



# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім.акад. І.С.Гулого  
Кафедра теплоенергетики та холодильної техніки

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 142 Енергетичне машинобудування

(код і назва)

Освітньо-професійна програма Холодильні техніка та технології

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри **ТЕХТ**

проф. Петренко В.П.

“31” березня 2022 року

## З А В Д А Н Н Я

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Костик Владислав Петрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект розподільчого холодильника місткістю 4500 т.  
у м. Стрий

керівник роботи к.т.н., доц., Бондар В.І.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від 31.03.2022р. №167-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 06.06.2022 року

3. Вихідні дані до роботи передбачити камери зберігання  
сировини(охолодженої, замороженої), холодоагент R717, теплоізоляційні  
конструкції сендвіч-панелі на основі пінополіуретана

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)  
Вступ; Холодильна частина; Розділ економіки; Розділ охорони праці

5. Перелік графічного матеріалу

1. Схема Холодильної установки (А1)

2. План та розріз будівлі холодильника (А1)

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 31.03.2022

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	<b>Отримання завдання на дипломний проект</b>	31.03-04.04	виконано
	Виконання холодильної частини ДП	15.04-18.05	виконано
	<b>Вибір обладнання холодильної(их) установок</b>	19.05-20.05	виконано
	<b>Оформлення креслень та ПЗ</b>	21.05-31.05	виконано
	<b>Здача готової роботи</b>	03.06.2020р.	виконано
	<b>Отримання завдання на дипломний проект</b>	31.03-04.04	виконано
	<b>Виконання холодильної частини ДП</b>	15.04-18.05	виконано

**Здобувач** \_\_\_\_\_  
(підпис)

**Костик В.П.** \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

**Керівник роботи** \_\_\_\_\_  
(підпис)

**Бондар В.І.** \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

## Анотація

В даному дипломному проекті був розроблений та спроектований розподільчий холодильник для зберігання продуктів, а саме: консерв, твердого сиру, яловичини, масла вершкового. В проекті розроблена холодильна схема та виконаний підбір необхідного холодильного обладнання для умов експлуатації даного холодильника. Розроблений проект має на меті отримання максимальної енерго-ефективності та досягнення необхідного ефекту в отриманні штучного холоду при мінімальних капітальних та експлуатаційних затратах. Також в проекті наведений повний розрахунок та опис технології та холодопостачання під час зберігання продукції в охолоджену вигляді, а також приведений детальний підбір основного та допоміжного обладнання холодильної установки.

Даний диплом містить такі розділи: “Технологічна схема”, “Розрахунок основних площ холодильника”, “Розрахунок ізоляції”, “Розрахунок теплопритоків”, “Визначення навантаження на обладнання”, “Розрахунок та підбір компресорів”, “Розрахунок та підбір теплообмінних апаратів”, “Підбір допоміжного обладнання”, “Розрахунок гідравлічних втрат в трубах”, “Охорона праці”, “Розрахунок економічної ефективності”, та “Графічна частина”.

В дипломному проекті враховані новітні досягнення в об'ємно-планувальних та конструктивних рішеннях холодильних установок і схем охолодження. Проект виконаний за допомогою такого програмного забезпечення як: "Microsoft Office 2010" та "Mathcad 14", креслення та схеми до проекту виконанні за допомогою "AutoCAD 2012".

**Ключові слова:** *аміак, розподільчий холодильник, насосно-циркуляційна схема, R717, охолодження, замороження.*

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## Зміст

Вступ	
1. Технологічної схеми холодильного оброблення продукції	
2. Об'ємно-планувальне рішення холодильника	
3. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника	
4. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень	
5. Визначення навантаження на обладнання камер та компресор	
6. Вибір розрахункового режиму, побудова циклу та розрахунок холодильної машини	
7. Розрахунок та вибір тепломасообмінних апаратів	
8. Розрахунок та вибір допоміжного обладнання холодильної установки	
9. Розрахунок діаметрів трубопроводів та вибір насосів	
10. Охорона праці	
11. Розрахунок економічної ефективності	

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Сучасний рівень виробництва харчових продуктів характеризується з однієї сторони збільшенням врожайності полів за рахунок введення нових врожайних сортів рослин, селекцією високопродуктивних сортів, хімізацією сільського господарства; з іншого боку – скорочення посівних площ внаслідок будівництва міст, розширення мережі доріг, аеродромів, промислових комплексів, під які найчастіше виділяють кращі землі. Це все відбувається на тлі постійного і швидкого збільшення населення планети. Питання продовольства стає одним з найбільш важливих і гострота рішення цього питання буде зростати.

За даними ООН з 1980 року до 2000 року населення планети збільшилося вдвічі, отже споживання харчових продуктів і матеріальних ресурсів, які йдуть на їхнє виробництво теж збільшилося.

Зараз проблема полягає не в тому, що харчові ресурси вичерпані, а в тому, що втрати продовольства і сільськогосподарської продукції на шляху від полів до столу споживача досягають значних величин. Зараз у світі виробляється близько 4 млрд. тонн харчових продуктів, половина з яких вимагає холодильної обробки, і лише чверть проходить таку обробку. Близько 30% продукції не доходить до споживача.

Тому необхідне створення безупинного холодильного ланцюжка, що складається з окремих ланок, які забезпечують умови для безупинної холодильної обробки і збереження швидкопсуючих продуктів на шляху від місць чи виробництва вирощування до місць споживання.

Початковою ланкою холодильного ланцюга є виробничо – заготовчі холодильники, що є складовою частиною харчового підприємства і являють собою самостійні організаційні структури. Робота цих холодильників має винятково сезонний характер і не розрахована на тривале збереження

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

продукції, тому обсяг камер не повинен бути дуже великим. Це камери охолодження і заморозки. Базові холодильники призначені для накопичення та збереження продукції заготовленої в першій ланці холодильного ланцюжка.

У місцях, де відбувається перевантаження продуктів з одного виду транспорту на іншій створюють перевалочні холодильники, що призначені для короткочасного збереження продукції.

Для тривалого збереження продуктів харчування, а також для рівномірного постачання ними населення великих міст і індустріальних центрів через торгову мережу, розподільчі холодильники стають основною ланкою холодильного ланцюга.

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1. Технологічна схема холодильної обробки продукції

Приміщення розподільчого холодильника на 4500 т. знаходиться в місті Стрий. Місткість камер зберігання відповідно: яловичина у напівтушах – 1500т., консерви – 1000 т., масло вершкове – 1000 т. та сичужні сири – 1000т. Холодозабезпечення здійснюється від власного холодильно-компресорного цеху, де встановлені аміачні холодильні установки. Вся продукція в холодильник доставляється рефрижераторами, розвантаження виконується за допомогою електрокарів. Висота поверху 6 м

### *Заморожування м'яса та м'ясних продуктів.*

М'ясо великої рогатої худоби і свиней заморожують, як правило, в напівтушах і четвертинах, баранину — в тушах. Крім того, м'ясо заморожують у блоках, сортових відрубках і дрібній розфасовці. Отримання високоякісних заморожених продуктів можливе лише за високої якості сировини. Якість м'ясної сировини визначається багатьма факторами: умовами вирощування, годівлі, вгодованістю, фізіологічним станом худоби перед забиванням, методами забивання та розбирання туш, мірою розвитку після забійних процесів .

Для заморожування м'ясо в тушах і напівтушах подається до морозильних камер. Камери однофазного заморожування призначені для заморожування м'яса у вигляді туш, напівтуш у парному стані з температурою в товщі м'язів стегна не нижче 35 °С. За відсутності таких камер м'ясо заморожують двофазним способом, попередньо охолодивши його до температури 0...-4 °С в товщі м'язів стегна.

За однофазного заморожування зменшуються втрати маси, скорочуються затрати праці на транспортування, раціональніше використовуються

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Костик В.П.				Літ.	Лист	Листів
Перевірів	Бондар В.І.						
Реценз.					НУХТ, ННІТІ, ТЕХТ		
Н.контр.							
Затверд.	Петренко В.П.						
Проект розподільчого холодильника місткістю 4500 т. у м. Стрий							

холодильні камери, не погіршується якість м'яса. Яловичі напівтуші заморожують за таких параметрів: температура  $-30\text{...}-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , швидкість руху повітря  $2\text{—}5\text{ м/с}$ , відносна вологість повітря  $95\text{—}100\text{ \%}$ ; тривалість процесу — в межах 24 год. Тривалість заморожування свинячих напівтуш і баранячих туш становить відповідно  $18\text{—}20$  і  $14\text{—}16$  годин.

За зниження температури охолодного середовища до  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  і нижче і підвищення швидкості руху повітря до  $5\text{ м/с}$  можна заморозити парні напівтуші до посмертного задубіння (за 18 год), з яким пов'язане холодове скорочення, і за органолептичними властивостями таке м'ясо не буде відрізнятися від м'яса, замороженого двофазним способом з попереднім визріванням.

### ***Зберігання м'яса та м'ясних продуктів***

Морожене м'ясо розміщують на зберігання у металевих стійкових піддонах, яке підвішується на крючках верхньої рами, розміри піддона  $1200\times 800\times 1400\text{мм}$  [2].

Морожене м'ясо зберігають, як правило, при температурі не вище як  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  за відносної вологості повітря  $95\text{—}100\text{ \%}$  та його природної циркуляції ( $0,1\text{ м/с}$ ). Терміни зберігання яловичини в напівтушах і четвертинах — 12, свинини — 6 місяців . Зниження температури зберігання до  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  і нижче дає змогу не лише збільшити терміни зберігання, а й значно зменшити усихання. Так, усушка мороженого м'яса (неупакованих четвертин), що зберігалася при температурі  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , зменшилася в 2,6 разу порівняно з усушкою при  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . На деяких холодильниках (Японія, США) застосовують температуру зберігання  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Зниження температури зберігання особливо важливе у разі застосування повітряної системи охолодження, що спричинює значні втрати маси у камерах з великим вантажним об'ємом.

Для підтримання високої відносної вологості повітря і скорочення втрат маси штабелі вкривають брезентом, тканиною з нанесеним шаром льодяної глазури, екранують пристінні батареї, застосовують систему повітряного охолодження з активним зволоженням повітря в камері зберігання тощо.

						00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			

Підморожене м'ясо перевозять в авторефрижераторах і поїздах з машинним охолодженням при температурі близько  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$  до 7—9 діб, зберігають на розподільних холодильниках до 7 діб при температурі  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$  і за відносної вологості повітря 92—95 % . Для збільшення термінів зберігання, збереження якості і зниження усихання доцільно упаковувати м'ясо у відрубках в термоусадні плівки з вакуумуванням. Це сповільнює окиснювальні процеси в м'ясопродуктах, запобігає розвитку мікроорганізмів, добре зберігає природний колір і в цілому збільшує терміни зберігання м'яса вдвічі.

### *Зберігання сирів*

Молоко та молочні продукти зберігають при температурі близько  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  за відносної вологості повітря 80—90 % . Термін зберігання молочних продуктів залежності від їх технологічної обробки.

*Зберігання сирів.* Сичужні сири зберігаються в пластмасових ящиках декількома ярусами на стелажах.. Сири, за винятком розсільних, зберігають при температурі  $-4...0\text{ }^{\circ}\text{C}$  і за відносної вологості повітря 85—90 % до 12 місяців.

Міжнародний інститут холоду рекомендує для зберігання твердих сичужних сирів температуру  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , сирів типу голландського —  $0—5\text{ }^{\circ}\text{C}$  за відносної вологості повітря 90 % . За рекомендаціями Руцького А.В. кращою є температура зберігання, близька до криоскопічної ( $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), при якій сповільнюються мікробіологічні та біохімічні процеси, а структура сиру добре зберігається. При цьому втрати маси знижуються в 2—3 рази, а термін зберігання зростає до 5—6 місяців. Сири у тарі (ящиках, барабанах) складають партіями у штабелі, між рядами прокладають рейки або складають у пакети на піддонах. Між штабелями ящиків чи барабанів залишають прохід завширшки 0,5 м.

У процесі зберігання товарознавці (технологи) холодильника постійно контролюють температурно-вологісний режим: температуру повітря в камері перевіряють не менше як двічі на добу, а відносну вологість — один раз на

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

добу. Для контролю температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в камерах зберігання сирів застосовують дистанційні автоматичні прилади. Коливання температури допускається лише під час завантаження і вивантаження сирів: за завантаженості камери від 20 до 50 % включно — на 1 °С, понад 50 % — на 2 °С.

Також ретельно контролюють якість сирів (смак, запах, консистенцію, стан поверхні) з такою періодичністю: при температурі 0—4 °С — через кожні 7 діб,

при температурі -4...0 °С — через кожні 10 діб, розсільних сирів — щомісяця.

У діжках перевіряють наявність розсолу, за потреби його доливають чи повністю замінюють. Під час зберігання швейцарського сиру в стопах головки перевертають при температурі 0—4 °С через 8—10 діб, а при -4... 0 °С — один раз на місяць.

Сири, на яких під час періодичного огляду були помічені поверхнева пліснява, пліснява під парафіновим покриттям, порушення покриття тощо, піддають, товарному обробленню (протирання, зачищення, парафінування), а за потреби — миють і висушують.

### ***Зберігання консерв***

Консерви зберігають у холодильниках, що прохолоджуються. Тара з консервами, ними можуть бути гофровані картонні ящики чи поліетиленова обгортка, вкладають у штабеля, нижній прошарок ящиків установлюють на дерев'яних рейках або піддонах.

Зберігають консерви при температурі від 0 до 15°С і відносної вологості повітря не вище 75%. При більш високій температурі збереження і відносної вологості повітря зростає швидкість корозії і руйнації консервної тари, погіршується якість продукту.

При зовнішньому огляді консерв звертають увагу на стан етикетки, зовнішній вигляд і герметичність банки.

Банки повинні бути чистими, без роздутих кришок, помятостей, фальцев, іржи і бомбажа, без деформації корпусу у виді кутків у бортиків

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

банки, гума не повинна виступати з-під фальца, денця повинні бути увігнутими або плоскими, лаковані банки повинні бути покриті суцільним прошарком термостійкого лаку.

Стійкість консервів при їх збереженні залежить від положення банок і температури збереження. Якщо при транспортуванні банки переміщують, то порушується їхня тимчасова герметичність, мікроорганізми звільняються від інших часток і переміщуються усередині банок. При цьому в консервах, що довго зберігалися в штабелях, може виникнути мікробіологічний бомбаж.

### ***Вершкове масло***

Зберігають в залежності від його виду, способу вироблення, упаковки, умов зберігання. Даний продукт зберігають складськими партіями (марками). Кожну партію складають у окремий штабель за видами і сортами.

Масло вершкове, розфасоване у вигляді брусків, перед закладанням на зберігання заморожують при температурі  $-18^{\circ}\text{C}$  упродовж 2 діб. Терміни зберігання такого масла при температурі  $-12^{\circ}\text{C}$  не повинні перевищувати 5 діб (упакованого в пергамент) чи 15 діб (упакованого в кашировану фольгу).

Відносну вологість повітря в камері зберігання масла на холодильнику підтримують у межах 85–90 % і контролюють один раз на декаду, а температуру повітря в камері вимірюють два рази на добу.

Яловичини у напівтушах до проектованого холодильника надходить у стійкових піддонах при температурі  $-18^{\circ}\text{C}$ , в яких потім і зберігається, розміри піддона  $1240 \times 1840 \times 1250$  [2] що розташовуються один над одним в 4 поверхи  $[1250 + 1250 + 1250 + 1250 = 5000\text{мм}]$ . В одному піддоні поміщається яловичини на 2000кг.

Консерви надходять у гофрованих картонних ящиках ( $380 \times 228 \times 258$ ) [5] при температурі  $0^{\circ}\text{C}$ , на євро піддонах з розташуванням по 3 ящики в довжину піддона, 3 в ширину та по 4 у висоту на палетних стелажах у 4 яруси,  $[(144 + 100 + 1032) + (144 + 100 + 1032) + (144 + 100 + 1032) + (144 + 1032) = 5004\text{м}]$  вміст одного ящика – 25кг

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Масло вершкове в упаковці надходить у гофрованих картонних ящиках (254x254x419)[3] при температурі -12°C ,розміщується на євро піддоні по 4 ящиків в довжину піддона, 3 в ширину та по 3 у висоту на палетних стелажах у 3 яруси ], вміст одного ящика –26кг, висота одного палет місця складає  $[(144+150+1257)+(144+150+1257)+(144+1257)=4503\text{мм}]$

Сири брусками надходить в ящиках (600x400x250) [4] на євро піддонах при температурі -2°C, що в свою чергу розташовуються на палетних стелажах декількома поверхами. Кількість ящиків по довжині піддону – 2, 2 ящика по ширині піддону та 4 по висоті, в4 яруси. Вміст одного ящика – 35кг(8 брусів Голандського сиру), висота одного палет місця складає:

$[(1000+144+100)+(1000+144+100)+(1000+144+100)+(1000+144)=4876\text{мм.}]$

*Табл.1.1. Характеристика пакетів та спосіб їх укладання*

Вид продукту і тари	Зовнішні розміри тари, мм	Маса одного пакету, кг	Кількість ящиків в пакеті, шт	Висота пакету з урахуванням висоти піддону, мм
Яловичина в напівтушах	1240x1840x1250	2000		1250
Масло вершкове в картонних ящиках	254x254x419	900	36	1401
Сир сичужний в картонних ящиках	600x400x250	560	16	1144
Консерви в картонних ящиках	380x228x258	936	36	1176



## 2. Об'ємно-планувальне рішення холодильника

### 2.1 Генеральний план

Холодильник складається із наступних основних частин:

- будівля холодильника (охолоджувальні приміщення);
- машинне відділення;
- службові приміщення;
- транспортні платформи;
- склад для аміаку і мастила;
- адміністративна будівля;
- КПП (вагова).

Будівлі холодильника відносяться до 5-го класу промислових підприємств [6], тому в плані забудови передбачена санітарна зона шириною 50 м навколо споруд холодильника.

У генплані передбачена щільність забудови до 50%. Передбачено автомобільний під'їзд до автомобільної платформи 6x84 м. Ширина під'їзду до автомобільної платформи складає 30 м.

Машинне відділення розміщено з торця головного корпусу холодильника. З протилежного боку на генплані залишено місце для можливого розширення холодильника. Також на території передбачена адміністративна будівля розмірами 30x15 метри та контрольно-пропускний пункт розмірами 3x3 метри.

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Костик В.П.			Проект розподільчого холодильника місткістю 4500 т. у м. Стрий	Літ.	Лист	Листів
Перевірів		Бондар В.І.						
Реценз.								
Н.контр.								
Затверд.		Петренко В.П.						
						НУХТ, ННІТІ, ТЕХТ		



## 2.2. Об'ємно-планувальне рішення холодильника, що проектується

Будівля розподільчого холодильника проектується за каркасною схемою із самонесучими залізобетонними стінами, при використанні яких навантаження від покриття та підвісного обладнання передається на каркас зі збірних залізобетонних елементів.

Всі охолоджувані приміщення холодильника komponуємо в одному контурі.

Приймаємо сітку колон холодильника 6x12 м. Висота одного поверху холодильника складає 6 м. (відстань підлоги до балки).

Визначимо основні розміри та місткості камер холодильника за розрахунком із реальних даних.

Нанесемо на план холодильника схематичне розміщення стоїчних піддонів у камерах зберігання яловичини. Приймаю камеру розміром 24x24 м.

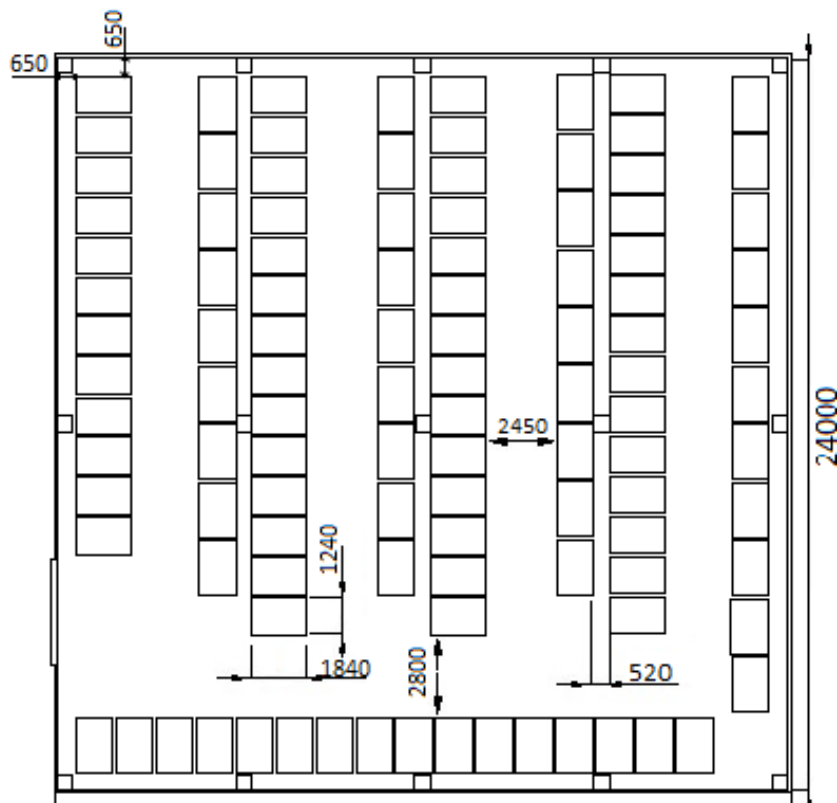


Рис.2.2. Розміщення піддонів у камерах зберігання 24x24 м.

При такому розташуванні, на стелажах 4 яруси, в одну камеру поміститься 432 палет. Відстань між сусідніми піддонами 10 см.

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Нанесемо на план холодильника схематичне розміщення піддонів з ящиками у камерах зберігання сиру, консерви та масла. Камери 18х24м.

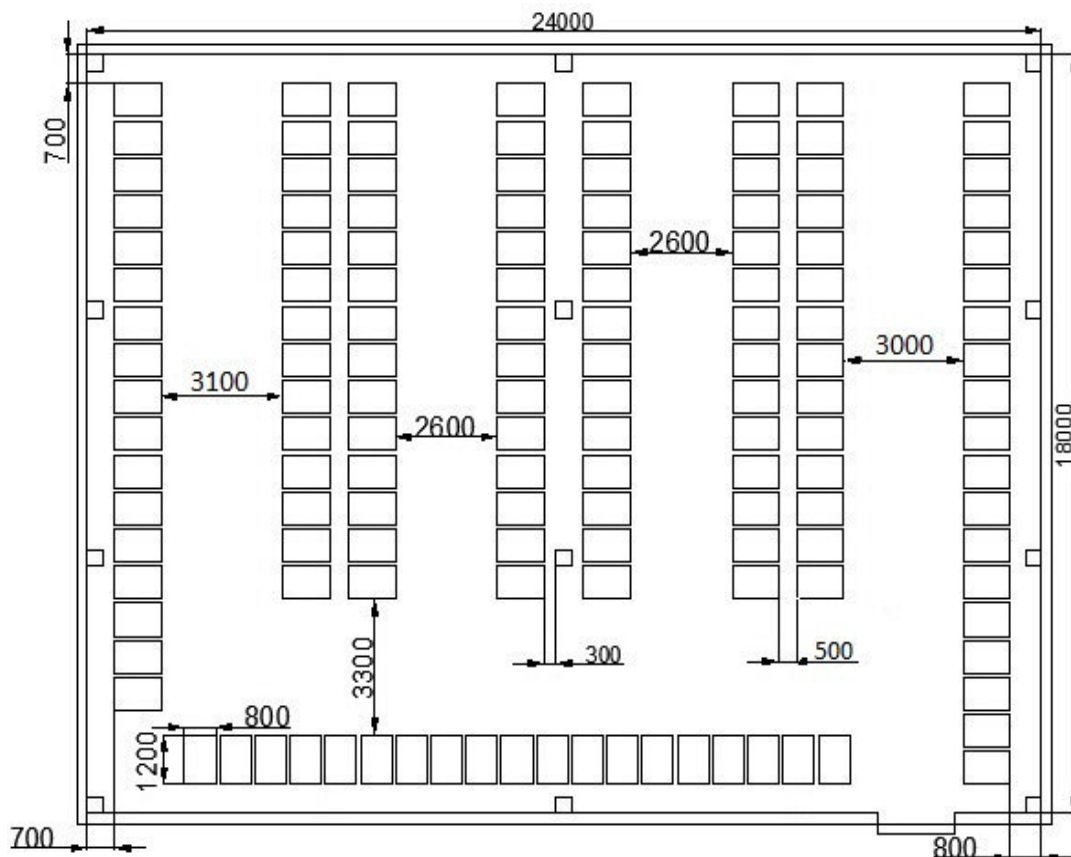


Рис.2.3. Розміщення піддонів у камерах зберігання 18х24 м.

На камеру припадає 139 стоечних місць.

						00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			



$$\frac{1000 \cdot 10^3}{900} = 1111 \text{ т/донів} / 417 = 3 \text{ камери } 24 \times 18;$$

$$\frac{1000 \cdot 10^3}{900} = 1111 \text{ т/донів} / 585 = 2 \text{ камери } 24 \times 24;$$

Кількість палет-місць в для сиру сичужного при розташуванні в 4 яруси:

$$\frac{1000 \cdot 10^3}{560} = 1785 \text{ т/донів} / 585 = 3 \text{ камери } 24 \times 18.$$

Результати зводимо до таблиці:

Назва камери	Маса, т	Маса 1 палети, кг	Кількість палет, шт	Розміри камери, м	Кількість камер, шт
Яловичина напівтушами	1500	2000	750	24x24	2
Масло вершкове	1000	900	1111	24x24	2
Сир сичужний	1000	560	1337	24x18	3
Консерви	1000	936	1602	24x24	2

З результатів видно, що для зберігання продукції необхідно 9 камер.

В холодильнику повинні розміщуватись камери заморозки (6% від маси замороженого продукту). Приймаємо 2 камери (12 × 24).

Для холодильника кратність вантажообігу приймаємо – 6 разів за рік.

Звідси знаходимо площу експедиції за формулою:

$$F_{\text{екс}} = \frac{0,4 \times \sum M}{0,35};$$

де  $\sum M$  – загальне добове надходження продукту в камери, т/добу

$$M = \frac{5000}{60} = 84 \frac{\text{т}}{\text{добу}};$$

$$F_{\text{екс}} = \frac{0,4 \times 84}{0,35} = 96 \text{ м}^2;$$

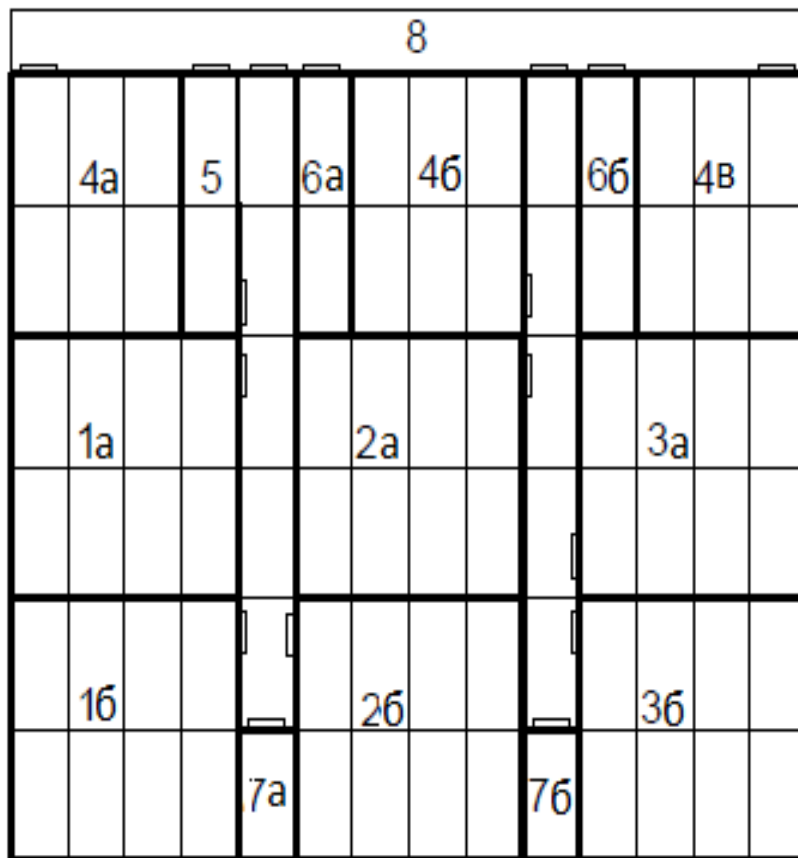
Знаходимо площу допоміжних приміщень за формулою:

$$F_{\text{доп}} = 0,3 \times \sum F_{\text{буд}};$$

де  $\sum F_{\text{буд}}$  – загальне площа камер зберігання

$$F_{\text{доп}} = 0,3 \times 4752 = 1425 \text{ м}^2;$$

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



- 1a 1b – Камери зберігання яловичини -18°C
- 2a 2b – Камери зберігання масла -12°C
- 3a 3b – Камери зберігання консерв 0°C
- 4a 4b 4b – Камери зберігання сиру -2°C
- 5 – Експедиція 0°C
- 6a 6b – Камери доморозки -30°C
- 7a 7b – Камера дефектних вантажів -18°C
- 8 – Автомобільна платформа

Рис.2.4. Планування камер холодильника .

### 3. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника.

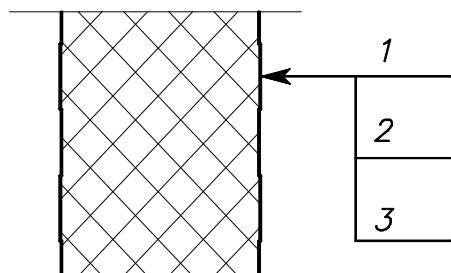
Теплоізоляція камер та службових приміщень виконана із сендвіч-панелей на основі утеплювача – пінополіуретан. Стеля виконана з сендвіч-панелей на основі утеплювача – пінополіуретан. Для розрахунку товщини ізоляції зовнішніх стін необхідні параметри зовнішнього повітря місця будівництва холодильника (табл. 2.4.2.).

Таблиця 3.1 Розрахункові параметри зовнішнього повітря

Місто	Розрахункова температура, °С			Відносна вологість повітря, %	
	літня	зимова	середньорічна	літня	зимова
Стрий	34	-23	9	42	82

#### 1. Стіни:

Ізоляція виконана із сендвіч-панелей.



1.- Оцинкована сталевая жесь.

$$\delta_{жесті} = 0,00063 м;$$

$$\lambda_{жесті} = 0,55 \frac{Вт}{м \times К};$$

$$R_{жесті} = \frac{\delta_{шт.сітка}}{\lambda_{шт.сітка}} = 0,00001 \frac{м^2 \times К}{Вт};$$

2.- теплоізоляція із вспіненого поліуретану (потрібно визначити);

$$\lambda_{із.} = 0,025 \frac{Вт}{м \times К};$$

3.- Оцинкована сталевая жесь.

$$\delta_{шт.сітка} = 0,00063 м;$$

$$\lambda_{шт.сітка} = 0,55 \frac{Вт}{м \times К};$$

$$R_{шт.сітка} = \frac{\delta_{шт.сітка}}{\lambda_{шт.сітка}} = 0,00001 \frac{м^2 \times К}{Вт};$$

Сумарний термічний опір:

$$\sum R_{сум.мор.} = 2 \cdot R_{жесті} = 2 \cdot 0,00001 = 0,00002 \frac{м^2 \times К}{Вт};$$

Потрібна товщина теплоізоляції:

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Костик В.П.				Проект розподільчого холодильника місткістю 4500 т. у м. Стрий	Літ.	Лист	Листів
Перевірив	Бондар В.І.							
Реценз.								
Н.контр.								
Затверд.	Петренко В.П.					НУХТ, ННІТІ, ТЕХТ		







Стіна між камерою та камерою зберігання сирут  $t_{кам.} = -2^{\circ}C$

$$K_0^{mp} = 0,28 \frac{Вт}{м^2 \times К}$$

$$\alpha_{зов.} = 9 \frac{Вт}{м^2 \times К}; \alpha_{вн.мор.} = 11 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

$$\delta_{із.}^{mp.} = 0,025 \times \left[ \frac{1}{0,28} - \left( \frac{1}{9} + 0,00002 + \frac{1}{11} \right) \right] = 0,084 м;$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 100 мм (панель марки PU100).

$$K_0^Д = \frac{1}{\left( \frac{1}{9} + 0,00002 + \frac{1}{11} \right) + \frac{0,1}{0,025}} = 0,238 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

### **Камера зберігання сирів в пластикових ящиках.**

Температура в камері  $t_{кам.} = -2^{\circ}C$ .

Стіна між камерою та допоміжним приміщенням

$$K_0^{mp} = 0,35 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

$$\alpha_{зов.} = 23 \frac{Вт}{м^2 \times К}; \alpha_{вн.мор.} = 9 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

$$\delta_{із.}^{mp.} = 0,025 \times \left[ \frac{1}{0,35} - \left( \frac{1}{23} + 0,00002 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,068 м;$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 80 мм (панель марки PU 80).

$$K_0^Д = \frac{1}{\left( \frac{1}{23} + 0,00002 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,08}{0,025}} = 0,298 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

Зовнішня стіна камери зберігання

$$K_0^{mp} = 0,33 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

$$\alpha_{зов.} = 23 \frac{Вт}{м^2 \times К}; \alpha_{вн.мор.} = 9 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

$$\delta_{із.}^{mp.} = 0,025 \times \left[ \frac{1}{0,33} - \left( \frac{1}{23} + 0,00002 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,072 м;$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 80мм (панель марки PU 80).

$$K_0^Д = \frac{1}{\left( \frac{1}{23} + 0,00002 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,08}{0,025}} = 0,256 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

Стіна між камерою та камерою зберігання консерв в картонних ящиках  
 $t_{кам.} = 0^{\circ}C$ .

$$K_0^{mp} = 0,58 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\alpha_{зов.} = 9 \frac{Вт}{м^2 \times К}; \alpha_{вн.мор.} = 9 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

$$\delta_{із.}^{mp.} = 0,025 \times \left[ \frac{1}{0,58} - \left( \frac{1}{9} + 0,00002 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,038 м;$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 40мм (панель марки PU 40).

$$K_0^D = \frac{1}{\left( \frac{1}{9} + 0,00002 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,040}{0,025}} = 0,548 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

*Стіна між камерою та коридором*

$$K_0^{mp} = 0,28 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

$$\alpha_{зов.} = 23 \frac{Вт}{м^2 \times К}; \alpha_{вн.мор.} = 9 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

$$\delta_{із.}^{mp.} = 0,025 \times \left[ \frac{1}{0,28} - \left( \frac{1}{23} + 0,00002 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,085 м;$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 100 мм (панель марки PU 100).

$$K_0^D = \frac{1}{\left( \frac{1}{23} + 0,00002 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,1}{0,025}} = 0,241 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

*Стіна між камерою та камерою зберігання масла вершкового  $t_{кам.} = -12^{\circ}C$ .*

$$K_0^{mp} = 0,41 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

$$\alpha_{зов.} = 9 \frac{Вт}{м^2 \times К}; \alpha_{вн.мор.} = 9 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

$$\delta_{із.}^{mp.} = 0,025 \times \left[ \frac{1}{0,41} - \left( \frac{1}{9} + 0,00002 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,055 м;$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 60мм (панель марки PU 60).

$$K_0^D = \frac{1}{\left( \frac{1}{9} + 0,00002 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,060}{0,025}} = 0,381 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

*Стіна між камерою та камерою зберігання яловичини напівтушами  $t_{кам.} = -18^{\circ}C$*

$$K_0^{mp} = 0,33 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

$$\alpha_{зов.} = 9 \frac{Вт}{м^2 \times К}; \alpha_{вн.мор.} = 9 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

$$\delta_{із.}^{mp.} = 0,025 \times \left[ \frac{1}{0,33} - \left( \frac{1}{9} + 0,00002 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,07 м;$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 80мм (панель марки PU 80).

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



Стіна між камерою та камерою зберігання сирів в пластмасових ящиках  
 $t_{кам.} = -2^{\circ}C$ .

$$K_0^{mp} = 0,58 \frac{Вт}{м^2 \times K};$$
$$\alpha_{зов.} = 9 \frac{Вт}{м^2 \times K}; \alpha_{вн.мор.} = 9 \frac{Вт}{м^2 \times K};$$
$$\delta_{із.}^{mp.} = 0,025 \times \left[ \frac{1}{0,58} - \left( \frac{1}{9} + 0,00002 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,038 м;$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 40мм (панель марки PU 40).

$$K_0^D = \frac{1}{\left( \frac{1}{9} + 0,00002 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,040}{0,025}} = 0,548 \frac{Вт}{м^2 \times K};$$

Стіна між камерою та коридором

$$K_0^{mp} = 0,28 \frac{Вт}{м^2 \times K};$$
$$\alpha_{зов.} = 23 \frac{Вт}{м^2 \times K}; \alpha_{вн.мор.} = 9 \frac{Вт}{м^2 \times K};$$
$$\delta_{із.}^{mp.} = 0,025 \times \left[ \frac{1}{0,28} - \left( \frac{1}{23} + 0,00002 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,085 м;$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 100 мм (панель марки PU 100).

$$K_0^D = \frac{1}{\left( \frac{1}{23} + 0,00002 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,1}{0,025}} = 0,241 \frac{Вт}{м^2 \times K};$$

Стіна між камерою та камерою консерв в картонних ящиках  $t_{кам.} = 0^{\circ}C$ .

$$K_0^{mp} = 0,58 \frac{Вт}{м^2 \times K};$$
$$\alpha_{зов.} = 9 \frac{Вт}{м^2 \times K}; \alpha_{вн.мор.} = 9 \frac{Вт}{м^2 \times K};$$
$$\delta_{із.}^{mp.} = 0,025 \times \left[ \frac{1}{0,58} - \left( \frac{1}{9} + 0,00002 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,038 м;$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 40мм (панель марки PU 40).

$$K_0^D = \frac{1}{\left( \frac{1}{9} + 0,00002 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,040}{0,025}} = 0,548 \frac{Вт}{м^2 \times K};$$

### Експедиція.

Температура в камері  $t_{кам.} = -12^{\circ}C$ .

Стіна між камерою та камерою зберігання сирів в пластикових ящиках  
 $t_{кам.} = -2^{\circ}C$

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 100 мм (панель марки PU 100).

**Камера зберігання дефектних вантажів .**

Температура в камері  $t_{кам.} = -18^{\circ}C$  .

Стіна між камерою та камерою зберігання консерв в картонних ящиках  $t_{кам.} = 0^{\circ}C$  .

$$K_0^{mp} = 0,33 \frac{Вт}{м^2 \times К} ;$$
$$\alpha_{зов.} = 9 \frac{Вт}{м^2 \times К} ; \alpha_{вн.мор.} = 9 \frac{Вт}{м^2 \times К} ;$$
$$\delta_{із.}^{mp.} = 0,025 \times \left[ \frac{1}{0,58} - \left( \frac{1}{9} + 0,00002 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,038 м;$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 40 мм (панель марки PU 40).

$$K_0^Д = \frac{1}{\left( \frac{1}{9} + 0,00002 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,04}{0,025}} = 0,54 \frac{Вт}{м^2 \times К} ;$$

*Зовнішня стіна камери зберігання*

$$K_0^{mp} = 0,3 \frac{Вт}{м^2 \times К} ;$$
$$\alpha_{зов.} = 23 \frac{Вт}{м^2 \times К} ; \alpha_{вн.мор.} = 9 \frac{Вт}{м^2 \times К} ;$$
$$\delta_{із.}^{mp.} = 0,025 \times \left[ \frac{1}{0,3} - \left( \frac{1}{23} + 0,00002 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,079 м;$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 80мм (панель марки PU 80).

$$K_0^Д = \frac{1}{\left( \frac{1}{23} + 0,00002 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,08}{0,025}} = 0,256 \frac{Вт}{м^2 \times К} ;$$

*Стіна між камерою та камерою зберігання яловичини  $t_{кам.} = -18^{\circ}C$  .*

$$K_0^{mp} = 0,33 \frac{Вт}{м^2 \times К} ;$$
$$\alpha_{зов.} = 9 \frac{Вт}{м^2 \times К} ; \alpha_{вн.мор.} = 9 \frac{Вт}{м^2 \times К} ;$$
$$\delta_{із.}^{mp.} = 0,025 \times \left[ \frac{1}{0,33} - \left( \frac{1}{9} + 0,00002 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,07 м;$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 80 мм (панель марки PU 80).

$$K_0^Д = \frac{1}{\left( \frac{1}{9} + 0,00002 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,08}{0,025}} = 0,292 \frac{Вт}{м^2 \times К} ;$$

									Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

00 КР 142.008.014.2022.ПЗ

Стіна між камерою та коридором

$$K_0^{mp} = 0,22 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$
$$\alpha_{зов.} = 23 \frac{Вт}{м^2 \times К}; \alpha_{вн.мор.} = 9 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$
$$\delta_{із.}^{mp.} = 0,025 \times \left[ \frac{1}{0,22} - \left( \frac{1}{23} + 0,00002 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,11 м;$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 120 мм (панель марки PU 120).

$$K_0^д = \frac{1}{\left( \frac{1}{23} + 0,00002 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,12}{0,025}} = 0,202 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

Стіна між камерою та камерою зберігання масла вершкового  $t_{кам.} = -12^\circ C$ .

$$K_0^{mp} = 0,41 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$
$$\alpha_{зов.} = 9 \frac{Вт}{м^2 \times К}; \alpha_{вн.мор.} = 9 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$
$$\delta_{із.}^{mp.} = 0,025 \times \left[ \frac{1}{0,41} - \left( \frac{1}{9} + 0,00002 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,055 м;$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 60 мм (панель марки PU 60).

$$K_0^д = \frac{1}{\left( \frac{1}{9} + 0,00002 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,06}{0,025}} = 0,381 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

### **Камера зберігання масла вершкового**

Температура в камері  $t_{кам.} = -12^\circ C$ ; охолодження безпосереднє.

Зовнішня стіна камери зберігання

$$K_0^{mp} = 0,23 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$
$$\alpha_{зов.} = 23 \frac{Вт}{м^2 \times К}; \alpha_{вн.мор.} = 9 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$
$$\delta_{із.}^{mp.} = 0,025 \times \left[ \frac{1}{0,23} - \left( \frac{1}{23} + 0,00002 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,105 м;$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 120 мм (панель марки PU 120).

$$K_0^д = \frac{1}{\left( \frac{1}{23} + 0,00002 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,120}{0,025}} = 0,203 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

Стіна між камерою та камерою зберігання масла вершкового  $t_{кам.} = -12^\circ C$

$$K_0^{mp} = 0,58 \frac{Вт}{м^2 \times К}$$
$$\alpha_{зов.} = 9 \frac{Вт}{м^2 \times К}; \alpha_{вн.мор.} = 9 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



Стіна між камерою та камерою охолодження  $t_{кам.} = -35^{\circ}C$

$$K_0^{mp} = 0,37 \frac{Вт}{м^2 \times К}; [1, С.49, табл.8.4]$$

$$\alpha_{зов.} = 11 \frac{Вт}{м^2 \times К}; \alpha_{вн.мор.} = 9 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

$$\delta_{із.}^{mp.} = 0,025 \times \left[ \frac{1}{0,37} - \left( \frac{1}{11} + 0,00002 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,063 м;$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 80мм (панель марки PU 80).

$$K_0^Д = \frac{1}{\left( \frac{1}{11} + 0,00002 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,080}{0,025}} = 0,294 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

## 2. Стеля.

Конструкція і розрахунок аналогічні стінам.

$$K_0^{mp} = 0,20 \frac{Вт}{м^2 \times К} [1, С.48, табл.8.2]$$

$$\alpha_{зов.} = 23 \frac{Вт}{м^2 \times К}; \alpha_{вн.мор.} = 11 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

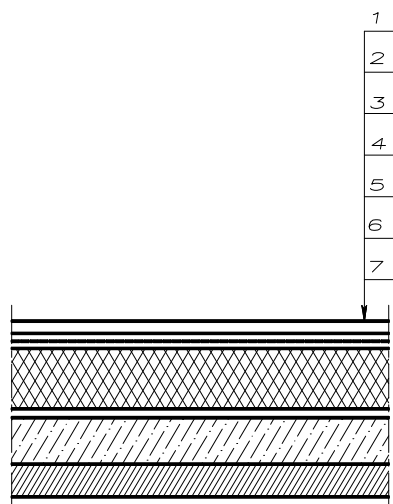
$$\delta_{із.}^{mp.} = 0,025 \times \left[ \frac{1}{0,20} - \left( \frac{1}{23} + 0,00002 + \frac{1}{11} \right) \right] = 0,119 м;$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 120 мм (панель марки PU 120).

$$K_0^Д = \frac{1}{\left( \frac{1}{23} + 0,00002 + \frac{1}{11} \right) + \frac{0,12}{0,025}} = 0,203 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3. Підлога.



1.- монолітне бетонне покриття із важкого бетону:

$$\delta_1 = 0,04\text{ м};$$

$$\lambda_1 = 1,86 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}};$$

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = 0,022 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}};$$

2.- армобетонна стяжка;

$$\delta_2 = 0,08\text{ м};$$

$$\lambda_2 = 1,86 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}};$$

$$R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = 0,043 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}};$$

3.- пароізоляція (1 шар пергаміна):

$$\delta_3 = 0,001\text{ м};$$

$$\lambda_3 = 0,15 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}}; R_3 - \text{ не враховуємо};$$

4.- теплоізоляція ПСБ-С:

$$\lambda_4 = 0,05 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}};$$

5.- цементно-пісчаний розчин:

$$\delta_5 = 0,025\text{ м};$$

$$\lambda_5 = 0,98 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}};$$

$$R_5 = \frac{\delta_5}{\lambda_5} = 0,026 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}};$$

6.- ущільнений пісок:

$$\delta_6 = 1,35\text{ м};$$

$$\lambda_6 = 0,58 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}};$$

$$R_6 = \frac{\delta_6}{\lambda_6} = 2,338 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}};$$

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Сумарний термічний опір:

$$\sum R = 2,43 \frac{m^2 \times K}{Bm};$$

$$K_0^{mp.} = 0,21 \frac{Bm}{m^2 \times K}; [1, С.49, табл.8.2]$$

$$\alpha_{вн.} = 7 \frac{Bm}{m^2 \times K};$$

Потрібна товщина теплоізоляції:

$$\delta_{із.}^{mp.} = \lambda_{із.} \times \left[ \frac{1}{K_0^{mp.}} - \left( \frac{1}{\alpha_{зов.}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} \right) \right];$$

$$\delta_{із.}^{mp.} = 0,05 \times \left[ \frac{1}{0,21} - \left( \frac{1}{7} + 2,43 \right) \right] = 0,109m;$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 120мм.

$$K_0^д = \frac{1}{\left( \frac{1}{7} + 2,43 \right) + \frac{0,12}{0,05}} = 0,2 \frac{Bm}{m^2 \times K};$$

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Огородження	$t_{в},$ °C	$\alpha_{з},$ $\frac{Вт}{м^2 \times К}$	$\alpha_{в},$ $\frac{Вт}{м^2 \times К}$	Товщина теплоізол. шару, мм		Коеф. теплопер. $\frac{Вт}{м^2 \times К}$	
				$\delta_{із}^{тр}$	$\delta_{із}^д$	$K_0$	$K_0^д$
Зовнішня стіна камери зберігання	-2,0	23	9	72	80	0,33	0,256
Зовнішня стіна камери зберігання	-18	23	9	115	120	0,21	0,203
Зовнішня стіна камери заморозки	-35	23	11	128	130	0,19	0,187
Зовнішня стіна камери зберігання	-12	23	9	105	120	0,23	0,203
Зовнішня стіна камери зберігання	0	23	9	82	100	0,29	0,241
Внутрішня стіна камери зберігання	-18	23	9	80	80	0,21	0,21
Внутрішня стіна камери зберігання	-2,0	23	9	85	100	0,28	0,24
Внутрішня стіна камери заморозки	-35	23	11	125	130	0,19	0,163
Внутрішня перегородка(-2,0/-2,0°C)	-2	9	9	38	40	0,58	0,54
Внутрішня перегородка(-/-18°C)	-18	9	9	38	40	0,58	0,54
Внутрішня перегородка(-35/-12°C)	-30	9	11	63	80	0,37	0,29
Внутрішня перегородка(-18/18°C)	-18	8	9	113	120	0,21	0,203
Внутрішня перегородка(-35/-2,0°C)	-35	9	11	84	100	0,28	0,238
Внутрішня перегородка(-18/-2,0°C)	-18	9	9	38	40	0,33	0,54
Внутрішня перегородка(-18/-12°C)	-18	9	9	55	60	0,41	0,38
Внутрішня перегородка(-12/-2,0°C)	-12	9	9	55	60	0,41	0,381
Внутрішня перегородка(-12/-12°C)	-12	9	9	38	40	0,58	0,54
Покриття	-35	23	11	119	120	0,2	0,203
Підлога	-35	-	7	109	120	0,21	0,2

Лист

00 КР 142.008.014.2022.ПЗ

Зм. Лист № докум. Підпис Дата

#### 4. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень.

Загальна кількість теплоти, що надходить в охолоджуване приміщення холодильника:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5, \text{ Bm},$$

де  $Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5$  – надходження теплоти відповідно через огорожувальні будівельні конструкції, від продуктів при холодильному обробленні, від вентиляції приміщень, пов'язане з експлуатацією камери, що виділяється продуктами під час виділення.

##### 4.1. Теплонадходження через загороджуючі конструкції.

$$Q_1 = Q_{1m} + Q_{1c}, \text{ Bm};$$

де  $Q_{1m}, Q_{1c}$  - надходження теплоти відповідно через стіни, простінки, перекриття, покрівлю, через підлогу, від сонячної радіації, Вт.

$$Q_{1m} = K_o \times F \times \theta \times 10^{-3} = K_o \times F \times (t_{\text{зов.}} - t_{\text{вн.}}) \times 10^{-3}, \text{ Bm}; [1, \text{С.56}] \quad (4.1)$$

Камера №4в. Визначення надходження теплоти через зовнішні стіни в камері зберігання сиру сичужного в пластмасових ящиках.

Стіна зовнішня східна.

$$t_{\text{к.зб.}} = -2^\circ\text{C}; \quad K_o = 0,256 \frac{\text{Bm}}{\text{м}^2 \times \text{К}};$$

$$t_{\text{зов.}} = 34^\circ\text{C}; [1, \text{дод.10}]$$

$$F = 18 \times 6 = 108 \text{ м}^2;$$

$$Q_{1m} = 0,25 \times 144 \times (34 - (-2)) \times 10^{-3} = 1,1 \text{кВм};$$

Теплонадходження від сонячної радіації:

$$Q_{1c} = K_o \times F \times \Delta t_c \times 10^{-3} \text{кВм}; [1, \text{С.57}] \quad (4.2)$$

Сендвіч панель світла:

$$\Delta t_c = 3,9^\circ\text{C}; [1, \text{С.58, табл. 9.1}]$$

$$Q_{1c} = 0,256 \times 144 \times 3,9 \times 10^{-3} = 0,13 \text{кВм};$$

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Костик В.П.			Проект розподільчого холодильника місткістю 4500 т. у м. Стрий	Літ.	Лист	Листів
Перевірів		Бондар В.І.						
Реценз.								
Н.контр.								
Затверд.		Петренко В.П.						
						НУХТ, ННІТІ, ТЕХТ		

$$\theta = 0,7 \times (t_{\text{зов.}} - t_{\text{вн.}}) = 0,7 \times (34 - (-2)) = 25,2^{\circ}\text{C};$$

Теплонадходження від підлоги:

$$Q_{1m} = 0,2 \times 432 \times (1 - (-2)) \times 10^{-3} = 0,25 \text{кВт};$$

$$\theta = 0,7 \times (t_{\text{зов.}} - t_{\text{вн.}}) = 0,7 \times (1 - (-2)) = 2,1^{\circ}\text{C};$$

Теплонадходження від покрівлі:

$$Q_{1m} = 0,256 \times 432 \times (34 - (-2)) \times 10^{-3} = 3,1 \text{кВт};$$

$$\theta = 0,7 \times (t_{\text{зов.}} - t_{\text{вн.}}) = 0,7 \times (34 - (-2)) = 25,2^{\circ}\text{C};$$

$$Q_{1c} = 0,203 \times 432 \times 14,9 \times 10^{-3} = 1,2 \text{кВт};$$

Теплонадходження від стіни спільної з камерою домороження:  $t_{\text{кам.}} = -35^{\circ}\text{C}$

$$Q_{1m} = 0,238 \times 144 \times (-35 - (-2)) \times 10^{-3} = 0 \text{кВт};$$

$$\theta = 0,6 \times (t_{\text{зов.}} - t_{\text{вн.}}) = 0,6 \times (34 - (-2)) = -19^{\circ}\text{C};$$

Теплонадходження від стіни спільної з камерою зберігання

консервів:  $t_{\text{кам.}} = 0^{\circ}\text{C}$

$$Q_{1m} = 0,54 \times 108 \times (0 - (-2)) \times 10^{-3} = 0,11 \text{кВт};$$

Теплонадходження від автомобільної платформи:  $t = 5^{\circ}\text{C}$

$$Q_{1m} = 0,45 \times 108 \times (5 - (-2)) \times 10^{-3} = 0,29 \text{кВт};$$

Для всіх інших камер розрахунки робимо так само і результати заносимо до таблиці 4.1

Таблиця 4.1

Загорожа	$K_D^0, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}$	$F, \text{м}^2$	$t_{\text{зов.}}, ^{\circ}\text{C}$	$\theta, ^{\circ}\text{C}$	$Q_{1m}, \text{кВт}$	$\Delta t_c, ^{\circ}\text{C}$	$Q_{1c}, \text{кВт}$	$Q_{1об}, \text{кВт}$
<b>Камера №4а(зберігання сиру(твн=-2))</b>								
Стіна спільна з автоплатформо $t=+5^{\circ}\text{C}$	0,45	108	5	4,2	0,34	0	-	0,34
двері в коридор	0,4	6	-	4,2	0,08	0	-	0,08
покрівля	0,2	432	34	25,2	3,1	14,9	1,2	4,3
підлога	0,2	432	1	2,1	0,25	0	-	0,2
стіна спільна з приміщенням $t=+18^{\circ}\text{C}$	0,46	144	18	9,6	1,1	0	-	1,1
стіна спільна з к.зб., $t=-18^{\circ}\text{C}$	0,54	108	-18	0	0	0	-	0
стіна спільна з експд., $t=-12^{\circ}\text{C}$	0,381	144	-12	-7	-	0	-	-
							<b>Q=6.02кВт</b>	

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ			Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				

Загорожа	$K_{д}^0, \frac{Вт}{м^2 \times К}$	$F, м^2$	$t_{зог}, ^\circ C$	$\theta, ^\circ C$	$Q_{1м}, кВт$	$\Delta t, ^\circ C$	$Q_{1с}, кВт$	$Q_{1об}, кВт$
<b>Камера №4б(зберігання сирів(твн=-2))</b>								
Вн. стіна в коридор	0,45	144	5	4,2	0,45	0	0	0,45
двері в коридор	0,4	6	-	4,2	0,08	0	-	0,08
покрівля	0,2	432	34	25,2	3,1	14,9	1,2	4,3
підлога	0,2	432	1	2,1	0,25	0	-	0,2
стіна спільна з к.зб., t=-12C	0,381	108	-12	-7	-	0	-	-
Стіна спільна з автоплатформо t=+5C	0,45	108	5	4,2	0,34	0	-	0,34
стіна спільна з к. t=-35C	0,238	144	-35	-19	0	0	-	0
<b>Q=5,37кВт</b>								

<b>Камера №4в(зберігання сирів(твн=-2))</b>								
Стіна зовн.:східна	0,256	144	34	25,2	1,1	3,9	0,13	1,23
Стіна спільна з автоплатформо t=+5C	0,45	108	5	4,2	0,34	0	-	0,34
Стіна спільна з к.зб. t=0C	0,54	108	0	1,2	0,11	0	0	0,11
двері в коридор	0,4	6	-	4,2	0	0	-	0,08
покрівля	0,2	432	34	25,2	3,1	14,9	1,2	4,3
підлога	0,2	432	1	2,1	0,25	0	-	0,2
стіна спільна з к. t=-35C	0,238	144	-35	-19	0	0	-	0
<b>Q=6,1кВт</b>								

<b>Камера №1а(камера зберігання яловичини(твн=-18))</b>								
покрівля	0,2	576	34	31,2	5,9	14,9	1,7	7,6
підлога	0,2	576	1	11,4	2,1	0	-	2,1
стіна спільна з к.зб. t=-18C	0,54	144	-18	0	0	0	-	0
стіна спільна з м.в., t=+18C	0,2	72	18	21,6	0,5	0	-	0,5
Вн. стіна в коридор	0,23	144	5	4,2	0,23	0	-	0,23
двері в коридор	0,4	6	-	4,2	0,08	0	-	0,08
стіна спільна з к.зб. t=-2C	0,54	108	-2	9,6	0,9	0	-	0,9
<b>Q=11,41кВт</b>								

Загорожа	$K_{д}^0, \frac{Вт}{м^2 \times К}$	$F, м^2$	$t_{зог}, ^\circ C$	$\theta, ^\circ C$	$Q_{1м}, кВт$	$\Delta t, ^\circ C$	$Q_{1с}, кВт$	$Q_{1об}, кВт$
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	<b>00 КР 142.008.014.2022.ПЗ</b>			

Камера №1б(зберігання яловичини(твн=-18))								
покрівля	0,2	576	34	31,2	5,9	14,9	1,7	7,6
підлога	0,2	576	1	11,4	2,1	0	-	2,1
стіна спільна з к.зб. t=-18С	0,54	144	-18	0	0	0	-	0
стіна зовнішня Пд.	0,203	144	34	9.6	1,5	3,2	0.09	1,59
Вн. стіна в коридор	0,23	72	5	4,2	0,38	0	-	0,38
двері в коридор	0,4	6	-	4,2	0,08	0	-	0,08
стіна зовнішня Зх.	0,203	144	34	9.6	1,5	4.7	0.1	1,6
								Q=12,35кВт

Камера №2а(зберігання масла(твн=-12))								
покрівля	0,2	576	34	27,6	5,2	14,9	1,7	6,9
підлога	0,2	576	1	7,8	2,1	0	-	1,4
стіна спільна з к.зб. t=-12С	0,54	144	-12	0	0	0	-	0
Стіна спільна з к. t=-2С	0.38	108	-2	6	0.4	0	-	0.4
Вн. стіна в коридор	0,26	288	5	10,8	1.01	0	-	1,2
двері в коридор	0,4	6	-	10,8	0,04	0	-	0,04
								Q=9,94кВт

Камера №2б(зберігання масла(твн=-12))								
покрівля	0,2	576	34	27,6	5,2	14,9	1,7	6,9
підлога	0,2	576	1	7,8	2,1	0	-	1,4
стіна спільна з к. t=-18С	0,38	144	-18	0	0	0	-	0
Вн. стіна в коридор	0,26	144	5	10,8	0,6	0	-	0,6
двері в коридор	0,4	6	-	10,8	0,04	0	-	0,04
Стіна спільна з к. t=-2С	0.38	108	-2	6	0.4	0	-	0.4
								Q=9,3кВт

Загорожа	$K_{д}^0, \frac{Bm}{m^2 \times K}$	$F, m^2$	$t_{зоб}, ^\circ C$	$\theta, ^\circ C$	$Q_{1m}, кВт$	$\Delta t c, ^\circ C$	$Q_{1c}, кВт$	$Q_{1об}, кВт$
Камера №3а (камера зберігання консервів (t=0С))								
Стіна зовн.:								
східна	0,256	144	34	25,2	1,3	3,9	0,07	1,37

Вн. стіна в коридор	0,45	144	5	3	0,3	0	-	0,3
двері в коридор	0,4	6	-	3	0,01	0	-	0,01
покрівля	0,2	576	34	20,4	3,9	14,9	1,7	5,6
підлога	0,2	576	1	0,6	0,11	0	-	0,11
стіна спільна з к.т=-2С	0,54	108	-2	-1.2	0	0	-	0
стіна спільна з к.зб t=0С	0,54	144	0	0	0	0	-	0
<b>Q=7,38кВт</b>								

Камера № 36 (камера зберігання консервів (tвн=0))								
Стіна зовн.:								
східна	0,256	144	34	25,2	1,3	3,9	0,07	1,37
південна	0,256	144	34	25,2	1,25	3,2	0,11	1,36
Вн. стіна в коридор	0,45	144	5	3	0,3	0	-	0,3
двері в коридор	0,4	6	-	3	0,01	0	-	0,01
покрівля	0,2	576	34	20,4	3,9	14,9	1,7	5,6
підлога	0,2	576	1	0,6	0,11	0	-	0,11
стіна спільна з камерою t=0С	0,54	144	0	0	0	0	-	0
стіна спільна з., t=-18С	0,54	72	-18	-10.8	0	0	0	0
<b>Q=8,75кВт</b>								

Камера № 5 ( Експедиція(tвн=-12С))								
Стіна спільна з автоплатформою t=+5С	0,26	36	5	10,2	0,15	0	-	0,15
Вн. стіна в коридор	0,26	144	5	10,2	0,62	0	-	0,62
двері в коридор	0,4	6	-	10,2	0,04	0	-	0,04
покрівля	0,2	144	34	32,2	0,66	14,9	0,21	0,87
підлога	0,2	144	1	7,8	0,18	0	-	0,18
стіна спільна з камерою t=-2С	0,381	144	-2	6	0,49	0	-	0,49
стіна спільна з., t=-18С	0,38	36	-18	-10.8	0	0	0	0
<b>Q=2,65кВт</b>								

Загорожа	$K_{д}^0, \frac{Вт}{м^2 \times К}$	$F, м^2$	$t_{зоб}, ^\circ С$	$\theta, ^\circ С$	$Q_{1м}, кВтм$	$\Delta tс^0 С$	$Q_{1с}, кВтм$	$Q_{1об}, кВтм$
Камера № 6а ( Камера заморозки(tвн=-35С))								
Стіна спільна з автоплатформою t=+5С	0,23	36	5	24	0,3	0	-	0,3

Вн. стіна в коридор	0,23	144	5	24	1,2	0	-	1,2
двері в коридор	0,4	6	-	24	0,09	0	-	0,09
покрівля	0,2	144	34	48	0,9	14,9	0,21	1,11
підлога	0,2	144	1	21	0,5	0	-	0,5
стіна спільна з камерою t=-2С	0,238	144	-2	19,8	1,1	0	-	1,1
стіна спільна з., t=-12С	0,29	36	-12	0	0,16	0	-	0,16
Q=4,46кВт								

Камера № 6б ( Камера заморозки(tвн=-35С))								
Стіна спільна з автоплатформою t=+5С	0,23	36	5	24	0,3	0	-	0,3
північна	0,203	36	34	48	0,5	0	0	0,5
Вн. стіна в коридор	0,23	144	5	24	1,2	0	-	1,2
двері в коридор	0,4	6	-	24	0,09	0	-	0,09
покрівля	0,2	144	34	48	0,9	14,9	0,21	1,11
підлога	0,2	144	1	21	0,5	0	-	0,5
стіна спільна з камерою t=-2С	0,238	144	-2	19,8	1,1	0	-	1,1
стіна спільна з., t=0С	0,238	36	0	21	0,24	0	-	0,24
Q=5,04кВт								

Камера № 7а ( Камера дефектних вантажів(tвн=-18С))								
Стіна зовн.: південна	0,203	36	34	31,2	0,38	3,2	0,02	0,4
Вн. стіна в коридор	0,23	36	5	4,2	0,16	0	-	0,16
двері в коридор	0,4	6	-	4,2	0,05	0	-	0,05
покрівля	0,2	36	34	31,2	0,37	14,9	0,1	0,47
підлога	0,2	36	1	11,4	0,13	0	-	0,13
стіна спільна з камерою t=-12С	0,38	36	-12	3,6	0,07	0	-	0,07
стіна спільна з., t=-18С	0,54	36	-18	0	0	0	-	0
Q=1,28кВт								

Камера № 7б ( Камера дефектних вантажів(tвн=-18С))								
Стіна зовн.: південна	0,203	36	34	31,2	0,38	3,2	0,02	0,4
Вн. стіна в коридор	0,23	36	5	4,2	0,16	0	-	0,16
двері в коридор	0,4	6	-	4,2	0,05	0	-	0,05

покрівля	0,2	36	34	31,2	0,37	14,9	0,1	0,47
підлога	0,2	36	1	11,4	0,13	0	-	0,13
стіна спільна з камерою t=- 12С	0,38	36	-12	3,6	0,07	0	-	0,07
стіна спільна з., t=0С	0,54	36	0	10,8	0,34	0	0	0,34
						Q=1,62кВт		

Автомобільна платформа (твн=5С)								
Стіна зовн.:								
північна	0,35	420	34	20	3,6	0	0	3,6
західна	0,35	30	34	20	0,22	4,7	0,042	0,262
східна	0,35	30	34	20	0,22	3,9	0,03	0,25
покрівля	0,2	504	34	20	2,9	14,9	1,9	4,8
підлога	0,2	504	1	0	0	0	-	0
						Q=8,9кВт		

Коридор 1 (твн=5С)								
покрівля	0,2	360	34	20	2,01	14,9	1	3,01
підлога	0,2	360	1	0	0	0	-	0
						Q=3,01кВт		

Коридор 2 (твн=5С)								
покрівля	0,2	360	34	20	2,01	14,9	1	3,01
підлога	0,2	360	1	0	0	0	-	0
						Q=3,01кВт		

#### 4.2. Теплонадходження від вантажів при холодильній обробці.

Камера №1а(камера зберігання яловичини).

$$t_{к.зб.} = -18^{\circ}\text{C};$$

Температура яловичини, яка надходить в камеру зберігання №1а з камери заморожування  $t = -14^{\circ}\text{C}$ . Вантаж поступає в стоечних металевих піддонах.

Теплонадходження при охолодженні і доморожуванні продуктів в камерах зберігання:

$$Q_{2np} = M_{np} \times \Delta i \times \frac{10^3}{24 \times 3600}; [1, \text{С.58}] \quad (4.3)$$

де  $M_{np}$  - добове надходження продуктів, т/добу;

$\Delta i$  - різниця питомих ентальпій продуктів, кДж/кг;

$$M_{np} = 45 \text{ т} / \text{добу};$$

$$M_m = 0,2 \times M_{np} = 0,2 \times 45 = 9 \text{ т} / \text{добу};$$

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ			Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				

$$t_1 = -15^{\circ}\text{C}; \quad t_2 = -18^{\circ}\text{C};$$

$$i_1 = 13 \text{ КДж/кг}; \quad i_2 = 4,6 \text{ КДж/кг}; [1, \text{ дод.10}]$$

$$\Delta i = 8,4 \text{ КДж/кг};$$

$$Q_{2np} = 45 \times 8,4 \times \frac{10^3}{24 \times 3600} = 4,3 \text{ кВт};$$

Теплонадходження від тари  $Q_{2m}, \text{ кВт}$  :

$$Q_{2m} = M_m \times c_m \times (t_1 - t_2) \times \frac{10^3}{24 \times 3600}, \text{ кВт}; [1, \text{ С.59}] \quad (4.4)$$

де  $M_m$  - добове надходження тари т/добу;

$c_m$  - питома теплоємність тари,  $\text{кДж/кг} \cdot \text{K}$ ;

$t_1$  і  $t_2$  - початкова і кінцева температура тари (приймаються рівними початковій і кінцевій температурі продукта),  $^{\circ}\text{C}$ ;

$$M_m = 0,2 \times M_{np} = 0,2 \times 45 = 9 \text{ т / добу};$$

$$c_m = 0,5 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \times \text{K}};$$

$$Q_{2m} = 9 \times 0,5 \times (-14 - (-18)) \times \frac{10^3}{24 \times 3600} = 0,156 \text{ кВт};$$

$$Q_2 = 4,3 + 0,156 = 4,45 \text{ кВт};$$

Камера №1б(камера зберігання яловичини) ідентична до камери 1а.

$$Q_2 = 4,3 + 0,156 = 4,45 \text{ кВт};$$

Камера №2а(камера зберігання масла вершкового).

Початкова температура продукту  $t = -6^{\circ}\text{C}$  кінцева  $t = -12^{\circ}\text{C}$

$$M_{np} = 30 \text{ т / добу};$$

$$M_m = 0,2 \times M_{np} = 0,2 \times 30 = 6 \text{ т / добу};$$

$$t_1 = -15^{\circ}\text{C}; \quad t_2 = -20^{\circ}\text{C};$$

$$i_1 = 40,6 \text{ КДж/кг}; \quad i_2 = 17,6 \text{ КДж/кг};$$

$$\Delta i = 23 \text{ КДж/кг};$$

$$Q_{2np} = 30 \times 23 \times \frac{10^3}{24 \times 3600} = 7,9 \text{ кВт};$$

Теплонадходження від тари  $Q_{2m}, \text{ кВт}$  :

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$c_m = 2,3 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \times \text{К}};$$

$$Q_{2m} = 6 \times 2,3 \times (-6 - (-12)) \times \frac{10^3}{24 \times 3600} = 0,9 \text{кВт};$$

$$Q_2 = 7,9 + 0,9 = 8,8 \text{кВт};$$

Камера №2б(камера зберігання масла вершкового) ідентична до камери зберігання 2а.

$$Q_2 = 7,9 + 0,9 = 8,8 \text{кВт};$$

Камера №3а(камера зберігання консерв).

$$t_{\text{к.зб.}} = 0^\circ\text{C};$$

$t_1 = +11^\circ\text{C}$  і охолоджується до  $t_2 = 0^\circ\text{C}$ .

$$M_m = 0,2 \times M_{\text{пр}} = 0,2 \times 45 = 9 \text{т} / \text{добу};$$

$$t_1 = +10^\circ\text{C}; \quad t_2 = +2^\circ\text{C};$$

$$i_1 = 295 \text{кДж/кг}; \quad i_2 = 267 \text{кДж/кг};$$

$$\Delta i = 27 \text{кДж/кг};$$

$$Q_{2\text{пр}} = 45 \times 27 \times \frac{10^3}{24 \times 3600} = 14,06 \text{кВт};$$

Теплонадходження від тари  $Q_{2m}, \text{кВт}$ :

$$c_m = 2,3 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \times \text{К}};$$

$$Q_{2m} = 9 \times 2,3 \times (11 - 0) \times \frac{10^3}{24 \times 3600} = 2,5 \text{кВт};$$

$$Q_2 = 14,06 + 2,5 = 16,5 \text{кВт}$$

Камера №3б(камера зберігання консерв) ідентична камері 3а.

$$Q_2 = 14,06 + 2,5 = 16,5 \text{кВт}$$

Камера №4а(камера зберігання сирів).

$$t_{\text{к.зб.}} = -2^\circ\text{C};$$

$t_1 = +10^\circ\text{C}$  і охолоджується до  $t_2 = -2^\circ\text{C}$ .

$$M_m = 0,2 \times M_{\text{пр}} = 0,2 \times 30 = 6 \text{т} / \text{добу};$$

$$t_1 = +10^\circ\text{C}; \quad t_2 = -2^\circ\text{C};$$

$$i_1 = 47 \text{кДж/кг}; \quad i_2 = 14,3 \text{кДж/кг};$$

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta i = 32,7 \text{ КДж/кг};$$

$$Q_{2np} = 30 \times 32,7 \times \frac{10^3}{24 \times 3600} = 11,2 \text{ кВт};$$

Теплонадходження від тари  $Q_{2m}$ , кВт :

$$c_m = 2,3 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \times \text{К}};$$

$$Q_{2m} = 6 \times 2,3 \times (10 - (-2)) \times \frac{10^3}{24 \times 3600} = 1,9 \text{ кВт};$$

$$Q_2 = 11,2 + 1,9 = 13,1 \text{ кВт}$$

Камера №4б, 4в(камера зберігання сирів) ідентичні камері 4а.

$$Q_2 = 11,2 + 1,9 = 13,1 \text{ кВт}$$

Камера №7а (камера дефектних вантажів).

$$t_{к.зб.} = -18^\circ\text{C};$$

Сири.

$$t_1 = +4^\circ\text{C}; \quad t_2 = 0^\circ\text{C};$$

Кількість дефектного вантажу прийmemo  $1\% \times M_\lambda = M_{np}$  ;

$$M_{np} = 0,01 \times 60 = 0,6 \text{ т / добу};$$

Теплонадходження при охолодженні і заморожуванні продуктів в камерах зберігання:

$$M_{np} = 0,6 \text{ т / добу};$$

$$M_m = 0,2 \times M_{np} = 0,2 \times 0,6 = 0,12 \text{ т / добу};$$

$$i_1 = 31 \text{ КДж/кг}; \quad i_2 = 22,7 \text{ КДж/кг};$$

$$\Delta i = 8,3 \text{ КДж/кг};$$

$$Q_{2np} = 0,6 \times 8,3 \times \frac{10^3}{24 \times 3600} = 0,42 \text{ кВт};$$

Теплонадходження від тари  $Q_{2m}$ , кВт :

$$c_m = 2,3 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \times \text{К}};$$

$$Q_{2m} = 0,12 \times 2,3 \times (4 - 0) \times \frac{10^3}{24 \times 3600} = 0,012 \text{ кВт};$$

$$Q_2 = 0,42 + 0,012 = 0,43 \text{ кВт};$$

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

### Яловичина.

$$t_1 = +5^{\circ}\text{C}; \quad t_2 = 0^{\circ}\text{C};$$

Кількість дефектного вантажу приймемо  $1\% \times M_{\lambda} = M_{np}$ ;

$$M_{np} = 0,01 \times 90 = 0,9 \text{ т / добу};$$

Теплонадходження при охолодженні і доморожуванні продуктів в камерах зберігання:

$$M_m = 0,2 \times M_{np} = 0,2 \times 0,9 = 0,18 \text{ т / добу};$$

$$i_1 = 246 \text{ кДж / кг}; \quad i_2 = 232 \text{ кДж / кг};$$

$$\Delta i = 14 \text{ кДж / кг};$$

$$Q_{2np} = 0,9 \times 14 \times \frac{10^3}{24 \times 3600} = 0,175 \text{ кВт};$$

Теплонадходження від тари  $Q_{2m}$ , кВт :

$$c_m = 0,5 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \times \text{К}};$$

$$Q_{2m} = 0,18 \times 0,5 \times (5 - 0) \times \frac{10^3}{24 \times 3600} = 0,005 \text{ кВт};$$

$$Q_2 = 0,18 \text{ кВт};$$

### 3. Консерви.

$$t_1 = +10^{\circ}\text{C}; \quad t_2 = 0^{\circ}\text{C};$$

Кількість дефектного вантажу приймемо  $1\% \times M_{\lambda} = M_{np}$ ;

$$M_{np} = 0,01 \times 90 = 0,9 \text{ т / добу};$$

Теплонадходження при охолодженні і доморожуванні продуктів в камерах зберігання:

$$M_m = 0,2 \times M_{np} = 0,2 \times 0,9 = 0,18 \text{ т / добу};$$

$$i_1 = 331 \text{ кДж / кг}; \quad i_2 = 261 \text{ кДж / кг};$$

$$\Delta i = 70 \text{ кДж / кг};$$

$$Q_{2np} = 0,6 \times 70 \times \frac{10^3}{24 \times 3600} = 0,7 \text{ кВт};$$

Теплонадходження від тари  $Q_{2m}$ , кВт :

$$c_m = 2,3 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \times \text{К}};$$

						Лист
					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{2m} = 0,18 \times 2,3 \times (10 - 0) \times \frac{10^3}{24 \times 3600} = 0,05 \text{ кВт};$$

$$Q_2 = 0,75 \text{ кВт};$$

Для дефектних вантажів:  $\sum Q_2 = 1,36 \text{ кВт};$

Камера №ба,6б (камера домороження).

$$t_{\text{вн}} = -35^\circ\text{C};$$

Яловичина:

$$M_z = 0,1 \times F = 0,15 \times 144 = 21,6 \text{ т / добу};$$

$$M_m = 0,1 \times M = 0,1 \times 21,6 = 2,16 \text{ т / добу};$$

$$M_{np} = 21,6 - 2,16 = 19,44 \text{ т / добу};$$

$$t_1 = -5^\circ\text{C}; \quad t_2 = -15^\circ\text{C};$$

$$i_1 = 57 \text{ КДж / кг}; \quad i_2 = 13 \text{ КДж / кг};$$

$$\Delta i = 44 \text{ КДж / кг};$$

$$Q_{2np} = 1,3 \times 19,44 \times 44 \times \frac{10^3}{24 \times 3600} = 13 \text{ кВт};$$

Теплонадходження від тари  $Q_{2m}$ , кВт :

$$c_m = 0,5 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \times \text{К}};$$

$$Q_{2m} = 1,3 \times 2,16 \times 0,5 \times (-5 + 15) \times \frac{10^3}{24 \times 3600} = 0,2 \text{ кВт};$$

$$Q_2 = 13 + 0,2 = 13,2 \text{ кВт};$$

Масло:

$$M_z = 0,06 \times F = 0,15 \times 144 = 21,6 \text{ т / добу};$$

$$M_m = 0,1 \times M = 0,1 \times 21,6 = 2,16 \text{ т / добу};$$

$$M_{np} = 21,6 - 2,16 = 19,44 \text{ т / добу};$$

$$t_1 = 0^\circ\text{C}; \quad t_2 = -6^\circ\text{C};$$

$$i_1 = 95 \text{ КДж / кг}; \quad i_2 = 39 \text{ КДж / кг};$$

$$\Delta i = 56 \text{ КДж / кг};$$

$$Q_{2np} = 1,3 \times 19,44 \times 56 \times \frac{10^3}{24 \times 3600} = 15,8 \text{ кВт};$$

Теплонадходження від тари  $Q_{2m}$ , кВт :

									Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.008.014.2022.ПЗ				

$$c_m = 2,3 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \times \text{К}};$$

$$Q_{2m} = 1,3 \times 2,16 \times 2,3 \times (0 + 6) \times \frac{10^3}{24 \times 3600} = 0,5 \text{кВт};$$

$$Q_2 = 15,8 + 0,5 = 16,3 \text{кВт};$$

#### 4.3 Теплонадходження при вентиляції приміщення.

Це теплонадходження враховується лише для спеціалізованих холодильників для зберігання овочів і фруктів.

#### 4.4 Експлуатаційні теплонадходження.

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4, \text{кВт};$$

де  $q_1, q_2, q_3, q_4$  – надходження теплоти відповідно від освітлення, перебування людей, працюючих електродвигунів та відчинення дверей.

Теплонадходження від освітлення:

$$q_1 = A \times F \times 10^{-3}, \text{кВт}; [1, \text{С.60}] \quad (4.5)$$

де  $A$  – теплота, яка виділяється джерелами освітлення за одиницю часу на  $1 \text{ м}^2$  площі пола,  $\text{Вт}/\text{м}^2$  ;

$F$  – площа камери,  $\text{м}^2$ .

Теплонадходження від перебування людей:

$$q_2 = 0,35 \times n, \text{кВт}, [1, \text{С.60}] \quad (4.6)$$

де  $0,35$  – тепловиділення однієї людини,  $\text{кВт}$ ;

$n$  – число людей, які працюють в даному приміщенні.

Теплонадходження від працюючих електродвигунів:

$$q_3 = \eta_e \times N_{\text{ел.да.}}, \text{кВт}, [1, \text{С.61}] \quad (4.7)$$

Теплонадходження при відкриванні дверей:

$$q_4 = K \times F \times 10^{-3}, [1, \text{С.61}] \quad (4.7)$$

де  $K$  – питоме надходження теплоти від відкривання дверей,  $\text{Вт}/\text{м}^2$  ;

$F$  – площа камери,  $\text{м}^2$ .

Камера №1а (зберігання яловичини).

Теплонадходження від освітлення для камер зберігання:

$$F=576 \text{ м}^2;$$

										Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.008.014.2022.ПЗ					

$$A=2,3 \text{ Вт/м}^2 ;$$

$$q_1 = 2,3 \times 576 \times 10^{-3} = 1,33 \text{ кВт};$$

Теплонадходження від перебування людей:

n=3 чоловіки;

$$q_2 = 0,35 \times 3 = 1,05 \text{ кВт};$$

Теплонадходження від працюючих електродвигунів:

$$q_3 = N_{\text{ел.дв.}} \times \eta, \text{ кВт}$$

$$q_3 = 2 \times 0,8 = 1,6 \text{ кВт}$$

Теплонадходження при відкриванні дверей:

$$q_4 = K \times F \times 10^{-3},$$

$$K=12 \text{ Вт/м}^2 [1, \text{ С.61, табл.9.2}]$$

$$F=576 \text{ м}^2 ;$$

$$q_4 = 12 \times 576 \times 10^{-3} = 6,9 \text{ кВт};$$

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 = 1,33 + 1,05 + 1,6 + 6,9 = 10,88 \text{ кВт};$$

Камера №1б (зберігання яловичини) ідентична камері 1а.

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 = 1,33 + 1,05 + 1,6 + 6,9 = 10,88 \text{ кВт};$$

Камера №2а (зберігання масла).

Теплонадходження від освітлення для камер зберігання:

$$q_1 = A \times F \times 10^{-3}, \text{ кВт}$$

$$F=576 \text{ м}^2 ;$$

$$A=2,3 \text{ Вт/м}^2 ;$$

$$q_1 = 2,3 \times 576 \times 10^{-3} = 1,33 \text{ кВт};$$

Теплонадходження від перебування людей:

n=3 чоловіки;

$$q_2 = 0,35 \times 3 = 1,05 \text{ кВт};$$

Теплонадходження від працюючих електродвигунів:

$$q_3 = 2 \times 0,8 = 1,6 \text{ кВт}$$

Теплонадходження при відкриванні дверей:

$$K=12 \text{ Вт/м}^2 ;$$

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F=576 \text{ м}^2;$$

$$q_4 = 12 \times 576 \times 10^{-3} = 6.9 \text{ кВт};$$

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 = 1,33 + 1.05 + 1,6 + 6,9 = 10,88 \text{ кВт};$$

Камера №2б (зберігання масла) ідентична камері 2а.

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 = 1,33 + 1.05 + 2 + 6,9 = 10,88 \text{ кВт};$$

Камера №3а (зберігання консерв).

Теплонадходження від освітлення для камер зберігання:

$$F=576 \text{ м}^2;$$

$$A=2,3 \text{ Вт/м}^2;$$

$$q_1 = 2,3 \times 576 \times 10^{-3} = 1,33 \text{ кВт};$$

Теплонадходження від перебування людей:

$$n=3 \text{ чоловіки};$$

$$q_2 = 0,35 \times 3 = 1.05 \text{ кВт};$$

Теплонадходження від працюючих електродвигунів:

$$q_3 = 2 \times 0,8 = 1,6 \text{ кВт}$$

Теплонадходження при відкриванні дверей:

$$K=12 \text{ Вт/м}^2;$$

$$F=576 \text{ м}^2;$$

$$q_4 = 12 \times 576 \times 10^{-3} = 6.9 \text{ кВт};$$

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 = 1,33 + 1.05 + 1,6 + 6,9 = 10,88 \text{ кВт};$$

Камера №3б (зберігання консерв) ідентична камері 3а.

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 = 1,33 + 1.05 + 1,6 + 6,9 = 10,88 \text{ кВт};$$

Камера №4а (зберігання сирів).

Теплонадходження від освітлення для камер зберігання:

$$F=432 \text{ м}^2;$$

$$A=2,3 \text{ Вт/м}^2;$$

$$q_1 = 2,3 \times 432 \times 10^{-3} = 0,99 \text{ кВт};$$

Теплонадходження від перебування людей:

$$n=3 \text{ чоловіки};$$

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$q_2 = 0,35 \times 3 = 1,05 \text{кВт};$$

Теплонадходження від працюючих електродвигунів:

$$q_3 = 2 \times 0,8 = 1,6 \text{кВт}$$

Теплонадходження при відкриванні дверей:

$$K=12 \text{ Вт/м}^2 ;$$

$$F=432 \text{ м}^2 ;$$

$$q_4 = 12 \times 432 \times 10^{-3} = 5,1 \text{кВт};$$

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 = 0,99 + 1,05 + 1,6 + 5,1 = 8,74 \text{кВт};$$

Камера №4б,4в (зберігання сирів) ідентичні камері 4а.

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 = 0,99 + 1,05 + 1,6 + 5,1 = 8,74 \text{кВт};$$

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 = 0,99 + 1,05 + 1,6 + 5,1 = 8,74 \text{кВт};$$

Камера №5 (експедиція).

Теплонадходження від освітлення для камер зберігання:

$$F=144 \text{ м}^2 ;$$

$$A=4,7 \text{ Вт/м}^2 ;$$

$$q_1 = 4,7 \times 144 \times 10^{-3} = 0,67 \text{кВт};$$

Теплонадходження від перебування людей:

$$n=2 \text{чоловіки};$$

$$q_2 = 0,35 \times 2 = 0,7 \text{кВт};$$

Теплонадходження від працюючих електродвигунів:

$$q_3 = 2 \times 0,8 = 1,6 \text{кВт}$$

Теплонадходження при відкриванні дверей:

$$K=38 \text{ Вт/м}^2 ;$$

$$F=144 \text{ м}^2 ;$$

$$q_4 = 38 \times 144 \times 10^{-3} = 5,4 \text{кВт};$$

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 = 0,67 + 0,7 + 1,6 + 5,4 = 8,3 \text{кВт};$$

Камера №ба (домороження).

Теплонадходження від освітлення для камер зберігання:

$$F=144 \text{ м}^2 ;$$

$$A=4,7 \text{ Вт/м}^2 ;$$

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$q_1 = 144 \times 4.7 \times 10^{-3} = 0.67 \text{ кВт};$$

Теплонадходження від перебування людей:

$$n=2 \text{ чоловіки};$$

$$q_2 = 0,35 \times 2 = 0.7 \text{ кВт};$$

Теплонадходження від працюючих електродвигунів:

$$q_3 = 8 \times 0,8 = 6,4 \text{ кВт}$$

Теплонадходження при відкриванні дверей:

$$K=15 \text{ Вт/м}^2;$$

$$F=144 \text{ м}^2;$$

$$q_4 = 15 \times 144 \times 10^{-3} = 2.16 \text{ кВт};$$

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 = 0.67 + 0.7 + 6,4 + 2.16 = 9,9 \text{ кВт};$$

Камера №6б (домороження) ідентична камері ба.

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 = 0.67 + 0.7 + 6,4 + 2.16 = 9,9 \text{ кВт};$$

Камера №7а (деф.вантажів).

Теплонадходження від освітлення для камер зберігання:

$$F=36 \text{ м}^2;$$

$$A=2,3 \text{ Вт/м}^2;$$

$$q_1 = 36 \times 2.3 \times 10^{-3} = 0.08 \text{ кВт};$$

Теплонадходження від перебування людей:

$$n=2 \text{ чоловіки};$$

$$q_2 = 0,35 \times 2 = 0,7 \text{ кВт};$$

Теплонадходження від працюючих електродвигунів:

$$q_3 = 2 \times 0,8 = 1,6 \text{ кВт}$$

Теплонадходження при відкриванні дверей:

$$K=12 \text{ Вт/м}^2;$$

$$F=36 \text{ м}^2;$$

$$q_4 = 8 \times 36 \times 10^{-3} = 0,28 \text{ кВт};$$

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 = 0.08 + 0,7 + 1,6 + 0,28 = 2,66 \text{ кВт};$$

Камера №7б (деф.вантажів) ідентична камері 7а.

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 = 0,08 + 0,7 + 1,6 + 0,28 = 2,66 \text{ кВт};$$

Автомобільна платформа.

Теплонадходження від освітлення для камер зберігання:

$$F = 504 \text{ м}^2;$$

$$A = 4,7 \text{ Вт/м}^2;$$

$$q_1 = 4,7 \times 504 \times 10^{-3} = 2,2 \text{ кВт};$$

Теплонадходження від перебування людей:

$$n = 3 \text{ чоловіки};$$

$$q_2 = 0,35 \times 3 = 1,05 \text{ кВт};$$

Теплонадходження при відкриванні дверей:

$$q_4 = K \times F \times 10^{-3},$$

$$K = 20 \text{ Вт/м}^2 \text{ [1, С.61, табл.9.2]}$$

$$F = 576 \text{ м}^2;$$

$$q_4 = 20 \times 576 \times 10^{-3} = 9,08 \text{ кВт};$$

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 = 2,2 + 0 + 1,05 + 9,08 = 12,33 \text{ кВт};$$

Розрахунки для всіх камер проводимо так само, і результати заносимо в табл.4.2.

$Q_5$  для всіх камер дорівнює нулю, оскільки це теплонадходження від продуктів, що дихають (фрукти, овочі тощо).

Табл.4.2

Назва камери	$F_d$	$A$	$q_1$	$n$	$q_2$	$N_{ел}$	$q_3$	$K$	$q_4$	$Q_4$
	$\text{м}^2$	$\text{Вт/м}^2$	$\text{Вт}$	$\text{чол.}$	$\text{Вт}$	$\text{кВт}$	$\text{Вт}$	$\text{Вт/м}^2$	$\text{Вт}$	$\text{Вт}$
№1а Зберігання яловичини	576	2,3	1330	3	1050	2	1600	12	6900	<b>10880</b>

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ					Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

№1б Зберігання яловичини	576	2,3	1330	3	1050	2	1600	12	6900	<b>10880</b>
№2а Зберігання масла вершкового	576	2,3	1330	3	1050	2	1600	12	6900	<b>10880</b>
№2б Зберігання масла вершкового	576	2,3	1330	3	1050	2	1600	12	6900	<b>10880</b>
№3а Зберігання консерв	576	2,3	1330	3	1050	2	1600	12	6900	<b>10880</b>
№3б Зберігання консерв	576	2,3	1330	3	1050	2	1600	12	6900	<b>10880</b>
№4а Зберігання сирів	432	2,3	990	3	1050	2	1600	12	5100	<b>8740</b>
№4б Зберігання сирів	432	2,3	990	3	1050	2	1600	12	5100	<b>8740</b>
№4в Зберігання сирів	432	2,3	990	3	1050	2	1600	12	5100	<b>8740</b>
№5 Експедиція	144	4,7	670	2	700	2	1600	38	5400	<b>8300</b>
№6а Домороження продуктів	144	4,7	670	2	700	8	6400	15	2160	<b>9900</b>
№6б Домороження продуктів	144	4,7	670	2	700	8	6400	15	2160	<b>9900</b>
№7а Зберігання деф. продуктів	36	2,3	80	2	700	2	1600	15	280	<b>2660</b>
№7б Зберігання деф. продуктів	36	2,3	80	2	700	2	1600	15	280	<b>2660</b>
Автомобільна платформа	504	4,7	2200	3	1050	0	0	20	9080	<b>12300</b>

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ					Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

## 5.Визначення навантаження на обладнання камер та компресор.

Навантаження на компресор  $Q_{KM}$  складається із усіх видів теплопритоків, але в ряді випадків їх можна враховувати на повністю, а частково, в залежності від типу та призначення холодильника.

Навантаження на компресор розраховуємо по наближеному методу рекомендованому для холодильників з великою кількістю камер (споживачів холоду).

5.1. Навантаження на компресор, що працює при температурі кипіння  $t_0 = -10^\circ C$  :

$$\begin{aligned} \Sigma Q_{-10} &= \Sigma Q_{100} + 0,6 \times \Sigma Q_{200} + 0,7 \times \Sigma Q_{400} = \\ &= (6,02 + 5,37 + 6,1 + 7,38 + 8,75 + 8,9 + 3,01 + 3,01) + 0,6 \times (16,5 + 16,5 + 13,1 + 13,1 + 13,1) + 0,7 \times \\ &\times (10,8 + 10,8 + 8,7 + 8,7 + 8,7 + 12,3) = 133 \text{кВт}; \end{aligned}$$

Холодопродуктивність компресора:

$$Q_0 = \frac{k \times \Sigma Q_{-10}}{b};$$

де  $k$  – коефіцієнт, що враховує втрати в трубопроводах та апаратах холодильної установки;  $k=1,05$

$b$  – коефіцієнт робочого часу;  $b=0,9$

$$Q_0 = \frac{1,05 \times 133}{0,9} = 140 \text{кВт};$$

5.2 Навантаження на компресор, що працює при температурі кипіння  $t_0 = -25^\circ C$  :

$$\begin{aligned} \Sigma Q_{-25} &= \Sigma Q_{100} + 0,6 \times \Sigma Q_{200} + 0,7 \times \Sigma Q_{400} = \\ &= (11,41 + 12,35 + 9,94 + 9,3 + 2,65 + 1,28 + 1,62) + 0,6 \times (4,45 + 4,45 + 8,8 + 8,8 + 1,36) + 0,7 \times \\ &\times (10,8 + 10,8 + 10,8 + 10,8 + 8,3 + 2,66 + 2,66) = 105,04 \text{кВт}; \end{aligned}$$

Холодопродуктивність компресора:

$$Q_0 = \frac{k \times \Sigma Q_{-25}}{b};$$

де  $k$  – коефіцієнт, що враховує втрати в трубопроводах та апаратах холодильної установки;  $k=1,07$ ;

$b$  – коефіцієнт робочого часу;  $b=0,9$ ;

$$Q_0 = \frac{1,07 \times 105,04}{0,9} = 123 \text{кВт};$$

					<b>00 КР 142.008.014.2022.ПЗ</b>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Костик В.П.			Проект розподільчого холодильника місткістю 4500 т. у м. Стрий	Літ.	Лист	Листів
Перевірив		Бондар В.І.						
Реценз.								
Н.контр.								
Затверд.		Петренко В.П.				<b>НУХТ, ННІТІ, ТЕХТ</b>		

5.3. Навантаження на компресор, що працює при температурі кипіння

$t_0 = -40^{\circ}\text{C}$  :

$$\sum Q_{-40} = \sum Q_{10\text{об}} + \sum Q_{20\text{об}} + 0,7 \times \sum Q_{40\text{об}} =$$

$$= (4.46 + 5.04) + 0,6 \times (13.2 + 16,3) + 0,7 \times (9,9 + 9,9) = 42\text{кВт};$$

Холодопродуктивність компресора:

$$Q_0 = \frac{k \times \sum Q_{-45}}{b};$$

де  $k$  – коефіцієнт, що враховує втрати в трубопроводах та апаратах холодильної установки;  $k=1,1$ ;

$b$  – коефіцієнт робочого часу;  $b=0,9$ ;

$$Q_0 = \frac{1,1 \times 42}{0,9} = 50\text{кВт};$$

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6. Вибір розрахункового режиму, побудова циклу та розрахунок холодильної машини.

Розрахунковий (робочий) режим холодильної установки характеризується температурами кипіння  $t_0$ , конденсації  $t_k$ , всмоктування (пари на вході в компресор)  $t_{oc}$ .

Значення цих параметрів обирають в залежності від призначення холодильної установки і розрахункових зовнішніх умов. Температуру кипіння х.а. приймаємо на  $5-10^\circ\text{C}$  нижчою, ніж температура у камерах охолодження.

Температура конденсації залежить від температури і кількості подаваної води. Температуру конденсації для установок з водяним охолодженням конденсатора приймають на  $(2 \div 4)^\circ\text{C}$  вище температури води, що виходить з конденсатора:

$$t_k = t_{w2} + (2 \div 4)^\circ\text{C} = t_{w1} + \Delta t_w + (2 \div 4)^\circ\text{C}. \quad [1, \text{С.71}] \quad (6.1)$$

При оборотній системі водопостачання температуру воду  $t_{w2}$  та  $t_{w1}$  визначають розрахунковими параметрами навколишнього середовища та величиною коефіцієнта ефективності холодильника оборотної води:

$$\eta = \frac{t_{w2} - t_{w1}}{t_{w2} - t_{m.m.}}, \quad (6.2)$$

де коефіцієнт ефективності охолодника залежить від його типу і може бути визначений за такими даними: для бризкального басейна  $\eta = (0,3 \div 0,5)$ , приймаємо  $\eta = 0,5$ .

$$\Delta t_w = t_{w2} - t_{w1} = 4^\circ\text{C};$$

Для м. Запоріжжя температура мокрого термометра при  $t_c = 34^\circ\text{C}$ ;  $\varphi = 42\%$ ,  
 $t_{m.m.} = 23,5^\circ\text{C}$ .

З формули (6.2) визначаємо, що

00 КР 142.008.014.2022.ПЗ				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розробив		Костик В.П.		
Перевірив		Бондар В.І.		
Реценз.				
Н.контр.				
Затверд.		Петренко В.П.		
Проект розподільчого холодильника місткістю 4500 т. у м. Стрий				
Літ.    Лист    Листів				
НУХТ, ННІТІ, ТЕХТ				

$$t_{w2} = \frac{\Delta t_w}{\eta} + t_{m.m.} = \frac{4}{0,5} + 23,5 = 31,5^\circ\text{C};$$

За формулою (6.2) визначаємо:

$$t_k = t_{w2} + (2 \div 4) = 31,5 + 2,5 = 34^\circ\text{C}.$$

Величина перегрівння пари холодильного агента:

$$t_{gc} = t_0 + (5 \div 10)^\circ\text{C}. \quad [1, \text{С.72}] \quad (6.3)$$

Будуємо цикл в  $\lg P - i$  діаграмі для R717. Значення параметрів х.а. у вузлових точках циклу заносимо до табл. 6.1.

Схема холодильної установки зображена на рис. 6.1.

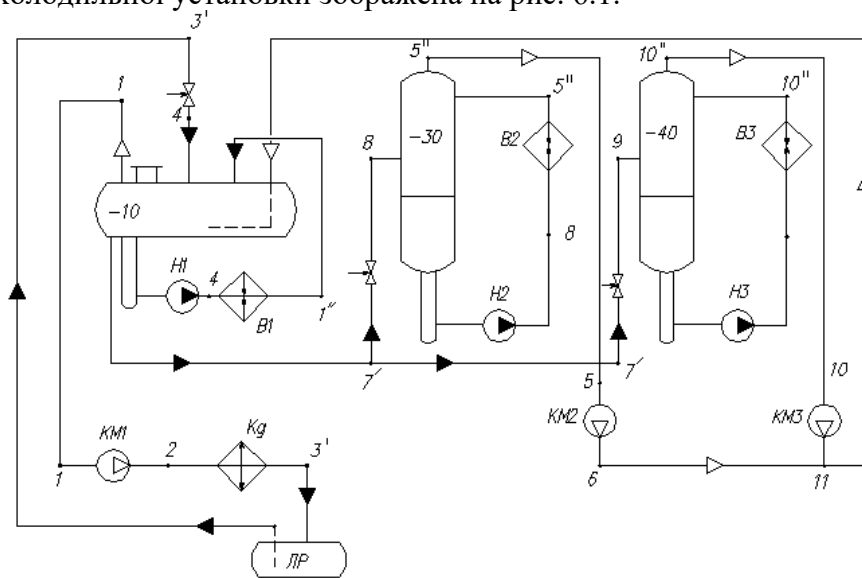


рис.6.1.

Табл. 6.1.

№ точки	t, °C	p, мПа	v, м³\кг	i, кДж\кг
1''	-10	0.29	0.417	1449
1	0	0.29	0.437	1474
2	110	1.3	0.13	1701
2''	34	1.3	0.098	1488
3'	34	1.30	0.001	358
4	-10	0.29	-	358
5''	-25	0.15	0.76	1428
5	-15	0.15	0.79	1452
6	27	0.29	0.48	1539
7'	-10	0.29	-	155
8	-25	0.15	0.03	155
9	-40	0.07	0.15	155
10''	-40	0.07	1.55	1408
10	-30	0.07	1.61	1428
11	62	0.29	0.55	1621

Масова витрата циркулюючого холодильного агенту, який треба відводити від циркуляційних ресиверів:

$$M_{(-40)} = Q_{0m(-40)} / (i_{10'} - i_9) = \frac{50}{(1408 - 155)} = 0,05 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

$$M_{(-25)} = Q_{0m(-25)} / (i_{5'} - i_8) = \frac{123}{(1426 - 156)} = 0,1 \frac{\text{кг}}{\text{с}}; \quad [1, \text{С.80}] \quad (6.4)$$

$$M_{(-10)} = Q_{0m(-10)} / (i_{1'} - i_4) = \frac{140}{(1449 - 358)} = 0,12 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

Сумарна масова витрата х.а. в КМ1:

$$M_{\text{км1}} = M_{(-10)} + M_{(-25)} \times \frac{(i_6 - i_{7'})}{(i_{1'} - i_4)} + M_{(-40)} \times \frac{(i_{11} - i_{7'})}{(i_{1'} - i_4)} =$$

$$= 0,12 + 0,1 \times \frac{(1539 - 155)}{(1449 - 358)} + 0,05 \times \frac{(1621 - 155)}{(1449 - 358)} = 0,31 \frac{\text{кг}}{\text{с}}; \quad [1, \text{С.81}] \quad (6.5)$$

Для визначення потрібної об'ємної продуктивності компресора знайдемо коефіцієнти подачі  $\lambda$ .  $\lambda = \lambda_i \times \lambda_w$ .

Індикаторний об'ємний коефіцієнт подачі.

Для КМ1.

$$\lambda_{i1} = \frac{P_{np} - \Delta P_{\text{вс}}}{P_{np}} - c \times \left[ \left( \frac{P_k + \Delta P_n}{P_{np}} \right)^{1/n} - \frac{(P_{np} - \Delta P_{\text{вс}})}{P_{np}} \right]; \quad (6.7)$$

$c=0,05$  – відносний мертвий простір;

$n=1$  – показник політропи;

$\Delta P_{\text{вс}} = 10 \text{кПа}$  - депресія на всмоктуванні;

$\Delta P_{\text{наг}} = 10 \text{кПа}$  - депресія на нагнітанні;

$P_{np} = 290 \text{кПа}$ ;

$P_k = 1300 \text{кПа}$ ;

$$\lambda_{i1} = \frac{290 - 10}{290} - 0,05 \times \left[ \left( \frac{1300 + 10}{290} \right) - \frac{(290 - 10)}{290} \right] = 0,788;$$

$$\lambda_w = \frac{T_{np}}{T_k} = \frac{(273 + (-10))}{273 + 34} = 0,857;$$

$$\lambda_1 = 0,788 \times 0,857 = 0,675;$$

Для КМ3.

Для нижньої ступені стиску підбираємо гвинтовий компресор тому:

$$\lambda_3 = \frac{P_{np}}{P_0} = \frac{290}{70} = 4,1$$

$P_{np} = 290 \text{кПа}$ ;  $P_0 = 70 \text{кПа}$ ;

Тоді по графіку (11.2 Явнель) підбираємо  $\lambda_3 = 0,84$

Для КМ2.

$$\lambda_{i2} = \frac{P_0 - \Delta P_{\text{вс}}}{P_0} - c \times \left[ \left( \frac{P_{np} + \Delta P_{\text{наг}}}{P_0} \right)^{1/n} - \frac{(P_0 - \Delta P_{\text{вс}})}{P_0} \right];$$

						00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			

$c=0,05$  – відносний мертвий простір;

$n=1$  – показник політропи;

$\Delta P_{ec} = 10 \text{кПа}$  - депресія на всмоктуванні;  $\Delta P_{наз} = 10 \text{кПа}$  - депресія на нагнітанні;

$P_{np} = 290 \text{кПа}$ ;  $P_0 = 150 \text{кПа}$ ;

$$\lambda_{i1} = \frac{150-10}{150} - 0,05 \times \left[ \left( \frac{290+10}{150} \right) - \frac{150-10}{150} \right] = 0,88;$$

$$\lambda_{w'2} = \frac{T_0}{T_{np}} = \frac{273 + (-25)}{273 + (-10)} = 0,943;$$

$$\lambda_2 = \lambda_{i2} \times \lambda_{w'2} = 0,88 \times 0,943 = 0,82;$$

### Розрахунок компресора КМ1.

1) Дійсний об'єм всмоктування:

$$V_{\partial} = M_{(-10)} \times v_1 = 0,31 \times 0,417 = 0,129 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}; \quad (6.8)$$

2)  $\lambda = 0,67$ ;

3) Об'єм, що описується поршнем:

$$V_h = \frac{V_{\partial}}{\lambda} = \frac{0,129}{0,67} = 0,19 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}; \quad (6.9)$$

4) Адіабатна потужність:

$$N_A = M_{(-10)} \times (i_2 - i_1) = 0,31 \times (1701 - 1474) = 70 \text{кВт}; \quad (6.10)$$

5) Індикаторний ККД:

$$\eta_i = \lambda_{w'1} + b \times t_{np}; \quad (6.11)$$

$b=0,0025$ ;

$$\eta_i = 0,85 + 0,0025 \times (-10) = 0,82;$$

6) Індикаторна потужність:

$$N_i = \frac{N_A}{\eta_i} = \frac{70}{0,82} = 85 \text{кВт}; \quad (6.12)$$

7) Потужність тертя:

$$N_{mp} = V_h \times P_{mp} = 0,19 \times 59 = 11,2 \text{кВт}; \quad (6.13)$$

8) Ефективна потужність:

$$N_e = N_i + N_{mp} = 85 + 11,2 = 96,2 \text{кВт}; \quad (6.14)$$

9) Потужність двигуна:

$$N_{\partialв} = \frac{N_e}{\eta_{ел}} = \frac{96,2}{0,9} = 106 \text{кВт}; \quad (6.15)$$

Для заданого холодильного агента за отриманими значеннями теоретичної подачі ( $V_m$ ), електричної та ефективної потужності вибираємо компресори, об'ємна подача яких  $V_{км}$  на 20 ÷ 40 % більша за необхідну, що забезпечує роботу компресора з коефіцієнтом робочого часу  $b = 0,8 \div 0,6$ .

Вибираємо два компресори фірми GEA Grasso 6210 сумарною об'ємною подачею :

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Sigma V_m = 2 \times 435 = 870 \frac{M^3}{200d} = 0,24 \frac{M^3}{c};$$

10) Дійсна масова витрата:

$$\Sigma M_{(-10)} = \lambda \times \Sigma V_{км(-10)} / v_1 = 0,67 \times 0,24 / 0,417 = 0,38 \frac{кг}{c};$$

11) Сумарна теоретична потужність:

$$\Sigma N_{m(-10)} = \Sigma M_{(-10)} \times (i_2 - i_1) = 0,38 \times (1701 - 1474) = 86,26 \text{кВт};$$

12) Індикаторна потужність компресора:

$$\Sigma N_{i(-10)} = \Sigma N_{m(-10)} / \eta_i = 86,26 / 0,82 = 105 \text{кВт};$$

13) Потужність тертя:

$$\Sigma N_{mp} = \Sigma V_h \times P_{mp} = 0,24 \times 59 = 14 \text{кВт};$$

14) Ефективна потужність:

$$N_e = N_i + N_{mp} = 105 + 14 = 119 \text{кВт};$$

15) Електрична потужність:

$$N_{el(-10)} = \frac{\Sigma N_{e(-10)}}{\eta_{el}} = \frac{119}{0,9} = 132 \text{кВт};$$

Встановлена потужність електродвигунів підібраних компресорів 132 кВт, тобто існує запас потужності.

#### Розрахунок компресора КМ2.

1) Дійсний об'єм всмоктування:---

$$V_d = M_{(-25)} \times v_5 = 0,1 \times 0,79 = 0,079 \frac{M^3}{c};$$

2)  $\lambda = 0,82$ ;

3) Об'єм, що описується поршнем:

$$V_h = \frac{V_d}{\lambda} = \frac{0,079}{0,82} = 0,096 \frac{M^3}{c};$$

4) Адіабатна потужність:

$$N_A = M_{(-25)} \times (i_6 - i_5) = 0,1 \times (1539 - 1452) = 8,7 \text{кВт};$$

5) Індикаторний ККД:

$$\eta_i = \lambda_{w'2} + b \times t_{np};$$

$$b = 0,0025;$$

$$\eta_i = 0,94 + 0,0025 \times (-25) = 0,87;$$

6) Індикаторна потужність:

$$N_i = \frac{N_A}{\eta_i} = \frac{8,7}{0,87} = 10 \text{кВт};$$

7) Потужність тертя:

$$N_{mp} = V_h \times P_{mp} = 0,096 \times 59 = 5,66 \text{кВт};$$

8) Ефективна потужність:

$$N_e = N_i + N_{mp} = 10 + 5,66 = 15,66 \text{кВт};$$

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

9) Потужність двигуна:

$$N_{дв} = \frac{N_e}{\eta_{ел}} = \frac{15,66}{0,9} = 17,9 \text{ кВт};$$

Для заданого холодильного агента за отриманими значеннями теоретичної подачі ( $V_m$ ), електричної та ефективної потужності вибираємо компресор, об'ємна подача яких  $V_{км}$  на 20 ÷ 40 % більша за необхідну, що забезпечує роботу компресора з коефіцієнтом робочого часу  $b = 0,8 \div 0,6$ .

Вибираємо два компресори GEA Grasso Grasso 2110 – сумарною об'ємною подачею

$$\sum V_m = 2 \times 217 = 434 \frac{\text{м}^3}{\text{год}} = 0,12 \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

10) Дійсна масова витрата:

$$\sum M_{(-30)} = \lambda \times \sum V_{км(-25)} / v_5 = 0,82 \times 0,12 / 0,79 = 0,12 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

11) Сумарна теоретична потужність:

$$\sum N_{m(-30)} = \sum M_{(-30)} \times (i_6 - i_5) = 0,12 \times (1539 - 1452) = 10,44 \text{ кВт};$$

12) Індикаторна потужність компресора:

$$\sum N_{i(-25)} = \sum N_{m(-25)} / \eta_i = 10,44 / 0,85 = 12,2 \text{ кВт};$$

13) Потужність тертя:

$$\sum N_{mp} = \sum V_h \times P_{mp} = 0,12 \times 59 = 7 \text{ кВт};$$

14) Ефективна потужність:

$$N_e = N_i + N_{mp} = 12,2 + 7 = 19,2 \text{ кВт};$$

15) Електрична потужність:

$$N_{ел(-30)} = \frac{\sum N_{e(-25)}}{\eta_{ел}} = \frac{19,2}{0,9} = 21,3 \text{ кВт};$$

Встановлена потужність електродвигунів підібраних компресорів 21,3 кВт, тобто існує невеликий запас потужності.

### Розрахунок компресора КМЗ.

1) Розраховуємо масову продуктивність за формулою:

$$q_0 = i_{10^{11}} - i_9 = 1408 - 155 = 1253 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

2) Знаходимо питому теоретичну роботу компресора:

$$q_k = i_2 - i_9 = 1399 - 155 = 1244 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

2)  $\lambda = 0,84$ ;

3) Необхідна теоретична об'ємна продуктивність компресора:

$$V_T = \frac{M_m \times v_{10}}{0,84} = \frac{0,05 \times 1,61}{0,84} = 0,10 \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

4) Адіабатна потужність:

$$N_A = M_{(-45)} \times (i_{11} - i_{10}) = 0,05 \times (1621 - 1428) = 10,2 \text{ кВт};$$

									Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

00 КР 142.008.014.2022.ПЗ

5) Індикаторний ККД:

$$\eta_i = 0.78;$$

6) Індикаторна потужність:

$$N_i = \frac{N_A}{\eta_i} = \frac{10,2}{0,78} = 13,1 \text{кВт};$$

7) Ефективна потужність:

$$N_e = \frac{N_i}{N_{\text{mex}}} = \frac{13,1}{0,9} = 14,5 \text{кВт};$$

8) Потужність двигуна:

$$N_{\text{дв}} = \frac{N_e}{\eta_{\text{ел}}} = \frac{14,5}{0,9} = 16,1 \text{кВт};$$

Для заданого холодильного агента за отриманими значеннями теоретичної подачі ( $V_m$ ), електричної та ефективної потужності вибираємо компресор, об'ємна подача яких  $V_{\text{км}}$  на 20 ÷ 40 % більша за необхідну, що забезпечує роботу компресора з коефіцієнтом робочого часу  $b = 0,8 \div 0,6$ .

Вибираємо два гвинтові компресори GeaGrasso SH C – сумарною об'ємною подачею

$$\sum V_m = 2 \times 231 = 462 \frac{\text{м}^3}{\text{год}} = 0,128 \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

9) Дійсна масова витрата:

$$\sum M_{(-40)} = \lambda \times \sum V_{\text{км}(-45)} / v_{10} = 0,84 \times 0,128 / 1,61 = 0,066 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

10) Сумарна теоретична потужність:

$$\sum N_{m(-40)} = \sum M_{(-40)} \times (i_{11} - i_{10}) = 0,066 \times (1621 - 1428) = 12,7 \text{кВт};$$

11) Індикаторна потужність компресора:

$$\sum N_{i(-45)} = \sum N_{m(-40)} / \eta_i = 12,7 / 0,78 = 16,3 \text{кВт};$$

12) Ефективна потужність:

$$N_e = \frac{\sum N_{i(-40)}}{N_{\text{mex}}} = \frac{16,3}{0,9} = 18,1 \text{кВт};$$

13) Електрична потужність:

$$N_{\text{ел}(-40)} = \frac{\sum N_{e(-40)}}{\eta_{\text{ел}}} = \frac{18,1}{0,9} = 20,1 \text{кВт};$$

Встановлена потужність електродвигунів підібраних компресорів 29.2 кВт, тобто існує невеликий запас потужності.

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Табл. 6.2 Техніко технічні характеристики компресорів.

Назва	Об'ємна подача $m^3 \setminus год$	Розміри			Вага <u>кг</u>
		Д	Ш	В	
GEA Grasso 6210	435	1475	890	815	998
GEA Grasso 3110	217	1125	540	765	590
GEA Grasso SH C	231	888	585	560	313

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## 7. Розрахунок та вибір тепломасообмінних апаратів.

Завдання теплового розрахунку теплообмінних апаратів полягає у визначенні площі поверхні теплопередачі. В основу розрахунків покладено розв'язання рівняння теплопередачі:

$$F = Q / (k \times \Delta t_{cp}), m^2 \quad [1, C.85] \quad (7.1.)$$

### 7.1. Розрахунок конденсатора.

Множники, що входять у рівняння теплопередачі, під час розрахунку конденсатора визначаються так:

$$Q = Q_k - \text{теплове навантаження конденсатора, кВт;}$$

Дійсне теплове навантаження на конденсатор:

$$Q_{kd} = Q_{om(-40)} + Q_{om(-25)} + Q_{om(-10)} + N_{i(-10)} + N_{i(-25)} + N_{i(-40)}; \quad (7.2)$$

Дійсну холодопродуктивність компресорів кожної ступені знаходимо із співвідношення:

$$Q_0 = \sum Q_{om} \times \frac{V_{km}}{V_T}; \quad (7.3)$$

Отже:

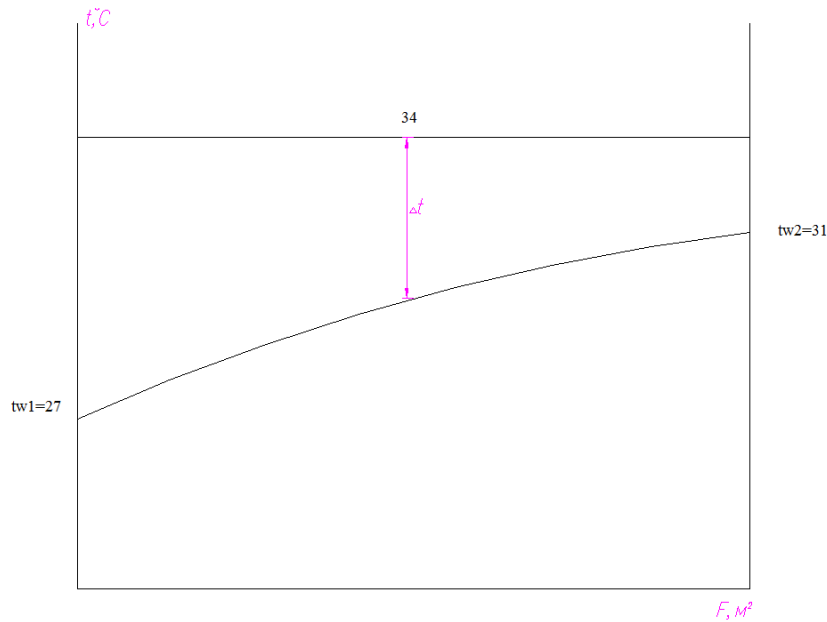
$$Q_{kd} = 50 \times \frac{0,128}{0,1} + 123 \times \frac{0,12}{0,096} + 140 \times \frac{0,24}{0,19} = 400,3 \text{ кВт};$$

$k$  – коефіцієнт теплопередачі конденсатора,  $Вт/(m^2 \times K)$ . Для горизонтальних кожухотрубних конденсаторів, що встановлюються при оборотній системі водопостачання для аміака:  $k=(700 \dots 800) \text{ Вт}/(m^2 \times K)$ .

Приймаємо  $k=800 \text{ Вт}/(m^2 \times K)$ .

На мал. 7.1. показана умовна схема зміни температур холодоагента та охолодного середовища вздовж поверхні теплопередачі.

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Костик В.П.			Проект розподільчого холодильника місткістю 4500 т. у м. Стрий	Літ.	Лист	Листів
Перевірив		Бондар В.І.						
Реценз.								
Н.контр.								
Затверд.		Петренко В.П.						
						НУХТ, ННІТІ, ТЕХТ		



мал.7.1.

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\text{м}}}} = \frac{(34 - 27) - (34 - 31)}{\ln \frac{(34 - 27)}{(34 - 31)}} = 4,7^{\circ}\text{C}; [1, \text{С.87}] \quad (7.4)$$

За формулою 7.1.:

$$F = Q / (k \times \Delta t_{\text{cp}}) = 400,3 \times 10^3 / (800 \times 4,7) = 106,5 \text{ м}^2;$$

Приймаємо два конденсатори марки 63КГТ з площею теплообмінною поверхні  $F = 2 \times 67 = 134 \text{ м}^2$

Горизонтальний кожухотрубний конденсатор	Площа внутрішньої теплопередаючої поверхні, м <sup>2</sup>	Габаритні розміри, мм				Число труб	Довжина труб, мм	Діаметр умовного проходу приєднувальних патрубків, мм			Об'єм міжтрубного простору, м <sup>3</sup>	Об'єм трубного простору, м <sup>3</sup>	Маса, кг
		Діаметр кожуха	Довжина	Ширина	Висота			Вода (вхід і вихід)	Холодоагент вхід	Холодоагент вихід			
КТГ-63	67	600	5520	910	1000	216	5000	100	80	25	0,89	0,40	2023

## 7.2. Розрахунок градирні.

Градирню вибирають по необхідній площі поперечного перерізу  $F_{\text{н.пер.}}$ , м<sup>2</sup>, яку визначають за формулою:

$$F_{\text{н.пер.}} = \frac{Q_{\text{гр}}}{q_F}; [1, \text{С.148}] \quad (7.5)$$

														Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.008.014.2022.ПЗ									

де  $Q_{cp}$  - теплове навантаження на градирню, кВт;

$q_F$  - питоме теплове навантаження на 1 м<sup>2</sup> поперечного перерізу насадки в градирні.

Приймаємо  $q_F = 50 \text{ кВт} / \text{м}^2$ ;

Теплову навантаження на градирню приймаю 404 кВт\м<sup>2</sup>

$$Q_{cp} = 1,03 \times Q_k = 1,03 \times 406,5 = 418,6 \text{ кВт};$$

Площа поперечного перерізу басейна за формулою:

$$F_{n.пер.} = \frac{Q_{cp}}{q_F} = \frac{418,6}{50} = 8,3 \text{ м}^2;$$

Приймаємо градирню Dalgakiran серія Radial ERRK 73

Назва	Теплова Продукт.кВт	Ксть. вент.	Вв.цирк., л	Врезерв., л	Витрата води,л\г	Маса суха кг	Маса кг
ERRK 73	426	3	17,8	1170	73.3	980	2150

### 7.3. Розрахунок повітроохолодників.

#### 7.3.1. Камера зберігання яловичини в напівтушах №1а ( $t_e = -18^\circ\text{C}$ ).

Площу теплопередаючої поверхні повітроохолодника розраховують за формулою (7.1), підставивши в неї значення коефіцієнта теплопередачі повітроохолодника.  $Q = Q_{обл.}$

$$F = \frac{Q_{обл.}}{k \times \Delta t_{cp}} = \frac{26,73 \times 10^3}{13 \times 10} = 208 \text{ м}^2;$$

До установки приймаємо два підвісних повітроохолодники фірми Guntner 071D/112 з площею теплопередаючої поверхні  $F=108 \times 2=216 \text{ м}^2$  подача повітря  $3,8 \times 2=7,6 \text{ м}^3 / \text{с}.$

$$V_{ns} = \frac{Q_{обл.}}{(\rho_{ns} \times (i_1 - i_2))}, \text{ м}^3 / \text{с}; [1, \text{С.92}] \quad (7.6)$$

де  $\rho_{ns}$  - густина повітря, яке виходить з повітроохолодника ( визначається за I-d діаграмою). Температура повітря на вході  $t_{ex} = -17^\circ\text{C}$ ,  $i_1 = -15 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ ,

$$t_{вих} = -20^\circ\text{C},$$

$$i_2 = -18 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

						00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			

$$V_{не} = \frac{26,73}{1,39 \times (-15 + 18)} = 6,4 \text{ м}^3 / \text{с};$$

$$V_{по} > V_{пв}$$

7.3.2. Камера зберігання яловичини в напівтушах №16 ( $t_e = -18^\circ\text{C}$ ).

$$F = \frac{Q_{обл}}{k \times \Delta t_{cp}} = \frac{27,6 \times 10^3}{13 \times 10} = 217 \text{ м}^2;$$

До установки приймаємо два підвісних повітроохолодники фірми Guntner 071D/112 з площею теплопередаючої поверхні  $F=108 \times 2=216$  подача повітря  $3,8 \times 2=7,6 \text{ м}^3 / \text{с}.$

Температура повітря на вході  $t_{вх} = -17^\circ\text{C}$ ,  $i_1 = -15 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ ,

$t_{вих} = -20^\circ\text{C}$ ,  $i_2 = -18 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ .

$$V_{не} = \frac{27,6}{1,39 \times (-15 + 18)} = 6,4 \text{ м}^3 / \text{с};$$

$$V_{по} > V_{пв}$$

7.3.3. Камера зберігання масла вершкового №2а ( $t_e = -12^\circ\text{C}$ ).

$$F = \frac{Q_{обл}}{k \times \Delta t_{cp}} = \frac{29,6 \times 10^3}{15 \times 10} = 205 \text{ м}^2;$$

До установки приймаємо два підвісних повітроохолодники фірми Guntner 071D/112 з площею теплопередаючої поверхні  $F=108 \times 2=216$  подача повітря  $3,8 \times 2=7,6 \text{ м}^3 / \text{с}.$

Температура повітря на вході  $t_{вх} = -10^\circ\text{C}$ ,  $i_1 = -6 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ ,  $t_{вих} = -13^\circ\text{C}$ ,  $i_2 = -12 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ .

Перевіряємо, чи достатня об'ємна продуктивність встановлених на них вентиляторів.

$$V_{не} = \frac{29,6}{1,35 \times (-6 + 12)} = 4 \text{ м}^3 / \text{с};$$

$$V_{по} > V_{пв}$$

7.3.4. Камера зберігання масла № 2б ( $t_e = -12^\circ\text{C}$ ).

$$F = \frac{Q_{обл}}{k \times \Delta t_{cp}} = \frac{28,9 \times 10^3}{15 \times 10} = 201 \text{ м}^2;$$

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

До установки приймаємо два підвісних повітроохолодники фірми Guntner 071D/112 з площею теплопередаючої поверхні  $F=108 \times 2=216$  подача повітря  $3,8 \times 2=7,6 \text{ м}^3 / \text{с}.$

Температура повітря на вході  $t_{\text{вх}} = -10^\circ\text{C}$ ,  $i_1 = -6 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ ,  $t_{\text{вих}} = -13^\circ\text{C}$ ,  $i_2 = -12 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ .

Перевіряємо, чи достатня об'ємна продуктивність встановлених на них вентиляторів.

$$V_{\text{не}} = \frac{28,9}{1,35 \times (-6 + 12)} = 3,7 \text{ м}^3 / \text{с};$$

$$V_{\text{по}} > V_{\text{не}}$$

7.3.5. Камера зберігання консерв №3а ( $t_g = 0^\circ\text{C}$ ).

$$F = \frac{Q_{\text{обл}}}{k \times \Delta t_{\text{ср}}} = \frac{34,7 \times 10^3}{17 \times 10} = 205 \text{ м}^2;$$

До установки приймаємо два підвісних повітроохолодники фірми Guntner 066D/18 з площею теплопередаючої поверхні  $F=115 \times 2=230 \text{ м}^2$ , подача повітря  $2,1 \times 2=4,2 \text{ м}^3 / \text{с}.$

Температура повітря на вході  $t_{\text{вх}} = +2^\circ\text{C}$ ,  $i_1 = -6 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ ,  $t_{\text{вих}} = -3^\circ\text{C}$ ,  $i_2 = -12 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ .

Перевіряємо, чи достатня об'ємна продуктивність встановлених на них вентиляторів.

$$V_{\text{не}} = \frac{34,7}{1,29 \times (12 - 5)} = 3,9 \text{ м}^3 / \text{с};$$

$$V_{\text{по}} > V_{\text{не}}$$

7.3.6. Камера зберігання консерв №3б ( $t_g = 0^\circ\text{C}$ ).

$$F = \frac{Q_{\text{обл}}}{k \times \Delta t_{\text{ср}}} = \frac{36,1 \times 10^3}{17 \times 10} = 219 \text{ м}^2;$$

До установки приймаємо два підвісних повітроохолодники фірми Guntner 071D/110 з площею теплопередаючої поверхні  $F=127 \times 2=254 \text{ м}^2$ , подача повітря  $3,4 \times 2=6,8 \text{ м}^3 / \text{с}.$

Температура повітря на вході  $t_{\text{вх}} = +2^\circ\text{C}$ ,  $i_1 = 12 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ ,  $t_{\text{вих}} = -3^\circ\text{C}$ ,  $i_2 = 5 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ .

Перевіряємо, чи достатня об'ємна продуктивність встановлених на них вентиляторів.

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_{нс} = \frac{36,1}{1,29 \times (12 - 5)} = 4,1 \text{ м}^3 / \text{с};$$

$$V_{по} > V_{пв}$$

7.3.7. Камери зберігання сиру №4а ( $t_e = -2^\circ\text{C}$ ).

$$F = \frac{Q_{обл}}{k \times \Delta t_{cp}} = \frac{27,9 \times 10^3}{17 \times 10} = 165 \text{ м}^2;$$

До установки приймаємо два підвісних повітроохолодники фірми Guntner 066C\18 з площею теплопередаючої поверхні  $F=86 \times 2=172 \text{ м}^2$ , подача повітря  $2,56 \times 2=5,12 \text{ м}^3 / \text{с}$ .

Температура повітря на вході  $t_{вх} = 0^\circ\text{C}$ ,  $i_1 = 9,5 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ ,  $t_{вих} = -3^\circ\text{C}$ ,  $i_2 = 5 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ .

Перевіряємо, чи достатня об'ємна продуктивність встановлених на них вентиляторів.

$$V_{нс} = \frac{27,9}{1,3 \times (9,5 - 5)} = 4,8 \text{ м}^3 / \text{с};$$

$$V_{по} > V_{пв}$$

7.3.8. Камери зберігання сиру №4б ( $t_e = -2^\circ\text{C}$ ).

$$F = \frac{Q_{обл}}{k \times \Delta t_{cp}} = \frac{27,3 \times 10^3}{17 \times 10} = 161 \text{ м}^2;$$

До установки приймаємо два підвісних повітроохолодники фірми Guntner 066C\18 з площею теплопередаючої поверхні  $F=86 \times 2=172 \text{ м}^2$ , подача повітря  $2,56 \times 2=5,12 \text{ м}^3 / \text{с}$ .

Температура повітря на вході  $t_{вх} = 0^\circ\text{C}$ ,  $i_1 = 9,5 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ ,  $t_{вих} = -3^\circ\text{C}$ ,  $i_2 = 5 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ .

Перевіряємо, чи достатня об'ємна продуктивність встановлених на них вентиляторів.

$$V_{нс} = \frac{27,3}{1,3 \times (9,5 - 5)} = 4,7 \text{ м}^3 / \text{с};$$

$$V_{по} > V_{пв}$$

7.3.9. Камери зберігання сиру №4в ( $t_e = -2^\circ\text{C}$ ).

$$F = \frac{Q_{обл}}{k \times \Delta t_{cp}} = \frac{27,94 \times 10^3}{17 \times 10} = 164 \text{ м}^2;$$

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

До установки приймаємо два підвісних повітроохолодники фірми Guntner 066C\18 з площею теплопередаючої поверхні  $F=86 \times 2=172 \text{ м}^2$ , подача повітря  $2,56 \times 2=5,12 \text{ м}^3 / \text{с}$ .

Температура повітря на вході  $t_{\text{вх}} = 0^\circ\text{C}$ ,  $i_1 = 9,5 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ ,  $t_{\text{вих}} = -3^\circ\text{C}$ ,  $i_2 = 5 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ .

Перевіряємо, чи достатня об'ємна продуктивність встановлених на них вентиляторів.

$$V_{\text{пв}} = \frac{27,94}{1,3 \times (9,5 - 5)} = 4,81 \text{ м}^3 / \text{с};$$

$$V_{\text{по}} > V_{\text{пв}}$$

7.3.10. Камера замороження №6а ( $t_{\text{в}} = -35^\circ\text{C}$ ).

$$F = \frac{Q_{\text{обл}}}{k \times \Delta t_{\text{ср}}} = \frac{27,6 \times 10^3}{12,5 \times 8} = 221 \text{ м}^2;$$

До установки приймаємо один підвісний повітроохолодник фірми Guntner 066D\28 з площею теплопередаючої поверхні  $F=233 \text{ м}^2$ , подача повітря  $5 \text{ м}^3 / \text{с}$ .

Температура повітря на вході  $t_{\text{вх}} = -33^\circ\text{C}$ ,  $i_1 = -32 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ ,

$t_{\text{вих}} = -36^\circ\text{C}$ ,  $i_2 = -36 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ .

Перевіряємо, чи достатня об'ємна продуктивність встановлених на них вентиляторів.

$$V_{\text{пв}} = \frac{27,6}{1,42 \times (-32 + 36)} = 4,8 \text{ м}^3 / \text{с};$$

$$V_{\text{по}} > V_{\text{пв}}$$

7.3.11. Камера замороження №6б ( $t_{\text{в}} = -35^\circ\text{C}$ ).

$$F = \frac{Q_{\text{обл}}}{k \times \Delta t_{\text{ср}}} = \frac{31,2 \times 10^3}{12,5 \times 8} = 248 \text{ м}^2;$$

До установки приймаємо один підвісний повітроохолодник фірми Guntner 071D\210 з площею теплопередаючої поверхні  $F=257 \text{ м}^2$ , подача повітря  $7,3 \text{ м}^3 / \text{с}$ .

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Температура повітря на вході  $t_{ex} = -33^{\circ}C$ ,  $i_1 = -32 \frac{кДж}{кг}$ ,

$t_{вих} = -36^{\circ}C$ ,  $i_2 = -36 \frac{кДж}{кг}$ .

Перевіряємо, чи достатня об'ємна продуктивність встановлених на них вентиляторів.

$$V_{не} = \frac{31,2}{1,42 \times (-32 + 36)} = 5,6 м^3 / с;$$

$$V_{по} > V_{не}$$

7.3.12. Камера дефектних вантажів №7а ( $t_e = -18^{\circ}C$ ).

$$F = \frac{Q_{обл}}{k \times \Delta t_{cp}} = \frac{5,3 \times 10^3}{13 \times 8} = 50 м^2;$$

До установки приймаємо один підвісний повітроохолодник фірми Guntner 041D\15 з площею теплопередаючої поверхні  $F=51 м^2$ , подача повітря  $1,2 м^3 / с$ .

Температура повітря на вході  $t_{ex} = -17^{\circ}C$ ,  $i_1 = -15 \frac{кДж}{кг}$ ,

$t_{вих} = -20^{\circ}C$ ,  $i_2 = -18 \frac{кДж}{кг}$ .

Перевіряємо, чи достатня об'ємна продуктивність встановлених на них вентиляторів.

$$V_{не} = \frac{5,3}{1,39 \times (-15 + 18)} = 1,15 м^3 / с;$$

$$V_{по} > V_{не}$$

7.3.13. Камера дефектних вантажів №7б ( $t_e = -18^{\circ}C$ ).

$$F = \frac{Q_{обл}}{k \times \Delta t_{cp}} = \frac{5,3 \times 10^3}{13 \times 8} = 47 м^2;$$

До установки приймаємо один підвісний повітроохолодник фірми Guntner 041D\15 з площею теплопередаючої поверхні  $F=51 м^2$ , подача повітря  $1,2 м^3 / с$ .

Температура повітря на вході  $t_{ex} = -17^{\circ}C$ ,  $i_1 = -15 \frac{кДж}{кг}$ ,

$t_{вих} = -20^{\circ}C$ ,  $i_2 = -18 \frac{кДж}{кг}$ .

Перевіряємо, чи достатня об'ємна продуктивність встановлених на них вентиляторів.

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



Температура повітря на вході  $t_{ex} = 6^{\circ}\text{C}$ ,  $i_1 = 20 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ ,  $t_{вих} = 3^{\circ}\text{C}$ ,  $i_2 = 14 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ .

Перевіряємо, чи достатня об'ємна продуктивність встановлених на них вентиляторів.

$$V_{не} = \frac{3,01}{1,35 \times (20 - 14)} = 0,4 \text{ м}^3 / \text{с};$$

$$V_{по} > V_{не}$$

Технічні характеристики повітроохолодників.

Назва	N, кВт	F, м2	Vп м3/г	Довж. Потоку, м	Об'єм Труб, л	Вага кг.
Guntner 071D/112	13.6	108	13700	29	61	463
Guntner 066D\18	12.2	115	8980	25	46	423
Guntner 071D/110	14.6	127	13200	29	61	497
Guntner 066C/18	9.9	86	9310	25	35	334
Guntner 066D/28	32.8	233	17960	27	90	784
Guntner 071D/210	30	257	27000	31	120	900
Guntner 041D/15	5.4	51	2320	11	14	162
Guntner 046D\15	9.4	86	4100	16	23	248

На повітроохолодники даного виробника встановлюються різні типи вентиляторів, які можна підібрати в залежності від шагу ламелей (5, 8, 10, 12...мм).

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## 8. Розрахунок та вибір допоміжного обладнання холодильної установки.

### 8.1. Розрахунок та вибір ресиверів.

#### 8.1.1. Лінійний ресивер.

Ресивером називається посуд для збору рідкого холодильного агента. Лінійний ресивер встановлюється на стороні високого тиску після конденсатора. Він звільнює від рідини поверхню конденсатора і створює рівномірний потік рідкого холодильного агента до регулюючого вентиля.

Лінійні ресивери підбирають по необхідному геометричному внутрішньому об'єму цих ємностей  $V$  (в  $m^3$ ).

Ємність лінійного ресивера в автоматизованих насосоциркуляційних схемах з верхньою подачею аміака в прилади охолодження :

$$V_{л.р.} = 0,3 \times (V_B + V_{B.O.}) / 0,8; [1, С.133] \quad (8.1)$$

$$V_B = 0 m^3;$$

$$V_{B.O.} = 8 \times 0,061 + 2 \times 0,014 + 0,023 + 2 \times 0,046 + 2 \times 0,061 + 5 \times 0,035 + 0,09 + 0,12 + 4 \times 0,011 = 0,94 m^3;$$

$$V_{л.р.} = 0,4 \times (0 + 0,94) / 0,8 = 0,5 m^3;$$

До установки приймаємо лінійний ресивер 1.5РД об'ємом  $V = 1,65 m^3$ .

Ресивер	Об'єм, $m^3$	Розміри, мм		Маса, кг
		$d_1$	$d_2$	
1,5 РД	1,65	50	25	670

#### 8.2.1 Циркуляційний ресивер ( $t_0 = -10^\circ C$ ).

Ємність циркуляційного ресивера в системах з нижньою подачею холодильного агента в прилади охолодження знаходимо за формулою:

$$V_{цр} = K * [V_{н.т.} + 0,3 * V_6 + 0,5 * V_{по} + 0,3 * V_{в.т.}],$$

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Костик В.П.			Проект розподільчого холодильника місткістю 4500 т. у м. Стрий	Літ.	Лист	Листів
Перевірив		Бондар В.І.						
Реценз.								
Н.контр.								
Затверд.		Петренко В.П.						
						НУХТ, ННІТІ, ТЕХТ		

де  $K$  – коефіцієнт, що залежить від типу ресивера (для вертикальних – 2,7);  $V_{н.т.}$  – внутрішній об'єм нагнітального трубопроводу насоса;  $V_{в.т.}$  – внутрішній об'єм трубопроводу змішаної рідини і пари після повітроохолодників.

$$V_{в.о.} = 0,42 м^3;$$

$$V_{цр.} = 2,7 \times (0,04 + 0,5 \times 0,42 + 0,3 \times 0,01) = 0,61 м^3;$$

Приймаємо ресивер 0,75РД об'ємом  $V = 0,77 м^3$ .

Циркуляційний ресивер ( $t_0 = -25^\circ C$ ).

$$V_{в.о.} = 0,54 м^3;$$

$$V_{цр.} = 2,7 * (0,04 + 0,5 * 0,54 + 0,3 * 0,028) = 0,86 м^3$$

Приймаємо ресивер 1.5РДV об'ємом  $V = 1.4 м^3$ .

Циркуляційний ресивер ( $t_0 = -40^\circ C$ ).

$$V_{в.о.} = 0,21 м^3;$$

$$V_{цр.} = 2,7 * (0,06 + 0,5 * 0,38 + 0,3 * 0,014) = 0,5 м^3$$

До установки приймаємо циркуляційний ресивер 0,75РД ємкістю  $V = 0.77 м^3$ .

### 8.2.2. Дренажний ресивер.

Вибираємо дренажний ресивер таким, щоб при умові заповнення не більше чим на 80% він вмістив рідкий аміак із найбільшого циркуляційного ресивера або приладів охолодження найбільшої випарної системи. Вибираємо дренажний ресивер по найбільшій випарній системі (на температуру кипіння  $-10^\circ C$ ).

1,2 – коефіцієнт запаса;

$$V_{о.р.} = V_{в.с.} \cdot 1,2 / 0,8 = 0,28 \cdot 1,2 / 0,8 = 0,42 м^2;$$

До установки приймаємо циркуляційний ресивер 1,5РДВ ємкістю  $V = 1,5 м^3$ .

### 8.3.Осушувач аміаку

Аміачний осушувач відфільтровує воду з холодильного контуру, навіть під час експлуатації установки. Дане обладнання надважливе для кожного підприємства, на якому використовується аміак. Навіть незначна кількість води у холодоагенті може призвести до зниження температури

						00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			

кіпіння на 1 градус, що в свою чергу призведе до підвищення споживання електроенергії до 3%.

Вибираємо осушувач Grasso 150E

Тип	Потужність,кВт	Розміри, мм			Вага, кг
		Д	Ш	В	
150 E	1.8	2200	750	1000	500

#### 8.4.Мастиловіддільники

Для запобігання виносу масла з компресора разом з парами холодоагента, слугують мастиловіддільники.

Підбираємо мастиловіддільники по діаметру нагнітального патрубку компресора

##### 8.3.1 Мастиловіддільник, що працює при $t_0 = -10^{\circ}\text{C}$

Вибираємо мастиловіддільник марки 85М

##### 8.3.2 Мастиловіддільник, що працює при $t_0 = -25^{\circ}\text{C}$

Вибираємо мастиловіддільник марки 85М

##### 8.3.3 Мастиловіддільник, що працює при $t_0 = -40^{\circ}\text{C}$

Вибираємо мастиловіддільник марки 100М

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## 9. Розрахунок діаметрів трубопроводів та вибір насосів

### 9.1. Розрахунок діаметрів трубопроводів.

Окремі частини холодильної машини з'єднуються між собою трубопроводами.

Внутрішній діаметр круглої труби знаходимо за формулою :

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \times M}{\pi \times \rho \times \omega}}; [1, \text{С.151}] \quad (9.1)$$

Розрахункові швидкості  $\omega$  – наведені в табл. 16.3. [1].

1) Всмоктувальний трубопровід компресорів, що працюють на температуру кипіння  $t = -40^{\circ}\text{C}$ .

$$M = 0,05 \text{ кг/с}; \quad \rho = 1/v_{10} = 1/1,61 = 0,62 \text{ кг/м}^3;$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,05}{\pi \times 0,62 \times 18}} = 0,078 \text{ м};$$

Приймаємо трубу  $d_y = 80 \text{ мм}$ ;

Нагнітальний трубопровід:

$$M = 0,053 \text{ кг/с}; \quad \rho = 1/v_{11} = 1/0,55 = 1,8 \text{ кг/м}^3;$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,05}{\pi \times 1,82 \times 22}} = 0,042 \text{ м};$$

Приймаємо трубу  $d_y = 50 \text{ мм}$ ;

2) Всмоктувальний трубопровід компресорів, що працюють на температуру кипіння  $t = -25^{\circ}\text{C}$ .

$$M = 0,1 \text{ кг/с}; \quad \rho = 1/v_5 = 1/0,79 = 1,26 \text{ кг/м}^3;$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,1}{\pi \times 1,26 \times 18}} = 0,075 \text{ м};$$

Приймаємо трубу  $d_y = 80 \text{ мм}$ ;

Нагнітальний трубопровід:

$$M = 0,1 \text{ кг/с}; \quad \rho = 1/v_6 = 1/0,48 = 2,08 \text{ кг/м}^3;$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,1}{\pi \times 2,08 \times 22}} = 0,053 \text{ м};$$

Приймаємо трубу  $d_y = 70 \text{ мм}$ ;

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Костик В.П.			Проект розподільчого холодильника місткістю 4500 т. у м. Стрий	Літ.	Лист	Листів
Перевірив		Бондар В.І.						
Реценз.								
Н.контр.								
Затверд.		Петренко В.П.						
						НУХТ, ННІТІ, ТЕХТ		

3) Всмоктувальний трубопровід компресорів, що працюють на температуру кипіння  $t = -10^{\circ}\text{C}$ .

$$M = 0,31 \text{ кг/с}; \quad \rho = 1/v_1 = 1/0,43 = 2,28 \text{ кг/м}^3;$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,31}{\pi \times 2,28 \times 18}} = 0,098 \text{ м};$$

Приймаємо трубу  $d_y = 100 \text{ мм}$ ;

Нагнітальний трубопровід:

$$M = 0,31 \text{ кг/с}; \quad \rho = 1/v_2 = 1/0,13 = 7,6 \text{ кг/м}^3;$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,31}{\pi \times 7,6 \times 22}} = 0,049 \text{ м};$$

Приймаємо трубу  $d_y = 50 \text{ мм}$ ;

## 9.2 Рідинна лінія.

9.2.1 Розрухуємо внутрішній діаметр трубопровода на рідинній лінії при температурі кипіння  $-40^{\circ}\text{C}$ .

Розрахункова швидкість на напірній лінії  $\omega = 0,3 \div 0,5 \text{ м/с}$ .

Приймаємо  $\omega = 0,5 \text{ м/с}$ .

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \times M}{\pi \times \rho \times w}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,05}{3,14 \times 690 \times 0,5}} = 0,014 \text{ м};$$

Приймаємо  $d_{\text{вн}} = 14,8 \text{ мм}$ . [1, табл. 16.4]

Значення  $\rho \text{ кг/м}^3$  вибираємо з таблиці теплофізичних якостей аміаку.

9.2.2 Розрахункова швидкість на зворотній лінії  $\omega = 0,6 \div 1,2 \text{ м/с}$ .

Приймаємо  $\omega = 1,2 \text{ м/с}$ .

Площа поперечного перерізу:

$$f_{\text{вн}} = \frac{M}{\rho \times w} = \frac{0,05}{0,64 \times 1,2} = 0,074 \times 10^3 \text{ м}^2; [1, \text{С.150}] \quad (9.2)$$

Приймаємо  $d_{\text{вн}} = 10,8 \text{ мм}$ .

9.2.3 Розрухуємо внутрішній діаметр трубопровода на рідинній лінії при температурі кипіння  $-25^{\circ}\text{C}$ .

Розрахункова швидкість на напірній лінії  $\omega = 0,3 \div 0,5 \text{ м/с}$ .

Приймаємо  $\omega = 0,5 \text{ м/с}$ .

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



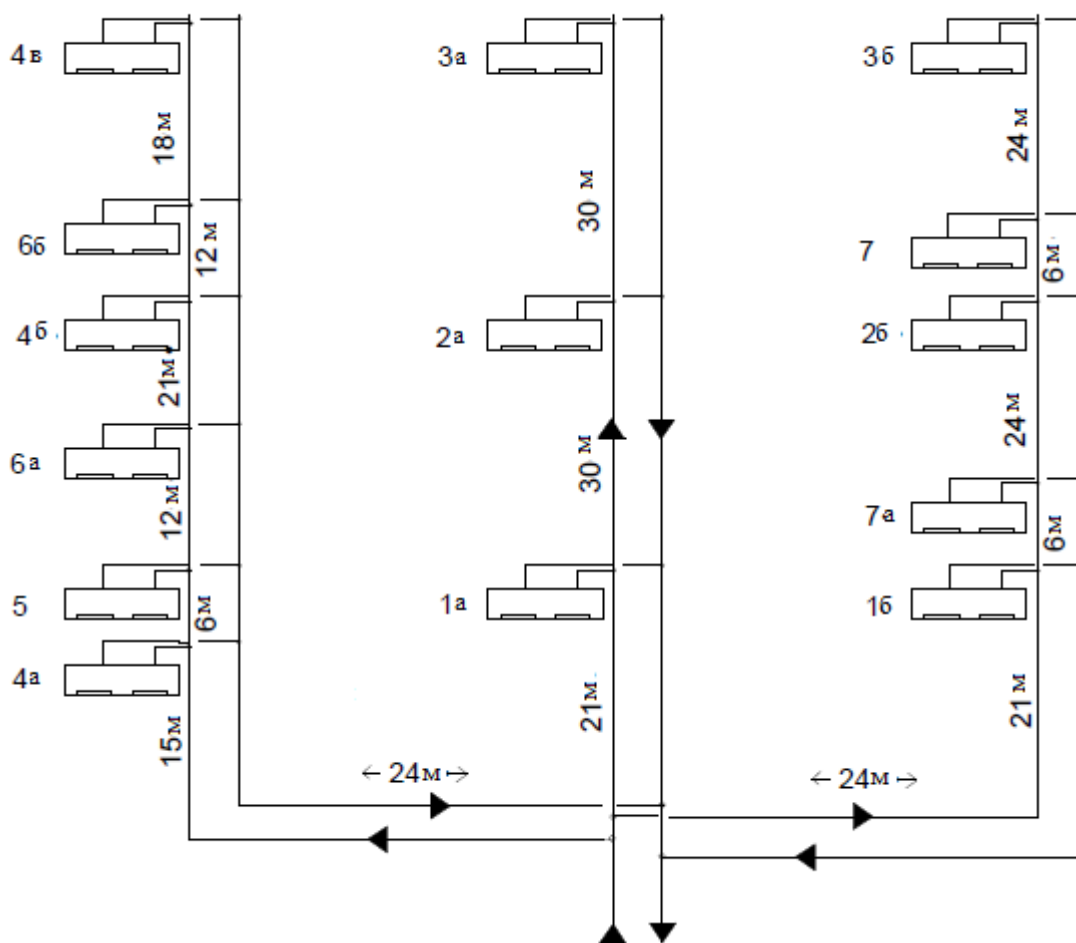
систем охолодження розрахунок гідравлічних опорів необхідний для визначення характеристики мережі залежно від витрати холодоагента та його розподілення, для підбору насоса і розрахунку потужності привода.

Загальні гідравлічні опори при проходженні в трубі або апараті киплячої рідини (тобто двофазного потоку) складаються з втрат тертя ( $\Delta P_{тр}^{\partial\phi}$ ), місцеві опори ( $\Delta P_m^{\partial\phi}$ ), прискорення потоку ( $\Delta P_n^{\partial\phi}$ ) і на зниження або підвищення тиску через вплив статичного напору стовпа рідини ( $\Delta P_{ст}^{\partial\phi}$ ).

$$\Delta P^{\partial\phi} = \Delta P_{тр}^{\partial\phi} + \Delta P_m^{\partial\phi} + \Delta P_n^{\partial\phi} + \Delta P_{ст}^{\partial\phi}.$$

При розрахунку гідравлічних опорів необхідно враховувати режим течії рідини й пари в трубах апаратів, раціонально використовувати існуючий напір як самопливних, так і насосно-циркуляційних систем охолодження.

Приводимо принципові ескізи розв'язки трубопроводів для точного розрахунку трубопроводів.



9.3.1. Визначимо втрати тиску в трубопроводі від циркуляційного насосу до повітроохолодника, який розміщений в камері заморожування  $t = -40^{\circ}\text{C}$ .

Повна втрата тиску на ділянці трубопроводу:

$$\Delta P_i = \Delta P_{mp} + \Delta P_{m.c.}; \quad (9.3)$$

$$\Delta P_{m.c.} = Z = \sum \xi_m \times \frac{\rho \times \omega^2}{2}; \quad (9.4)$$

$$\sum \xi_m = \xi_{зв.к\lambda\text{пан}} + \xi_{коліно} + \xi_{відвід90^{\circ}} = 5 + 5 + 1 = 11; [1, \text{С.153}] \quad (9.5)$$

$$\omega = 0,5 \text{ м / с};$$

$$Z = 11 \times \frac{690 \times 0,5^2}{2} = 948 \text{ кПа}; [1, \text{С.153}] \quad (9.6)$$

$$\text{Re} = \frac{\omega \times d_{\text{вн}} \times \rho}{\mu} = \frac{0,5 \times 0,0149 \times 690}{27,6 \times 10^{-3}} = 255 [1, \text{С.153}] \quad (9.7)$$

$\text{Re} < 2000$ ;

$$\lambda_{mp} = 0,11 \times \left( \frac{k}{d_{\text{вн}}} + \frac{64}{\text{Re}} \right)^{0,25} = 0,11 \times \left( \frac{0,06}{14,8} + \frac{64}{255} \right)^{0,25} = 0,078; [1, \text{С.153}] \quad (9.8)$$

Втрати тиску від тертя по довжині 1 м:

$$\Delta P_{mp} = R = \frac{0,078}{0,0148} \times \frac{690 \times 0,5^2}{2} \times 1 = 480 \text{ Па / м};$$

Втрати тиску на тертя на ділянці довжиною  $l = 60 \text{ м}$ :

$$\Delta P_{mp} = R \times l = 480 \times 90 = 43000 \text{ Па};$$

Загальна втрата тиску:

$$\Delta P = 948 + 43000 = 43948 \text{ Па}.$$

9.3.2. Ділянка трубопроводу від циркуляційного ресивера до випарника, що працює на температуру кипіння  $-25^{\circ}\text{C}$ .

$$\sum \xi_m = \xi_{зв.к\lambda\text{пан}} + \xi_{коліно} + \xi_{відвід90^{\circ}} = 5 + 5 + 1 = 11;$$

$$\omega = 0,5 \text{ м / с};$$

$$Z = 11 \times \frac{671 \times 0,5^2}{2} = 922 \text{ Па};$$

$$\text{Re} = \frac{\omega \times d_{\text{вн}} \times \rho}{\mu} = \frac{0,5 \times 0,0218 \times 671}{23 \times 10^{-3}} = 320;$$

$\text{Re} < 2000$ ;

$$\lambda_{mp} = 0,11 \times \left( \frac{k}{d_{\text{вн}}} + \frac{64}{\text{Re}} \right)^{0,25} = 0,11 \times \left( \frac{0,06}{14,8} + \frac{64}{210,8} \right)^{0,25} = 0,074$$

Втрати тиску від тертя по довжині 1 м:

$$\Delta P_{mp} = R = \frac{0,074}{0,0218} \times \frac{671 \times 0,5^2}{2} \times 1 = 285 \text{ Па / м};$$

										Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.008.014.2022.ПЗ					

Втрати тиску на тертя на ділянці довжиною  $l = 60\text{м}$ :

$$\Delta P_{mp} = R \times l = 285 \times 75 = 21375 \text{Па};$$

Загальна втрата тиску:

$$\Delta P = 21375 + 922 = 22297 \text{Па}.$$

9.3.3. Ділянка трубопроводу від циркуляційного ресивера до випарника, що працює на температуру кипіння  $-10^\circ\text{C}$ .

$$\sum \xi_m = \xi_{зв.кран} + \xi_{коліно} + \xi_{відвід90^\circ} = 5 + 5 + 1 = 11;$$

$$\omega = 0,5 \text{ м/с};$$

$$Z = 11 \times \frac{652 \times 0,5^2}{2} = 896 \text{кПа};$$

$$\text{Re} = \frac{\omega \times d_{вн} \times \rho}{\mu} = \frac{0,5 \times 0,04 \times 652}{18,3 \times 10^{-3}} = 712 ;$$

$\text{Re} < 2000$ ;

$$\lambda_{mp} = 0,11 \times \left( \frac{k}{d_{вн}} + \frac{64}{\text{Re}} \right)^{0,25} = 0,11 \times \left( \frac{0,06}{40} + \frac{64}{712} \right)^{0,25} = 0,066;$$

Втрати тиску від тертя по довжині 1м:

$$\Delta P_{mp} = R = \frac{0,063}{0,034} \times \frac{652 \times 0,5^2}{2} \times 1 = 134 \text{Па/м};$$

Втрати тиску на тертя на ділянці довжиною  $l = 36\text{м}$ :

$$\Delta P_{mp} = R \times l = 134 \times 108 = 14472 \text{Па};$$

Загальна втрата тиску:

$$\Delta P = 14472 + 896 = 15368 \text{Па}.$$

#### 9.4. Підбір аміачного насоса.

В насосно циркуляційних схемах установок для перекачування рідкого аміаку використовують герметичні електронасоси. Насос встановлюється якомога ближче до циркуляційного ресивера. Щоб не відбулося википання рідини, необхідно мати надлишковий тиск на вході в насос по відношенню до тиску в циркуляційному ресивері.

Насос для перекачування рідин підбирають по двом основним параметрам: Подачі  $V$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) та повному тиску  $P$  (в Па), створюючому насосу.

$$H = \frac{\Delta P_{mp}}{\rho \times g}; \text{ - Потрібний напір насоса (м); [1, С.156] } \quad (9.9)$$

$$V = n_u \times \frac{\sum M_{км}}{\rho}; \text{ - Потрібна подача насоса (} \text{м}^3/\text{год}); \quad (9.10)$$

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

де,  $n_u$  - кратність циркуляції ;

$$n_u = 6;$$

9.4.1. Ділянка трубопроводу від циркуляційного ресивера до випарника, що працює на температуру кипіння  $-40^{\circ}\text{C}$ .

Потрібний напір насоса:

$$H = \frac{43000}{690 \times 9,81} = 6,35 \text{ м};$$

Потрібна подача насоса:

$$V = n_u \times \frac{\sum M_{\text{км}(-40)}}{\rho_{-40}} = 6 \times \frac{0,05}{690} = 0,00046 \text{ м}^3 / \text{с} = 1,6 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Вибираємо 2 насоси (1 запасний) марки Witt GP42. [ 8 ]

9.4.2. Ділянка трубопроводу від циркуляційного ресивера до випарника, що працює на температуру кипіння  $-25^{\circ}\text{C}$ .

Потрібний напір насоса:

$$H = \frac{21375}{671 \times 9,81} = 3,25 \text{ м};$$

Потрібна подача насоса:

$$V = n_u \times \frac{\sum M_{\text{км}(-25)}}{\rho_{-25}} = 6 \times \frac{0,1}{671} = 0,0009 \text{ м}^3 / \text{с} = 3,2 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Вибираємо 2 насоси (1 запасний) марки Witt GP41.

9.4.3. Ділянка трубопроводу від циркуляційного ресивера до випарника, що працює на температуру кипіння  $-10^{\circ}\text{C}$ .

Потрібний напір насоса:

$$H = \frac{14472}{652 \times 9,81} = 2,26 \text{ м};$$

Потрібна подача насоса:

$$V = n_u \times \frac{\sum M_{\text{км}(-10)}}{\rho_{-10}} = 6 \times \frac{0,31}{652} = 0,0028 \text{ м}^3 / \text{с} = 10 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Вибираємо 2 насоси (1 запасний) марки Witt GP51a.

Марка Witt	Подача, м <sup>3</sup> /год	Напір рідкого аміаку, м	Частота обертання, хв-1.	Потужність, кВт
GP41	3,2	4	1200	0,66
GP42	1,6	3	1200	1,3
GP51a	10	4	1800	6,6

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## 10. Охорона праці

### Вступ

Проект розподільчого холодильника в місті Стрий передбачає впровадження сучасного обладнання із високим рівнем автоматизації, що дозволить зменшити рівень впливу шкідливих і небезпечних факторів на людину, підвищити ступінь безпеки його експлуатації й обслуговування та, таким чином, покращити умови праці обслуговуючого персоналу.

При розробці проекту були враховані основні вимоги нормативно-технічної документації з охорони праці в галузі, інші діючі нормативні документи та стандарти безпеки праці [ ].

### Умови праці

В якості прикладу розглядається робоче місце оператора (машиніста) машинного відділення.

Шкідливими і небезпечними виробничими факторами при обслуговуванні аміачної холодильної установки є:

- параметри мікроклімату;
- наявність у повітрі парів аміаку;
- рівень освітленості;
- шум і вібрація;
- наявність працюючих компресорів;
- посудини, що працюють під тиском;
- рухомі елементи обладнання;
- електробезпека;
- пожежо- та вибухонебезпека;

Нормативно-технічна документація на робочому місці оператора (машиніста).

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Костик В.П.			Проект розподільчого холодильника місткістю 4500 т. у м. Стрий	Літ.	Лист	Листів
Перевірив		Бондар В.І.						
Реценз.								
Н.контр.								
Затверд.		Петренко В.П.						
						НУХТ, ННІТІ, ТЕХТ		

В машинному відділенні ведеться добовий журнал роботи холодильної установки. Крім того, там та в пункті управління на видному місці знаходяться затверджені головним інженером інструкції із:

- будови й експлуатації аміачних холодильних установок;
- обслуговування машин, апаратів (посудин), охолоджуючих пристроїв;
- обслуговування контрольно-вимірювальних приладів і пристроїв автоматики;
- пожежної безпеки;
- охорони праці (надання долікарської допомоги при отруєнні аміаком і ураженні електрострумом, дії персоналу по ліквідації прориву аміаку і виникненні аварійної ситуації тощо);

Також у пункті управління знаходяться:

- річні і місячні графіки проведення планових ремонтних робіт;
- схеми аміачних, масляних і водяних трубопроводів із пронумерованою запірно-регулювальною арматурою і приладами автоматики;
- показники розташування засобів індивідуального захисту (протигази, захисні костюми);
- номери телефонів швидкої допомоги, пожежної команди, диспетчера електромережі, штабу цивільної оборони, міліції, начальника компресорного цеху, старших зміни (домашні телефони);
- номери телефонів і адреса організації, що обслуговує автоматiku холодильної установки.

### **Санітарні вимоги до виробничих приміщень та розташування обладнання**

Приміщення машинного відділення розташоване в окремій будівлі у відповідності до вимог нормативно-технічної документації. Довжина приміщення машинного відділення становить 24 м, ширина – 12 м, висота – 6м. План компресорного цеху з розташуванням основного технологічного

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

обладнання машинного відділення наведені на будівельному кресленні розподільчого холодильника.

Вікна двоядні із звичайного скла. Над та під машинним відділенням немає побутових та допоміжних приміщень. З машинного відділення є один вихід назовні та другий - в побутові та допоміжні приміщення. Двері відчиняються у бік виходу. В машинному відділенні розташований один відкритий прямокутник глибиною 1,6 м для розташування насосів. Прямокутник має своє огороження висотою 1,1 м і двоє сходів з перилами.

Підлога відділення є рівною, неслизькою і виконана з вогнетривкого матеріалу. Непрохідні канали та люки зачиняються під рівень з підлогою з'ємними металевими рифленими листами. Стіни машинного відділення, холодильне обладнання, трубопроводи пофарбовані у відповідності з діючими стандартами щодо раціонального фарбування поверхонь виробничих приміщень та технологічного обладнання промислових підприємств.

Для обслуговування обладнання чи арматури на рівні вище 1,8 м від підлоги встановлено металевий майданчик по всій довжині машинного відділення з огорожею та сходами з обох кінців. Майданчик та сходи мають поручні висотою 1,1 м; відстань між стійками поручнів не перевищує 1,2 м.

З метою підвищення безпеки експлуатації холодильної установки, конденсатори та лінійні ресивери розміщені зовні машинного відділення. В компресорному цеху розміщено: два гвинтові компресори фірми GEA Grasso SH C, два поршневі компресори GEA Grasso 6210 та два компресори GEA Grasso 3110. Ширина основного проходу в цеху складає 3 м, прохід між виступаючими частинами компресорів – 2 м. Прохід між стіною і компресором становить – 2 м. Циркуляційні ресивери встановлені в машинному відділенні впритул до стіни.

При машинному відділенні, у спеціально відгородженому приміщенні, передбачений пункт управління (ПУ), в якому встановлений центральний щит управління (ЦЩУ), стіл машиніста біля оглядового вікна, стілець.

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## Мікроклімат та чистота повітря

Мікроклімат виробничого середовища та чистота повітря в машинному відділенні та ПУ повинні відповідати вимогам ДНС 3.3.6.042-99. «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

В компресорному відділенні та приміщенні ПУ повинні забезпечуватися такі параметри мікроклімату:

Період року	Приміщення	Температура повітря, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Теплий	ПУ	22...24°С	75%	0,3 м/с
	Компресорне відділення	18...20 °С	75%	0,4 м/с
Холодний	ПУ	20...21°С	75%	0,2 м/с
	Компресорне відділення	16...18 °С	75%	0,3 м/с

Параметри мікроклімату та чистота повітря підтримуються в машинному і апаратному відділенні за допомогою загальнообмінної механічної вентиляції, теплоізоляції та герметизації компресорів, циркуляційних ресиверів, трубопроводів, а також опаленням у холодний період року.

Система постійно діючої припливної-витяжної вентиляції машинного та апаратного відділення забезпечує наступну кратність повітрообміну за годину:

- приплив – за розрахунком, але не менше 2;
- витяжка – за розрахунком, але не менше 3;

Повітря яке викидається в атмосферу не очищується.

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Система опалення, опалювальні прилади, теплоносії та його граничні показники по температурі прийняті згідно до вимог СНиП 2.04.05. – 91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

Для контролю за концентрацією аміаку в повітрі виробничих приміщень та виявлення його витоків використовують газоаналізатори УГ-2 та лакмусовий папір. Контроль здійснюється 3 рази на зміну.

Параметри мікроклімату та чистота повітря в ПУ підтримується загальнообмінною змішаною припливно-витяжною вентиляцією (подача свіжого повітря здійснюється механічним вентилятором з підігрівом повітря в холодний період року, а видалення забрудненого – неорганізованою природною вентиляцією через вентиляційну решітку у верхній частині ПУ).

### **Розрахунок кількості вентиляційного повітря**

Інтенсивність виділення парів аміаку в машинному відділенні:

$$G=30 \text{ г/год (по даним вимірювання хімлабораторії)}$$

Концентрація парів аміаку у повітрі припливного повітря (природний вміст аміаку):

$$C_1=0,02 \text{ мг/м}^3 \text{ (по даним вимірювання хімлабораторії)}$$

Концентрація парів аміаку у повітрі машинного відділення:

$$C_2=8 \text{ мг/м}^3 \text{ (по даним вимірювання хімлабораторії)}$$

Кількість вентиляційного повітря на вентиляцію становитиме:

$$L = \frac{1000 \times G}{C_2 - C_1} = \frac{1000 \times 30}{8 - 0.02} \approx 3750 \text{ м}^3/\text{год}$$

Кратність повітрообміну у машинному відділенні:

$$n = \frac{L}{V} = \frac{3750}{6 \times 12 \times 24} = 2,1 \text{ год}^{-1}$$

де V – об'єм машинного відділення, м<sup>3</sup>

### **Шум і вібрація.**

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Основними джерелами шуму в холодильних установках є компресор, насоси та їх електродвигуни, а також рух холодильного агенту по трубопроводах.

Допустимий рівень шуму в машинному відділенні та в ПУ не перевищує встановлених норм ДСН 3.3.6.037 – 99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку, ГОСТ 12.1.003.-83 ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки в машинному відділенні -78...80 дБ, в ПУ -50...55 дБ.

Для зниження рівня шуму в машинному і апаратному відділенні застосовують звукоізоляцію приводів; своєчасне змащування деталей і вузлів, їх профілактику та ремонт, а в ПУ – застосовується звукоізоляція стін.

Рівень вібрації на робочих місцях не перевищує гранично допустимої величини, передбаченої ГОСТ 12.1.012 – 90. ССБТ. Вібраційна безпека. Загальні вимоги. ДСН 3.3.6.039 – 99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації; у машинному відділенні – 85...88 дБ, в ПУ – 75...77 дБ.

Зменшення загальної вібрації від роботи компресорів досягається за рахунок:

- відсутності жорсткого кріплення до конструкцій будівлі трубопроводів, які приєднуються до холодильної машини;
- встановлення компресорів та спеціальних амортизаційних фундаментах ізольованих від несучих конструкцій будівлі;
- розташування ПУ в місці найменшої віброакустичної дії від працюючого обладнання.

### **Виробниче освітлення**

Рівень освітленості в приміщеннях машинного відділення та ПУ відповідає вимогам ДБН В.2.5. – 28 – 2006. «Природне і штучне освітлення». У машинному відділенні й ПУ присутнє природне і штучне освітлення. Природне освітлення здійснюється через односторонні бічні прорізи (КПО у машинному відділенні становить 0,2%, у ПУ – 0,9%). Штучне освітлення

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

здійснюється люмінісцентними лампами. Загальний рівень робочого освітлення у машинному відділенні становить 75 лк, у ПУ – 150 лк, крім того біля щита управління передбачається місцеве освітлення (лампа розжарювання, рівень комбінованого освітлення 500 лк).

Машинне і апаратне відділення, ПУ, а також існуючі підземні прохідні тунелі з аміачними трубопроводами і розподільною арматурою мають аварійне освітлення від незалежного джерела (акумуляторні батареї). Воно автоматично включається при відключенні робочого освітлення. Рівень аварійного освітлення не менше 8 лк.

#### Розрахунок штучного освітлення в машинному відділенні

Розміри приміщення: довжина  $a=24$  м; ширина  $b=12$  м; висота  $H=6$  м.

Площа  $S=a*b=24*12=288$  м<sup>2</sup>.

- приймаємо  $E_{\min}=75$  лк;
- тип ламп ЛДЦ – 40;
- світловий потік однієї лампи  $F=1520$  лк;
- тип світильників НОДЛ 2x40;
- кількість ламп у світильнику  $m=2$  шт.

Визначаємо індекс приміщення за формулою:

$$i = \frac{a \times b}{(a + b) \times H};$$
$$i = \frac{24 \times 12}{(24 + 12) \times 6} = 1.5$$

Приймаємо наступні коефіцієнти :

коефіцієнт відбиття:

- стелі  $r_{\text{стелі}}=50\%$ ;
- стін  $r_{\text{стін}}=30\%$ .

коефіцієнт використання  $\eta=60,4\%$ .

коефіцієнт запасу  $k=1,5$ .

коефіцієнт нерівномірності приймаємо  $z=1,1$ .

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо необхідну кількість ламп на ділянці виходячи з формули:

$$n = \frac{E_{\min} \times S \times z \times k}{F \times \eta},$$

$$n = \frac{75 \times 288 \times 1,1 \times 1,5}{1520 \times 0,604} = 39 \text{ шт.}$$

Приймаємо кількість ламп  $n=40$  шт. Визначаємо кількість світильників:

$$N = \frac{n}{m} = \frac{40}{2} = 20 \text{ шт.}$$

Світильники розміщуємо в 2 ряди по 10 світильників в кожному.

### Техніка безпеки

Основна небезпека при експлуатації холодильної установки полягає у можливому раптовому руйнуванні холодильного обладнання (випарників, конденсаторів, компресорних агрегатів, трубопроводів та ін.), яке супроводжується вибухом та викидом в атмосферу отруйних парів аміаку.

Безпечна експлуатація холодильного устаткування здійснюється згідно вимог [ ], ДНАОП 0.00 – 1.07 – 94. «Правила будови та безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском» та інших нормативних документів і стандартів безпеки праці.

До обслуговування холодильних установок допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли медичний огляд і мають свідоцтво про закінчення спеціального учбового закладу або курсів:

- по експлуатації холодильних установок – для машиністів;
- по автоматизації холодильних установок – для слюсарів по КВП і автоматизації.

До самостійного обслуговування холодильних установок машиністи допускаються тільки після проходження стажування строком не менше 1 місяця і відповідної перевірки знань.

Холодильна установка обслуговується двома машиністами в зміну.

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Періодична перевірка знань персоналом інструкції з обслуговування холодильної установки, техніки безпеки при експлуатації обладнання і практичним діям в аварійних ситуаціях, надання долікарської допомоги проводиться не рідше одного разу в 12 місяців комісією, яка складається із спеціалістів з холодильної техніки, електротехніки, приладах автоматизації і техніки безпеки.

Перевірка знань з техніки безпеки у керуючих та інженерно-технічних робітників здійснюється у відповідності з «Положенням про порядок перевірки знань правил і норм з охорони праці керуючих інженерно-технічних робітників і спеціалістів».

Для спостереження за робочим тиском на всмоктувальній магістралі кожного компресора встановлені манометри АВМУ -1, а на нагнітальних трубопроводах компресорів – по окремому манометру МТ-250 підвідна трубка до якого під'єднується за зворотним клапаном по ходу парів аміаку.

На нагнітальному трубопроводі кожного компресора розташовані термометри типу RT107 з кожухами для захисту від механічних пошкоджень. Система захисту компресора включає наступні пристрої: реле високого тиску RT5; реле низького тиску RT1; реле температури RT107; реле контролю змащення РКС-1А-01. Система захисту відключає компресори при виникненні небезпечних режимів роботи холодильної установки.

Посудини працюючі під тиском (ресивери) оснащені манометрами типу МПЗ-У та пристроями безпеки: запобіжними клапанами типу E29139, захисними реле рівня АКС41. Захисне автоматичне напівпровідникове реле рівня контролює і сигналізує про досягнення максимального та мінімального рівня аміаку.

Для візуальних показників рівня рідини в апаратах, посудинах, ресиверах застосовується плоске оглядове скло.

Випуск парів аміаку в атмосферу через запобіжні клапани здійснюється за допомогою загальної відвідної труби, виведеної на 1,5 м вище даху виробничого приміщення.

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Циркуляційні ресивери, мають по два взаємно дублюючих реле рівня ПРУ-5М, які сигналізують лампами наступних кольорів:

- жовтий – сигнал гранично допустимого рівня;
- червоний – аварійний сигнал небезпечного рівня.

Світлові сигнали спрацювання пристроїв захисту компресора, гранично допустимого і небезпечного рівня аміаку в апаратах, посудинах одночасно дублюється звуковим сигналом з ручним відключенням в машинному відділенні та пункті управління.

У приміщенні машинного відділення встановлено два незалежно діючих сигналізатори аварійної концентрації аміаку у повітрі нижнього рівня ДОЗОР-6-АМІАК-500-Т, який має 8 індикаторів контролю концентрації аміаку та два незалежно діючих сигналізатори аварійної концентрації аміаку верхнього рівня ДОЗОР-6-АМІАК-1500-Т.

При досягненні концентрації  $500 \text{ мг/м}^3$  (0,07%) сигналізатори концентрації аміаку нижнього рівня дають попереджувальний сигнал (світловий та звуковий) у приміщення постійного чергування персоналу. Якщо концентрація аміаку досягає  $1500 \text{ мг/м}^3$  (0,21%) сигналізатори концентрації аміаку верхнього рівня вимикають електроживлення всієї холодильної установки та одночасно вмикають: аварійну витяжну вентиляцію (кратність –  $10 \dots 12 \text{ год}^{-1}$ ), світлову сигналізацію, сирену типу ПВ-СС та світлове табло біля входу в машинне відділення.

Для екстреного відключення електроживлення усього обладнання холодильної установки і робочого освітлення, на зовнішній стіні машинного відділення змонтовано кнопки загального аварійного відключення: одна – біля робочого входу, друга – біля запасного виходу. Одночасно з відключенням електроживлення обладнання ці кнопки вмикають в роботу аварійну витяжну вентиляцію, сирену і аварійне освітлення. Електроживлення аварійної вентиляції здійснюється, як від основного джерела, так і від незалежного.

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Для індивідуального захисту обслуговуючого персоналу від аміаку застосовується захисний спецодяг, спецвзуття та протигази типу КД. Протигази зберігаються в машинному відділенні в спеціальній шафі біля входу. Крім цього ззовні машинного та апаратного відділення, поруч з вхідними дверима, в шафі знаходяться запасні протигази типу КД.

У випадку аварійних робіт у загазованому приміщенні передбачено 3 захисних костюма Л-1.

Для надання долікарської допомоги в машинному відділенні є в наявності аптечка, в якій міститься: 1-2% р-н лимонної кислоти; 4% розчин борної кислоти; 1% розчин новокаїну; етиловий спирт; сода; бинти, вата, марлеві серветки; мазь Вишневського, йод.

### **Електробезпека**

Компресорне відділення та ПУ відносяться до приміщень з підвищеною електробезпекою (ПУЕ. Правила улаштування електроустановок).

Безпечна експлуатація електроустаткування здійснюється згідно вимог ДНАОП 0.00–1.32–01.«Правил будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок», ДНАОП 0.00–1.21–98. «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів», ГОСТ 12.1.019 – 79. ССБТ. «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты », а також діючим стандартам електробезпеки та іншим нормативним документам.

У приміщенні компресорного та апаратного відділень електропроводка, кабельні лінії та виконання електроустаткування мають ступінь захисту оболонок – IP44.

Безпечна експлуатація електрообладнання досягається такими заходами та засобами:

- недоступність струмоведучих частин від випадкового дотикання досягається за допомогою захисних огорож та блокування, закритих

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- щитів, розташуванням кабелів і проводки на недоступній висоті, наявність знаків безпеки;
- надійною ізоляцією силових струмоведучих частин, опір якої повинен становити не менше 0,5 МОм;
  - електрообладнання у виробничих приміщеннях та щиті управління в ПУ має захисне заземлення із ізольованою нейтраллю типу IT. Опір заземлюючого пристрою не перевищує 4 Ом;
  - захист від струмів короткого замикання передбачений вбудованими електрозахистними запобіжниками;
  - застосуванням низьких напруг (36 В – для ручного інструмента та освітлення щита управління в ПУ, 12 В – для переносного світильника у вибухозахищеному виконанні – IP54).

Холодильник, машинне і апаратне відділення мають пристрій захисту від блискавки – блискавковідвідник по 2 категорії у відповідності з вимогами РД 34.21.122-87. «Инструкция по защите от молнии зданий и сооружений».

### **Пожежо- та вибухобезпека**

Машинне відділення відноситься до вибухо – та пожежонебезпечної категорії Б або до вибухонебезпечних приміщень класу В – Іб, а ПУ – до пожежонебезпечної категорії Д (СНиП 2.11.02 – 87. «Холодильники», ОНТП 24-86. «Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности»).

В процесі експлуатації холодильної установки робітники дотримуються вимог «Типові правила пожежної безпеки для промислових підприємств», ГОСТ 12.1.004 – 85. ССБТ. «Пожарная безопасность. Общие требования», ДНАОП 0.01 – 1.01 – 95. «Правила пожежної безпеки в Україні».

Відповідність за пожежну безпеку в холодильно-компресорному цеху покладена на начальника цеху, а змінах - на начальника зміни або старшого машиніста.

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Окрім обов'язкового для всіх працівників ввідного протипожежного інструктажу, а потім інструктажу на робочому місці, працівники машинного відділення проходять ще пожежно-технічний мінімум 1 раз на рік з наступною здачею заліку.

Пожежна безпека на підприємстві включає в себе систему запобігання вибуху і пожежі та систему пожежного захисту.

Система запобігання пожежі і вибуху передбачає:

- наявність в огорожуючи конструкціях будівлі машинного відділення легко скидних елементів (вікна, двері);
- контроль нижнього та верхнього аварійного рівня концентрації аміаку в приміщенні компресорного відділення; наявність аварійної витяжної вентиляції, табло над входом у машинне відділення, світлозвукової сигналізації;
- надійне приєднання провідників від обладнання до заземлюючого контуру без іскріння;
- використання засобів захисту від атмосферної електрики;
- застосування електроустаткування у вибухозахищеному виконанні;
- застосування аварійного та витяжного вентиляторів машинного відділення;
- наявність протипожежних інструкцій на робочих місцях;
- роботу на електрообладнанні без перевантажень;
- дотримання правил пожежної безпеки при виконанні вогнених робіт;
- заборону куріння на робочих місцях.

Система пожежного захисту включає:

- наявність у приміщенні машинного відділення двох евакуаційних виходів, причому двері відчиняються у бік виходу;
- застосування в машинному відділенні будівельних матеріалів не нижче II ступеня вогнестійкості (СНиП 2.11.02 – 87, СНиП 2.01.02 – 85. «Протипожарные нормы»);

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- наявність системи оповіщення про пожежу (вказати тип системи);
- наявність аварійного відключення обладнання;
- забезпечення первинними засобами пожежогасіння: пожежним щитом з лопатою, сокирою, ломом, металевим багром, а також наявність повітряно-пінного вогнегасника ОВП – 10 (2 шт); порошкового вогнегасника ОП – 9 (2 шт), ящика з піском і азбестовим полотном.

ПУ виконаний з будівельних матеріалів не нижче II ступеня вогнестійкості та оснащений вуглекислотним вогнегасником ОУ – 3 (2 шт).

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## 11. Розрахунок економічної ефективності

Мета економічного розрахунку полягає у визначенні вартості будівництва холодильника, вартості холодильного обладнання, витрат на використання енергії, витрат по оплаті праці виробничого персоналу, визначення амортизаційних відрахувань, визначення основних показників ефективності проекту холодильника овочесховища. При проектуванні холодильника овочесховища виконуються наступні роботи:

- будівництво холодильника;
- будівництво компресорного цеху;
- вибір та придбання холодильного обладнання;
- укомплектування штату виробничого персоналу компресорного цеху;
- інше.

Реалізація проекту здійснюється без демонтажу старого обладнання і його реалізації, економічний ефект даного проекту полягає в зменшенні споживання електроенергії компресорним цехом, та менших капітальних затрат на реконструкцію в порівнянні з типовим проектом. Це досягається за рахунок малої встановленої потужності холодильної станції.

### Вхідні дані

Підраховуємо проектне споживання електроенергії холодильним обладнанням компресорного цеху, насосами і камерним обладнанням, всі розрахунки заносимо до табл. 11.1.

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Костик В.П.			Проект розподільчого холодильника місткістю 4500 т. у м. Стрий	Літ.	Лист	Листів
Перевірів		Бондар В.І.						
Реценз.								
Н.контр.								
Затверд.		Петренко В.П.						
						НУХТ, ННІТІ, ТЕХТ		

Таблиця 11.1. Проектне споживання електроенергії

№	Найменування обладнання	К-ть, шт	P <sub>н</sub> , кВт	P <sub>ел</sub> , кВт	∑P <sub>ел</sub> , кВт	Рік, тис. кВт год
1	Компресори GEA Grasso 6210	2	119	132	264	1844
2	Компресори GEA Grasso Grasso 3110	2	19	21	42	294
3	компресори GeaGrasso SH C	2	18	20	40	280
4	Вентилятори градирні	3	4	3	12	78
5	Витяжний вентилятор КМ- цеху(робочий)	2	5,5	5	10	66
6	Приточний вентилятор КМ-цеху	1	5,5	5	5	33
7	Насоси Witt GP51a	2			6.6	44
8	Насоси Witt GP42	2			1.3	9
9	Насоси Witt GP41	2			0.66	5
Річна витрата електроенергії						2653

### Розрахунок капітальних витрат

Визначаємо капітальні витрати на реалізацію проекту:

$$K = V_{\text{пр}} + V_{\text{буд}} + V_{\text{обл}} - V_{\text{д-Л}},$$

де  $V_{\text{п.р}}$  - витрати на проектні роботи (4-5% загальної кошторисної вартості об'єкта;

$V_{\text{буд}}$  - витрати на будівельні роботи;

$V_{\text{обл}}$  - витрати на придбання обладнання;

$V_{\text{т.з}}$  - транспортно-заготівельні витрати (транспортні 4-5%, заготівельні 1-1,25% від вартості обладнання);

$$V_{\text{ін}} := 0.02 \quad V_{\text{п.р}} := 0.05 \quad V_{\text{буд}} := 1 \quad V_{\text{обл}} := 1$$

$$V_{\text{т.з}} := 0.06 \quad V_{\text{н.р}} := 1 \quad V_{\text{т.у}} := 1 \quad V_{\text{м}} := 0.1$$

									Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.008.014.2022.ПЗ				

Розрахунок витрат на теплоізоляцію холодильника наведено в табл. 11.2.

Таблиця 11.2. Витрати на теплоізоляцію

№	Назва	Розмірність	Зовнішні і внутрішні стіни, перегородки, стеля (сандвіч)	Каркас з залізобетону, (ферми, балки)	Двері відкатні, шт	Підлога	Разом
1	Загальна вартість матеріалів	тис. грн.	1996,00	2010,00	330,00	900,00	5236,00
2	Вартість монтажних робіт	тис. грн.	300,00	310,00	50,00	125,00	762,00
3	Загальна вартість	тис. грн.	2294,00	2320,00	380,00	1025,00	6019

Розрахунок витрат на будівництво машинного відділення наведено в грн. в таблиці 11.3.

Таблиця 11.3. Вартість будівництва машинного відділення

№	Назва	Розмірність	Цегла вогнестійка	Підлога	Покриття	Разом
1	Площа	м <sup>2</sup>	430	288	288	-
2	Загальна вартість матеріалу	тис. грн..	81,00	65,00	38,00	190,00
3	Вартість монтажних робіт	тис. грн..	15,00	7,00	4,00	20,00
4	Загальна вартість	тис. грн..	96,00	72,00	42,00	210,00

Розрахунок витрат на придбання та монтаж обладнання наведено в табл.

11.4.

Таблиця 11.4. Витрати на придбання обладнання

№	Найменування обладнання	К-ть, шт	Витрата на одиницю обладнання, тис. грн			Загальна вартість, тис. грн
			Ціна обладнання	Монтаж обладнання	Тара і упаковка	
1	компресори GeaGrasso SH C	2	79000	15000	-	173000
2	Компресори GEA Grasso 6210	2	102000	15000	-	219000
3	Компресори GEA Grasso Grasso 3110	2	69000	15000	-	153000
4	Воздухоохолодники Guntner					
	071D\122	8	180	60	-	240
	066D\18	2	40	15	-	55
	071D\110	2	46	15	-	61
	066C\18	2	40	15	-	55
	071D\210	1	30	8	-	38
	041D\15	1	19	8	-	27
	046D\15	1	19	8	-	27
	Ресивери	5	350	50	-	400
5	Насоси Witt	6	240	50	-	290
6	Осушувач аміаку Grasso 150E	1	60	9	-	69
7	Аміак R717	4,5т.	55	-	-	55
8	Градирня Radial ERRK 73	1	75	15	-	
Разом						1870

Визначаємо витрати на проектні роботи в розмірі 5% від кошторисної вартості будівель холодильника і машинного відділення, та вартості обладнання, його транспортування і монтажу:

$$B_{п.р.} = 0,05 \times (\sum B_{б\text{уд.}} + \sum B_{обл.}) = 0,05 \times (6229 + 1870) = 404,9 \text{ тис. грн};$$

Розраховуємо інші витрати в розмірі 1,5% від загальних витрат:

$$B_{ін.б\text{уд.}} = 0,015 \times \sum B_{б\text{уд.}} = 0,015 \times 6229 = 93,4 \text{ тис. грн};$$

$$B_{ін.обл.} = 0,015 \times \sum B_{обл.} = 0,015 \times 1870 = 28 \text{ тис. грн};$$

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Суми капітальних затрат:

$$K_{\text{б\у\д}} = \sum B_{\text{обл}} + B_{\text{ин.б\у\д}} + B_{\text{пр.}} = 6229 + 93,4 + 404,9 = 6727,3 \text{ тис.грн};$$

$$K_{\text{обл}} = \sum B_{\text{обл}} + B_{\text{ин.обл}} = 1870 + 28 = 1898 \text{ тис.грн};$$

Загальні капітальні затрати:

$$K = K_{\text{б\у\д}} + K_{\text{обл}} = 6727,3 + 1898 = 8625,3 \text{ тис.грн};$$

### Виробництво і використання енергії

Річне споживання електроенергії холодильником та машинним відділенням холодильника становить  $E_p = 2653 \times 10^3$  кВт год. Ціна за 1 кВт\*год електроенергії становить  $C_{\text{ел}} = 1,6$  коп/кВт год. Визначаємо витрати на споживання електричної енергії за проектними розрахунками:

$$B_{\text{ел.р}} = E_p \times C_{\text{ел}} = 2653 \times 1,6 = 4244 \text{ тис.грн};$$

### Розрахунок витрати на оплату праці

Фонд основної заробітної плати робітників компресорного цеху наведено в табл. 11.5.

Таблиця 11.5. Фонд заробітної плати робітників

№	Професія	Розряд	Тарифна ставка, грн/год	Чисельність, чол	Місячний фонд	Річний фонд, грн..
1	Машиніст ХУ	III	12	3	9600	115200
2	Машиніст ХУ	IV	14	3	11200	134400
3	Слюсар ремонтник	II	10	3	8000	96000
Разом				9	28800	345600

Визначаємо додатковий фонд заробітної плати за формулою:

$$\Phi ЗП_{\text{др}} = \Phi ЗП_{\text{осн}} \times D = 345600 \times 0,15 = 51,84 \text{ тис.грн};$$

де  $D$  - прийнятий коефіцієнт доплат (приймаємо  $D = 15\%$ ).

Розраховуємо повний фонд заробітної плати за формулою:

$$\Phi ЗП_{\text{пр}} = \Phi ЗП_{\text{осн}} + \Phi ЗП_{\text{др}} = 345,6 + 51,84 = 397,44 \text{ тис.грн};$$

Визначаємо нарахування на заробітну плату за формулою:

$$НЗП_{\text{др}} = \Phi ЗП_{\text{пр}} \times B = 345,6 \times 0,37 = 147,76 \text{ тис.грн};$$

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $v$  - коефіцієнт нарахувань на заробітну плату ( $v=37,18\%$ )

Витрату на оплату праці визначаємо за формулою:

$$ВОП_p = ФЗП_{np} + НЗП_{op} = 397,44 + 147,76 = 545,2 \text{ тис.грн};$$

Фонд основної заробітної плати апарату управління наведено в табл.

11.6.

Таблиця 11.6. Фонд заробітної плати апарату управління

№	Професія	Посадовий оклад грн.	Чисельність, чол	Місячний фонд	Річний фонд, грн.
1	Механік	2500	2	5000	60000
2	Начальник цеху	4000	1	4000	48000
Разом			3	14000	108000

Визначаємо додатковий фонд заробітної плати апарату управління за формулою:

$$ФЗП_{yd} = ФЗП_{ocn} \times D = 108000 \times 0,15 = 16,2 \text{ тис.грн};$$

де  $D$  - прийнятий коефіцієнт доплат (приймаємо  $D = 15\%$ ).

Розраховуємо повний фонд заробітної плати апарату управління:

$$ФЗП_{ny} = ФЗП_{ocn} + ФЗП_{yd} = 108000 + 16200 = 124200 \text{ тис.грн}$$

Визначаємо нарахування на заробітну плату за формулою:

$$НЗП_{ny} = ФЗП_{ny} \times v = 124200 \times 0,37 = 46 \text{ тис.грн};$$

де  $v$  - коефіцієнт нарахувань на заробітну плату ( $v=37,18\%$ ).

Витрату на оплату праці визначаємо за формулою:

$$ВОП_y = ФЗП_{ny} + НЗП_{ny} = 124200 + 46000 = 170,2 \text{ тис.грн};$$

Загальні витрати на оплату праці по машинному відділенні визначаємо за формулою:

$$ВОП_{zag} = ВОП_p + ВОП_y = 545200 + 170200 = 715,4 \text{ тис.грн};$$

### Визначення амортизаційних відрахувань

									Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	00 КР 142.008.014.2022.ПЗ				

Стаття амортизаційних відрахувань розраховується як елемент собівартості.

Приймаємо норми амортизаційних відрахувань:

- для основного обладнання термін 5 років;
- для будівель термін 20 років.

Витрати на амортизацію будівель складають:

$$A_{\text{буд}} = \frac{\sum B_{\text{буд}}}{20} = \frac{6727,3}{20} = 336,3 \text{ тис.грн};$$

Витрати на амортизацію основного технологічного обладнання:

$$A_{\text{обл}} = \frac{\sum B_{\text{обл}}}{5} = \frac{1898}{5} = 379,6 \text{ тис.грн};$$

Загальна сума амортизаційних витрат:

$$\sum A = A_{\text{буд}} + A_{\text{обл}} = 336,3 + 379,6 = 715,9 \text{ тис.грн};$$

### **Визначення інших видів витрат**

До інших витрат відносяться пускові витрати, витрати на утримання та експлуатацію обладнання, цехові витрати, які розраховуються як окремі статті.

Витрати на поточний ремонт обладнання приймаємо 14% від амортизаційних відрахувань на обладнання:

$$B_{i.\text{рем}} = A_{\text{обл}} \times 14\% = 379,6 \times 14\% = 53,1 \text{ тис.грн};$$

Пускові витрати приймаємо 2% від вартості обладнання:

$$B_{i.\text{пуск}} = \sum B_{\text{обл}} \times 2\% = 1898 \times 2\% = 38 \text{ тис.грн};$$

Інші витрати приймаємо 3% від загальної суми амортизаційних відрахувань:

$$B_{i.\text{ін}} = \sum A \times 3\% = 715,9 \times 3\% = 21,5 \text{ тис.грн};$$

Загальна сума інших витрат складає:

$$\sum B_i = B_{i.\text{рем}} + B_{i.\text{пуск}} + B_{i.\text{ін}} = 53,1 + 38 + 21,5 = 112,6 \text{ тис.грн};$$

### **Визначення основних показників економічної ефективності проекту**

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Результати розрахунків зводимо у порівняльну таблицю (табл. 11.7.).

Таблиця 11.7 Порівняльна таблиця собівартості

№	Статі витрат	Значення показників, тис.грн
1	Електроенергія	4244
2	Оплата праці	715,4
4	Амортизація	715,9
5	Інші витрати	112,6
Разом		5787,9

Собівартість експлуатації холодильного господарства:

$$C = 5787,9 \text{ тис. грн.};$$

Чистий грошовий потік рівний:

$$ЧГП = \Delta\Pi \times 0,82 + \sum A = 6945,4 \times 0,82 + 715,9 = 6410,3 \text{ тис. грн.};$$

Додатковий прибуток розраховуємо нормативним методом виходячи з прийнятого рівня прибутковості проекту – 120%

$$\Delta\Pi = C \times 1,2 = 5787,9 \times 1,2 = 6945,4 \text{ тис. грн.};$$

Термін служби проекту (життєвий цикл) складає 5 років;

Теперішня вартість за весь життєвий цикл проекту:

$$TB = \sum_{t=1}^5 \frac{ЧГП}{(1+P)^t} = \sum_{t=1}^5 \frac{6945,4}{(1+0,47)^t} + \frac{6945,4}{(1+0,47)^1} + \frac{6945,4}{(1+0,47)^2} + \frac{6945,4}{(1+0,47)^3} + \frac{6945,4}{(1+0,47)^4} = 12624,6 \text{ тис. грн.}$$

Приймаємо дисконтну ставку  $P=0,47$  (47%).

Чистий теперішній дохід:

$$ЧПД = 12624,6 - 8625,3 \times 1,1 = 12624,6 - 10350,36 = 2274,2 \text{ тис. грн.};$$

Середньорічна теперішня вартість:

$$TB = \frac{\sum TB}{t} = \frac{12624,6}{5} = 2524,9 \text{ тис. грн.}$$

Дисконтний період повернення інвестицій (гарантований):

$$TB = \frac{K}{TB} = \frac{10350,36}{2524,9} = 4,1 \text{ року};$$

Індекс дохідності визначається за формулою:

$$D = \frac{\sum TB}{K} = \frac{12624,6}{10350,36} = 1,22;$$

						00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			

Доцільність реалізації проекту підтверджується тим, що реальний термін повернення інвестицій не перевищує життєвий цикл проекту і складає 4.1 року. При стабілізації економіки і зниження розмірів втрат грошових потоків цей термін може скоротитись до 1.6 року. Реальні вигоди від проекту в 1.22 рази перевищують капіталовкладення.

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Явнель Б.К. “Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха”. М.: «Агропромиздат», 1989-223с.
2. ГОСТ 9570-84. Поддоны ящичные и стоечные.- Москва. Изд-во стандартов, 1986.- 10с
3. ГОСТ 13515-91. Ящики из тарного плоского склеенного картона для сливочного масла. .- Москва. Изд-во стандартов, 1992.- 9с
4. Сайт компанії «Realpack» [Інтернет ресурс]: Каталог продукції.- Режим доступу: <http://www.realpack.by/catalog/seriya-200/yashchik-plastikovuuy-art-201-1/>.- вільний.
5. ГОСТ 9142-90. Ящики из гофрированного картона .- Москва. Изд-во стандартов, 1992.- 27с
6. Гетун Г.В.. «Основы проектування промислових будівель»: Навчальний посібник. - К.: Кондор, 2009. - 210 с.
7. Курылев Е.С., Оносовский В.В. «Холодильные установки». Санкт-Петербург, 2000. – 576с.
8. Сайт компанії «Witt» [Інтернет ресурс]: Каталог продукції.- Режим доступу:<http://www.thwitt.de/witt/index.php?treeid=190&id=&sprache=ru&fallback=1>,-вільний.
9. НАОП 8.1.00-1.04-90. Правила будови і безпечної експлуатації аміачних холодильних установок.
10. Правила будови та безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском: ДНАОП.-К.: Преса України, 1995.-189с .

					00 КР 142.008.014.2022.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Масліков, М. М. Холодильна технологія харчових продуктів : Навч. посіб. / М. М. Масліков. - К.: НУХТ, 2007. – 335 с.
12. Данилова Г.Н., Богданов С.Н. и др.; под общей ред. Д-ра техн. Наук Г.Н. Даниловой «Теплообменные аппараты холодильных установок – Л.: Машиностроение. Ленингр. Отд-ние, 1986 – 303 с.
13. Резенфельд Л.М. и Ткачев А.Г. Холодильные машины и аппараты. М., Госториздат, 1960.
14. Тимофеевский Л.С. Холодильные машины – СПб.: Политехника, 1997 – 992с.
15. Чумак И.Г. и др. Холодильные установки – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1981 – 344с.

					00ДП.7.05060403.010.015ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		