

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



## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

на тему: Проект розподільчого холодильника для збергіння  
риби місткістю 500 т. в м. Одеса

Здобувача

Володін В.І.

3 курсу

ХМ-751 групи

Керівник

д.т.н., проф. Хмельнюк М.Г.

Консультанти:

д.т.н, проф. Хмельнюк М.Г.

**Кваліфікаційна робота допускається до захисту**

Рішення кафедри від

31.05.2024 р.

протокол № 12

Завідувач кафедри ХУКП

Михайло ХМЕЛЬНЮК

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	Енергомашинобудування

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

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

«01» березня 2024 року

## **ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА**

Володін Владислав Ігорович

1. Тема роботи Проект розподільчого холодильника для зберігання риби місткістю 500 т. в м. Одеса

Затверджена наказом ОНТУ від 19.02.2024 р. наказ № 97-03

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 31.05.2024 р.

3. Вихідні дані роботи  
Розподільчий холодильник розташований у м. Одеса. Виробнича потужність для зберігання риби місткістю 500 тон. Будівля холодильника одноповерхова з висотою камер 6 м і сіткою колон 6 x 12 м. У 3-х камерах з температурним режимом -29°C передбачається тривале зберігання замороженої риби. Холодильна установка з насосно-циркуляційною системою безпосереднього кипіння холодоагенту.

4. Перелік питань, які потрібно розробити  
Реферат, Вступ, 1. Техніко-економічне обґрунтування проекту, 2. Визначення будівельної площі камер холодильника, 3. Розрахунок товщини теплоізоляції камер, 4. Розрахунок теплоприпливів, 5. Тепловий розрахунок холодильної системи, 6. Розрахунок повітряного конденсатора. 7. Розрахунок повітроохолоджувача, 8. Підбір компресорів та допоміжного устаткування, 9. Розрахунок трубопроводів, 10. Охорона праці, Список використаної літератури, Специфікація повітроохолоджувача

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

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

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	д.т.н., проф. Хмельнюк М.Г.	13.05.2024	17.05.2024

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ 01.03.2024 р.

Керівник \_\_\_\_\_ Хмельнюк М.Г.

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Володін В.І.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Реферат	30.05-31.05.2024	
2	Вступ	05.03-20.03.2024	
3	Техніко-економічне обґрунтування проекту	20.04-25.04.2024	
4	Визначення будівельної площі камер холодильника	26.04-30.04.2024	
5	Розрахунок товщини теплоізоляції камер	01.05-04.05.2024	
6	Розрахунок теплоприпливів	05.05-10.05.2024	
7	Тепловий розрахунок холодильної системи	12.05-15.05.2024	
8	Розрахунок повітряного конденсатора	16.05-17.05.2024	
9	Розрахунок повітроохолоджувача	20.05-23.05.2024	
10	Підбір компресорів та допоміжного устаткування	20.05-23.05.2024	
11	Розрахунок трубопроводів	23.05-25.05.2024	
12	Охорона праці	13.05-17.05.2024	
13	Список використаної літератури	23.05-25.05.2024	
14	Презентація в PowerPoint	27.05-30.05.2024	

Здобувач-дипломник \_\_\_\_\_ Володін В.І.

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Хмельнюк М.Г.

*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 \_\_\_\_\_ Володін Владислав Ігорович \_\_\_\_\_

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота складається з: 88 сторінок тексту, 10 рисунків, 17 таблиць, 11 посилань на літературні джерела. В кваліфікаційній роботі вирішено задачу розробки розподільчого холодильника для зберігання риби.

Холодильна установка розподільчого холодильника, яка є об'єктом даного дослідження, розташована у південній Україні, в Одеській області в м. Одеса.

У 3-х камерах місткістю 500 тон з температурним режимом  $-29^{\circ}\text{C}$  передбачається тривале зберігання замороженої риби. На додаток до заморожування є місткість для виробництва льоду 10 тон на добу.

Була обрана насосно-циркуляційного система подачі в прилади охолодження, що дає можливість зменшити місткість системи охолодження. Холодильним агентом системи холодопостачання прийнято аміак R717. Підібрано теплоізоляційну конструкцію на основі ПСБ-С, і, виходячи з повного завантаження камер, розраховано сумарні теплопритоки. За цими даними та проведеним тепловим розрахунком підібрані компресорні агрегати фірми Sabroe, теплообмінні апарати фірми Thermofin.

**Ключові слова:** розподільчий холодильник – холодильна установка – аміак

## ABSTRACT

The qualification work consists of: 88 pages of text, 10 figures, 17 tables, 11 references to literary sources. The qualification work solves the problem of developing a distribution refrigerator for storing fish.

The refrigeration unit of the distribution refrigerator, which is the object of this study, is located in southern Ukraine, in the Odesa region in m. Odesa.

It has 3 chambers with a capacity of 500 tonnes and a temperature regime of  $-29^{\circ}\text{C}$  for long-term storage of frozen fish. In addition to freezing, there is a capacity for ice production of 10 tonnes per day.

A pump-circulation system was chosen to supply the cooling devices, which makes it possible to reduce the capacity of the cooling system. R717 ammonia was chosen as the cooling agent for the refrigeration system. A heat-insulating structure based on PSB-C was selected, and the total heat inflows were calculated based on the full load of the chambers. Based on these data and the thermal calculation, Sabroe compressor units and Thermofin heat exchangers were selected.

**Key words:** distribution refrigerator - refrigeration unit - ammonia

						Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ЗМІСТ

Сторінка

РЕФЕРАТ	4
ВСТУП	6
1. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ	7
2. ВИЗНАЧЕННЯ БУДІВЕЛЬНОЇ ПЛОЩІ КАМЕР ХОЛОДИЛЬНИКА	18
3. РОЗРАХУНОК ТОВЩИНИ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ КАМЕР	21
4. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОПРИПЛИВІВ	29
5. ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ХОЛОДИЛЬНОЇ СИСТЕМИ	37
6. РОЗРАХУНОК ПОВІТРЯНОГО КОНДЕНСАТОРА	44
7. РОЗРАХУНОК ПОВІТРООХОЛОДЖУВАЧА	50
8. ПІДБІР КОМПРЕСОРІВ ТА ДОПОМІЖНОГО УСТАТКУВАННЯ	62
9. РОЗРАХУНОК ТРУБОПРОВОДІВ	65
10. ОХОРОНА ПРАЦІ	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	87
СПЕЦИФІКАЦІЯ ПОВІТРООХОЛОДЖУВАЧА	88

					КРБ.ХУКП.1.97-03.2.1							
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	Проект розподільчого холодильника для зберігання риби місткістю 500 т. в м. Одеса			Літера	Аркуш	Аркушів		
Розробив		Володін В.І.								5	88	
Перевірив		Хмельнюк М.Г.						ОНТУ зр. ХМ-751				
Н. Контр.		Хмельнюк М.Г.										

## ВСТУП

Риба є швидкопсувним продуктом. Для подовження термінів зберігання рибу відразу після вилову охолоджують або заморожують.

**Охолоджена риба.** Риба, що має в товщі м'язів температуру від -1 до 5° С, називається охолодженою. При такій температурі процес псування риби сповільнюється, але не припиняється, оскільки діяльність ферментів і мікроорганізмів продовжується. Проте не всі види риб однаково стійкі при зберіганні в охолодженому вигляді. З прісноводних краще зберігаються судак, щука, сазан, сом, а з морських – тріска, морський окунь. Перед охолодженням рибу сортують за розмірами (велика, середня, дрібна), а потім обробляють.

За способом розбирання охолоджена риба може бути: ціла (нерозібрана); потрощена з головою, потрощена обезголовлена.

В даний час застосовують декілька способів охолодження риби:

Дрібним льодом – цей спосіб простий і доступний, проте він має недоліки: риба охолоджується поволі, з невеликою швидкістю і деформується.

Спеціальними видами льоду(лусковим, сніжним) з додаванням антибіотиків або антисептиків. Цей метод є ефективнішим і щадним.

Зберігають охолоджену рибу при температурі від -1 до -5°С і відносній вологості повітря 95-98%. Термін зберігання великої риби 10-12 діб, дрібної – 7-9 діб. У магазинах термін реалізації охолодженої риби не повинен перевищувати 1-2 доби.

**Заморожена риба.** Найефективнішим і тривалішим способом зберігання риби є заморожування. Температура в тканинах риби знижується до -6 ÷ -8 °С і нижче при цьому вода перетворюється на лід і створюються умови, при яких практично повністю пригнічується діяльність ферментів і мікроорганізмів, тому якість свіжої риби зберігається довго.

Тканини риби краще зберігаються, якщо її заморожувати відразу після вилову, коли оболонка м'язових волокон еластична і кристали льоду її не руйнують. Чим нижче температура заморожування, тим швидше цей процес проходить і менше змінюється структура тканин риби. Оптимальною є температура заморожування від -15 до -35°С .

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

# 1 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ

Пропонується проєкт розподільчого холодильника, розташованого в місті Одеса. Виділена площадка для будівництва проєктованого об'єкта перебуває в промисловій зоні міста й розміри її дозволяють у перспективі розмістити тут склади продтоварів і промтоварів.

Рельєф площадки вимагає великого обсягу планувальних робіт.

Під'їзна залізнична колія відсутня.

Будинок холодильника одноповерховий з висотою камер 6 м, сітка колон 6 x 12 м. В 3-х камерах з температурним режимом  $-29^{\circ}\text{C}$  передбачається тривале зберігання заморожених рибних продуктів. Холодильник повинен забезпечувати населення міста Одеси та Одеського району рибою.

Проєктом передбачається використання вантажно-розвантажувальних роботах електророзвантажувачів.

У цей час повітряне охолодження вважається найбільш кращою системою встаткування 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 холодильника в місті Одеса виявилось доцільно, це пояснюється фактичним зниженням потреб даного міста в харчовій продукції.

Рибопереробна промисловість являє особливий інтерес з точки зору енергоефективності через високе споживання енергії.

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

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

Метою даної роботи є розробка і дослідження двохступінчатої холодильної машини працюючої на натуральних робочих тілах для підприємства рибної промисловості. Під час дослідження сучасного стану на ринку робочих тіл стають очевидними наступні основні вимоги: мінімальна токсичність, вибухо-пожежобезпечність, озонобезпечність, невеликий вплив на парниковий ефект, хороші термодинамічні і високі експлуатаційні параметри.

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

1. має високу об'ємну холодопродуктивність;
2. нетоксична і безпечна;
3. інертна до матеріалів;
4. дешева і доступна;
5. при досягненні потрібної температури в охолоджуваному об'єкті, до мінус 52°C порівняно малі енергетичні затрати;
6. високе відношення тиску насичених парів і їх температури при низьких температурах кипіння, а також низька в'язкість діоксида вуглецю приводить до мінімізації втрат у трубопроводах;

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

7. більша теплопровідність, низька в'язкість і висока питома теплоємність (навіть при низьких температурах) обумовлюють високий коефіцієнт теплопередачі й, відповідно, менші габарити охолодних пристроїв;
8. трубопроводи мають діаметр в 2-3 рази менший, чим у випадку використання аміаку;
9. значно менша матеріалоемність (в 5-8) раз і набагато більш компактне виконання в порівнянні з машинами, що використовують традиційні холодильні агенти й холодоносії за інших рівних умов.

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

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

Сектор промислового холоду являється найбільш ємким споживачем холодильного обладнання. Дослідження ринку в цій сфері показують, що біля 80% холоду виробляються аміачними холодильними установками. Тому в цьому секторі можливе найбільш ефективне використання даної каскадної холодильної машини, що дозволяє не тільки відмовитись від аміаку, при цьому підвищивши промислову безпеку об'єктів, а і зберегти високу ефективність роботи в цілому. В той же час установка даної схеми доцільно тільки при температурах нижче мінус 30°C і нижче. Такі температури кипіння характерні для мясокомбінатів, рибзаводів, фабрик морозива, складів тривалого зберігання морожених продуктів.

В комерційному холоді (торгове холодильне обладнання, холодильні камери) можуть використовувати каскадну схему як централізовану систему холодозабезпечення магазинів, ринків. Найбільші виробники холодильного обладнання вже розробили лінії холодильного.

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

Ефективність таких систем приблизно відповідає (плюс, мінус 10 відсотків) середній ефективності систем холодозабезпечення із двома центральними на гідрофтор-хлорвуглеводами.

Таке положення справ дає стимул для більш детального дослідження даної схеми із розрахунками основних характеристик та визначення оптимальних режимів роботи, підбором основного обладнання та можливими варіантами його компанування.

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

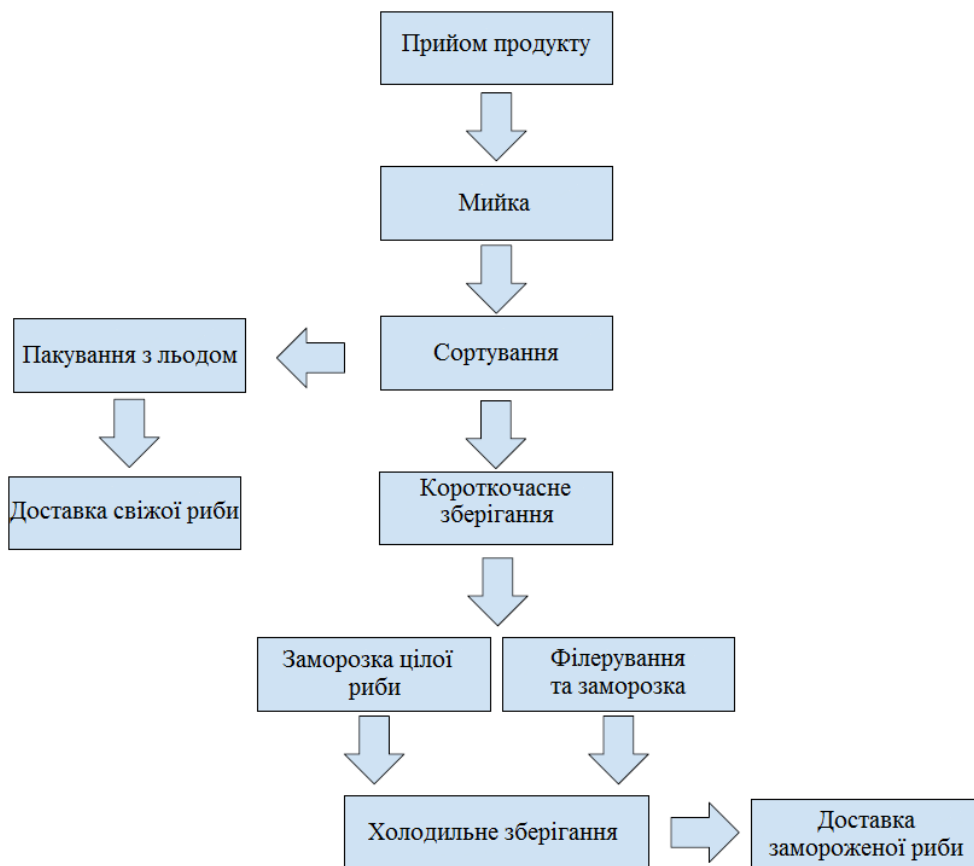


Рисунок 1.1. Процеси холодильної обробки типового рибного підприємства

Риба яка повинна бути заморожена спочатку обробляється таким же чином, як зазначено вище, але з деякими додатковими кроками після сортування.

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

Оскільки риба часто прибуває в дуже великому обсягу на борту риболовних суден, і, як правило, тільки один або два рази на день, сортувальні потужності повинні бути значно вище, ніж потужність заморожування. Це означає, що риба повинна зберігатися між сортуванням і заморожуванні в холодильниках тимчасового зберігання. Після цього риба транспортується в зону заморожування, де вона швидко заморожується. Морожена риба транспортується в до камер зберігання де вона зберігається до доставки. На додаток до заморожування всієї риби є також можливість філерування риби перед заморожуванням, що додає цінність, але збільшує складність обробки риби.

### 1.1 Вимоги до холодильної обробки риби

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

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

Інтервал температур замерзання становить від -1 до -2 ° С. Температура риби буде залишатися більш-менш постійною на рівні точки замерзання, поки більша частина клітинної рідини не замерзне.

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

Це відбудеться в так званій критичній зоні, в діапазон температур від -1 до -5 ° С. Вода все більше зсуватиметься по фазі в лід зі збільшенням концентрації солі у воді, що залишилася поки вся вода не замерзне. Проте, точка замерзання безперервно знижена, оскільки концентрація солі збільшується, і навіть при -25 ° С є ще близько 5% води в рідкому вигляді.

Таблиця 1.1. Кількість вимороженої води при заморозці

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

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

Існує три види швидкої заморозки риби:

- час в критичній зоні замерзання більше 2 годин. Риба залишається на підносах / полиці в приміщенні з температурою повітря -18 градусів.
- швидке заморожування: час, проведений в критичній зоні нижче 2 год. Заморожування може бути зроблено як непрямыми шляхом (плиткового заморожування) або прямим заморожуванням (занурена в рідину або шляхом глазурування під час розпилення рідини).

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

- Останнє може призвести до високого поглинання NaCl.
- Ультра-швидке заморожування: риба занурена в рідину або оброблена рідким азотом або рідким діоксидом вуглецю.

Необхідна температура за стандартом при зберіганні заморожені риби  $-18^{\circ}\text{C}$ . Однак, рекомендована температура зберігання знаходиться в межах від  $-20^{\circ}\text{C}$  до  $-30^{\circ}\text{C}$ . Цей діапазон температур створює температурний запас від  $2^{\circ}\text{C}$  до  $7^{\circ}\text{C}$ , який необхідний для забезпечення якості продукту після завантаження до вантажних автомобілів і нормального зберігання в охолоджених зонах. Проте, вимоги стану, в якому сховище холодильна повинні бути в змозі тримати продукт при температурі не більше  $-18^{\circ}\text{C}$ . Це наводить на думку, що температура повітря повинна бути нижче температури по сухому термометру  $-18^{\circ}\text{C}$ . Вплив температури зберігання на час зберігання високої якості для деяких видів морепродуктів можна побачити в таблиці 1.2.

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

Вид продукту	$-18^{\circ}\text{C}$	$-25^{\circ}\text{C}$	$-29^{\circ}\text{C}$
Тріска	3-5	6-8	8-10
Пікша	3-5	6-8	8-10
Жирна риба	2-3	3-5	6
Лобстер, краб	2		
Креветка	6		
Молюски	3-4		

Температура по сухому термометру незначно коливатиметься внаслідок змін в холодильному навантаженні і недосконалості в системі управління. Припускаючи, що велика маса замороженого продукту знаходиться в камері зберігання теплова інерція буде перешкоджати великим коливанням температури продукту, навіть коли температура повітря коливається.

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

Відповідно до Європейських норм зберігання риби якість замороженого рибного продукту на піддоні залишається придатною до 30 хв при температурі повітря від 15 ° С до 25 ° С. Це дозволяє пом'якшити вимоги до температури повітря на короткий період, щоб уникнути надмірних розмірів системи охолодження. Це послаблення дозволяє збільшення температури повітря при розморожуванні і інфільтрації з відкритих дверей протягом літа.

## 1.2 Вимоги до камер зберігання.

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

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

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

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

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

Існують дані, що заморожування риби в рідкому азоті при  $-195^{\circ}\text{C}$  з наступним зберіганням при тій самій температурі протягом двох тижнів не впливає на розчинність білків. Виділення соку з мороженої риби при відтаванні, центрифугуванні, варінні, а також її органолептичні показники такі ж, як і в свіжій.

#### Розморожування.

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

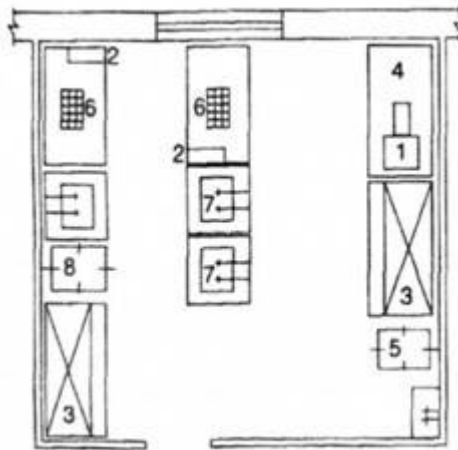


Рисунок 1.3. Розміщення обладнання в рибному цеху потужністю 0,5 т:

- 1 - м'ясорубка; 2 - пристрій для очищення риби; 3 - холодильна шафа; 4 - виробничий стіл; 5 - виробничий стіл для очищення риби; 6 - виробничий стіл для очищення риби; 7 - мийна ванна; 8 - візок-стелаж.

Основним способом розморожування є занурення блоків замороженої риби у ванну з водою, що має температуру  $15-20^{\circ}\text{C}$ . При цьому збільшується кількість риби з механічними ушкодженнями. Як правило, вона має ослаблену консистенцію, непривабливий вигляд і температуру  $10-14^{\circ}\text{C}$ . Крім того, цей спосіб потребує значних фізичних затрат і його складно механізувати.

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

Набули поширення інші способи: плівково-зрошувальний, струмом промислової частоти і струмом високої частоти. Кращі результати дає розморожування в полі СВЧ. При розморожуванні, як і при заморожуванні, процеси, які негативно впливають на якість риби, проходять в основному при температурах від -5 до -1°C.

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

### **1.3 Вихідні дані підприємства для розрахунку**

Холодильна установка розподільчого холодильника, яка є об'єктом даного дослідження, розташована у південній Україні, в Одеській області в м. Одеса. Компанія-власник розподільчого холодильника має свій власний рибальський флот і улов доставляється судами безпосередньо на об'єкт, розвантажуватися з допомогою двох автоматичних станцій розвантаження. Оселедець і скумбрія є єдиними видами риб в стадії обробки і обмеження виробничих потужностей для заморожування становить 40 тонн на добу. На додаток до заморожування є місткість для виробництва льоду 10 тонн на добу. Лід використовується для охолодження свіжого улову на судах до прибуття на об'єкт, але і для охолодження свіжих поставок риби. Перед тим як риба заморожена, вона зберігається в буферних місткостях з -1 ° С води. Є чотири буферних резервуари з місткістю 100 тонн риби. Після заморожування, риба зберігається в охолоджену зберігання при температурі -29°C, з місткістю 500 тонн.

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

### 1.3.1 Температурний режим підприємства

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

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

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

### 1.3.2 Надходження продукту

Кількість замороженої риби в даний час встановлюється максимально 40 т/добу. Це в значній мірі обмежується наявним рибальським флотом. Потужності для зберігання мають такі розміри по відношенню до довжини рибальського сезону, потоку продукту і частоти поставок. Приплив, відтік і зберігання потужності можна побачити в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3. Надходження продукту

Процеси	Надходження т/добу	Відвантаження т/добу	Місткість, т
Сортування	15	15	150
Охолодження	15	3	150
Замороження	5	5	100
Зберігання	5	5	100

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

## 2. ВИЗНАЧЕННЯ БУДІВЕЛЬНОЇ ПЛОЩІ КАМЕР ХОЛОДИЛЬНИКА

Початкові дані:

Місто — Одеса,  $t_{oc}=30^{\circ}\text{C}$ , географічна широта – 46.18 град.

Камери збереження: 3 камери

Температура камери —  $t_{кам} = - 29^{\circ}\text{C}$

Маса збереженого продукту —  $G=500$  т

Вид вантажу — риба заморожена

Вантажний обсяг камери

$$V_B = \frac{G}{g_v} \left[ \text{м}^3 \right], \quad (2.1)$$

де  $G$  - маса збереженого продукту, т;

$g_v$  - норма завантаження одиниці вантажного обсягу, т/м<sup>3</sup>. Приймаємо для риби в ящиках  $g_v=0.35$  т/м<sup>3</sup>.

$$V_B=500/0.35=1428 \text{ м}^3$$

Вантажна площа камер

$$F_B = \frac{V_B}{h_B} \left[ \text{м}^2 \right], \quad (2.2)$$

де  $h_B$  - висота складування продукту, м. Приймаємо для камер збереження и охолодження  $h_B=4$  м, з розрахунку норми завантаження 500 кг/м<sup>3</sup> (риба в ящиках), контейнер 1200x800x1300.

$$F_B=1428/4=358 \text{ м}^2$$

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

Будівельна площа камер

$$F_B = \frac{F_B}{\beta} [M^2] \quad (2.3)$$

де  $\beta$  - коефіцієнт використання будівельної площі камери.

Для середніх камер ( $F_B=(50\dots300)m^2$ ) приймаємо  $\beta=0,75$ .

$$F_B=358/0.7=510 \text{ м}^2$$

Приймаємо крок колон  $6 \times 12$  м, тоді площа будівельного прямокутника складе  $F_{\text{бп}}=6 \cdot 12=72 \text{ м}^2$

Визначаємо число будівельних прямокутників

$$n_{\text{бп}} = \frac{F_B}{F_{\text{бп}}} \quad (2.4)$$

де  $n_{\text{бп}}$  - округлене до цілої величини число будівельних прямокутників.

$$n_{\text{бп}}=510/72=7.2 \Rightarrow 8 \text{ прямокутників}$$

Місткість камери збереження для одного будівельного прямокутника:

$$G_k=F_{\text{бп}} \cdot \beta \cdot h_B \cdot g_v = 72 \cdot 0.7 \cdot 4 \cdot 0.35 = 70 \text{ тон.}$$

						Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

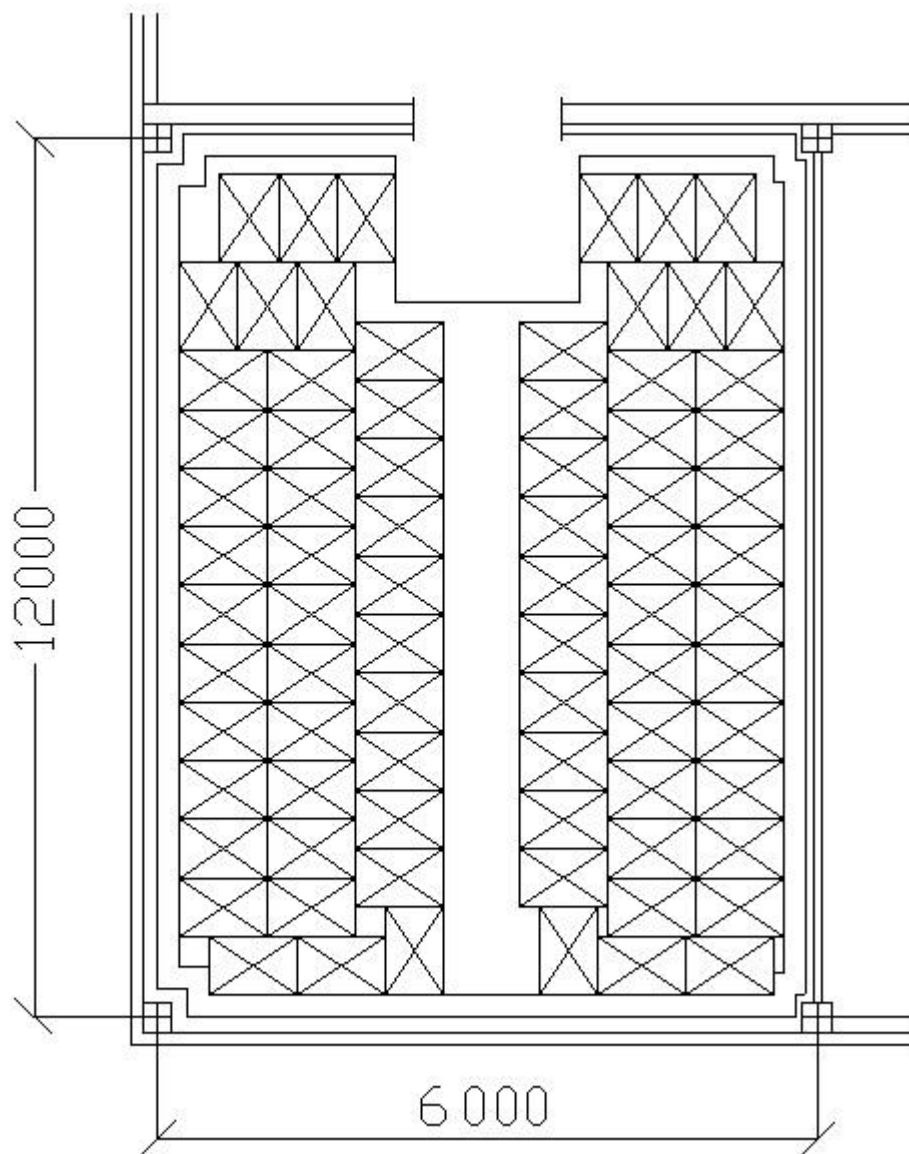


Рис. 2.1 – Зображення камери збереження з усіма необхідними відступами і розташуванням вантажу.

Холодильник включає вісім камер збереження з кроком колон 6x12 , будівельною площею 72 м<sup>2</sup>.

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

### 3. РОЗРАХУНОК ТОВЩИНИ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ КАМЕР

#### 3.1 Коефіцієнти теплопередачі для перекриття холодильника

Для зовнішніх стін

$$k_{зс} = 0.16 \cdot e^{0.022(40+t_k)} \left[ \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}} \right], \quad (3.1)$$

де  $t_k$  – температура в камері, °С.

$$k_{нс} = 0.16 \cdot e^{0.022(40+(-25))} = 0.223 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

Для стелі

$$k_{бп} = 0.95 \cdot k_{нс} \left[ \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}} \right] \quad (3.2)$$

$$k_{бп} = 0.95 \cdot 0.223 = 0.211 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

Для внутрішніх стін і перегородок що відокремлюють охолоджувані приміщення від не охолоджуваних але і не опалювальних

$$k_{но} = 1.18 \cdot k_{нс} \left[ \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}} \right] \quad (3.3)$$

$$k_{но} = 1.18 \cdot 0.223 = 0.263 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

Для внутрішніх стін, перегородок і міжповерхових перекриттів, між охолоджуваними приміщеннями

$$k_{вн} = \frac{1}{2 + 0.07 \cdot \Delta t_{п}} \left[ \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}} \right], \quad (3.4)$$

де  $\Delta t_{п}$  – різниця між температурами повітря більш теплого і

						Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

холодного охолоджувальних приміщень по обидва боки огородження. Приймаємо 0°C, оскільки температура по обидва боки однакова.

$$k_{\text{вн}} = \frac{1}{2 + 0.07 \cdot 0} = 0.5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

Для підлоги приймаємо даний коефіцієнт згідно коефіцієнтів теплопередачі для підлоги, що обігривається.

Таблиця 3.1 Коефіцієнт теплопередачі для підлоги, що обігривається

Температура повітря в охолоджувальному приміщенні, °C	$k_{\text{п}}$ , Вт/(м <sup>2</sup> К)
От -30 до -20	0.21

### 3.2 Визначення товщини теплоізоляційного матеріалу

Тепер знаючи величини коефіцієнтів теплопередачі, розраховуємо для кожної багат шарової огорожі товщину теплоізоляційного шару за формулою (3.5).

$$\delta_{\text{із}} = \left[ \frac{1}{k^*} - \left( \frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_k} \right) \right] \cdot \lambda_{\text{із}} \quad [\text{М}] \quad (3.5)$$

де  $k^*$  - коефіцієнт теплопередачі відповідного огородження;

$\alpha_3$ ,  $\alpha_k$  - розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі із зовнішнього і внутрішнього боку огорожі. Приймаємо коефіцієнти тепловіддачу із табл. 3.2;

$\delta_i$ ,  $\lambda_i$  - товщина і коефіцієнт теплопровідності кожного будівельного шару конструкції огорожі. Приймають у залежності від обраної ізоляційної конструкції ;

$\lambda_{\text{із}}$  - розрахункове значення коефіцієнта теплопровідності вибраного ізоляційного матеріалу огорожі. Вибраний матеріал пінополістирол ПСБ – С,  $\lambda_{\text{ПСБ-С}}=0.035$  Вт/(мК)

Для урахування впливу теплопровідних включень в ізоляційному шарі розрахункове значення  $\lambda_{із}$  визначають як:

$$\lambda_{із} = (1.1 \dots 1.15) \cdot \lambda_{ПСБ-С} \left[ \frac{\text{Вт}}{\text{мК}} \right] \quad (3.6)$$

$$\lambda_{із} = 1.1 \cdot 0.035 = 0.038 \frac{\text{Вт}}{\text{мК}}$$

Таблиця 3.2 – Коефіцієнти тепловіддачі біля поверхонь огороження холодильних камер

Огородження	$\alpha$ , Вт/(м <sup>2</sup> К)
Зовнішні поверхні холодильника	23
Внутр. поверхні камер зберігання з повітряним охолодженням	9
Внутр. поверхні неохолоджуваних і опалювальних приміщень, що межують з холодильними камерами	8
Внутрішні поверхні камер холодильної обробки	11

Знаючи структуру і матеріал стіни, визначаємо товщину теплоізоляції по формулі (3.5) для кожної огорожі. Якщо збільшена товщина теплоізоляційного шару перевищує від одержаного на 5%, тоді визначаємо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі.

Для зовнішніх стін із структурою

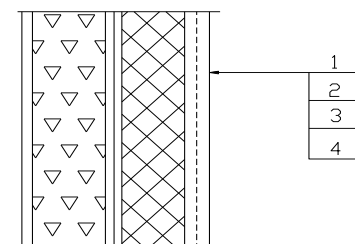


Рис. 3.1 – структура зовнішньої стіни

Таблиця 3.3 – Найменування матеріал шару, для зовнішніх стін.

№пп	Найменування	Товщина $\delta$ , м	Коеф. Теплопр-ті $\lambda$ , Вт/(мК)
1	Штукатурка вапняна	0.02	0.75
2	Пінополістирол ПСБ-С		0.035
3	Поліетиленова плівка	0.002	0.25
4	Важкий бетон	0.14	1.86

$$\delta_{из} = \left[ \frac{1}{0.223} - \left( \frac{1}{23} + \frac{0.02}{0.75} + \frac{0.002}{0.25} + \frac{0.14}{1.86} + \frac{1}{9} \right) \right] \cdot 0.038 = 0.16 \text{ м}$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 200 мм, (два шару по 100 мм).

Дійсне значення коефіцієнта теплопередачі, оскільки збільшена товщина теплоізоляційного шару перевищує від одержаного на 5%.

$$k_d^* = \frac{1}{\left( \frac{1}{23} + \frac{0.02}{0.75} + \frac{0.004}{0.25} + \frac{0.14}{1.86} + \frac{1}{9} \right) + \frac{0.2}{0.038}} = 0.181 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

Для стелі

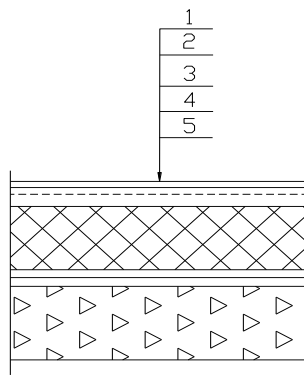


Рис. 3.2 – структура стелі

Таблиця 3.4 – Найменування матеріал шару, для стелі.

№пп	Найменування	Товщина $\delta$ , м	Коеф. Теплопр-ті $\lambda$ , Вт/(мК)
1	П'ять шарів гідроізола	0.012	0.3
2	Стяжка з бетону	0.04	1.8
3	Поліетиленова плівка	0.002	0.25
4	Пінополістирол ПСБ-С		0.035
5	Железобетонна плита	0.35	2.04

$$\delta_{із} = \left[ \frac{1}{0.211} - \left( \frac{1}{23} + \frac{0.002}{0.25} + \frac{0.14}{1.86} + \frac{0.35}{2.04} + \frac{1}{9} \right) \right] \cdot 0.038 = 0.16 \text{ м}$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 200 мм, (два шару по 100 мм).

Дійсне значення коефіцієнта теплопередачі, оскільки збільшена товщина теплоізоляційного шару перевищує від одержаного на 5%.

$$k_{д}^* = \frac{1}{\left( \frac{1}{23} + \frac{0.02}{0.75} + \frac{0.004}{0.25} + \frac{0.14}{1.86} + \frac{1}{9} \right) + \frac{0.2}{0.038}} = 0.181 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

Для внутрішніх стін

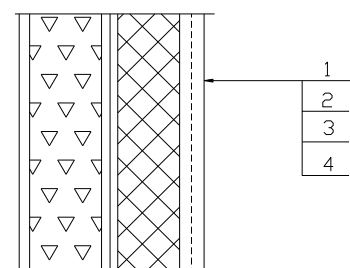


Рис. 3.3 – Структура внутрішніх стін

Таблиця 3.5 – Найменування матеріал шару, для внутрішніх стін

№пп	Найменування	Товщина $\delta$ , м	Коеф. Теплопр-ті $\lambda$ , Вт/(мК)
1	Панель керамзітобетону	0.24	0.47
2	Поліетиленова плівка	0.002	0.25
3	Пінополістирол ПСБ-С		0.035
4	Штукатурка вапняна	0.02	0.75

$$\delta_{is} = \left[ \frac{1}{0.263} - \left( \frac{1}{8} + \frac{0.24}{0.47} + \frac{0.002}{0.25} + \frac{0.02}{0.75} + \frac{1}{9} \right) \right] \cdot 0.038 = 0.11 \text{ м}$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 150мм, (один шар 100 мм и один шар 50 мм ).

Дійсне значення коефіцієнта теплопередачі, оскільки збільшена товщина теплоізоляційного шару перевищує від одержаного на 5%.

$$k_d^* = \frac{1}{\left( \frac{1}{8} + \frac{0.24}{0.47} + \frac{0.004}{0.3} + \frac{0.2}{0.75} + \frac{1}{9} \right) + \frac{0.15}{0.038}} = 0.211 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

Для перегородок між охолоджуваними приміщеннями

Приймаємо, що всі внутрішні перегородки між камерами виконані залізобетонними, товщиною 80 мм з теплоізоляційним матеріалом пінополістиролом ПСБ –С (конструкція аналогічна зовнішнім стінам).

Коефіцієнти тепловіддачі по обидві сторони перегородки приймаємо однаковими з таблиці. 2.1 для перегородок між охолоджуваними приміщеннями.

$$\delta_{is} = \left[ \frac{1}{0.5} - \left( \frac{1}{8} + \frac{0.08}{1.86} + \frac{0.001}{0.25} + \frac{0.02}{0.75} + \frac{1}{8} \right) \right] \cdot 0.038 = 0.06 \text{ м}$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 100мм.

Дійсне значення коефіцієнта теплопередачі, оскільки збільшена товщина теплоізоляційного шару перевищує від одержаного на 5%.

$$k_d^* = \frac{1}{\left(\frac{1}{8} + \frac{0.08}{0.47} + \frac{0.004}{0.3} + \frac{0.2}{0.75} + \frac{1}{8}\right) + \frac{0.1}{0.038}} = 0.34 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

Для підлоги

Теплоізоляцію підлоги приймаємо однаковою для всіх охолоджуваних приміщень. Як розрахункова, вибираємо наступною конструкцію:

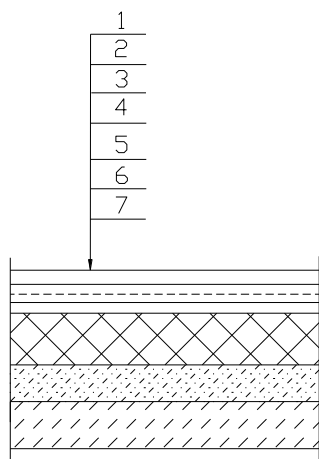


Рис. 3.4 – Структура підлоги

Таблиця 3.6 – Найменування матеріалу шару, для підлоги

№пп	Найменування	Товщина $\delta$ , м	Коеф. Теплопр-ті $\lambda$ , Вт/(мК)
1	Монолітне бетоне покр.	0.04	1.86
2	Армобетонная стягування	0.08	1.86
3	Керамзитовий гравій		0.15
4	Поліетиленова плівка	0.001	0.25
5	Цементний піщаний розчин	0.025	0.98
6	Пісок ущільнювача	0.2	0.58
7	Бетонна підгонка з електронагрівачами		

У розрахунку враховуємо лише шари лежачі вище за бетонну підгонку. Коефіцієнт теплопередачі поверхні підлоги, приймаємо однаковими з таблиці 3.2, для внутрішніх поверхонь камер.

$$\delta_{из} = \left[ \frac{1}{0.21} - \left( \frac{1}{9} + \frac{0.04}{1.86} + \frac{0.08}{1.86} + \frac{0.001}{0.25} + \frac{0.025}{0.98} + \frac{0.2}{0.58} \right) \right] \cdot 0.15 = 0.63 \text{ м}$$

Таблиця 3.7 – Характеристики стін холодильника

№пп	Найменування	Товщина ізоляції $\delta_{из}$ , м	Товщина ог. $\delta_{ог}$ , м	Коефіцієнт теплопередачі $K_d^*$ , Вт/(м <sup>2</sup> К)
Камера збереження				
1	Зовнішня стіна	0.2	0.164	0.18
2	Внутрішня стіна	0.15	0.048	0.211
3	Перегородка між камерами	0.1	0.08	0.34
4	Стеля	0.2	0.403	0.181
5	Підлога	0.63	0.34	0.21

## 4. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОПРИПЛИВІВ

Загальне теплове навантаження на холодильне устаткування визначають підсумуванням усіх теплоприпливів за формулою (4.1).

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 \text{ [Вт]}, \quad (4.1)$$

де  $Q_1$  – теплоприпливи через огороження охолоджувальних об'єктів;

$Q_2$  – теплоприпливи від холодильної обробки вантажів, що перебувають в охолоджувальному об'єкті;

$Q_3$  – теплоприпливи, що надходять із зовнішнім повітрям при вентиляції охолоджувальних об'єктів;

$Q_4$  – теплоприпливи від різних джерел, що з'являються при експлуатації охолоджувальних об'єктів;

$Q_5$  – теплоприпливи від дихання охолоджених плодів і овочів при їхній холодильній обробці і збереженні, або теплоприпливи від інших хімічних реакцій усередині охолоджувального об'єкта.

### 4.1 Розрахунок теплоприпливів через огороження

$$Q_1 = Q_{1T} + Q_{1C} \text{ [Вт]}, \quad (4.2)$$

де  $Q_{1T}$  – теплоприпливи від різниці температур по обох боках огороження, визначається з виразу (3.3);

$Q_{1C}$  – теплоприпливи від сонячного опромінення зовнішніх огорожень, визначається з виразу (3.4).

$$Q_{1T} = kF(t_s - t_k) \text{ [Вт]}, \quad (4.3)$$

де  $k$  – розрахунковий коефіцієнт теплопередачі для даної огорожі;

$F$  – площа поверхні даної огорожі;

$t_n$  – температура навколишнього середовища або сусіднього

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

теплішого приміщення;

$t_k$  – температура охолоджуваного об'єкту.

Оскільки підлога обігривається і коефіцієнт теплопередачі постійний для всієї його площі, тоді  $t_n=1$  °С .

$$Q_{1C} = kF\Delta t_c \text{ [Вт]}, \quad (4.4)$$

де  $\Delta t_c$  – надмірна різниця температур, що характеризує дію сонячної радіації в літній час, визначаємо за формулою (3.5).

$$\Delta t_c = p \frac{q_c \varepsilon_c}{\alpha_n} \text{ [}^\circ\text{C]}, \quad (4.5)$$

де  $p$  – коефіцієнт проникності, залежний від масивності огорожі, що опромінюється сонцем;

$q_c$  – розрахункова напруга сонячної радіації для літнього періоду, приймаємо по табл. 3.1, для Південної і Західної сторони;

$\varepsilon_c$  – коефіцієнт поглинання сонячної радіації поверхнею огорожі, приймаємо по табл. 3.2.

$\alpha_n$  – коефіцієнт тепловіддачі від нагрітої сонцем поверхні огорожі в навколишнє середовище, приймаємо по табл. 4.1.

Приймаємо  $p=0.75$ , так як класична ізоляційно-будівельна конструкція огороження холодильника відноситься до масивних.

Таблиця 4.1 – Розрахункові напруги сонячного випромінювання для літнього періоду

Географічна широта (північна)	$q_c, \text{ Вт/м}^2$			
	Горизонтальна плоска покрівля	Пд	Сх	З
46	789	384	384	461

Таблиця 4.2 – Коефіцієнти поглинання сонячного випромінювання різними матеріалами

Для стін		Для стелі	
Матеріал поверхні	$\varepsilon_c$	Матеріал поверхні	$\varepsilon_c$
Штукатурка світла	0.4	Гідроізол	0.86

Таблиця 4.3 – Розрахунок теплоприпливів через огороження камер.

Огорожа		K, Вт/(м <sup>2</sup> К)	F, м <sup>2</sup>	t <sub>н</sub> , °С	t <sub>к</sub> , °С	Q <sub>1Г</sub> <sup>i</sup> , Вт	Δt <sub>с</sub> , °С	Q <sub>1С</sub> <sup>i</sup> , Вт	Q <sub>1</sub> <sup>i</sup> , Вт
Камера №1	Перегородка (Пд)	0.211	51.2	18.5	-25	470	-		470
	Перегородка (С)	0.337	69.4	-25	-25	0	-		0
	Зовнішня (Пн)	0.181	51.2	30	-25	509	-		509
	Зовнішня (З)	0.181	69.4	30	-25	690	6.01	75	765
	Підлога	0.194	118	1	-25	591	-		591
	Стеля	0.176	118	30	-25	1140	22.1	459	1599
	Σ Q <sub>1</sub> <sup>i</sup> , Вт								
Камера №2	Перегородка (Пд)	0.211	50.4	18.5	-25	463	-		463
	Перегородка (С)	0.337	69.4	-25	-25	0	-		0
	Зовнішня (Пн)	0.181	50.4	30	-25	501	-		501
	Перегородка (З)	0.337	69.4	-25	-25	0	-		0
	Підлога	0.194	108	1	-25	591	-		545
	Стеля	0.176	108	30	-25	1140	22.1	420	1463
	Σ Q <sub>1</sub> <sup>i</sup> , Вт								
Камера №3	Перегородка (Пд)	0.211	50.4	18.5	-25	463	-		463
	Перегородка (С)	0.337	69.4	18.5	-25	0	-		1017
	Зовнішня (Пн)	0.181	50.4	30	-25	501	-		501
	Перегородка (З)	0.337	69.4	-25	-25	0	-		0
	Підлога	0.194	108	1	-25	591	-		545
	Стеля	0.176	108	30	-25	1140	22.1	420	1463
	Σ Q <sub>1</sub> <sup>i</sup> , Вт								
Камера №4	Перегородка (Пн)	0.211	51.2	18.5	-25	470	-		470
	Перегородка (С)	0.337	69.4	-25	-25	0	-		0
	Зовнішня (Пд)	0.181	51.2	30	-25	509	-		509
	Зовнішня (З)	0.181	69.4	30	-25	690	6.01	75	765
	Підлога	0.194	118	1	-25	591	-		591
	Стеля	0.176	118	30	-25	1140	22.1	459	1599
	Σ Q <sub>1</sub> <sup>i</sup> , Вт								
Камера №5	Перегородка (Пн)	0.211	50.4	18.5	-25	687	-		687
	Перегородка (С)	0.211	69.4	-25	-25	0	-		0
	Зовнішня (Пд)	0.181	50.4	30	-25	501	4.2	38	539
	Перегородка (З)	0.337	69.4	30	-25	1286	-		765
	Підлога	0.194	108	1	-25	591	-		545
	Стеля	0.176	108	30	-25	1140	22.1	420	1463
	Σ Q <sub>1</sub> <sup>i</sup> , Вт								
Сумарні теплоприпливи крізь огорожі камер, Вт									17828

4.2 Розрахунок теплоприпливів від вантажів при їх холодильній обробці

$$Q_2 = \frac{G(h_1 - h_2)\tau_{\text{ц}}}{0.0864\tau_p} \text{ [Вт]} \quad (4.6)$$

де  $G_{\text{п}}$  – добове додавання вантажу на холодильну обробку, т/доб. ;  
 $(h_1-h_2)$  – різниця ентальпій вантажу, відповідних початковій і кінцевій температурам продукту (кДж/кг).

$\tau_{\text{ц}}$  – тривалість циклу холодильної обробки, з урахуванням завантаження і вивантаження продукту, год;

$\tau_p$  – тривалість робочого періоду, тобто фактичний час, впродовж якого споживається холод, год.

Добове додавання вантажу на холодильну обробку приймаємо 7% від місткості камери, оскільки місткість камери не перевищує 200т.

Приймаємо початкову температуру надходження вантажу в камеру збереження мінус 10°C, тоді ентальпії вантажу будуть рівні  $h_1=33,2$  кДж/кг ,  $h_2=-11.7$  кДж/кг (при  $t_2=-25^0\text{C}$ ).

Для пристроїв холодильної обробки безперервної роботи . Тривалість холодильної обробки приймаємо безперервну, тоді  $\tau_{\text{ц}} = \tau_p$ .

$$G_{\text{п}}=0.07 \cdot G_{\text{к}}=0.07 \cdot 72=11.79 \text{ тони/добу}$$

$$Q_2 = \frac{11.79 \cdot (33.2 - (-11.7))}{0.0864} = 6130 \text{ Вт}$$

Теплоприпливи від тари

$$Q_{2\text{T}} = \frac{G_{\text{T}}(c_1 t_1 - c_2 t_2)\tau_{\text{ц}}}{0.0864\tau_p} \text{ [Вт]} \quad (4.7)$$

де  $G_{\text{T}}$  – добове надходження тари на холодильну обробку, т/доб;  
 $c_1, c_2$  – питомі теплоємності тари, при відповідних температурах,

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

кДж/кг.

Величину  $G_T$  приймаємо 10% від добового надходження продукту, (для картонної тари).

Питома теплоємність тари рівна 1.46 кДж/(кгК, (для картонної тари).

$$G_T = 0.1 \cdot G = 0.1 \cdot 11.79 = 1.18 \frac{\text{Т}}{\text{доб}}$$

$$Q_{2T} = \frac{1.18 \cdot (1.46 \cdot (-10) - 1.46 \cdot (-25))}{0.0864} = 299 \text{ Вт}$$

Сума теплоприпливів від вантажу

$$\Sigma Q_2 = Q_2 + Q_{2T} = 6130 + 299 = 6430 \text{ Вт}$$

#### 4.3 Розрахунок експлуатаційних теплоприпливів від різних джерел

До експлуатаційних відносять теплоприпливи різних за походженням джерел теплоти, що виникають при експлуатації охолоджуваних приміщень.

$$Q_4 = Q_4' + Q_4'' + Q_4''' + Q_4'''' \text{ [Вт]}, \quad (4.9)$$

де  $Q_4'$  – теплоприплив від електричного освітлення;

$Q_4''$  – теплоприплив від електричних двигунів;

$Q_4'''$  – теплоприплив від працюючих людей;

$Q_4''''$  – теплоприплив від відкривання дверей.

Розрахунок теплоприливу від електричного освітлення

$$Q_4' = q_4' \cdot j_{\text{св}} \cdot F_{\text{буд}} \text{ [Вт]}, \quad (4.10)$$

де  $F_{\text{буд}}$  – будівельна площа охолоджувального приміщення;

$J_{\text{св}}$  – коефіцієнт одночасної роботи світильників. Приймаємо  $J_{\text{св}}=0,33$  для трьох зонного освітлення;

$q_4'$  – питома потужність світильників загального освітлення. Для складських приміщень приймаємо  $q_4' = 3 \text{ Вт/м}^2$ .

$$Q_4' = 3 \cdot 0.33 \cdot 108 = 107 \text{ Вт}$$

						Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок теплоприпливу від електричних двигунів

$$Q_4'' = j_{\text{дв}} \Sigma N_{\text{дв}} \text{ [Вт]}, \quad (4.11)$$

де  $J_{\text{дв}}$  – коефіцієнт одночасності роботи устаткування з електродвигунами ( $J_{\text{дв}} = 0.4 \dots 1$ ). Приймаємо  $J_{\text{дв}} = 0.4$ .

$N_{\text{дв}}$  – розрахункова потужність електродвигуна, кВт.

Так як розрахунок теплоприливів ведуть при проектуванні охолоджувального об'єкта, то на цьому етапі роботи ще не відомі потужності електродвигунів устаткування, у цьому випадку ведемо розрахунки по виразу (4.12).

$$\Sigma N_{\text{дв}} = 1.2(Q_1 + Q_2 + Q_3)m, \quad (4.12)$$

де  $(Q_1 + Q_2 + Q_3)$  – сума розрахованих теплоприливів для даної камери;  
 $m$  – коефіцієнт, зумовлений як відношення потужності електродвигуна до холодовидатності повітроохолоджувача.

Коефіцієнт  $m$  для камер збереження з повітряним охолодженням буде рівним  $m = 0.06$

$$\Sigma N_{\text{дв}} = 1.2 \cdot (3999 + 6430) \cdot 0.06 = 1010 \text{ Вт}$$

$$Q_4'' = 0.4 \cdot 1010 = 404 \text{ Вт}$$

Розрахунок теплоприпливу від працюючих людей

$$Q_4''' = q_4''' n \text{ [Вт]}, \quad (4.13)$$

де  $q_4'''$  – тепловиділення однієї працюючої людини, Вт.

$n$  – число працюючих.

Для камери збереження и охолодження, тепловиділення працюючої людини при роботі середньої важкості розрахуємо за формулою (3.13).

Число працюючих приймаємо  $n = 2$  так як  $F_6 \leq 200 \text{ м}^2$ .

$$q_4''' = 270 - 6t_k \quad (4.14)$$

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

$$q_4''' = 270 - 6 \cdot (-25) = 420 \text{ Вт} \quad Q_4''' = 420 \cdot 2 = 840 \text{ Вт}$$

Розрахунок теплоприпливу при відкриванні дверей

$$Q_4''' = VF_{\text{буд}} [\text{Вт}], \quad (4.15)$$

де  $V$  – питома витрата холоду при відкриванні дверей,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ .

При площі приміщення від 50 до 150  $\text{м}^2$  приймаємо для камер збереження заморожених продуктів и камери охолодження  $V=7 \text{ Вт}/\text{м}^2$ .

$$Q_4''' = 7 \cdot 108 = 756 \text{ Вт}$$

Сума експлуатаційних теплоприпливів

$$Q_4 = 107 + 404 + 840 + 756 = 2107 \text{ Вт}$$

Розрахунок необхідної поверхні приладів охолодження вестимемо по камері з найбільшими теплопритоками, в нашому випадку це камера №5. При розрахунку сумарних теплопритоків в камеру експлуатаційні теплопритоки приймаємо у розмірі 50%, теплопритоки через огорожі і від вантажу у розмірі 100%.

Таблиця 4.4 – Сумарні теплопритоки в камери

	$Q_1, \text{Вт}$	$Q_2, \text{Вт}$	$Q_3, \text{Вт}$	$Q_0, \text{Вт}$
Камера №1	3934	6430	1053	11417
Камера №2	2972	6430	1053	10455
Камера №3	3989	6430	1053	11472
Камера №4	3934	6430	1053	11417
Камера №5	3999	6430	1053	11482

Розрахунок необхідної поверхні приладів охолодження вестимемо по камері з найбільшими теплопритоками, в нашому випадку це камера №5. У камерах для відведення теплопритоків будуть встановлені повітроохолоджувачі, по 2 шт, з розрахунковою продуктивністю одного апарату  $Q_{\text{по}}=6 \text{ кВт}$ .

При розрахунку навантаження на компресора теплопритоки від холодильної обробки вантажу необхідно визначити виходячи з навантаження на швидкоморозильні апарати  $G=100$  т/добу. Тоді, по формулі 3.6 і 3.7 визначимо сумарний теплоприток від заморожування вантажу:

$$Q_2 = \frac{100 \cdot (33.2 - (-11.7))}{0.0864} + \frac{10 \cdot (1.46 \cdot (-10) - 1.46 \cdot (-25))}{0.0864} = 54500 \text{ Вт}$$

Теплопритоки через огорожі приймаємо у розмірі 100% , експлуатаційні теплопритоки приймаємо у розмірі 50%. Тоді сумарне навантаження на компресора без урахування втрат складе:

$$Q_{\text{комп}} = 17828 + 54500 + 0.5 \cdot 5 \cdot 2107 = 77595 \text{ Вт}$$

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

## 5 ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ХОЛОДИЛЬНОЇ СИСТЕМИ

Вихідні данні:

Теплове навантаження –  $Q_0=77.6$  кВт

Температура кипіння –  $t_0=-35^{\circ}\text{C}$ ,  $T_0=238$  К

Температура конденсації –  $t_K=45^{\circ}\text{C}$ ,  $T_K=318$  К(повітряний конденсатор)

Температура всмоктувальних паров низької ступені –  $t_{bc}=-25^{\circ}\text{C}$

Холодильний агент – R717(аміак)

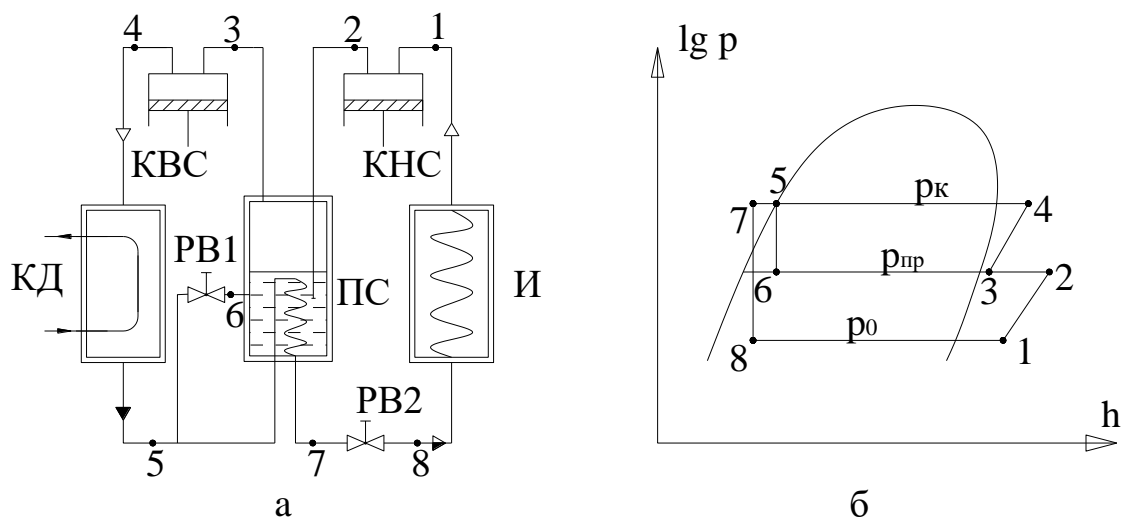


рис. 5.1 – Двоступінчатий цикл(б) і умовна схема(а) холодильної машини з повним проміжним охолодженням і подвійним дроселюванням в промсосуде із змійовиком

Процеси циклу:

1-2 стискування пари в компресорі нижнього ступеня від  $P_0$  до  $P_{пр}$ ;

2-3 повне проміжне охолодження пари в ПС;

3-4 стискування пари в компресорі верхнього ступеня від  $P_{пр}$  до  $P_K$ ;

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	37

- 4-5 зняття перегріву і конденсація агента в конденсаторі;
- 5-6 допоміжне дроселювання частини агента від  $P_k$  до  $P_{пр}$  в промсосуд;
- 5-7 переохолодження основної частини рідкого агента в змішувачу промсосууда;
- 7-8 основне дроселювання агента від  $P_k$  до  $P_0$ ;
- 8-1 кипіння агента у випарнику і перегрів пари на всмоктуванні.

Розрахункове теплове навантаження на компресор

$$Q_{км} = \frac{k}{b} \cdot Q_0 \text{ [кВт]} \quad (5.1)$$

де  $k$  – коефіцієнт утрат при транспортуванні холоду;

$b$  – коефіцієнт робочого часу компресорів.

Для великих систем безпосереднього випаровування холодильного агенту приймаємо  $k=1.05$ .

Для малих автоматизованих агрегатів приймаємо –  $b=0.8$ .

$$Q_{км} = \frac{1.05}{0.8} \cdot 77.6 = 101.9 \text{ кВт}$$

За допомогою діаграми  $\lg P-h$ , будемо цикл холодильної установки і знімаємо данні для розрахунку вузлових точок, получені данні заносимо в таблицю 6.1.

Тиск кипіння –  $P_0=0.93$  бар

Тиск конденсації –  $P_k=17.81$  бар

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

Проміжний тиск визначаємо по формулі (5.2)

$$P_{\text{пр}} = \sqrt{P_k \cdot P_0} \text{ [бар]}, \quad (5.2)$$

$$P_{\text{пр}} = \sqrt{17.81 \cdot 0.93} = 4.07 \text{ бар}$$

Питомий об'єм в крапці 1 и 3.

$$V_1 = 1.278 \frac{\text{м}^3}{\text{кг}}, \quad V_3 = 0.3 \frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$$

Проміжна температура –  $t_{\text{пр}} = -1.5^\circ\text{C}$ ,  $T_0 = 271.5 \text{ К}$

Таблиця 5.1 – параметри в вузлових точках циклу

	1	2	3	4	5	6	7	8
$t_0 = -35^\circ\text{C}$								
Температура $t$ , $^\circ\text{C}$	-25	76	-0.5	107	45	-1.5	2.5	-35
Ентальпія $h$ , кДж/кг	1436	1646	1460	1678	417	417	212	212
Тиск $P$ , бар	0.93	4.07	4.07	17.81	17.81	4.07	17.8	0.93

Питома масова холодовидатність

$$q_0 = h_1 - h_8 = 1436 - 212 = 1224 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Питома об'ємна холодовидатність

$$q_v^H = \frac{q_0}{V_1} = \frac{1224}{1.278} = 958 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$q_v^B = \frac{q_0}{V_3} = \frac{1224}{0.3} = 4080 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Питома адіабатна робота компресора

$$L_a^H = h_2 - h_1 = 1646 - 1436 = 210 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$L_a^B = h_4 - h_3 = 1678 - 1460 = 218 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Масова витрата робочої речовини

$$M_a^{\text{КНС}} = \frac{Q_0}{q_0} = \frac{101.9}{1224} = 0.08 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

$$M_a^{\text{КВС}} = M_a^{\text{КНС}} \cdot \frac{(h_2 - h_7)}{(h_3 - h_6)} = 0.08 \cdot \frac{(1646 - 212)}{(1460 - 417)} = 0.11 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Дійсна об'ємна холодовидатність

$$V_D^H = M_a^{\text{КНС}} \cdot V_1 = 0.08 \cdot 1.278 = 0.104 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

$$V_D^B = M_a^{\text{КВС}} \cdot V_3 = 0.11 \cdot 0.3 = 0.033 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Лінійний мертвий простір –  $c=0.04$

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

Коефіцієнт розширення з мертвого простору –  $m=1.1$

Втрати на мертвому просторі

$$\lambda_c^H = 1 - c \cdot \left[ \left( \frac{P_{np}}{P_0} \right)^{\frac{1}{m}} - 1 \right] = 1 - 0.04 \cdot \left[ \left( \frac{4.07}{0.93} \right)^{\frac{1}{1.1}} - 1 \right] = 0.915$$

$$\lambda_c^B = 1 - c \cdot \left[ \left( \frac{P_k}{P_{np}} \right)^{\frac{1}{m}} - 1 \right] = 1 - 0.04 \cdot \left[ \left( \frac{17.81}{4.07} \right)^{\frac{1}{1.1}} - 1 \right] = 0.915$$

$$\lambda_w^H = \frac{T_0}{T_{np}} = \frac{238}{271.5} = 0.877$$

$$\lambda_w^B = \frac{T_{np}}{T_k} = \frac{271.5}{318} = 0.854$$

Коефіцієнт подачі компресора

$$\lambda^H = \lambda_c^H \cdot \lambda_w^H = 0.915 \cdot 0.877 = 0.802$$

$$\lambda^B = \lambda_c^B \cdot \lambda_w^B = 0.915 \cdot 0.854 = 0.781$$

Теоретичний об'єм описаний поршнями компресора

$$V_h^H = \frac{V_d^H}{\lambda^H} = \frac{0.104}{0.802} = 0.13 \frac{M^3}{c}$$

						Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_h^B = \frac{V_d^B}{\lambda^B} = \frac{0.033}{0.781} = 0.042 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Адіабатна потужність витрачена на стискування пара в компресорі

$$N_a^H = M_a^{\text{KHC}} \cdot L_a^H = 0.081 \cdot 210 = 17 \text{ кВт}$$

$$N_a^B = M_a^{\text{KBC}} \cdot L_a^B = 0.11 \cdot 218 = 24 \text{ кВт}$$

Індикаторний КПД

Для аміаку  $b=0.0025$

$$\eta_i^H = \lambda_w^H + b \cdot t_0 = 0.877 + 0.0025 \cdot (-35) = 0.789$$

$$\eta_i^B = \lambda_w^B + b \cdot t_{\text{тр}} = 0.854 + 0.0025 \cdot (-1.5) = 0.85$$

Індикаторна потужність компресора

$$N_i^H = \frac{N_a^H}{\eta_i^H} = \frac{17}{0.789} = 21.5 \text{ кВт}$$

$$N_i^B = \frac{N_a^B}{\eta_i^B} = \frac{24}{0.85} = 28.2 \text{ кВт}$$

Потужність тертя

Середній індикаторний тиск тертя –  $P_{\text{ітр}}=50$  кПа

$$N_{\text{тр}}^H = P_{\text{ітр}} \cdot V_h^H = 50 \cdot 0.13 = 5.7 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{тр}}^B = P_{\text{ітр}} \cdot V_h^B = 50 \cdot 0.042 = 2.1 \text{ кВт}$$

						Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ефективна потужність компресора

$$N_e^H = N_{тр}^H + N_i^H = 5.7 + 21.5 = 27.2 \text{ кВт}$$

$$N_e^B = N_{тр}^B + N_i^B = 2.1 + 28.2 = 30.3 \text{ кВт}$$

Тепло відведене конденсатором

$$Q_k = Q_0 + N_e^B = 101.3 + 30.3 = 131.6 \text{ кВт}$$

Усі розрахунки зведемо в таблицю 6.2

Таблиця 5.2 – Результат розрахунків двоступінчатої холодильної установки

Найменування розрахункового параметру	$t_0 = -35^\circ\text{C}$	
	Н	В
Питома масова холодовидатність, кДж/кг	1224	
Питома об'ємна холодовидатність, кДж/кг	958	4080
Питома адіабатна робота компресора, кДж/кг	210	218
Масова витрата робочої речовини, кг/с	0.081	0.11
Дійсна об'ємна холодовидатність, м <sup>3</sup> /с	0.104	0.033
Теоретичний об'єм описаний поршнями компресора, м <sup>3</sup> /с	0.13	0.042
Адіабатна потужність витрачена на стискування пара в компресорі, кВт	17	24
Індикаторний КПД	0.789	0.85
Індикаторна потужність компресора, кВт	21.5	28.2
Ефективна потужність компресора, кВт	27.2	30.3
Тепло відведене конденсатором, кВт	131.6	

## 6 РОЗРАХУНОК ПОВІТРЯНОГО КОНДЕНСАТОРА

За результатами теплового розрахунку приймаємо для відведення теплоти конденсації повітряний конденсатор з продуктивністю:

$$Q_k=70 \text{ кВт}$$

Дані для розрахунку:

Теплове навантаження:  $Q_k=70 \text{ кВт}$

Розрахункова температура зовнішнього повітря:  $t_n=32 \text{ }^\circ\text{C}$

Відносна вологість зовнішнього повітря:  $\varphi_n=0.6$

Зовнішній діаметр труби:  $d=0.022 \text{ м}$

Внутрішній діаметр труби:  $d_{вн}=0.02 \text{ м}$

Товщина ребра:  $\delta=0.0008 \text{ м}$

Крок ребер:  $u=0.008 \text{ м}$

Ширина ребра:  $V=0.044 \text{ м}$

Матеріал труб/ребер: сталь

Крок труб по ходу/проти ходу повітря:  $S_1/S_2=0.044/0.088 \text{ м}$

Розташування труб в пучку: шахове

Форма ребра: пластинчасте

Агент: R717

### 6.1 Тепловий розрахунок конденсатора

Приймаємо підігрів повітря в конденсаторі  $\Delta t=5 \text{ К}$ , тоді температура повітря на виході з апарату:

$$t_2=t_n+\Delta t=32+5=37 \text{ }^\circ\text{C}$$

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

Температура конденсації для повітряних конденсаторів приймається на 10-12 К вище за розрахункову температуру зовнішнього повітря:

$$t_k = 32 + 10 = 42 \text{ }^\circ\text{C}$$

Задаємося швидкістю повітря в живому перетині апарату –  $w = 8 \text{ м/с}$ .

Розраховуємо геометричні характеристики ребра:

- зовнішня поверхня ребра:

$$f_p = B^2 - 0.25 \cdot \pi \cdot d^2 + 4 \cdot B \cdot \delta = 0.044^2 - 0.25 \cdot 3.14 \cdot 0.022^2 + 4 \cdot 0.044 \cdot 0.0008 = 1.7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

- зовнішня поверхня труби між двома суміжними ребрами:

$$f_{тр} = \pi \cdot d \cdot (u - \delta) = 3.14 \cdot 0.022 \cdot (0.008 - 0.0008) = 0.5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

- внутрішня поверхня труби ребристого елемента:

$$f_{вн} = \pi \cdot d \cdot u = 3.14 \cdot 0.022 \cdot 0.008 = 0.55 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

- повна зовнішня поверхня ребристого елемента:

$$f_{п} = f_p + f_{тр} = 1.7 \cdot 10^{-3} + 0.5 \cdot 10^{-3} = 2.2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

- коефіцієнт обребрення  $\beta$  и ступінь обребрення  $\varphi_n$ :

$$\beta = f_{п} / f_{вн} = 2.2 / 0.55 = 4$$

$$\varphi_n = f_{п} / f_{тр} = 2.2 / 0.5 = 4.4$$

За довідковими даними [2] вибираємо теплофізичні властивості повітря при  $t_n$ :

- кінематична в'язкість  $\nu = 16.2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ ;
- коефіцієнт теплопровідності  $\lambda = 0.027 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;
- число Прандтля  $Pr = 0.7$ ;
- щільність  $\rho = 1.16 \text{ кг}/\text{м}^3$ ;
- теплоємність  $c = 1.005 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ .

Визначальний розмір для умов тепловіддачі від поверхні конденсатора до повітря для пластинчастих ребер визначаємо по формулі:

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

$$d_3 = 2 \cdot (S_1 - d) \cdot (u - \delta) / (S_1 - d + u - \delta), \text{ м} \quad (6.1)$$

$$d_3 = 2 \cdot (0.044 - 0.022) \cdot (0.008 - 0.0008) / (0.044 - 0.022 + 0.008 - 0.0008) = 0.011 \text{ м}$$

Критерій Рейнольдса визначаємо по формулі:

$$Re = w \cdot d_3 / \nu \quad (6.2)$$

$$Re = 8 \cdot 0.011 / 16.2 \cdot 10^{-6} = 5358$$

Критерій Нуссельта для пластинчастого ребра визначаємо по формулі:

$$Nu = 0.178 \cdot [(S_1 - d) / d_3]^{-0.14} \cdot Re^{0.6} \quad (6.3)$$

$$Nu = 0.178 \cdot [(0.044 - 0.022) / 0.011]^{-0.14} \cdot 5358^{0.6} = 27.8$$

Коефіцієнт тепловіддачі від поверхні ребра до повітря визначаємо по формулі:

$$\alpha_k = Nu \cdot \lambda / d_3 \quad (6.4)$$

$$\alpha_k = 27.8 \cdot 0.027 / 0.011 = 69.1 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

Умовна висота ребра для пластинчастих ребер визначаємо по формулі:

$$h' = 0.5 \cdot d \cdot (1.15 \cdot B / d - 1) (1 + 0.35 \cdot \ln(1.15 \cdot B / d)), \text{ м} \quad (6.5)$$

$$h' = 0.5 \cdot 0.022 \cdot (1.15 \cdot 0.044 / 0.022 - 1) (1 + 0.35 \cdot \ln(1.15 \cdot 0.044 / 0.022)) = 0.018 \text{ м}$$

Для сталевих труб коефіцієнт теплопровідності стінки  $\lambda_{тр} = 47 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ,  
для сталевих ребер  $\lambda_p = 47 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ .

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

Коефіцієнт ефективності ребра визначаємо по формулі:

$$E = \tanh[(2 \cdot \alpha_k / (\delta \cdot \lambda_p))^{0.5} \cdot (h' + 0.5 \cdot \delta)] / [(2 \cdot \alpha_k / (\delta \cdot \lambda_p))^{0.5} \cdot (h' + 0.5 \cdot \delta)] \quad (6.6)$$

$$E = \tanh[(2 \cdot 69.1 / (0.0008 \cdot 47))^{0.5} \cdot (0.018 + 0.5 \cdot 0.0008)] / \\ / [2 \cdot 69.1 / (0.0008 \cdot 47))^{0.5} \cdot (0.018 + 0.5 \cdot 0.0008)] = 0.91$$

Приведений коефіцієнт тепловіддачі визначаємо по формулі:

$$\alpha_{пр} = \alpha_k \cdot (f_p \cdot E / f_{п} + 1 / \varphi_n), \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (6.7)$$

$$\alpha_{пр} = 69.1 \cdot (1.7 \cdot 0.91 / 2.2 + 1 / 4.4) = 64.2 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

Розрахункові дані для визначення термічного опору шару мастила:

товщина –  $\delta_m = 0.0005 \text{ м}$ ;

коефіцієнт теплопровідності –  $\lambda_m = 0.12 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ .

Коефіцієнт теплопередачі, віднесений до зовнішньої поверхні апарату визначимо по формулі:

$$K = [(1 / \alpha_{пр} + 8 \cdot f_{п} / (\pi \cdot (d^2 + d_{вн}^2))) \cdot (0.5 \cdot (d - d_{вн}) / \lambda_{тр} + \delta / \lambda_p + \delta_m / \lambda_m)]^{-1}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (6.8)$$

$$K = [(1 / 64.2 + 8 \cdot 2.2 \cdot 10^{-3} / (\pi \cdot (0.022^2 + 0.002^2))) \cdot \\ \cdot (0.5 \cdot (0.022 - 0.02) / 47 + 0.0008 / 47 + 0.0005 / 0.12)]^{-1} = 23.8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Властивості агента (R717) визначаємо за довідковими даними [2] при визначальній температурі конденсації  $t_k$ :

- щільність конденсату  $\rho_k = 1120 \text{ кг}/\text{м}^3$ ;
- коефіцієнт теплопровідності конденсату  $\lambda_k = 0.0756 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ;
- коефіцієнт динамічної в'язкості конденсату  $\mu_k = 2.2 \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с}$ ;
- теплота паротворення  $r = 165 \cdot 10^3 \text{ Дж}/\text{кг}$ .

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

Щільність теплового потоку з боку конденсуючого холодильного агента, використовуючи загальну температуру стінки труби  $t_{ст}$ , можна виразити по формулі:

$$q = \beta^{-1} \cdot 0.72 \cdot [9.81 \cdot r \cdot \rho_k^2 \cdot \lambda_k^3 \cdot (\mu_k \cdot d_{вн})^{-1}]^{0.25} \cdot (t_k - t_{ст})^{-0.75}, \text{ Вт/м}^2 \quad (6.9)$$

$$q = 4^{-1} \cdot 0.72 \cdot [9.81 \cdot 165 \cdot 10^3 \cdot 1120^2 \cdot 0.0756^3 \cdot (2.2 \cdot 10^{-4} \cdot 0.02)^{-1}]^{0.25} \cdot (42 - t_{ст})^{-0.75} = 678 \cdot (42 - t_{ст})^{-0.75}$$

Щільність теплового потоку з боку повітря, використовуючи загальну температуру стінки труби  $t_{ст}$ , можна виразити по формулі:

$$q = K \cdot (t_{ст} - t_{н}), \text{ Вт/м}^2 \quad (6.10)$$

$$q = K \cdot (t_{ст} - t_{н}) = 23.8 \cdot (t_{ст} - 32)$$

Вирішуючи спільно систему рівнянь 5.9 і 5.10, визначимо шукану щільність теплового потоку через стінку:  $q = 168.2 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$ .

Повну оребрену поверхню апарату визначаємо по формулі:

$$F = Q_k \cdot 10^3 / q, \text{ м}^2 \quad (6.11)$$

$$F = 70 \cdot 10^3 / 168.2 = 416 \text{ м}^2$$

## 6.2 Конструктивний розрахунок апарату

Об'ємна витрата повітря через апарат:

$$V = Q_k / (c \cdot \rho \cdot \Delta t), \text{ м}^3/\text{с} \quad (6.12)$$

$$V = 70 / (1.16 \cdot 1.005 \cdot 6) = 14.15 \text{ м}^3/\text{с}$$

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

Площа «живого» перетину конденсатора:  $F_{ж}=V/w=14.3/8=1.7 \text{ м}^2$

Сумарна довжина труб в апараті:  $\sum L=F_{ж}/f_{п}=1.7/(2.2 \cdot 10^{-3})=772 \text{ м}$

Площу «живого» перетину одного ребристого елемента визначимо по формулі:

$$f_{ж}=S_1 \cdot u - (2 \cdot h \cdot \delta + d \cdot u), \text{ м}^2 \quad (6.13)$$

$$f_{ж}=0.044 \cdot 0.008 - (2 \cdot 0.018 \cdot 0.0008 + 0.022 \cdot 0.008) = 0.1465 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Число ребристих елементів у фронтальному перетині пучка труб апарату:  $n_{рз}=F_{ж}/f_{ж}=1.7/0.1465 \cdot 10^{-3}=11604$

Сумарна довжина труб у фронтальному перетині пучка:

$$\sum L_{ф}=u \cdot n_{рз}=0.008 \cdot 11604=92.8 \text{ м}$$

Площа фронтального перетину апарату:  $S_{ф}=S_1 \cdot \sum L_{ф}=0.044 \cdot 92.8=4.1 \text{ м}^2$

По графіках характеристик вентиляторів [6] вибираємо чотири вентилятори марки ВО-12-303-6,3 при орієнтовному натиску  $H=130 \text{ Па}$ .

Діаметр вентиляторів  $D_{в}=0.63 \text{ м}$ , кількість  $z=3$

Орієнтовні геометричні розміри конденсатора:

- ширина  $B_{к}=(S_{ф}/z)^{0.5}=(4.1/4)^{0.5}=1.01 \text{ м}$ ;

- довжина  $L_{к}=B_{к} \cdot z=1.01 \cdot 4=4.04 \text{ м}$ .

Число труб у фронтальному перетині апарату з округленням до цілого:

$$N_{ф}=B_{к}/S_1=1.01/0.044=23$$

Дійсні геометричні розміри конденсатора:

- ширина  $B_{к}=N_{ф} \cdot S_1=23 \cdot 0.044=1.01 \text{ м}$ ;

- довжина  $L_{к}=S_{ф}/B_{к}=4.1/1.01=4.06 \text{ м}$ .

Число труб уздовж потоку повітря, з округленням до більшого цілого:

$$N=\sum L/\sum L_{ф}=772/92.8 \approx 9$$

Висота секції:  $H_{к}=S_2 \cdot N=0.088 \cdot 9=0.79 \text{ м}$ .

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

## 7 РОЗРАХУНОК ПОВІТРООХОЛОДЖУВАЧА

Вихідні данні до розрахунку:

Робоче тіло – R717 (аміак)

Теплове навантаження – 6000 Вт

Температура повітря в камері –  $t_{\text{кам}} = -29^{\circ}\text{C}$

Відносна вологість повітря камери –  $\phi_{\text{кам}} = 0,9$

Товщина інею –  $\delta_i = 0,003$  м

Швидкість руху повітря –  $\omega_{\text{п}} = 4$  м/с

Температура кипіння агента –  $t_0 = -35^{\circ}\text{C}$

Геометричні розміри і тип ребристої поверхні ПО:

Труба: сталь

Зовнішній діаметр –  $d_{\text{зн}} = 0,020$  м

Внутрішній діаметр –  $d_{\text{вн}} = 0,016$  м

Товщина стінки –  $\delta_{\text{тр}} = 0,002$  м

Теплопровідність сталі –  $\lambda_{\text{ст}} = 47$  Вт/(мК)

Ребро: сталь, пластинчасте

Висота –  $h = 0,02$  м

Толщина –  $\delta_p = 0,0004$  м

Крок –  $u_p = 0,012$  м

Компоновка пучка труб: шаховий пучок

Крок труб в пучку:

Поперечний (упоперек потоку повітря) –  $S_1 = 0,06$  м

Подовжній (уздовж потоку повітря) –  $S_2 = 0,06$  м

						Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Діагональний

$$S_{22} = (S_2^2 + (S_1 / S_2)^2)^{0.5} \text{ [м]}, \quad (7.1)$$

$$S_{22} = (0,06^2 + (0,06 / 0,06)^2)^{0.5} = 0,067 \text{ м}$$

### 7.1 Тепловий розрахунок повітроохолоджувача

Кінцевою метою теплового розрахунку є визначення площі теплопередавальною поверхні повітроохолоджувача, яка повинна відводити задане теплове навантаження і підтримувати необхідну температуру повітря в камері.

Задаємося величиною підохолодження повітря в камері  $\Delta t_{\text{п}}=2 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Температура повітря на виході з ПО

$$t_2 = t_{\text{кам}} - \Delta t_{\text{п}} = -25 - 2 = -27^{\circ}\text{C}$$

Середня температура повітря

$$t_{\text{ср.в}} = 0.5(t_2 + t_{\text{кам}}) = 0.5(-27 - 25) = -26^{\circ}\text{C}$$

Температурний напор

$$\theta = t_{\text{ср.в}} - t_0 = -26 - 35 = 9^{\circ}\text{C}$$

Середня температура поверхні ПО (інею)

$$t_{\text{пі}} = t_{\text{ср.в}} - (0.1 \dots 0.9) \cdot \theta = -26 - 0.4 \cdot 9 = -29.6^{\circ}\text{C}$$

Теплофізичні параметри повітря при середній температурі на вході і виході з апарату:

Коефіцієнт теплопровідності –  $\lambda_{\text{п}}=2.231 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/(мК)}$

Коефіцієнт кінематичної в'язкості –  $\nu_{\text{п}}=11.17 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$

Питома щільність –  $\rho_{\text{п}}=1.428 \text{ кг/м}^3$

Питома теплоємність –  $c_{\text{п}}=1.011 \text{ клж/(кгК)}$

Число Прандтля –  $P_r=0.719$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

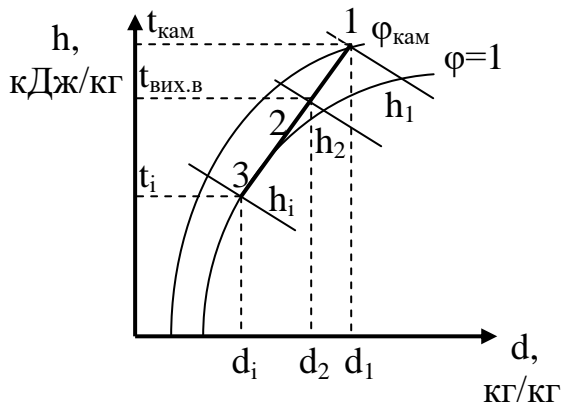


Рис.7.1 – Процес зміни стану повітря в повітроохолоджувачі.

По d- h діаграмі, за допомогою таблиць роботи і розрахункових залежностей визначаємо параметри повітря (t,d,h). І заносимо в табл.7.1

Таблиця 7.1 – Параметри повітря

	При $t_k = -25^\circ\text{C}$	При $t_{\text{пн}} = -29.6^\circ\text{C}$
Ентальпія h, кДж/кг	-24.4	-29.15
Влаговміст d, кг/кг	$0.38 \cdot 10^{-3}$	$0.24 \cdot 10^{-3}$
Вологість $\phi$ , %	0.9	1

Влаговміст повітря на виході з апарату

$$d_2 = d_k - \left[ (t_k - t_2) \cdot \frac{(d_k - d_{\text{пн}})}{(t_k - t_{\text{пн}})} \right] \left[ \frac{\text{кг}}{\text{кг}} \right], \quad (7.2)$$

$$d_2 = 0.38 \cdot 10^{-3} - \left[ (-25 - (-27)) \cdot \frac{(0.38 \cdot 10^{-3} - 0.24 \cdot 10^{-3})}{(-25 - (-29.6))} \right] = 3.191 \cdot 10^{-4} \frac{\text{кг}}{\text{кг}}$$

Ентальпія повітря при  $d_2$  і  $t_2$  рівна  $h_2 = -26.45$  кДж/кг

Вологовміст повітря при вологості повітря 100% і температурі мінус  $28^\circ\text{C}$  дорівнює  $d_{21} = 0.31 \cdot 10^{-3}$  кг/кг.

Вологовміст повітря при вологості повітря 100% і температурі мінус 25 °С дорівнює  $d_{\text{вк1}}=0.39 \cdot 10^{-3}$  кг/кг.

Відносна вологість повітря на виході з апарату

$$\phi_2 = \frac{d_2}{d_{21}} = \frac{3.191 \cdot 10^{-4}}{3.1 \cdot 10^{-4}} = 1.029$$

Розрахунок геометричних характеристик ребристого теплопередаючого елементу

4.2 Геометричні характеристики поверхні ребристого теплопередаючого елементу вільного від інею

Площа зовнішньої поверхні ребра

$$f_p = 2(S_1 \cdot S_2 - 0.785 \cdot d_{\text{зн}}^2) = 2 \cdot (0.06 \cdot 0.06 - 0.785 \cdot 0.02^2) = 6.572 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Площа зовнішньої поверхні труби між двома суміжними ребрами

$$f_t = \pi \cdot d_{\text{зн}} \cdot (u_p - \delta_p) = 3.14 \cdot 0.02 \cdot (0.012 - 0.0004) = 7.288 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Площа внутрішньої поверхні труби ребристого елементу

$$f_b = \pi \cdot d_{\text{вн}} \cdot u_p = 3.14 \cdot 0.016 \cdot 0.012 = 6.032 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Повна зовнішня поверхня ребристого елементу

$$f_3 = f_p + f_t = 6.572 \cdot 10^{-3} + 7.288 \cdot 10^{-4} = 7.301 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Коефіцієнт  $\beta$  і ступінь  $\phi$  ребрення теплообмінної поверхні

$$\beta = \frac{f_3}{f_b} = \frac{7.301 \cdot 10^{-3}}{6.032 \cdot 10^{-4}} = 12.104$$

$$\phi = \frac{f_3}{(\pi \cdot d_3 \cdot u_p)} = \frac{7.301 \cdot 10^{-3}}{(3.14 \cdot 0.02 \cdot 0.012)} = 9.683$$

Умовний коефіцієнт ребрення теплообмінної поверхні

$$\beta_H = \frac{f_H}{f_T} = \frac{7.301 \cdot 10^{-3}}{7.288 \cdot 10^{-4}} = 10.017$$

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

7.2 Геометричні характеристики поверхні інею що осів на ребристому теплопередающем елементі

Площа зовнішньої поверхні інею на ребрі

$$f_{pi} = 2[S_1 \cdot S_2 - 0.785 \cdot (d_3 + 2 \cdot \delta_i)^2] [M^2], \quad (7.3)$$

$$f_{pi} = 2 \cdot [0.06 \cdot 0.06 - 0.785 \cdot (0.02 + 2 \cdot 0.003)^2] = 6.139 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Зовнішня поверхня інею на трубі між двома суміжними ребрами

$$f_{ti} = \pi(d_3 + 2 \cdot \delta_i) \cdot [u_p - (\delta_p + 2 \cdot \delta_i)] [M^2],$$

$$f_{ti} = 3.14 \cdot (0.02 + 2 \cdot 0.003) \cdot [0.012 - (0.0004 + 2 \cdot 0.003)] = 4.574 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Повна площа зовнішньої поверхні інею на ребристому елементі

$$f_{zi} = f_{pi} + f_{ti} [M^2],$$

$$f_{zi} = 6.139 \cdot 10^{-3} + 4.574 \cdot 10^{-4} = 6.596 \cdot 10^{-3} [M^2]$$

Коефіцієнт оребрення  $\beta$  поверхні покритої інеєм

$$\beta_i = \frac{f_{zi}}{f_B}, \quad (7.4)$$

$$\beta_3 = \frac{6.596 \cdot 10^{-3}}{6.032 \cdot 10^{-4}} = 10.935$$

Мінімальний "живий" перетин одного елемента покритого шаром інею, заданої товщини

$$f_{ж} = (S_1 - d_{зн} - 2\delta_i) \cdot (u_p - \delta_p - 2\delta_i) [M^2], \quad (7.5)$$

$$f_{ж} = (0.06 - 0.02 - 2 \cdot 0.003) \cdot (0.012 - 0.0004 - 2 \cdot 0.003) = 5.984 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Задаємося швидкістю повітря в "живому" перетині повітроохолоджувача  $\omega_{п}=3 \text{ м/с}$

Визначуваний режим руху повітря число Рейнольдса

$$Re_{п} = \frac{\omega_{п} \cdot d_{зн}}{\nu_{п}},$$

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

$$Re_{\pi} = \frac{3 \cdot 0.02}{11.17 \cdot 10^{-6}} = 5372$$

Еквівалентний діаметр

$$d_e = \frac{2 \cdot (S_1 - d_{3H}) \cdot (u_p - \delta_p)}{(S_1 - d_{3H}) + (u_p - \delta_p)} \quad [M]$$

$$d_e = \frac{2 \cdot (0.06 - 0.02) \cdot (0.012 - 0.0004)}{(0.06 - 0.02) + (0.012 - 0.0004)} = 0.018 \text{ м}$$

Число Нусельта

$$Nu = 0.178 \cdot Re_{\pi}^{0.6} \left( \frac{S_2}{d_e} \right)^{-0.14}, \quad (7.6)$$

$$Nu = 0.178 \cdot 5372^{0.6} \left( \frac{0.06}{0.018} \right)^{-0.14} = 26.015$$

Конвективний коефіцієнт тепловіддачі від повітря до поверхні інею

$$\alpha_k = \frac{Nu \cdot \lambda_{\pi}}{d_{3H}} \left[ \frac{Вт}{м^2К} \right], \quad (7.7)$$

$$\alpha_k = \frac{26.015 \cdot 2.231 \cdot 10^{-2}}{0.02} = 29.02 \frac{Вт}{м^2К}$$

Питома теплота фазового переходу при  $t_k < 0^{\circ}C$ ,  $r = 2835$  кДж/кг;

$$\text{Ентальпія інею } h_i = c_i \cdot t_{mi} = 2.09 \cdot (-29.6) = -61.86 \frac{кДж}{кг}$$

Коефіцієнт теплопровідності інею  $\lambda_i = 0,2$  Вт/(м<sup>2</sup>К)

Влаговміст повітря при середній температурі

$$d_m = 0.5(d_{вк} + d_2) = 0.5 \cdot (0.38 + 0.32) \cdot 10^{-3} = 0.349 \cdot 10^{-3} \frac{кг}{кг}$$

Питома теплоємність вологого повітря

$$c_{\pi}' = 1.009 + 1.87 \cdot d_m = 1.009 + 1.87 \cdot 0.003496 = 1.01 \frac{кДж}{кгК}$$

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

Коефіцієнт вологовипадіння

$$\xi = 1 + (d_{\text{BK1}} \cdot \varphi_{\text{BK}} - d_{\text{пi}}) \cdot \frac{r - h_i}{[c_{\text{п}} \cdot (t_{\text{к}} - t_{\text{пi}})]}, \quad (7.8)$$

$$\xi = 1 + ((0.39 \cdot 10^{-3}) \cdot 0.9 - (0.24 \cdot 10^{-3})) \cdot \frac{2835 - (-61.86)}{[1.01 \cdot (-25 - (-29.6))]} = 1.069$$

Приведений коефіцієнт тепловіддачі від повітря до зовнішньої поверхні теплопередаючого елемента з урахуванням термічного опору шару інею

$$\alpha_{\text{пр}} = \left[ \frac{1}{(\alpha_{\text{к}} \cdot \xi)} + \frac{\delta_i}{\lambda_i} \right]^{-1} \left[ \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}} \right], \quad (7.9)$$

$$\alpha_{\text{пр}} = \left[ \frac{1}{(29.28 \cdot 1.069)} + \frac{0.003}{0.2} \right]^{-1} = 21.174 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

Безрозмірний комплекс

Умовна висота ребра

$$h_y = h \cdot \left[ 1 + 0.805 \log \left( \frac{0.076}{d_{\text{н}}} \right) \right] = 0.02 \cdot \left[ 1 + 0.805 \log \left( \frac{0.076}{0.02} \right) \right] = 0.029 \text{ м}$$

$$m = \left[ 2 \cdot \frac{\alpha_{\text{пр}}}{(\delta_p \cdot \lambda_p)} \right]^{0.5} = \left[ 2 \cdot \frac{21.174}{(0.0004 \cdot 47)} \right]^{0.5} = 47.461 \frac{1}{\text{м}}$$

Коефіцієнт ефективності ребра

$$E = \frac{\tanh(mh_y)}{mh_y} = \frac{\tanh(47.461 \cdot 0.029)}{47.461 \cdot 0.029} = 0.635$$

Коефіцієнт враховує нерівномірність тепловіддачі

$$\psi = 1 - 0.058mh_y = 1 - 0.058 \cdot 47.461 \cdot 0.029 = 0.919$$

Коефіцієнт враховує контактний термічний опір між трубою і ребром, для сталевих труб и сталевих ребер дорівнює  $C_{\text{к}}=0.8$ .

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

Умовний коефіцієнт тепловіддачі, віднесений до зовнішньої поверхні ребристого елемента

$$\alpha_{\text{пр.зн}} = \frac{\alpha_{\text{пр}} (f_p \cdot E \cdot \psi \cdot c_k + f_T)}{f_{zi}} \left[ \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}} \right], \quad (7.10)$$

$$\alpha_{\text{пр.зн}} = \frac{21.174 \cdot (6.572 \cdot 10^{-3} \cdot 0.635 \cdot 9.683 \cdot 0.8 + 7.288 \cdot 10^{-4})}{6.596 \cdot 10^{-3}} = 12.187 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

Щільність теплового потоку, віднесена до внутрішньої поверхні труби

$$q_B = \alpha_k \cdot \xi \cdot (t_{\text{ср.п}} - t_{\text{мі}}) \cdot \beta_i \left[ \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \right], \quad (7.11)$$

$$q_B = 29.02 \cdot 1.069 \cdot (-24.05 - (-29.6)) \cdot 10.935 = 1222 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$$

Коефіцієнт тепловіддачі при кипінні робочого тіла в трубах апарату:

$$\alpha_0 = (103.2 + 0.19 \cdot t_0) \cdot q_B^{0.25} \left[ \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}} \right], \quad (7.12)$$

$$\alpha_0 = (103.2 + 0.19 \cdot (-35)) \cdot 1222^{0.25} = 553.648 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

Коефіцієнт теплопередачі віднесений до зовнішньої поверхні інею

$$k_{\text{зн.і}} = \left[ \frac{1}{\alpha_{\text{пр.зн}} + \varphi \cdot \frac{\delta_T}{\lambda_T} + \frac{\beta_i}{\alpha_0}} \right]^{-1} \left[ \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}} \right], \quad (7.13)$$

$$k_{\text{зн.і}} = \left[ \frac{1}{12.187 + 9.683 \cdot \frac{0.004}{47} + \frac{10.935}{553.648}} \right]^{-1} = 12.207 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

Коефіцієнт теплопередачі віднесений до зовнішньої "сухої" поверхні оребреної труби без інею

$$k_{\text{зн}} = k_{\text{зн.і}} \cdot \frac{\beta}{\beta_i} \left[ \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}} \right], \quad (7.14)$$

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

$$k_{\text{зн}} = 12.207 \cdot \frac{12.104}{10.935} = 13.511 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

7.3 Перевірка раніше прийнятої температури поверхні інею і визначення площі зовнішньої поверхні повітроохолоджувача

Щільність теплового потоку, віднесена до зовнішньої поверхні інею

$$q_{\text{зн}} = k_{\text{зн.і}} \cdot (t_{\text{ср.п}} - t_0) = 12.207 \cdot (-26 - (-35)) = 109.862 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

Прийнята різниця температур повітря і поверхні інею

$$\Delta t = t_{\text{ср.п}} - t_{\text{пі}} = -26 - (-29.6) = 3.6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Розрахункова різниця температур повітря і поверхні інею

$$\Delta t_p = q_{\text{зн}} / \alpha_k \cdot \xi = 109.862 / 29.02 \cdot 1.069 = 3.541 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Відносна погрішність прийнятої і розрахункової різниці температур

$$\delta = |(\Delta t_p - \Delta t) / \Delta t_p| \cdot 100\% = |(3.541 - 3.6) / 3.541| \cdot 100\% = 1.67\%$$

Площа сухої поверхні повітроохолоджувача

$$F_{\text{зн}} = Q_0 / (k_{\text{зн}} \cdot (t_{\text{ср.п}} - t_0)) = 6000 / (13.511 \cdot (-26 - (-35))) = 49.3 \text{ м}^2$$

7.4 Компонувальний розрахунок повітроохолоджувача

Метою компонентного розрахунку ПО є:

а) Визначення загальної кількості труб в теплообмінній секції, що забезпечують розрахункову величину теплообмінної поверхні;

б) Визначення кількості труб в поперечному і подовжньому перетинах повітроохолоджувача, і на їх основі габаритних розмірів теплообмінної секції апарату.

Об'ємна витрата повітря через повітроохолоджувач

$$V_{\text{п}} = \frac{Q_0}{[\rho_{\text{п}} \cdot (h_{\text{вк}} - h_2) \cdot 10^3]} = \frac{6000}{(1.428 \cdot (-24.4 - (-26.45)))} = 2.05 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

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

Мінімальний "живий" перетин повітроохолоджувача з інєєм на теплообмінній поверхні

$$F_{\text{ж}} = V_{\text{п}} / \omega_{\text{п}} = 2.05 / 3 = 0.68 \text{ м}^2$$

Площа фронтального перетину повітроохолоджувача

$$F_{\text{ф}} = \frac{(F_{\text{ж}} \cdot S_1 \cdot u_p)}{f_{\text{ж}}} = \frac{(0.68 \cdot 0.06 \cdot 0.012)}{5.984 \cdot 10^{-4}} = 0.82 \text{ м}^2$$

По об'ємній витраті через повітроохолоджувач вибираємо два вентилятори з об'ємною витратою  $V=1.77 \text{ м}^3/\text{с}$

Діаметр вентилятора –  $D_{\text{в}}=0.4 \text{ м}$

Число вентиляторів –  $n=2 \text{ шт}$

Площа прохідного перетину вентиляторів

$$F_{\text{в}} = 0.785 \cdot D_{\text{в}}^2 \cdot n = 0.785 \cdot 0.5^2 \cdot 2 = 0.39 \text{ м}^2$$

Для забезпечення хорошого розподілу повітря повинне бути виконане наступне співвідношення між площею вільного перетину апарату і площею прохідного перетину вентиляторів

$$1.8 < \frac{F_{\text{ф}}}{F_{\text{в}}} < 2.6 \quad 1.8 < 2.05 < 2.6$$

умова виконується

Орієнтовні геометричні розміри теплообмінної секції повітроохолоджувача у фронтальному перетині, визначають з виразів:

Ширина

$$H_{\text{h}}' = (F_{\text{ф}} / n)^{0.5} = (0.82 / 2)^{0.5} = 0.64 \text{ м}$$

Довжина

$$L_{\text{h}}' = H_{\text{h}}' \cdot n = 0.64 \cdot 2 = 1.28 \text{ м}$$

Орієнтовне число труб у фронтальному перетині пучка, шт

$$z_{\text{п}}' = H_{\text{h}}' / S_1 = 0.64 / 0.06 = 10.7$$

Число труб упоперек потоку повітря визначають округленням  $z_{\text{п}}'$  до

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

цілого парного значення  $z_n=12$ , тоді дійсна ширина і довжина секції складе:

$$H = z_n \cdot S_1 = 12 \cdot 0.06 = 0.72 \text{ м}$$

$$L = F_\phi / H = 0.82 / 0.64 = 1.28 \text{ м}$$

Число ребристих елементів у фронтальному перетині повітроохолоджувача

$$n_{\text{ж}} = F_{\text{ж}} / f_{\text{ж}} = 1.139 / (5.984 \cdot 10^{-4}) = 1136 \text{ шт}$$

Площа сухої зовнішньої поверхні одного ряду труб у фронтальному перетині повітроохолоджувача

$$F_{\text{н1}} = f_{\text{зн.і}} \cdot n_{\text{ж}} = 6.596 \cdot 10^{-3} \cdot 1136 = 7.49 \text{ м}^2$$

Орієнтовне число труб по ходу повітря у ПО

$$z_{\text{тр}}' = F_{\text{зн}} / F_{\text{н1}} = 49.3 / 7.49 = 6.6$$

Число труб уздовж потоку повітря визначають округленням  $z_{\text{тр}}'$  до цілого значення у велику сторону  $z_{\text{тр}}=7$ , тоді розрахункові параметри теплообмінної секції ПО складе

Загальна довжина труб апарату

$$\Sigma L = L \cdot z_n \cdot z_{\text{тр}} = 1.28 \cdot 12 \cdot 7 = 107.5 \text{ м}$$

Площа зовнішньої поверхні апарату

$$F_{\text{д}} = \Sigma L \cdot \pi \cdot d_{\text{вн}} \cdot \beta = 107.5 \cdot 3.14 \cdot 0.016 \cdot 12.104 = 65.37 \text{ м}^2$$

Глибина секції

$$B = S_2 \cdot z_{\text{тр}} = 0.06 \cdot 7 = 0.42 \text{ м}$$

### 7.5 Аеродинамічний розрахунок опору шахових пучків труб

$$S_p = u_p - \delta_p = 0.012 - 0.0004 = 0.012 \text{ м}$$

$$P = 0.233 \cdot \left( \frac{S_2}{S_p} \right)^{0.42} \cdot (\omega_{\text{п}} \cdot \rho_{\text{п}})^{1.8} \cdot z_{\text{тр}}' \text{ [Па]} \quad (7.15)$$

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

$$P = 0.233 \cdot \left( \frac{0.06}{0.012} \right)^{0.42} \cdot (4 \cdot 1.428)^{1.8} \cdot 6.6 = 69 \text{ Па}$$

Таблиця 7.2 – Характеристики розрахункового ПО

Найменування розрахункового параметру	Позначення	Кількість
Об'ємна витрата повітря через ПО	V	2.05 м <sup>3</sup> /с
Площа фронтального перетину ПО	F <sub>ф</sub>	0.82 м <sup>2</sup>
Площа прохідного перетину вентиляторів	F <sub>в</sub>	0.39 м <sup>2</sup>
Дійсне число труб у фронтальному перетині пучка	Z <sub>п</sub>	12 шт
Число ребр. елементів у фронт. перетині ПО	n <sub>ж</sub>	1136 шт
Дійсне число труб по ходу повітря в ПО	Z <sub>пр</sub>	7 шт
Сумарна довжина труб апарату	ΣL	107.5 м
Площа зовнішньої поверхні	F <sub>д</sub>	65.37 м <sup>2</sup>
Холодовидатність	Q <sub>0</sub>	6 кВт
Площа сухої поверхні повітроохолоджувача	F <sub>зн</sub>	49.3 м <sup>2</sup>
Висота ребра	h	0.02 м
Товщина ребра	δ <sub>р</sub>	0,0004 м
Крок ребер	u <sub>р</sub>	0.012 м
Матеріал ребер (сталь)	λ <sub>ст</sub>	47 Вт/(мК)
Компоновка пучка	шаховий	
Глибина секції	B	0.42 м
Ширина секції	H	0.72 м
Довжина секції	L	1.28 м

## 8 ПІДБІР КОМПРЕСОРІВ ТА ДОПОМІЖНОГО УСТАТКУВАННЯ

### 8.1 Підбір компресорів, конденсаторів та повітроохолоджувачів

Підбір компресорів здійснимо по потрібній холодопродуктивності в режимі зберігання  $Q_0=101.9$  кВт з параметрами роботи, представленими при тепловому розрахунку. Для СНТ вибираємо два гвинтових компресора фірми Sabroe модель SAB 193L з дійсною об'ємною подачею  $V_h=260$  м<sup>3</sup>/год, довжиною 3250, шириною 1500, висотою 1900, масою 2800 кг [10]. Для СВТ вибираємо два гвинтових компресора фірми Sabroe модель SAB 120M з дійсною об'ємною подачею  $V_h=191$  м<sup>3</sup>/год, довжиною 2200, шириною 1300, висотою 1500, масою 1200 кг [10].

Для відведення теплоти конденсації в даній холодильній системі використовуємо повітряні конденсатори. Розрахункове теплове навантаження було визначено за даними теплового розрахунку:

$$Q_k=131.6 \text{ кВт}$$

Вибираємо два повітряні конденсатори фірми Thermofin моделі TACW (Додаток 2) потужністю 86.8 кВт при розрахунковій температурі конденсації  $t_k=42$  °С.

У камерах схову вантажу для забезпечення температурного режиму і рівномірного температурного поля буде встановлено по 2 підвісних стельових з двосторонньою подачею повітря, повітроохолоджувача з розрахунковою холодопродуктивністю по  $Q_0=10$  кВт. Приймаємо повітроохолоджувач фірми Thermofin моделі TADN з холодопродуктивністю  $Q_0=10.4$  кВт.

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

## 8.2 Підбір допоміжного устаткування

Лінійний ресівер призначений для рівномірної подачі рідкого агента на пристрої, що дроселюють, і його зберігання у той час коли система не працює.

Лінійний ресівер для даної холодильної системи безпосереднього охолодження підбирається з розрахунку, що його об'єм складає не менше 60% об'єму повітроохолоджувачів. При цьому робоче заповнення ресівера складає 50%. Загальний внутрішній об'єм повітроохолоджувачів можна визначувати виходячи їх конструктивних характеристик і числа повітроохолоджувачів:

$$V_{исп} = 24 \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot d_{вн}^2 \cdot \Sigma L = 24 \cdot 0.25 \cdot 3.14 \cdot 0.016^2 \cdot 97.2 = 0.47 \text{ м}^3.$$

Відповідно до правил техніки безпеки розрахунковий об'єм також збільшують на 20%, оскільки його заповнення не повинне перевищувати 80%. Т.ч., місткість лінійного ресівера можна визначити як:

$$V_{л} = (0.6 \cdot V_{исп} / 0.5) \cdot 1.2 = (0.6 \cdot 0.47 / 0.5) \cdot 1.2 = 0.68 \text{ м}^3.$$

Як лінійні ресівери використовують горизонтальні або вертикальні циліндрові судини. По місткості підбираємо горизонтальний ресівер 0.75PB, який може використовуватися при робочому тиску до 1.8 мПа в діапазоні температур від -15 до +47 °С. Обичайки ресівера зварні, запобіжні клапани мають умовний прохід  $D_y$  15мм.

Віддільники рідини включають в систему для захисту компресора від попадання в них рідкого хладагента. Віддільник рідини повинен бути забезпечений автоматичними приладами, що вимикають компресор при небезпечній зміні рівня рідини в судині. У системах безпосереднього кипіння, при регулюванні заповнення приладів охолодження по перегріву пари при нормальній експлуатації, в судині не повинно бути рідини.

Рідина відділяється від пари унаслідок різкої зміни швидкості і напряму руху холодильного агента. Швидкість пари в судині не повинна

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

перевищувати 0.5 м/с. Він є зварною вертикальною циліндровою судиною, що має патрубки і штуцера для приєднання рідинної і парових ліній, зрівняльної лінії, автоматичних приладів і манометра. Судина розрахована на робочий тиск не більше 1,5 мПа в робочому діапазоні температур от -50 до +40 °С. Підбираємо віддільник рідини фірми Sanrong марки SR-208.

Масловіддільники призначені для відділення масла, що відноситься з компресорів разом з холодильним агентом. Підбір масловіддільників проводиться по діаметру нагнітального патрубка компресора. Вибираємо масловіддільник циклонного типу марки 50МО.

Мастилозбірник призначений для перепускання в нього масла з апаратів і подальшого видалення його з системи при низькому тиску. Він є зварною вертикальною циліндровою судиною, розрахованою на робочий тиск не більше 1,8 мПа в робочому діапазоні температур від -40 до +150 °С. Вибираємо мастилозбірник марки 10МЗС (Снежняскхиммаш).

Для захисту віддільника рідини від переповнювання, а так само зберігання агента при тривалій зупинці холодильної машини, в системі передбачений захисний дренажний ресівер. Підбір апарату здійснюється аналогічно лінійному ресіверу, т.ч. як дренажний вибираємо горизонтальний ресівер 0.75РВ.

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

## 9 РОЗРАХУНОК МАГІСТРАЛЬНИХ ТРУБОПРОВІДІВ

Об'ємна витрата агента:

$$V_a = M_a / \rho, \text{ [м}^3/\text{с]}, \quad (9.1)$$

де  $\rho$  – щільність агента за відповідних умов,  $\text{кг/м}^3$ .

Діаметр трубопроводу, що розраховується:

$$d = 1.13 \cdot (V_a / w)^{0.5}, \text{ [м]}, \quad (9.2)$$

де  $w$  – орієнтовна швидкість агента, що приймається виходячи з умов роботи трубопроводу,  $\text{м/с}$ .

Нагнітальний трубопровід:

При  $t_2 = 107 \text{ }^\circ\text{C}$  и  $P_k = 17.8 \text{ бар}$  – щільність агента  $\rho_2 = 10.25 \text{ кг/м}^3$ .

$$V_a = 0.11 / 10.25 = 0.011 \text{ м}^3/\text{с}.$$

$$d_n = 1.13 \cdot (0.011 / 13)^{0.5} = 0.033 \text{ м}.$$

Приймаємо на нагнітанні сталеву трубу  $38 \times 2$ .

Всмоктуючий трубопровід:

Нижній ступінь:

При  $t_1 = -25 \text{ }^\circ\text{C}$  и  $P_0 = 0.93 \text{ бар}$  визначаємо щільність агента  $\rho_1 = 0.78 \text{ кг/м}^3$ .

$$V_a = 0.081 / 0.78 = 0.104 \text{ м}^3/\text{с}$$

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

$$d_n = 1.13 \cdot (0.104/14)^{0.5} = 0.097 \text{ м.}$$

Приймаємо на всмоктуванні сталеву трубу 108×4.

Всмоктуючий трубопровід:

Верхній ступінь:

При  $t_1 = -0.5 \text{ °C}$  и  $P_0 = 4.07 \text{ бар}$  визначаємо щільність агента  $\rho_1 = 3 \text{ кг/м}^3$ .

$$V_a = 0.11/3 = 0.037 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$d_n = 1.13 \cdot (0.037/14)^{0.5} = 0.058 \text{ м.}$$

Приймаємо на всмоктуванні сталеву трубу 76×3.5.

Трубопровід на сливі від конденсатора до ресівера:

При  $t_3 = 45 \text{ °C}$  и  $P_k = 17.8 \text{ бар}$  визначаємо щільність агента  $\rho_3 = 580 \text{ кг/м}^3$ .

$$V_a = 0.11/580 = 0.00019 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$d_n = 1.13 \cdot (0.00019/0.5)^{0.5} = 0.022 \text{ м.}$$

Приймаємо на рідинному зливі сталеву трубу 32×2.

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

## 10 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці - це система законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Проектоване підприємство призначене для тривалого зберігання м'ясних напівфабрикатів. Холодильна установка, що забезпечує підтримку технологічного режиму зберігання в камерах, використовує холодильний агент аміак.

В компресорному цеху знаходиться холодильна машина, апарати якої знаходяться в тому ж приміщенні. Повітряні конденсатори розташовані поза будівлею. Висота стелі складає 5,5 м. Компресорний цех має два виходи один з яких безпосередньо назовні. Апарати що вимагають постійного обслуговування обладнанні спеціальними майданчиками і сходами. Майданчики і сходи огороженні поручнем. Колектор приборів охолодження знаходиться в компресорному цеху, що дозволяє негайно відрегулювати подачу холодоагенту. Усе устаткування розміщене з необхідними проходами, без труднощів обслуговування. Загальна площа компресорного цеху складає 108 м<sup>2</sup>.

Аміак R717, хімічна формула NH<sub>3</sub>. Нормальна температура кипіння мінус 33,35 °С. При атмосферному тиску аміак — безбарвний газ, легше за повітря, з різким задушливим запахом.

Найбільш небезпечними властивостями аміаку є його токсичність і вибухонебезпека. Перебування людини протягом декількох хвилин в приміщенні з об'ємною часткою аміаку в повітрі —0,5÷1% приводить до смертельного результату або сильного отруєння. Температура самозаймання аміаку 630 °С. При об'ємній частці в повітрі понад 11 % і наявності

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

відкритого полум'я аміак починає горіти.

Суміш пари аміаку з повітрям при об'ємній частці 15÷28 % вибухонебезпечна. Максимальний тиск вибуху суміші біля 0,45 МПа. Аміак починає розкладатися при температурі вище 250 °С.

Категорія приміщення за вибухопожежною та пожежною безпекою

Приміщення аміачних машинних і апаратних відділень по вибухопожежно небезпеці відносяться до категорії "B2L" (клас вибухонебезпеки B2L). Їх розміщують, як правило, в одноповерхових будівлях, прибудованих до корпусу холодильника або виробничої будівлі, в якій розміщені споживачі холоду.

У машинному відділенні передбачають не менше двох виходів, один з яких — безпосередньо назовні (через тамбур для середньої і північної смуги). Виходи розташовують на максимально можливій відстані один від одного.

Забезпечення вибухобезпеки експлуатації устаткування

Аміачна холодильна установка – герметична технологічна система, в якій по замкнутому контуру, без виробничих витрат, циркулює холодильний агент. В елементах АХУ відбуваються тільки термодинамічні процеси та пов'язані з ними фазові перетворення аміаку (пара→рідина та рідина→пара).

У приміщеннях та на ділянках аміачної холодильної установки, у суміжних приміщеннях/ділянках, поза приміщеннями, а також у самій установці, за умов нормальної експлуатації технологічної системи витоків

холодильного агенту не відбувається, вибухопожежно небезпечна суміш пари аміаку з повітрям не утворюється. Небезпека виникнення вибуху та пожежі з'являється тільки внаслідок позаштатних аварійних ситуацій, аварій, НС техногенного чи природного походження. Захист технологічного устаткування, трубопроводів та арматури від зруйнування під дією надлишкового тиску в системі забезпечений конструктивним виконанням

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

елементів установки, системою захисних клапанів, приладами автоматичного захисту АХУ.

Підбір запобіжного клапану

Пропускна здатність запобіжного клапану вибирається так, щоб у посудині або балоні не створився тиск, що перевищує робочий більш ніж на 0.05 МПа для посудин з робочим тиском до 0.3 МПа включно; на 15 % для посудин із  $P_{раб} = 6$  МПа; на 10 % для посудин із  $P_{раб} > 6$  МПа.

Не рідше одного разу в 12 місяців запобіжний клапан перевіряють на стендах з наступним опломбуванням.

Визначимо мінімальну площу перетину клапана

$$F = \frac{M}{\mu \cdot B \cdot \sqrt{2 \cdot \rho \cdot (P_1 - P_2)}} \text{ [м}^2\text{]}, \quad (10.1)$$

де  $M$  – масова витрата рідини чи газу,  $M = 1.168$  кг/с;

$\mu$  – коефіцієнт витрати газу (рідини) для даної конструкції клапану визначається експериментально і записується у його паспорті,  $\mu = 0.75$ ;

$B$  – коефіцієнт, що враховує фізико-хімічні властивості газу при робочих параметрах та залежить від показника адіабати  $k = 1.13$  й

відношення тисків  $\frac{P_2}{P_1} = 0.076$ ;

$$B = 1.59 \sqrt{\frac{k}{k+1} \cdot \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{1}{k-1}}} \quad (10.2)$$

$P_1, P_2$  – відповідно тиск спрацювання клапану та абсолютний тиск за клапаном,  $P_2 = 0.1$  МПа,  $P_1 = 1.3$  МПа;

$\rho$  – щільність середовища при тиску  $P_1$  та температурі перед клапаном,

$$\rho = 13.5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

$$F = \frac{1.168}{0.75 \cdot 0.909 \sqrt{2 \cdot 13.5 \cdot (1.3 - 0.1) \cdot 10^6}} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

					Арк.
					69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Діаметр клапану

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}} \text{ [м]}, \quad (10.3)$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 3 \cdot 10^{-4}}{3.14}} = 0.019 \text{ м}$$

Обираємо діаметр клапану з стандартного ряду  $d = 0.02$  м.

Небезпечні властивості холодагентів, особливо аміаку, викликають необхідність своєчасного і швидкого визначення місць витoku холодагенту і ліквідації не щільності для підтримки герметичності системи.

Місце витoku аміаку визначають за допомогою фільтрованого паперу, просоченого хімічними індикаторами, що змінюють колір при зіткненні з середовищем, що містить аміак. Як індикатори використовують 1% - ний розчин фенолфталеїну в спирте-ректифікате або при необхідності більш високої чутливості - розчин феноліту в спирті і гліцерині. За наявності в повітрі аміак індикаторний папір, заздалегідь змочений водою, змінює колір на червоний.

На усіх посудинах встановлюють манометри з класом точності не нижче 2,5. клас точності манометра характеризується допустимою погрішністю ( $y$  %) при вимірі тиску. На посудину манометр встановлюють так, що б його свідчення були виразно видні обслуговуючому персоналу. Кількість запобіжних хлипаків, їх розміри і пропускну спроможність розраховують з умови, щоб в посудині тиск не міг перевищити робоче більш ніж на 0,05 МПа.

Організація безпечної експлуатації на холодильних установках.

Мета організаційних заходів щодо техніки безпеки на холодильних установках — створення безпечних умов праці шляхом постійного контролю за дотриманням правил монтажу, експлуатації і ремонту устаткування і систем установок, а також шляхом підтримки технічних знань обслуговуючого персоналу на необхідному рівні.

						Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Адміністрація підприємства забезпечує холодильну установку необхідним штатом персоналу. Чисельність машиністів і слюсарів - ремонтників для обслуговування установки повинна відповідати «Нормативам чисельності робочих холодильних установок». Холодильна установка обслуговується, як правило, не менше чим двома машиністами в зміну. Обслуговування установки одним машиністом в зміну допускається тільки в тому випадку, якщо за умовами технологічного процесу можливе тимчасове припинення холодопостачання з виключенням холодильної установки.

Тому до складу кожної аміачної холодильної установки передбачають воздухоотделитель. Видалення повітря рекомендується здійснювати за допомогою автоматичних воздухоотделителей АВ-4. Повітря випускають через шланг в посудину з водою.

Наявність снігової шуби на зовнішній поверхні охолоджувальних пристроїв погіршують теплообмін і викликають необхідність роботи холодильної установки з нижчою температурою кипіння для досягнення заданої температури в охолоджуваному приміщенні. Відтавання батарей і повітроохолоджувачів гарячою парою аміаку проводить персонал компресорного цеху по графіку, затвердженому особою, відповідальною за безпечну експлуатацію холодильної установки, під керівництвом особи, допущеної наказом до проведення відтавання. В процесі відтавання в дренажному ресівері необхідно підтримувати низький тиск для забезпечення видалення з охолоджувальних облаштувань рідкого аміаку і конденсату, що утворюється в них.

Системи аміачних холодильних заповнюють холодагентом із залізничних (автомобільних) цистерн або балонів. За наявності на аміачній холодильній установці центральної регулюючої станції систему заповнюють через трубопровід, приєднаний до одного з колекторів станції.

						Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Заземлювання.

Заземлювання потрібно підключати до корпусів електричних машин, трансформаторів, реостатів, металевим корпусам вимикачів, запобіжників та штепселів, каркасам щитів, металевим оболонкам кабелів, приводам електроустаткування, металевим частинам прожекторів та іншим не струмопровідним частинам.

## Розрахунок штучного заземлювання

Мета розрахунку полягає у визначенні основних параметрів штучного заземлювання – число, розміри та порядок розміщення окремих заземлювачів та заземлюючих провідників.

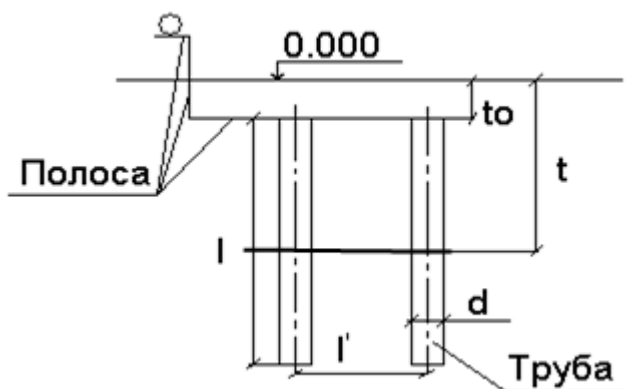


Рис.10.1 – Схема заземлювання

Потрібний опір заземлюючого пристрою в електроустановках з напругою до 1000 В складає  $R_{тр} = 4 \text{ Ом}$  [6].

Визначимо розрахункове значення питомого опору ґрунту

$$\rho_p = \rho_\phi \cdot \Psi, \quad (10.4)$$

де  $\rho_\phi$  – питомий опір ґрунту – опір  $1 \text{ м}^3$  ґрунту між протилежними гранями, до яких прикладені вимірювальні електроди. Питомий опір ґрунту залежить від структури ґрунту, її вологості, розчиненої солі, а також від пори року;

приймаємо  $\rho_\phi = 40 \text{ Ом}\cdot\text{м}$  для глини [6]

					Арк.
					72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

$\psi$  – кліматичний коефіцієнт, враховуючий сезонні коливання вологості ґрунту,  $\psi = 1,1..2$  [6]

приймаємо  $\psi = 1,1$ .

$$\rho_p = 1,1 \cdot 40 = 44 \quad \text{Ом}\cdot\text{м.}$$

Для штучного заземлювання приймаємо електроди – вертикальні сталеві труби діаметром 40 мм, полосова сталь  $9 \times 3$  мм. Спочатку обираємо систему розташування вертикальних заземлювачів – в ряд.

Задаємося довжиною вертикального заземлювача з умови

$$\frac{l'}{l} = 1; 2; 3, \quad (10.5)$$

де  $l'$  – відстань між заземлювачами,  $l' = 6$  м;

$l$  – довжина заземлювача.

$$l = \frac{l'}{2} = \frac{6}{2} = 3 \quad \text{м}$$

приймаємо, що  $t_0 \geq 0.5$  м – глибина, на яку заглиблюються заземлювачі

$$t = \frac{l}{2} + t_0 = \frac{3}{2} + 0.5 = 2 \quad \text{м}$$

Розрахуємо опір одного вертикального заземлювача

$$R_0 = \frac{\rho_p}{2\pi l} \cdot \left( \ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+1}{4t-1} \right) [\text{Ом}], \quad (10.6)$$

$$R_0 = \frac{44}{2\pi \cdot 3} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot 3}{0.035} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 2 + 3}{4 \cdot 2 - 3} \right) = 12.93 \quad \text{Ом}$$

Визначимо кількість вертикальних заземлювачів

$$n = \frac{R_0}{R_{\text{тр}}} = \frac{15.29}{4} = 3.23 \quad \text{шт}$$

обираємо стандартну кількість заземлювачів  $n' = 4$  шт.

						Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначимо опір системи вертикальних заземлювачів

$$R_{\text{св}} = \frac{R_o}{n' \cdot \eta_{\text{в}}}, \quad (10.7)$$

де  $\eta_{\text{в}}$  – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів,  
 $\eta_{\text{в}} = 0,77$  [6].

$$R_{\text{св}} = \frac{12.93}{4 \cdot 0.89} = 3.63 \text{ Ом}$$

Визначимо опір з'єднувальної смуги:

Довжина смуги:

$$L = (n' - 1) \cdot l' = (4 - 1) \cdot 6 = 18 \text{ м}$$

Довжина смуги не повинна перевищувати 150 м

Опір смуги:

$$R_n = \frac{R_p}{2\pi L \eta_{\text{г}}} \cdot \ln \frac{L^2}{d \cdot t_o}, \quad (10.8)$$

де  $\eta_{\text{г}}$  – коефіцієнт використання горизонтальних заземлювачів,  
 $\eta_{\text{г}} = 0.92$  [6].

$d = 0.5$ ;  $b = 0.5 \cdot 0.012 = 0.006$  м – для смуги шириною  $b$

$$R_n = \frac{44}{2\pi \cdot 18 \cdot 0.92} \cdot \ln \frac{18^2}{0.006 \cdot 0.5} = 4.9 \text{ Ом}$$

Визначимо загальний опір системи

$$R_c = \frac{R_n \cdot R_{\text{св}}}{R_n + R_{\text{св}}} < R_{\text{тр}}$$

$$R_c = \frac{4.9 \cdot 3.63}{4.9 + 3.63} = 2.08 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом}$$

Протипожежні заходи

Протипожежні заходи забезпечуються комплексом проектних рішень, спрямованих на попередження пожежі та вибуху, а також створення умов, які

						Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сприяють успішному гасінню пожежі, перешкоджають її поширенню та забезпечують можливість евакуації працівників та матеріальних цінностей.

Згідно діючих типових "Правил пожежної безпеки для промислових підприємств", "Правилам пристроїв і безпечною експлуатації аміачних холодильних установок", ВНТП-СНиП-46-25.96 у приміщенні компресорної передбачається установка щиту первісних засобів гасіння пожежі з комплектом засобів :

- вогнегасник пінний – 2 шт.;
- вогнегасник вуглекислотний – 1 шт.;
- ящик з піском ( $V=0.1 \text{ м}^3$ ) та лопата;
- лопата;
- багор;
- відро.

Визначення об'єму недоторканого запасу води для гасіння пожежі  
Розрахуємо ємність пожежного резервуару для гасіння пожежі на промисловому підприємстві виходячи з наступних даних:

Об'єм приміщення компресорного цеху  $V=494 \text{ м}^3$

категорія приміщення – А

Ємність водоймища визначимо з умови забезпечення необхідної за нормами витрати води на зовнішнє пожежогасіння протягом розрахункового часу [6]

$$V_a = \frac{k \cdot g \cdot n \cdot \tau}{1000} \cdot 3600 \text{ [м}^3\text{]}, \quad (10.9)$$

де  $k$  – коефіцієнт запасу,  $k = 1.1..1.2$ , приймаємо  $k = 1,2$ ;

$g$  – витрата води на зовнішнє пожежогасіння,  $g = 10 \frac{\text{л}}{\text{с}}$ ;

$n$  – кількість одночасних пожеж, згідно зі СНиП 2.04.02-84, приймаємо  $n = 1$ ;

$\tau$  – тривалість гасіння пожежі.

						Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно зі СНиП 2.04.02-84 при ступені вогнестійкості I и II з виробництвами категорій Г та Д розрахункову тривалість гасіння пожежі слід приймати рівною двом годинам; в інших випадках – три години, приймаємо  $\tau = 3$  г.

$$V_a = \frac{1.2 \cdot 10 \cdot 1 \cdot 3}{1000} \cdot 3600 = 130 \text{ м}^3$$

### Виробнича санітарія

Попередження виникнення шкідливих виробничих факторів можливо тільки за умов суворого дотримання санітарно-технічних вимог та норм, визначених санітарними нормами відповідних розділів будівельних норм та правил и Держстандарту.

Вимоги особистої гігієни та виробничої санітарії, засоби виявлення першої медичної допомоги при нещасних випадках розглядаються у вступному інструктажі.

### Вентиляція

Вид вентиляції залежить від вживаного хладагента. Машинні і апаратні відділення аміачних холодильних установок повинні бути обладнані системами витяжної вентиляції з кратністю повітрообміну в годину, визначуваною розрахунком, але не менше 2 для притоки і 3 для витяжки.

Тамбури-шлюзи і приміщення щитів автоматизації, суміжні з машинними відділеннями, обладнали окремими системами вентиляції приточування, що постійно діяли, забезпечують кратність повітрообміну не менше 5 об'ємів в годині Системи вентиляції мають резервні вентилятори, що автоматично включаються при виході з ладу основних.

						Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначимо видатність вентиляції з кратності повітрообміну

$$L = k \cdot V_{\text{пом}} \left[ \frac{\text{м}^3}{\text{год}} \right], \quad (10.10)$$

де  $k$  – кратність повітрообміну, приймаємо для робочої вентиляції:

а) припливної  $k = 2 \text{ год}^{-1}$ ; б) витяжної  $k = 3 \text{ год}^{-1}$ ; в) аварійної  $k=8 \text{ год}^{-1}$

$V_{\text{пом}}$  – об'єм приміщення,  $V_{\text{пом}} = 594 \text{ м}^3$ .

тоді

$$L_{\text{прип}} = 2 \cdot 938 = 1876 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

$$L_{\text{выт}} = 3 \cdot 938 = 2814 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

$$L_{\text{ав}} = 8 \cdot 938 = 7504 \text{ м}^3/\text{год}$$

Визначимо потужність вентилятора

$$N = \frac{k \cdot L \cdot \Delta P_n}{\eta_v \cdot \eta_{\text{пр}} \cdot 3.6 \cdot 10^6} [\text{кВт}], \quad (10.11)$$

де  $k$  – коефіцієнт запасу,  $k = 1,05..1,5$ ;

$L$  – видатність вентиляції,  $\frac{\text{м}^3}{\text{год}}$ ;

$\Delta P_n$  – втрати тиску в мережі повітроводів;

приймаємо для робочої вентиляції:

– високонапірні вентилятори ( $2900 < \Delta P_n < 4500$ ) Па;

$\eta_v$  – КПД вентилятора,  $\eta_v = 0,6..0,8$ ; приймаємо  $\eta_v = 0,7$ ;

$\eta_{\text{пр}}$  – КПД приводу при клиноремінній передачі  $\eta = 0,95$ .

$$\text{припливна} - N = \frac{1.2 \cdot 1876 \cdot 2000}{0.7 \cdot 0.95 \cdot 3.6 \cdot 10^6} = 1.88 \text{ кВт}$$

$$\text{витяжна} - N = \frac{1.2 \cdot 2814 \cdot 2000}{0.7 \cdot 0.95 \cdot 3.6 \cdot 10^6} = 2.82 \text{ кВт}$$

						Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\text{аварійна} - N = \frac{1.2 \cdot 7504 \cdot 2000}{0.7 \cdot 0.95 \cdot 3.6 \cdot 10^6} = 7.52 \text{ кВт}$$

Приймаю для аварійної вентиляції відцентровий вентилятор Ц4-70 № 8 при  $n = 720$  об/мин; для припливної вентиляції осьовий вентилятор МЦ № 6 при  $n = 960$  об/мин; для витяжної вентиляції осьовий вентилятор МЦ № 5 при  $n = 1440$  об/мин.

#### Освітлення

У приміщеннях машинних і апаратних відділень холодильних установок передбачають наступні види штучного освітлення: робоче, аварійне і місцеве (для ремонту, огляду і т. п.).

Освітленість робочих поверхонь в машинних і апаратних відділеннях, що створюється робочим освітленням, повинна складати не менше, 75 лк при використанні ламп накаливання або не менше 150 лк при використанні люмінесцентних ламп .

Освітленість приладів контролю повинна складати не менше 300 лк при використанні будь-яких ламп.

Окрім робочого освітлення, в приміщеннях машинних і апаратних відділень передбачають аварійне освітлення від незалежного джерела, що автоматично включається при відключенні основного джерела освітлення. У машинних відділеннях автоматизованих хладонових установок аварійне освітлення може не передбачатися.

Для місцевого освітлення при огляді, ремонті і очищенні внутрішніх порожнин машин і апаратів аміачних холодильних установок застосовують переносні світильники у вибухозахищеного виконання напругою не вище 12В.

#### Розрахунок освітлення

Розміри приміщення  $A \times B \times H = (12 \times 9 \times 5.5)$  м. Світильники прийняті у вибухозахищеному виконанні; лампи – люменісцентні; система освітлення – загальна.

						Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначимо відстань, між центрами світильників виходячи з умови

$$\frac{L}{H_p} = 1.5 \Rightarrow L = 1.5 \cdot H_p, \text{ м}$$

$$L = 2.8 \cdot 1.5 = 4.2 \text{ м}$$

Визначимо кількість світильників

$$N = \frac{A \cdot B}{L^2} \text{ [шт]}, \quad (10.11)$$

$$N = \frac{12 \cdot 9}{4.2^2} = 6.12 = 7 \text{ шт}$$

Визначимо світловий потік одного світильника

$$\Phi = \frac{E_H \cdot k \cdot z \cdot S \cdot 100}{N \cdot \eta} \text{ [лм]}, \quad (10.12)$$

де  $E_H$  – нормована мінімальна освітленість,  $E_H = 150$  лк [7];

$k$  – коефіцієнт запасу,  $k = 1,5$ ;

$z$  – коефіцієнт нерівномірності освітлення,  $z = 1,1$ ;

$S$  – площа приміщення,  $S = 12 \cdot 9 = 108 \text{ м}^2$ ;

$\eta$  – коефіцієнт використання світлового потоку залежить від: КПД та кривої розподілення сили світла світильника, коефіцієнту відбиття від стелі та стін ( $\rho_{ст}, \rho_{п}$ ), висоти підвісу світильників над робочей поверхнею, показника приміщення:  $i = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A + B)} = \frac{12 \cdot 9}{2.8 \cdot (12 + 9)} = 1.83$  тоді приймаємо

$\eta = 33$  [7].

$$\Phi = \frac{150 \cdot 1.5 \cdot 1.1 \cdot 108 \cdot 100}{7 \cdot 33} = 11571 \text{ лм}$$

Компонуємо світильник:

Беремо 6 ламп марки ЛДЦ40 зі світловим потоком однієї лампи 2100 лм. Знаходимо сумарний світловий потік одного світильника  $\Sigma \Phi = 12600$  лм.

Припустиме відхилення у розрахунку (-10% ÷ +20%).

						Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta = \frac{|\Phi - \sum \Phi|}{\Phi} \cdot 100\% = \frac{|11571 - 12600|}{11571} \cdot 100\% = 8.9\%$$

Потужність освітлювальної установки

$$P = N \cdot n \cdot p \text{ [Вт]}, \quad (10.13)$$

де  $n$  – кількість ламп у світильнику,  $n = 6$  шт;

$p$  – потужність лампи,  $p = 40$  Вт;

$$P = 7 \cdot 6 \cdot 40 = 1680 \text{ Вт.}$$

Долікарська допомога у випадку отруєння аміаком та ураженні електричним струмом

Ураження електричним струмом

Перша долікарська допомога у нещасних випадках від електричного струму складається з двох етапів: звільнення потерпілого від дії струму та надання йому медичної допомоги.

Звільнення потерпілого від дії струму найбільш простий та правильний спосіб – це відключення відповідної частини електроустановки. Якщо відключення швидко зробити неможна через будь-які причини, при напрузі до 1000 В перерубати дроти сокирою з дерев'яною рукояткою або відтягнути потерпілого від струмопровідної частини, тримаючись за його одяг, якщо він сухий, відкинути від нього дріт за допомогою дерев'яної палиці та ін.

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

Заходи першої медичної допомоги потерпілому від електричного струму залежать від його стану. Якщо потерпілий у свідомості, але до цього був в непритомності або тривалий час знаходився під струмом, йому необхідно забезпечити повний спокій до прибуття лікаря або терміново доставити до лікувальної установи.

						Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За відсутності свідомості, але диханні, що збереглося, і роботі серця потрібно рівно і зручно укласти постраждалого на м'яку підстилку, розстебнути пояс і одяг, забезпечити притоку свіжого повітря. Слід давати нюхати нашатирний спирт, окропляти потерпілого холодною водою, розтирати і зігрівати тіло.

Якщо постраждалий погано дихає - рідко, судорожно або якщо дихання поступово погіршується, тоді як у всіх цих випадках продовжується нормальна робота серця, необхідно робити штучне дихання.

За відсутності ознак життя треба робити штучне дихання і зовнішній масаж серця.

### Отруєння аміаком

Постраждалий від отруєння аміаком повинен бути винесений на свіже повітря або в чисте тепле приміщення. При необхідності слід застосувати штучне дихання. Постраждалий повинен бути звільнений від перешкоджаючого диханню одягу, на ньому треба змінити забруднений одяг і надати йому повний спокій. Зробити інгаляцію теплою парою (через паперову трубочку) з чайника, що містить 1-2% розчин лимонної кислоти в гарячій воді. Дати випити солодкий чай, каву, лимонад або 3% розчин молочної кислоти. Рекомендується у всіх випадках отруєння вдихати кисень в течію 30-45 хв., зігріти постраждалого (обкласти грілками).

У разі глибокого сну і можливого зниження больової чутливості слід дотримуватися обережності, щоб не викликати опіків грілками.

За наявності явищ роздратування носоглотки необхідне полоскання її 2% розчином соди або водою. Незалежно від стану постраждалий повинен бути направлений до лікаря.

У разі задухи, кашлю потерпілого слід транспортувати в лежачому положенні.

Для надання долікарської допомоги в операторській аміачного

						Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

компресорного цеху є аптечка, в якій повинні бути:

1–2 % розчин лимонної кислоти;

2–4% розчин борної кислоти;

1% розчин новокаїну, кодеїну (або діоніну);

етиловий спирт, сода;

бинти, вата, марлеві серветки;

мазь Вишневського (або пеніцилінова мазь), йод.

## ЗАХИСТ РОБОЧИХ І СЛУЖБОВЦІВ ВІД СИЛЬНО ДІЮЧИХ ОТРУЮЧИХ РЕЧОВИН (АМІАК)

Безпека і надійність роботи персоналу забезпечується суворим дотриманням технологічних режимів експлуатації основних виробничих агрегатів і перевантажувальних комплексів, своєчасним проведенням капітальних і регламентних ремонтів.

Основні напрямки діяльності адміністрації в питаннях попередження локалізації і ліквідації надзвичайних ситуацій:

1. Попередження виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру і забезпечення мінімізації збитку у разі стихійного лиха, аварій, катастроф, вибухів:

- планування заходів щодо попередження і ліквідації надзвичайних ситуацій; прогнозування можливості виникнення надзвичайних ситуацій і масштабів їх розвитку; безперервний контроль за станом навколишнього природного середовища; забезпечення необхідного рівня оснащеності і підготовки аварійно-рятувальних формувань; організація їх підготовки для дій з призначення; створення необхідних запасів матеріальних засобів, зв'язку, засобів індивідуального захисту, медичного устаткування.

						Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Оповіщення персоналу і населення про загрозу і виникнення надзвичайних ситуацій, постійне інформування про обстановку, що складається:

- створення локальних систем оповіщення;
- забезпечення ефективної роботи диспетчерської служби;

3. Виконання заходів щодо захисту основних виробничих фондів (забезпечення стійкості систем водопостачання, тепlopостачання, електропостачання, газопостачання і так далі).

4. Підготовка і перепідготовка осіб керівного, інженерно-технічного складу по питаннях охорони праці, цивільній обороні, пожежній безпеці.

5. Захист персоналу заводу від наслідків надзвичайних ситуацій:

- забезпечення засобами захисту, приладами контролю;
- укриття в захисних спорудах;
- евакуація;
- медичне забезпечення.

6. Організація і проведення рятувальних і інших невідкладних робіт, організація життєзабезпечення персоналу у разі надзвичайних ситуацій:

- планування заходів щодо ліквідації надзвичайних ситуацій і ведення рятувальних і інших невідкладних робіт (план ЦО, об'єктова підсистема, інструкції);
- забезпечення управління підприємством в екстремальних умовах;
- організація рятувальних і інших невідкладних робіт.

Для своєчасного реагування на можливі надзвичайні ситуації, пов'язані з викидом (протокою) аміаку і інших шкідливих речовин в атмосферу, на заводі є автоматизована система контролю навколишнього середовища (АСКНС), що забезпечує постійний контроль і своєчасне виявлення шкідливих речовин в повітрі на території заводу і в довколишніх населених пунктах.

						Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Система АСКНС включає п'ять станцій багатокомпонентного контролю атмосфери, які автоматично, в постійному режимі передають інформацію на комп'ютер диспетчера про наявність в атмосфері наступних речовин: аміаку, метанолу, окислу вуглецю, двоокиси сірі, водяної пари, окислу і двоокису азоту.

Є система моніторингу аміаку в місцях виробництва, перевантаження і зберігання аміаку, що складається з 31 датчика, які в автоматичному режимі передають інформацію про наявність аміаку в атмосфері на комп'ютер диспетчера заводу і в ЦПУ цехів виробництва аміаку, перевантаження аміаку і виробництва карбаміду, а також оперативному черговому Головного управління МНС в Одеській області.

На підприємстві впроваджена автоматизована комп'ютерна система моделювання і розрахунку зон ураження при розливах аміаку, що дозволяє в режимі реального часу і на будь-який прогнозований період визначити території, що потрапили в зону зараження, і концентрацію аміаку в них. При цьому автоматично враховується вплив метеорологічних параметрів: швидкість і напрям вітру, температура, вологість, стан атмосфери, які поступають на комп'ютер з автоматичної метеостанції.

Межі допустимої концентрації аміаку:

- у населеному пункті –  $0.2 \text{ мг/м}^3$ ;
- на території підприємства –  $7 \text{ мг/м}^3$ ;
- вражаюча концентрація –  $250 \text{ мг/м}^3$ ;
- смертельна концентрація –  $1000 \text{ мг/м}^3$ ;

Запах аміаку відчувається при концентрації більше  $0.5 \text{ мг/м}^3$ .

Безпека персоналу підприємства забезпечується наявністю індивідуальних і колективних засобів захисту. Кожному працівникові заводу виданий протигаз з коробкою мазкі КД, орієнтовний час захисної дії якого наступний:

- при концентрації  $100 \text{ мг/м}^3$  – 75 годин;  $300 \text{ мг/м}^3$  – 25 годин;

						Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 2000 мг/м<sup>3</sup> – 4 години.

Є три захисні споруди, призначені для укриття і захисту людей від отруйливих речовин, проникаючої радіації, світлового випромінювання, ударної хвилі, радіоактивного пилу, бактерійних засобів, місткістю 600 чоловік кожне, із ступенем ослаблення проникаючої радіації - 2000.

Устаткування захисних споруд забезпечує їх експлуатацію в режимах:

I – чистій вентиляції;

II – фільтровентиляція повітря;

III – повній ізоляції від зовнішнього повітря, з регенерацією і створенням підпору повітря.

На підставі Закону України Про цивільну оборону України, Закону України "Про єдину державну систему по попередженню і реагуванню на надзвичайні ситуації техногенного і природного характеру" на заводі є відділ по питаннях надзвичайних ситуацій і цивільній обороні.

Штатний склад відділу - 4 людини.

Відділ по питаннях НС і ГО здійснює:

- роботу по впровадженню і реалізації на заводі державних правових норм у сфері цивільної оборони, захисту працюючого персоналу і територій від надзвичайних ситуацій;

- розробку планів цивільної оборони і здійснення організаційних в інженерно-технічних заходів, направлених на попередження надзвичайних ситуацій і підвищення стійкості функціонування заводу в надзвичайних ситуаціях;

- організацію взаємодії аварійно-рятувальних служб заводу;

- забезпечення взаємодії з місцевими виконавськими органами і координацію дій з органами управління територіальних структур МНС України при реагуванні на надзвичайні ситуації і ліквідації їх наслідків;

						Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- організацію роботи диспетчерської служби заводу по сповіщенню працюючого персоналу ОПЗ, розташованих поблизу заводу підприємств і населення при загрозі і виникненні надзвичайних ситуацій;

- забезпечення роботи автоматизованих систем аналізу і прогнозу хімічної обстановки і технічних засобів сповіщення;

- підтримка в постійній готовності до використання колективних засобів захисту, запасного пункту управління цивільної оборони і запасного диспетчерського пункту;

- підготовку і навчання персоналу заводу по питаннях цивільної оборони, попередження і реагування на надзвичайні ситуації.

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

- I рівень. Гранично допустима концентрація (ГДКр.з);

- II рівень. Аварійний витік аміаку - концентрація фреону у місцях установки датчиків досягла величини, рівної 25 ГДКр.з

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

ж) Для аміачних холодильних установок, що мають в своєму складі технологічні блоки III категорії вибухонебезпеки.

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

и) Система контролю рівня загазованості при перевищенні заданої величини концентрації фреону повинна забезпечувати автоматичне виконання.

						Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Список використаної літератури

1. Холодильні установки та сфери їх використання [Текст]: підручник / М. Г. Хмельнюк, О. С. Подмазко, І. О. Подмазко ; під заг. ред. М.Г. Хмельнюка; Одеська нац. академія харчових технологій. — Херсон : Гринь Д.С., 2014. — 484 с. : іл.
2. Холодильні установки [Текст]: навч. посіб. / О. С. Подмазко, С. Ю. Лар'яновський. — Одеса: ОДАХ, 2012. — 60 с.
3. 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. — Електрон. текст. Дані.
4. 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. — Електрон. текст. дані.
5. Кваліфікаційна робота: метод. вказівки до виконання та оформлення роботи для здобувачів СВО "Бакалавр" [Електронний ресурс]: спец. 142 "Енергетичне машинобудування", галузі знань 14 "Електрична інженерія" ден. та заоч. форм навчання /М. Г. Хмельнюк та ін. ; відп. за вип. М. Г. Хмельнюк; Каф. холодильних установок і кондиціонування повітря. — Одеса: ОНАХТ, 2021. — Електрон. текст. дані: 20 с.
6. Мнацаканов Г.К. Холодильна техніка і технологія, 2006.
7. Холодильне обладнання [Текст] : підручник / Д. П. Семенюк, О. В. Петренко ; ХДУХТ. — Харків : Світ Книг, 2021. — 633 с.
8. Удосконалення систем контролю та керування процесом заморожування продукції в холодильних камерах промислових холодильників / Хорольський В. П., Коренець Ю. М., Петрушина Ю. М., Расчехмаров І. В. // Вісн. Хмельниц. нац. ун-ту Сер. Техн. науки. – Хмельницький, 2022. – № 1. – С. 247-255.
9. Хорольський В. П. Удосконалення систем контролю та керування процесом заморожування продукції в холодильних камерах промислових холодильників [Електронний ресурс] / В. П. Хорольський, Ю. М. Коренець, Ю. М. Петрушина, І. В. Расчехмаров // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. - 2022. - № 1. - С. 247-255.
10. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.sabroe.com>
11. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.thermofin>.

						Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

