, а також розглянуто систему контролю і захисту від аварійних і перед аварійних ситуацій. Для запобігання збитку потрібно слідувати вимогам що пред'являються до протиаварійних автоматичних захистів.

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

9. ОХОРОНА ПРАЦІ

Повністю безпечних і шкідливих виробництв не існує. Завдання охорони праці - звести до мінімальної вірогідність ураження або захворювання працівників з одночасним забезпеченням комфорту, при максимальній продуктивності праці. Реальні виробничі умови характеризуються, як правило, наявністю деяких небезпечних і шкідливих виробничих чинників.

Холодоагент R404a не токсичний і не спалахує у всьому діапазоні температур експлуатації. Проте при попаданні повітря в систему і стискуванні можуть утворюватися пальні суміші. R404a розкладається під впливом полум'я з утворенням отруйних і дратівливих з'єднань, таких, як фтористий водень.

Із-за значного потенціалу глобального потепління GWP рекомендується застосовувати R404a в герметичних холодильних системах.

R404a широко використовують у всьому світі, як основну заміну R12 для холодильного устаткування, що працює в низкотемпературному діапазоні. Його застосовують в побутових холодильниках, торгівельному холодильному низкотемпературном устаткуванні, промислових установках, системах кондиціонування повітря в будівлях і промислових приміщеннях, а також на холодильному транспорті.

Проектування і експлуатація даної птахофабрики регламентуються «Будівельними нормами і правилами», «Правилами пристрою електроустановок», а також «Типовими правилами пожежної безпеки для промислових підприємств. Приміщення з фреоновими установками не є вибухонебезпечними, тому належать до категорії Д, за винятком холодильних камер з температурою більше 10 градусів, які відносяться до категорії В.

Проекти холодильних установок розробляються з врахуванням забезпечення раціональних технічних рішень, умов для безпечної

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
						59
Зн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

експлуатації холодильного устаткування і задовольняють положенням діючих СНіП. Холодильне устаткування і трубопроводи розташовані в такому машинному відділенні, в якому можна виконати їх монтаж із забезпеченням висоти для проходу 2,2 м - від відмітки підлоги до виступаючих частин устаткування (трубопроводів, арматури та ін.).

Забороняється розташовувати в одному приміщенні з холодильною установкою пристрої з відкритим полум'ям або з температурою поверхонь більше 300 °С, а також вибухонебезпечне устаткування.

Забороняється розташовувати холодильні установки на сходових майданчиках, під сходами, в коридорах.

Двері машинних відділень, а також охолоджуваних приміщень (холодильних камер) відкриваються у бік виходу. Ширина проходів в машинному відділенні:

- головний прохід і прохід від електрощита до виступаючих частин машини (у тому числі - до огорожувань і фундаменту колон) - становить 1,5 м;
- між виступаючими частинами машин - 1 м;
- між гладкою стіною і машиною - 0,8 м.

Допускається встановлювати холодильне устаткування на стороні, що не вимагає обслуговування, в стінах без наявності проходів. Розміщення холодильного устаткування забезпечує зручність і безпеку обслуговування. Одиначна, рідко використовувана арматура, розташована на висоті не більше 3 м, обслуговується з переносних сходів і драбин. Майданчики, переходи і сходи, що вмонтовані в машинному відділенні, захищені поручнями заввишки 1 м, забезпеченими знизу суцільним металевим зашиванням заввишки 15 см. Рівні і майданчики сходів виготовлені з рифленої листової або круглої сталі. Ширина сходів - 60 см, відстань між рівнями по висоті - 20 см, ширина рівнів - 12см.

Всі рухомі частини машини, а також машини, апарати і трубопроводи в місцях, де вони можуть піддаватися ударам, захищені. Фундаменти під компресори (агрегати) відокремлені від фундаментів стін або колон будівлі

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

машинного відділення. При установці агрегатів на перекриттях передбачені заходи, що знижують можливість передачі вібрації на будівельні конструкції відповідно до нормативних документів, що діють.

У схемі трубопроводів передбачена можливість відсмоктування холодоагенту з будь-яких апаратів, посудин, повітроохолоджувачів і батарей. Щоб уникнути пошкодження вантажами або підйомно-транспортними засобами труб з хладоном, їх прокладка в холодильних камерах виконана уздовж стін, перегородок і проходів без пересічення вантажного об'єму камер. Технологічні трубопроводи, що проходять через приміщення машинного відділення і не пов'язані з роботою холодильної установки, не мають в межах цього приміщення роз'ємних з'єднань (фланців, замкової арматури і т.д.). Трубопроводи неагрегованих фреонових установок мають наступне пізнавальне забарвлення;

- всмоктувальні - синє;
- нагнітальні - червоне;
- рідинні - сріблясте;
- водяні - зелене.

Напрямок руху хладону вказується стрілками, нанесеними чорною фарбою.

При постійному обслуговуванні холодильної установки персоналом наявність природного освітлення в машинному відділенні обов'язково. У машинних відділеннях передбачене робоче і аварійне (від незалежного джерела) освітлення. Аварійне освітлення автоматично включається при відключенні основного джерела освітлення. Для освітлення при огляді, ремонті, чищенню і т.п. застосовуються переносні ручні світильники з мірою захисту IP 54 із запобіжною сіткою напругою не більше 42 В. Для приміщень з періодично обслуговуваними автоматизованими фреоновими установками аварійне освітлення не обов'язкове.

Машинне відділення забезпечене опалюванням і вентиляцією відповідно до вимог СН 245-71 і Сніп II-33-75*. Температура в машинних і

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

апаратних відділеннях підтримується на рівні не нижче 16 °С при непрацюючому устаткуванні.

Припливна і витяжна (вона ж аварійна) вентиляція в машинних відділеннях примусові з кратністю повітрообміну:

- припливна - 3;
- витяжна (аварійна) - 4 в годину.

Видалення повітря здійснюється поблизу холодильних агрегатів з нижньої зони приміщення згідно СНіП II-33-75*, при цьому 2/3 загального об'єму повітря видаляється з нижньої частини зони і 1/3 - з верхньої зони. Так як в нас використовується повітряний конденсатор (при установці його в приміщенні) він забезпечений обдуванням зовнішнім повітрям в кількості, що забезпечує робочий режим машини.

Забороняється об'єднувати між собою фреонові трубопроводи агрегованих холодильних установок заводського постачання (за винятком трубопроводів, що сполучають машини з дренажним ресивером, і аварійного викиду хладону).

Технічний огляд апаратів (посудин) фреонових установок, що підлягають дії “Правил пристрою і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском”, але не реєстрованих в органах Держміськтехнагляду, повинен проводитися підприємством - власником посудин до пуску в роботу, періодично в процесі експлуатації і достроково. Випробування апаратів (посудин) тиском може бути або гідравлічним (із заповненням посудини для фреонових холодильних машин маслом), або пневматичним на такий же пробний тиск сухим інертним газом (азотом або вуглекислою) або сухим повітрям з точкою роси не більш мінус 40 °С (випробування водою забороняється).

П р и м і т к а. Допускається випробування на міцність проводити холодоагентом в апаратах, де можливе створення необхідного тиску агенту шляхом наприклад, прокачування підігрітої води або іншого теплоносія через випробовуваний апарат.

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

При технічному огляді до пуску в роботу випробування знов встановленого апарату (посудини) дозволяється не проводити, якщо з моменту проведення такого випробування на заводі - виробнику пройшло менше 12 міс, посудина не отримала пошкоджень при транспортуванні до місця установки і монтаж її виконувався без застосування зварки або паяння елементів, що працюють під тиском. Якщо термін консервації, встановлений заводом-виробником, більше 12 міс, то в холодильних агрегатах, що поставляються заповненими маслом і газом-консервантом і що зберегли надлишковий тиск до пуску в роботу, при технічному огляді (в межах терміну складської консервації до трьох років) вирішується випробування на міцність апаратів не проводити. Їх слід піддати зовнішньому і в доступних місцях внутрішньому огляду з подальшим випробуванням на щільність разом з системою змонтованих трубопроводів. Апарати (посудини) піддаються достроковому технічному огляду:

- після реконструкції і ремонту із застосуванням зварки і паяння частин, що працюють під тиском;
- після бездіяльності в не законсервованому стані (без надлишкового тиску хладону або азоту) більш одного року;
- якщо такий огляд необхідний по розсуду особи, що здійснює нагляд або відповідального за їх справний стан і безпечну дію.

Результати технічного огляду апарату (посудини), дозвіл на пуск в роботу з вказівкою терміну наступного технічного огляду записуються в книгу обліку і огляду посудин, а також в паспорт посудини особою, що проводила даний технічний огляд.

Тиск при випробуванні слід піднімати поступово з оглядом апаратів (посудин), досягши 0,3 і 0,6 пробного тиску з припиненням підйому тиску на час огляду. Після цього тиск піднімається до пробного і під цим тиском апарат (посудина) повинен знаходитися протягом 5 хв., після чого тиск поступово знижується до розрахункового, при якому оглядається апарати (посудини) з контролем щільності їх швів і роз'ємних з'єднань.

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Апарат (посудина) визнається таким, що витримає випробування, якщо:

- у ньому не виявиться ознак розриву;
- не будуть відмічені течі і потіння в зварних швах, а при пневматичному випробуванні - пропуск газу;
- не будуть відмічені видимі залишкові деформації після випробувань.

Система трубопроводів після монтажу має бути ретельно продута і випробувана на міцність і щільність пробним тиском сухого повітря або інертного газу з точкою роси не більш мінус 40 °С окремо по сторонах високого і низького тиску. Випробування проводяться при відключених компресорах, приладах контролю і автоматики, а також апаратах, якщо випробування апаратів на міцність не входить в об'єм технічного огляду, до пуску в роботу. Під пробним тиском система трубопроводів (або окремі її ділянки) повинна знаходитися не менше 5 хв.

Після випробувань на міцність система трубопроводів і апаратів (посудин) випробовується на щільність (герметичність) тиском сухого повітря або інертного газу окремо по сторонах високого і низького тиску і витримкою під тиском протягом 18 год. із записом тиску через кожну годину. Протягом перших 6 год. тиск може мінятися унаслідок вирівнювання температур внутрішнього і оточуючого середовищ. Протягом подальших 12 год. тиск не повинен мінятися за умови постійності температури навколишнього повітря, інакше має бути виконаний перерахунок. Випробування на щільність повинне проводитися до ізоляції трубопроводів і апаратів.

Пневматичне випробування апаратів (посудин) і системи трубопроводів пробним тиском проводиться з дотриманням наступних заходів безпеки:

- вентиль на наповнювальному трубопроводі від джерела тиску і манометри мають бути виведені за межі охоронної зони. Знаходиться кому-небудь в цій зоні в період нагнітання повітря або інертного газу і при витримці пробного

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
						64
Зн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тиску забороняється;

- на випробовуваному апараті (посудині) або системі трубопроводів є не менше одного запобіжного клапана, відрегульованого на відкриття при тиску, що перевищує відповідний пробний тиск не більш, ніж на 0,1 Мпа (1 кгс/см²).

При проведенні випробувань системи трубопроводів і апаратів (посудин) на щільність з визначенням падіння тиску на час випробування охоронну зону не встановлюють. При пневматичному випробуванні для створення тиску в системі забороняється використовувати фреоновий компресор.

Після закінчення пневматичного випробування проводиться вакуумування системи трубопроводів і апаратів (посудин) з метою їх осушення при температурі навколишнього повітря не менш 15 °С. Після досягнення залишкового тиску від 0,6 до 1,0 кПа (від 5 до 8 мм рт. ст.) рекомендується продовжити вакуумування протягом 18 год., після чого випробувати систему на вакуум. При випробуванні система повинна залишатися під вакуумом протягом 18 год. із записом тиску через кожну годину. Протягом перших 6 год. допускається підвищення тиску не більш, ніж на 0,5 кПа (4 мм рт. ст.). Наприкінці тиск може змінюватися лише на величину, відповідну зміні температури навколишнього повітря. Після заповнення установки хладоном проводиться додаткова перевірка щільності всіх з'єднань системи за допомогою течешукача.

На кожному апараті (посудині) є нанесений фарбою на видному місці або на спеціальній табличці:

- реєстраційний номер;
- дозволений тиск;
- дата (місяць і рік) проведеного і наступного технічного випробування.

Запобіжний клапан компресора запобігає підвищенню різниці тиску нагнітання і всмоктування понад встановлене значення і захищає механізм руху від перевантаження, перепускаючи пару з порожнини нагнітання в

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
Зн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

порожнину всмоктування.

Запобіжний клапан апарату запобігає підвищенню тиску понад допустиме значення і захищає апарат і трубопроводи, автоматично скидаючи пару холодоагенту безпосередньо в атмосферу або через проміжний трубопровід в посудину з нижчим тиском.

Справність запобіжних клапанів апаратів перевіряють не рідше за один раз в 6 міс. Після перевірки і регулювання клапани пломбують із складанням акту.

Мінімальна площа перетину запобіжного клапана:

$$F_{\text{кл}} = \frac{G_p}{\mu \cdot B \cdot \sqrt{2 \cdot \rho_{\text{ср}} \cdot (P_1 - P_2)}}, \text{ м}^2, \quad (9.1)$$

де: G_p – масова витрата холодильного агента, кг/с: $G_p = 0,72$ кг/с;

$\mu = 0,75$ – коефіцієнт витрати пари для даної конструкції клапана (визначений виготовленням клапана експериментально і записаний в паспорт клапана);

$\rho_{\text{ср}}$ – щільність середовища при тиску p_1 : $\rho_{\text{ср}} = 117,25$ кг/м³;

p_1, p_2 – відповідно, максимальний абсолютний тиск перед клапаном і за клапаном: $p_1 = 2,1$ МПа, $p_2 = 1,6$ МПа;

B – коефіцієнт, що враховує фізико-хімічні властивості речовини при робочих параметрах:

$$B = 1,59 \sqrt{\frac{k}{k+1} \cdot \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{1}{k-1}}}; \quad (9.2)$$

$$B = 1,59 \sqrt{\frac{1,29}{1,2+1} \cdot \left(\frac{2}{1,2+1}\right)^{\frac{1}{1,2-1}}} = 0,852;$$

k – показник адиабати: $k = 1,2$

$$F_{\text{св}} = \frac{3,29 \cdot 10^{-4}}{0,75 \cdot 0,852 \cdot \sqrt{2 \cdot 117,25 \cdot (2,1 - 1,6) \cdot 10^5}} = 3,29 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2. \quad (9.3)$$

Визначимо мінімальний діаметр прохідного перетину сідла клапана:

$$d_{\text{св}} = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3,29 \cdot 10^{-4}}{3,14}} = 0,021 \text{ м}. \quad (13.4)$$

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
Зн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

10. Економічна частина

В умовах відкритої ринкової економіки розширюється діапазон оцінки ефективності науково-технічних розробок, а отже, збільшується кількість основних видів ефективності НДДКР, які необхідно визначити з метою цієї оцінки. До них належать:

– **науково-технічний ефект**, який проявляється у підвищенні науково-технічного рівня, поліпшенні параметрів техніки і технологій, що впливає з відкриття нових законів та закономірностей у природі, а отже, і нових технологічних засобів виробництва речовин, матеріалів та видів продукції;

– **економічний ефект** полягає в отриманні економічних результатів від науково-технічних розробок як в цілому для народного господарства, так і для кожного виробничого суб'єкта. Економічна ефективність науково-технічних розробок за відповідною системою показників має відображати вплив їхньої результативності на розвиток економіки країни в цілому, а також регіонів, галузей, організацій і підприємств, що беруть участь у реалізації технологічних нововведень;

– **соціальний ефект**, що відображає зміни умов діяльності людини в суспільстві. Його прояв спостерігається в змінах характеру та умов праці, підвищенні життєвого рівня населення, поліпшенні побутових його умов, розширенні можливостей духовного розвитку особистості, у змінах стану довкілля;

– **маркетинговий ефект**, що відображає потреби ринку в наукових дослідженнях і розробках та можливість їх реалізації.

Науково-технічну ефективність (НТЕ) результатів прикладних робіт визначають на основі показників науково-технічного рівня. Оцінка науково-технічної ефективності НДДКР відбувається на основі показника (О_{НТЕ}), який представляє собою ступінь досягнення максимально можливого рівня, значення якого дорівнює 1 (одиниці):

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

$$O = K^{\Phi}_{НТЕ} / K^{\Pi}_{НТЕ} \quad (10.1)$$

де $K^{\Phi}_{НТЕ}$ – показник (коефіцієнт) фактичного рівня науково-технічної ефективності;

$K^{\Pi}_{НТЕ}$ – показник (коефіцієнт) потенціально можливого рівня науково-технічної ефективності (дорівнює одиниці).

Значення показника $K^{\Phi}_{НТЕ}$ визначають на основі шкали експертних оцінок (табл. 10.1).

Таблиця 10.1

Шкала експертних оцінок для виміру рівня науково-технічної ефективності проектів

№	Групи показників	Характеристика показників	Інтервал рейтингового числа	Коефіцієнт значущості показників
1	Науково-технічний рівень	Перевищує кращі світові аналоги	10	0,35
		Відповідає світовому рівню	7 – 9	
		Нижче кращих світових аналогів	5 – 6	
		Перевищує кращі вітчизняні аналоги	3 – 4	
		Відповідає вітчизняному рівню	1 – 2	
		Нижче вітчизняного рівня	0	
2	Перспективність	Першочергова значущість	8 – 10	0,35
		Значущий	5 – 7	
		Корисний	1 – 4	
3	Потенційний	Світовий ринок	10	0,20

	масштаб практичного використання	Галузі національної економіки	7 – 9	
		Галузь (регіон)	3 – 6	
		Окремі підприємства (об'єднання)	1 – 2	
4	Ступінь вірогіднос-ті досягнення пози- тивних результатів	Великий	10	0,10
		Середній	5 – 9	
		Малий	1 – 4	

Примітка: об'єкт оцінки і аналог(и), які порівнюють за однаковими показниками, наведеними у співставленому вигляді відхилення в значеннях кожного з показників, мають бути однаковими для варіантів, що порівнюються.

Проведення оцінки

Визначають $K^{\Phi}_{НТЕ}$ на основі експертної оцінки науково-технічного рівня розробки.

З цією метою:

- розробляють перелік специфічних показників, необхідних для виміру науково-технічного рівня розробки;
- формують групу аналогів, які реалізовані на світовому і вітчизняному ринках;
- здійснюють відповідні розрахунки для співставлення показників і визначення балів по табл.10.1.

До числа специфічних показників відносять:

- **для нової техніки:** продуктивність, споживання інженерних ресурсів на виробітку одиниці продукції, потреба в робочих, які обслуговують обладнання, експлуатаційні витрати на одиницю продукції;

– для нових матеріалів і речовин: вміст корисних речовин для виробітки готової продукції, питома вага відходів у загальному обсязі переробленої сировини, вартість одиниці ... нового матеріалу;

– для нових технологій: якість виробленої продукції, енергоємність і трудомісткість продукції, собівартість одиниці продукції.

З метою спрощення визначення $K^{\Phi}_{НТЕ}$ у табл. 10.2 не введено показника витрат на одиницю продукції.

Таблиця 10.2

Порівняльні показники для виконання оцінки НТЕ

ПОКАЗНИКИ	Варіанти технології	
	розробленої	співвідносної (аналога)
Рівень новізни	світовий	-
Якість продукції	найвища	вища
Споживання на 1 т продукції		
– тепла, Гкал	5,14	6,85
– електроенергії, кВт·годину	46,72	54,36
– води, м ³	4,13	3,12
Трудомісткість виробництва, людино-годин/ тонну	17,5	6,17

На основі співставлення даних таблиці встановлюють бали по характеристиках чотирьох груп і на цій основі розраховують значення інтегрального показника НТЕ:

$$НТЕ = \sum B_i \times K_i^3 \quad (10.2)$$

де $i = 1 \div 4$,

B_i – бали (рейтингове число),

K – коефіцієнт значущості показників.

Рівень науково-технічної ефективності НДДКР розраховано на основі наведених даних прикладу (табл. 10.3).

Таблиця 10.3

Експертна оцінка і розрахунок величини інтегрального показника НТЕ

№	Групи показників	Рейтинг експертів			Середня за експертними оцінками	НТЕ
		1	2	3		
1	Науково-технічний рівень	8	8	9	8,33	2,91 (8,33 x 0,35)
2	Перспективність	6	7	6	6,33	2,21 (6,33 x 0,35)
3	Потенційний масштаб практичного використання	4	5	5	4,67	0,93 (4,67 x 0,20)
4	Ступінь вірогідності досягнення позитивних результатів	7	8	7	7,33	0,73 (7,33 x 0,10)
В С Ь О Г О						6,78

$$НТЕ = 7 \cdot 0,35 + 6 \cdot 0,35 + 5 \cdot 0,2 + 6 \cdot 0,1 = 2,45 + 2,1 + 1 + 0,6 = 6,15$$

Отриманий результат слід порівняти з максимально можливим значенням, яке дорівнює 10 балам ($10 \cdot 0,35 + 10 \cdot 0,35 + 10 \cdot 0,2 + 10 \cdot 0,1$).

Отже, оцінка рівня НТЕ може бути зроблена за допомогою інтегрального коефіцієнта оцінки НТЕ ($K_{НТЕ}$):

$$K_{НТЕ} = \frac{НТЕ}{10} \cdot 100 \%$$

На основі даних табл. 10.3 можна дійти до висновку, що $K_{НТЕ}$ відповідає 61,5 %, тобто:

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

$$K_{HTE} = (6,15 \cdot 100) / 10 = 61,5 \%$$

В тому випадку, коли значення K_{HTE} перевищує середнє значення, яке дорівнює 5,0, має бути зроблено висновок про достатній рівень НТЕ:

- цілком достатній 5,0 – 6,0;
- достатній 6,1 – 8,0;
- достатньо високий 8,1 – 9,0;
- високий 9,1 – 10.

Таким чином, рівень НТЕ технології можна визнати достатнім. Отже, розроблену технологію пропонується впроваджувати у виробництво.

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Подмазко О.С. Штучний холод в енергетичних системах з відновлюваними джерелами енергії [Електронний ресурс] : навч. посіб. / О. С. Подмазко, Н. О. Піщанська ; Одес. нац. технол. ун-т. — Одеса : ОНТУ, 2023. — 184
2. Подмазко О.С. Діагностика та аналіз роботи холодильних установок : конспект лекцій [Електронний ресурс] : з напрямку підгот. “Енергомашинобудування” / О. С. Подмазко, Н. О. Піщанська ; Каф. холодильних установок і кондиціонування повітря. — Одеса : ОНТУ, 2023. —
3. Подмазко О.С. Конспект лекцій по холодильним установкам [Електронний ресурс] / О. С. Подмазко ; Каф. холодильних установок і кондиціонування повітря. — Одеса : ОНАХТ, 2019. — 59 с.
4. Подмазко О.С. Методичні вказівки та примірний розрахунок по курсовому та дипломному проектуванню з дисципліни "Холодильні машини і установки спеціального призначення" [Електронний ресурс] / О. С. Подмазко ; Каф. холодильних установок і кондиціонування повітря. — Одеса : ОНАХТ, 2019. — 34 с.
5. Подмазко О.С. Монтаж та ремонт холодильних установок : конспект лекцій [Електронний ресурс] : з напрямку підгот. “Енергомашинобудування” / О. С. Подмазко ; Каф. холодильних установок і кондиціонування повітря. — Одеса : ОНТУ, 2022.-52 с.
6. Подмазко О.С. Холодильні установки спеціального призначення [Електронний ресурс] : посібник до курсового проектування / О. С. Подмазко ; Каф. холодильних установок і кондиціонування повітря. — Одеса : ОНАХТ, 2019. — 21 с.
7. Подмазко О.С. Холодильні установки спеціального призначення : конспект лекцій [Електронний ресурс] / О. С. Подмазко, Н. О. Піщанська ; Каф. холодильних установок і кондиціонування повітря. — Одеса : ОНТУ, 2023. — 99 с.

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

8. Подмазко О.С. Монтаж і ремонт холодильних установок. Несправності в роботі холодильної установки : метод. вказівки [Електронний ресурс] / О. С. Подмазко, Н. А. Піщанська ; Каф. холодильних установок і кондиціонування повітря. — Одеса : ОНТУ, 2023. — 35 с.
9. Подмазко О.С. Холодильні установки. Системи відводу теплоти конденсації : метод. вказівки [Електронний ресурс] / О. С. Подмазко, Н. А. Піщанська ; Каф. холодильних установок і кондиціонування повітря. — Одеса : ОНТУ, 2023. — 21 с.
10. <https://ua.arbicesourcemachine.com/info>

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.13	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74