

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого  
Кафедра теплоенергетики та холодильної техніки

«До захисту в ЕК»  
Директор інституту(декан факультету)  
Сергій БЛАЖЕНКО  
(підпис) (ім'я та прізвище)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022р.

«До захисту допущено»  
Завідувач кафедри  
Валентин ПЕТРЕНКО  
(підпис) (ім'я та прізвище)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності 142 Енергетичне машинобудування  
(код та назва спеціальності)  
освітньо-професійної програми Холодильні техніка та технології

на тему: холодильної установки фруктосховища місткістю 7000т. у м. Маріуполь

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ХМ-4-12ск

Россол Дмитро Олегович  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник Мирошник Марія Миколаївна  
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти \_\_\_\_\_  
(ім'я та прізвище) (підпис)

\_\_\_\_\_  
(ім'я та прізвище) (підпис)

\_\_\_\_\_  
(ім'я та прізвище) (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(ім'я та прізвище) (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2022 р.

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННІТІ 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

(назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач

кафедри ТЕХТ

“ 31 ” березня 2022 року

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Россол Дмитро Олегович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект холодильної установки фруктосховища місткістю 7000т. у м. Маріуполь.

керівник роботи доц. Мирошник М.М.

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ 31 ” 03 2022 року №167-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 03.06.2022р.

3. Вихідні дані до роботи Фруктосховище у м. Маріуполь

Холодоагент R717 (аміак)

Тип продукту Яблука та груші

Ізоляційний матеріал Сендвіч-панелі

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1). Технолог. схема оброблення продукції.

2). Розрахунок холодильної частини проекту

3). Техніко економічні показники

4). Охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу

1. План та розріз будівлі холодильника

2. Схема холодильної установки

3. План та розріз машинного відділення



## Зміст

Вступ.....	
1. Технологічна схема холодильного оброблення продукції.....	
2. Визначення основних розмірів та планування приміщення холодильника.....	
3. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника.....	
4. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень.....	
5. Визначення навантаження на обладнання камер та компресор.....	
6. Вибір структури системи охолодження та типу холодильної установки.....	
7. Вибір розрахункового робочого режиму та тепловий розрахунок холодильної машини.....	
8. Розрахунок та вибір теплообмінних апаратів.....	
9. Розрахунок та вибір теплообмінного обладнання холодильних камер....	
10. Розрахунок та вибір допоміжного обладнання холодильної цстановки....	
11. Визначення гідравлічних втрат у трубопроводах.....	
12. Вибір насосів.....	
13. Техніко – економічні показники.....	
14. Охорона праці.....	
Список використаної літератури.....	

					<b>00.КР.142.008.026.2022.ПЗ</b>		
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Россол Д.О.</i>			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Мирошник М.М.</i>					
<i>Реценз.</i>					Зміст  НУХТ ХМ4-12ск		
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>					

## АНОТАЦІЯ

В кваліфікаційній роботі виконано проектування та розрахунок холодильної установки фруктосховища місткістю 7000 тон у м. Маріуполь.

В даному проекті розроблено та спроектовано будівлю фруктосховища, розроблено схему холодильної установки, виконано підбір холодильного обладнання.

Одним із основних завдання при розробці проекту було ефективне використання електроенергії під час роботи обладнання, автоматизація виробництва холоду та зменшення площі овочесховища за рахунок використання сучасних матеріалів, обладнання та провідних способів зберігання продукції. Це, в свою чергу, дало змогу зменшити капітальні та експлуатаційні витрати. Також зроблено підбір основних вузлів холодильної установки, а саме: компресора, конденсатора, випарника та іншого допоміжного обладнання холодильної установки.

В дипломному проекті враховані новітні досягнення в об'ємно-планувальних та конструктивних рішеннях холодильників, системах і схемах охолодження холодильних камер та технологічних процесів. Це робить його в сучасному світі техніко-економічно обґрунтованим і конкурентоспроможним.

Дипломний проект виконаний на ПК, для розрахунків використовувалися такі прикладні програми: CoolPack, «Microsoft Excel» та «Microsoft Word», креслення та схеми виконанні з використанням САПР «AutoCad»

					<i>00.КР.142.008.026.2022.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Россол Д.О.</i>			<i>Анотація</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Мирошник М.М.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>						
						<i>НУХТ ХМ4-12ск</i>		

## Вступ

Перспективою розвитку фруктових промисловості у теперішній час є збільшення об'єму виробництва, покращення якості та термінів зберігання фруктів при покращенні ефективності та економічності систем. Оскільки фрукти це швидкопсувні продукти, ефективне їх зберігання не може обійтися без застосування холодильної техніки.

Швидкий розвиток галузі вирощування фруктів вимагає проектування новітніх підприємств по переробці та зберіганні продукції для зменшення витрати електроенергії для систем холодопостачання. Це призводить до необхідності пошуку нових технологічних рішень при проектуванні виробничого холодильника із застосуванням сучасних досягнень холодильної техніки та новітнього обладнання.

Головними завданнями при проектуванні холодильника є:

- вибір схеми технічного процесу та визначення погодинного теплового навантаження на технологічне обладнання;
- вибір температурного режиму у камерах для холодильної обробки та зберігання;
- визначення основних розмірів холодильника;
- розробка плану холодильника;
- вибір будівельних та ізоляційних матеріалів;
- вибір та обґрунтування типу системи охолодження;
- вибір системи відводу теплоти конденсації.

Для вирішення цих задач необхідно керуватись науковими положеннями по зменшенню витрат електроенергії при виробництві штучного холоду.

В даному проекті ведеться розрахунок проекту холодильної установки фруктосховища місткістю 7000 т у м. Маріуполь

					00.КР.142.008.026.2022.ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Россол Д.О.			Вступ	Лист	Лист	Листів
Перевір.		Мирошник М.М.						
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.		Петренко В.П.						
						НУХТ ХМ4-12СК		

## 1. Технологічна схема холодильного оброблення продукції.

Приміщення холодильника знаходиться в м. Маріуполь. Для забезпечення об'єкта холодом виділено приміщення холодильно-компресорного цеху, де змонтовано холодильні установки що працюють на фреоні R717 (амміак). Загальна місткість холодильника 7000 т. Вважаємо що зберігаються груші та яблука зимніх сортів (60% яблука, 40 % груші). Місткість камер зберігання холодильника становлять: камери зберігання охолоджених яблук 4200 т та груш 2800 т.

Задаймося добовим надходженням продукції на рівні 8% від максимальної вантажності камер, тобто: охолоджені яблука 8% від 3500 (280т), охолоджені груші 8% від 3500 (280т)

Вся продукція надходить до холодильника з середньою осінньою температурою 15 °С. Після надходження продукцію перевозять до технологічних приміщень сортування та фасування (температура в приміщеннях 10 ...12°C). Тут яблука та груші сортують, калібрують та упаковують у дерев'яні контейнери для зберігання 1200x1000x900

Після пакування контейнери завантажують в камери з температурою повітря 0 ÷ -2 °С для охолодження до температури зберігання. Для ефективного і швидкого охолодження кратність циркуляції підтримується на рівні 40 крат/год. Після досягнення температури 2 ÷ 5°C продукт у контейнерах відправляється у камери зберігання з температурою повітря 0 ÷ +2 °С. В камерах зберігання температура продукції в контейнерах вирівнюється по товщині продукту та досягає 0 ÷ +2 °С . Для процесу зберігання підтримується кратність на рівні 10. Оскільки процес заморожування не відбувається то всі яблука та груші постійно виділяють теплоту та вуглекислий газ (процес дихання органічних продуктів ). Для компенсації цих виделень в камерах зберігання організуємо кратність повітрообміну 1÷3 об'єми

					<b>00.КР.142.008.026.2022.ПЗ</b>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Россол Д.О.</i>			<b>Технологічна схема оброблення продукції</b>	<i>Лист.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Мирошник М.М.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>						
						<b>НУХТ ХМ4-12ск</b>		

приміщення за добу. Контейнери складаються один на один у 5 ярусів (1200x1000x6000 мм – де 6000 мм висота штабелю.)

Для рівномірної циркуляції повітря між штабелями потрібно залишити вільний простір, але мінімальний щоб не збільшувати місткість. Приймаємо відступ від стін до крайніх штабелів – 0,3 м, між штабелями - 0,05м по ширині та 0,1м по довжині камери. Оскільки місткість холодильника 7000 т всі камери будуть завантажуватись повністю без центрального проїзду

Також в проекті передбачається сортувально-пакувальне відділення, де на автоматичній лінії відбувається сортування яблук та груш за розміром і вагою перед продажою.

Табл.1, Температурно-вологісні умови та термін зберігання яблук та груш

Сорт	Ємність, т	Температура зберігання, °С	Відносна вологість, %	Термін зберігання, міс.
Ренет Симиренко	2100	1	90-95	6
Антонівка	2100	1	90-95	6
Богема	1400	1	90-95	6
Конда	1400	1	90-95	6

Час повного завантаження камер зберігання не повинен перевищувати 5 діб. Всі розвантажувально-завантажувальні роботи проводяться за допомогою вилкового електронавантажувача **Mitsubishi Forklift** [4]

- вантажопід'ємність - 1500 кг
- висота підйому - 5350 мм
- габаритні розміри – 2300x1100x2100мм
- радіус повороту – 2300 мм

					00.КР.142.008.026.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2. Визначення основних розмірів та планування приміщень холодильника

1. Визначаємо склад холодильника зберігання. Згідно завдання необхідна сумарна місткість камер зберігання охолоджених яблук і груш — 7000 т.

2. Прийmemo сітку колон для металевого каркасу 12х24м, в якості опор застосуємо матеріали фірми Kondor, додаток 1

3. Висоту приміщення одноповерхового холодильника приймаємо рівною 8 м.

Розрахунок площі камери зберігання проводимо за формулою [1, с.38]:

$$F_{зб} = \frac{B_k}{q_v h_{вн} \beta} \quad (4.1)$$

де  $B_k$  — місткість камер зберігання, т;  $q_v$  — норма навантаження на 1 м<sup>3</sup> вантажного об'єму камери;  $h_{вн}$  — вантажна висота штабеля, м;  $\beta$  — коефіцієнт використання будівельної площі камери.

$$F_{зб} = \frac{0,9 * 7000}{0,35 * 6 * 0,8} = 4350 \text{ м}^2$$

Кількість будівельних прямокутників знаходимо за формулою [1, с.40]:

$$n = \frac{F_{б\text{уд}}}{f_{б\text{уд}}} \quad (4.2)$$

де  $F_{б\text{уд}}$  — будівельна площа камер різноманітного призначення, м<sup>2</sup>;  $f_{б\text{уд}}$  — будівельна площа одного прямокутника, м<sup>2</sup>.

$$n = \frac{4350}{288} = 15 \text{ (приймаємо 15 прямокутників)}$$

<b>00.КР.142.008.026.2022.ПЗ</b>				
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Россол Д.О.</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Мирошник М.М.</i>		
<i>Реценз.</i>				
<i>Н. Контр.</i>				
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>		
Визначення розмірів та планування приміщень холодильника				
		<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрюшів</i>
<i>НУХТ ХМ4-12ск</i>				

4. Розраховуємо дійсну місткість камер зберігання яблук та груш

$$E_{\text{дійс}} = q_v \cdot F \cdot H \cdot \beta$$

$$E_{\text{дійс}} = 0,35 \cdot 6 \cdot 1728 \cdot 0,8 = 2903 \text{ т}$$

$$E_{\text{дійс}} = 0,35 \cdot 6 \cdot 2592 \cdot 0,8 = 4354 \text{ т}$$

5. Розраховуємо загальну площу основних камер зберігання

$$F_{\text{к.зб}} = 15 \cdot 288 = 4320 \text{ м}^2$$

6. Знаходимо площу допоміжних приміщень [4, с.39]:

$$F_{\text{дон}} = 0,16 \cdot 4320 = 1512 \text{ м}^2 \text{ (2,5 прямокутника)}$$

7. Необхідна площа машинного відділення [1, с.40]:

$$F_{\text{м.в}} = 0,1 \cdot 4320 = 432 \text{ м}^2 \text{ (2 прямокутника)}$$

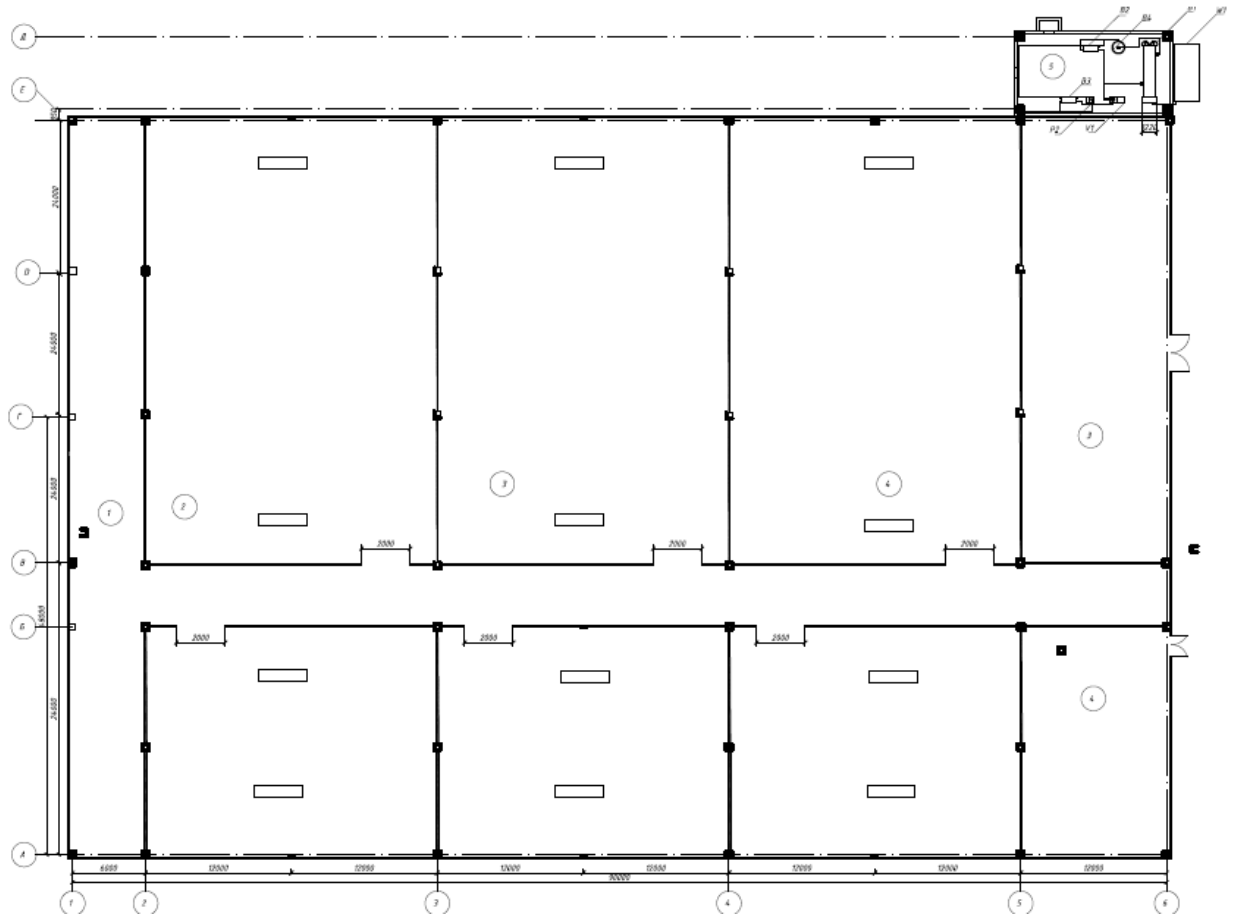
8. Необхідна площа службових приміщень [1, с.40]:

$$F_{\text{сл}} = 0,13 \cdot 4320 = 1294 \text{ м}^2 \text{ (2 прямокутників).}$$

Планування холодильника зображенна на Рис 4.1.

					00.КР.142.008.026.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рис 4.1 :



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00.КР.142.008.026.2022.ПЗ

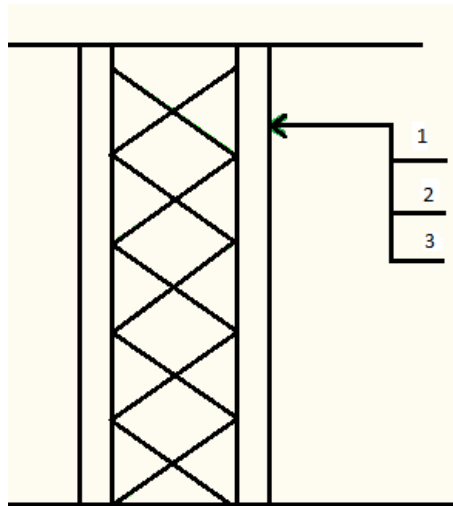
Арк.

### 3. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника.

Нами прийнято в якості основної конструкції будівля каркасного типу зі сталевими колонами і балки, колони розміром 400x400. Стіни – сендвіч-панелі.

Висота камер від чистої підлоги до низу балки 8 м. Покриття безгорищного типу. Плити перекриття – ребристі, довжиною 6 м та товщиною полки 35 мм.. Для машинного відділення та службових приміщень утеплення підлоги не передбачено.

Зовнішні та внутрішні стіни в нашому холодильнику мають таку конструкцію



1.- Металевий профіль

$$\delta_{мет} = 0,055м; \lambda_{мет} = 46,5 \frac{Вт}{м \times К};$$

2.- теплоізоляція із ППУ

$$\lambda_{із.} = 0,026 \frac{Вт}{м \times К};$$

3.- металевий профіль

$$\delta_{мет.} = 0,055м; \lambda_{мет.} = 46,5 \frac{Вт}{м \times К};;$$

					<b>00.КР.142.008.026.2022.ПЗ</b>		
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Россол Д.О.</i>				<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Мирошник М.М.</i>						
<i>Реценз.</i>					<b>Розрахунок ізоляційних конструкцій ХОЛОДИЛЬНИКА</b>  <i>НУХТ ХМ4-12ск</i>		
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>	<i>Петренко В.П.</i>						

### 3.1. Зовнішня стіна

#### Камера зберігання яблук та груш

Температура повітря в камері

$$t_{\text{п}} = 1 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Необхідний коефіцієнт теплопередачі для цієї камери становить:

$$k_0^{\text{нб}} = 0,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Коефіцієнти тепловіддачі приймаємо за таблицею 8.1 [1, с.47]:

$$\alpha_3 = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}); \quad \alpha_6 = 11 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Визначаємо термічні опори окремих шарів будівельної конструкції

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i} \quad (3.1)$$

Коефіцієнти теплопровідності матеріалів цих шарів приймаємо за додатком 3 [1, с.209].

Підраховуємо сумарний термічний опір всіх шарів, окрім теплоізоляції:

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0,022 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

Необхідну товщину ізоляційного шару визначаємо за формулою [1, с.49]:

$$\delta_{i3}^{\text{нб}} = \lambda_{i3} \left[ \frac{1}{k_0^{\text{нб}}} - \left( \frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_6} \right) \right] \quad (3.2)$$

$$\delta_{i3}^{\text{нб}} = 0,026 \cdot \left[ \frac{1}{0,38} - \left( \frac{1}{23} + 0,022 + \frac{1}{11} \right) \right] = 0,064 \text{ м}$$

Приймаємо товщину ізоляційного шару 100 мм.

$$k_0^{\text{д}} = \frac{1}{\left( \frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_6} \right) + \frac{\delta_{i3}^{\text{д}}}{\lambda_{i3}}} \quad (3.3)$$

					<i>00.КР.142.008.026.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$k_0^A = \frac{1}{0,156 + \frac{0,10}{0,026}} = 0,24 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

### 3.2. Міжкамерна перегородка

Перегородка, що відділяє камери зберігання між собою та службове приміщення від камери зберігання яблук та груш

Необхідний коефіцієнт теплопередачі внутрішньої стіни складає  $k_0^{H6} = 0,39 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . Коефіцієнти тепловіддачі приймаємо за таблицею 8.1 [1, с.47]:

$$\alpha_3 = 23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}; \quad \alpha_B = 9 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

$$\delta_{i3}^{H6} = \lambda_{i3} \left[ \frac{1}{k_0^{H6}} - \left( \frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_B} \right) \right]$$

$$\delta_{i3}^{H6} = 0,026 \cdot \left[ \frac{1}{0,39} - \left( \frac{1}{23} + 0,022 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,06 \text{ м}$$

Приймаємо товщину ізоляційного шару 60 мм

$$k_0^{\partial} = \frac{1}{\left( \frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_6} \right) + \frac{\delta_{i3,\partial}}{\lambda_{i3}}}$$

$$k_0^A = \frac{1}{0,176 + \frac{0,60}{0,026}} = 0,38 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

					00.КР.142.008.026.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.3. Підлога



Рис. 4. Конструкція підлоги

Приймаю:  $K_0 = 0,41 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$

Коефіцієнт теплопередачі:  $\alpha_{вн.} = 11 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$

Необхідна товщина шару ізоляції:

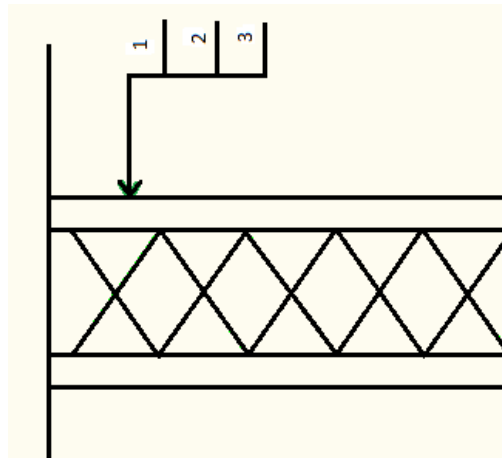
$$\delta_{із.} = 0,17 \cdot \left[ \frac{1}{0,41} - \left( 0,251 + \frac{1}{11} \right) \right] = 0,17 \cdot 2,078 = 0,35 м;$$

Приймаємо товщину ізоляційного шару 350 мм

Оскільки прийнята товщина теплоізоляції відрізняється від потрібної, визначаємо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$K_0^D = \frac{1}{\left( 0,251 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,350}{0,17}} = \frac{1}{0,362 + \frac{0,35}{0,17}} = 0,17 \frac{Вт}{м^2 \cdot К};$$

### 3.4 Покрівля



Покрівля виконана з сендвіч-панелей з наповненням ППУ.

Необхідний коефіцієнт теплопередачі внутрішньої поверхні складає  $k_0^{\text{НБ}} = 0,35 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . Коефіцієнти тепловіддачі приймаємо за таблицею 8.1 [1, с.47]:

$$\alpha_3 = 23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}; \quad \alpha_{\text{В}} = 9 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

$$\delta_{\text{іЗ}}^{\text{НБ}} = \lambda_{\text{іЗ}} \left[ \frac{1}{k_0^{\text{НБ}}} - \left( \frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{В}}} \right) \right]$$

$$\delta_{\text{іЗ}}^{\text{НБ}} = 0,026 \cdot \left[ \frac{1}{0,35} - \left( \frac{1}{23} + 0,022 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,143 \text{ м}$$

Приймаємо товщину два ізоляційного шару по 150 мм

$$k_0^{\text{Д}} = \frac{1}{\left( \frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{В}}} \right) + \frac{\delta_{\text{іЗ.Д}}}{\lambda_{\text{іЗ}}}}$$

$$k_0^{\text{Д}} = \frac{1}{0,374 + \frac{0,150}{0,026}} = 0,16 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

					<i>00.КР.142.008.026.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.5 Внутрішня стінка

Стіна яка відділяє камери зберігання між собою та службове приміщення від камери зберігання яблук та груш

Необхідний коефіцієнт теплопередачі внутрішньої стіни складає  $k_0^{нб} = 0,44 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . Коефіцієнти тепловіддачі приймаємо за таблицею 8.1 [1, с.47]:

$$\alpha_з = 8 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}; \quad \alpha_в = 8 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

$$\delta_{із}^{нб} = \lambda_{із} \left[ \frac{1}{k_0^{нб}} - \left( \frac{1}{\alpha_з} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_в} \right) \right]$$

$$\delta_{із}^{нб} = 0,026 \cdot \left[ \frac{1}{0,44} - \left( \frac{1}{8} + 0,022 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,05 \text{ м}$$

Приймаємо товщину ізоляційного шару 50 мм

$$k_0^д = \frac{1}{\left( \frac{1}{\alpha_з} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_в} \right) + \frac{\delta_{із,д}}{\lambda_{із}}}$$

$$k_0^д = \frac{1}{0,272 + \frac{0,50}{0,026}} = 0,43 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

					00.КР.142.008.026.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 4. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень

Максимальне навантаження на систему охолодження визначають як суму всіх теплопритоків в дану камеру. Холодильне обладнання повинне забезпечити відбір теплоти за найгірших умов

$$\sum Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 = Q_{заг} \quad (4.1)$$

##### 4.1. Теплонадходження через огорожуючі конструкції

Розрахунок теплонадходжень виконують з врахуванням параметрів зовнішнього повітря для літнього періоду.

Теплонадходження через огорожуючі конструкції  $Q_1$  визначають як суму теплонадходжень (через стіни, перегородки, перекриття чи покриття, через підлогу), які виникають за рахунок різниці зовнішньої і внутрішньої температур  $Q_{1m}$ , а також надходження теплоти через дію сонячної радіації  $Q_{1c}$ .

$$Q_1 = Q_{1m} + Q_{1c} \quad (4.2)$$

Теплонадходження через стіни, перегородки, перекриття чи покриття  $Q_{1m}$  розраховують по формулі [1, с.56]:

$$Q_{1m} = k_{\partial} F (t_3 - t_6) \cdot 10^{-3} \quad (4.3)$$

де  $k_{\partial}$  — дійсний коефіцієнт теплопередачі огороження, Вт/(м<sup>2</sup>К);  $F$  — розрахункова площа поверхні огороження, м<sup>2</sup>;  $t_3$  — розрахункова температура повітря з зовнішньої сторони огороження, °С;  $t_6$  — розрахункова внутрішня температура охолоджувальних приміщень, °С.

Теплонадходження від сонячної радіації через зовнішні стіни і покриття холодильників  $Q_{1c}$  розраховують по формулі [1, с.57]:

$$Q_{1c} = k_{\partial} F \Delta t_c \cdot 10^{-3} \quad (4.4)$$

де  $k_{\partial}$  — дійсний коефіцієнт теплопередачі огороження, Вт/(м<sup>2</sup>К);  $F$  —

плонца					00.КР.142.008.026.2022.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Россол Д.О.			Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Мирошник М.М.						
Реценз.						НУХТ ХМ4-12ск		
Н. Контр.								
Затверд.		Петренко В.П.						

поверхні огороження, що опромінюється сонцем,  $m^2$ ;  $\Delta t_c$  — надлишкова різниця температур,  $^{\circ}C$  за таблицею 9.1 [1, с.58].

### Камера зберігання яблук №1

Стіна зовнішня:

північна

$$Q_m = 0,24 \cdot 24 \cdot 6 \cdot 27,4 \cdot 10^{-3} = 0,95 \text{ кВт}$$

$$Q_c = 0,24 \cdot 24 \cdot 6 \cdot 4,9 \cdot 10^{-3} = 0,17 \text{ кВт}$$

Перегородка західна

$$Q_m = 0,38 \cdot 216 \cdot 0 \cdot 10^{-3} = 0 \text{ кВт}$$

$$Q_c = 0,38 \cdot 216 \cdot 0 \cdot 10^{-3} = 0 \text{ кВт}$$

Стінка внутрішня південа:

$$Q_m = 0,43 \cdot 144 \cdot 0 \cdot 10^{-3} = 0 \text{ кВт}$$

$$Q_c = 0,43 \cdot 144 \cdot 0 \cdot 10^{-3} = 0 \text{ кВт}$$

Покриття:

$$Q_m = 0,16 \cdot 864 \cdot 27,4 \cdot 10^{-3} = 3,78 \text{ кВт}$$

$$Q_c = 0,16 \cdot 864 \cdot 14,9 \cdot 10^{-3} = 2,059 \text{ кВт}$$

Підлога:

$$Q_m = [0,47 \cdot 48 \cdot (28,4 - 1)] + [0,23 \cdot 48 \cdot (28,4 - 1)] \\ + [0,12 \cdot 48 \cdot (28,4 - 1)] + [0,07 \cdot 720 \cdot (28,4 - 1)] = 2,5 \text{ кВт}$$

Подальші розрахунки проводимо за допомогою програми Excel та заводимо до таблиці 4.1

					00.КР.142.008.026.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Табл. 4.1.1

Камера зберігання яблук №1	Кд	F	tзов	tвн	$\Delta t$	Qt1	te	Qc	Q1
Стінка зов північна	0,24	144	28,4	1	27,4	946,94	4,9	169,34	1,1
Перегородка схід	0,38	216	1	1	0	-	0	-	0,0
Стінка внут південа	0,43	144	1	1	0	-	0	-	0,0
Перегородка західна	0,38	216	1	1	0	-	0	-	0,0
Покрівля	0,16	864	28,4	1	27,4	<sup>3</sup> 787,78	14,9	2 059,78	5,8
	<b>F</b>	<b><math>\Delta t</math></b>	<b>k</b>	<b>Q</b>	<b><math>\Sigma Q</math></b>				
Підлога зона 1	48	27,4	0,47	618,1	2,5				
Підлога зона 2	48	27,4	0,23	302,5					
Підлога зона 3	48	27,4	0,12	157,8					
Підлога зона 4	720	27,4	0,07	1381,0					
Всього, кВт:									9,4

Табл. 4.1.2

Камера зберігання яблук №2	Кд	F	tзов	tвн	$\Delta t$	Qt1	te	Qc	Q1
Стінка зов північна	0,24	144	28,4	1	27,4	946,94	4,9	169,34	1,1
Перегородка східна	0,38	216	1	1	0	-	0	-	0,0
Стінка внут південа	0,43	144	1	1	0	-	0	-	0,0
Перегородка західна	0,38	216	1	1	0	-	0	-	0,0
Покрівля	0,16	864	28,4	1	27,4	<sup>3</sup> 787,78	14,9	<sup>2</sup> 059,78	5,8
	<b>F</b>	<b><math>\Delta t</math></b>	<b>k</b>	<b>Q</b>	<b><math>\Sigma Q</math></b>				
Підлога зона 1	48	27,4	0,47	618,1	2,5				
Підлога зона 2	48	27,4	0,23	302,5					
Підлога зона 3	48	27,4	0,12	157,8					
Підлога зона 4	720	27,4	0,07	1381,0					
Всього:									9,4

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00.КР.142.008.026.2022.ПЗ

Арк.

Табл. 4.1.3

Камера зберігання яблук №3	Кд	F	tзов	tвн	$\Delta t$	Qt1	te	Qc	Q1
Стінка зов північна	0,24	144	28,4	1	27,4	946,94	4,9	169,34	1,1
Перегородка західна	0,38	216	1	1	0	-	0	-	0,0
Стінка внут південа	0,43	144	1	1	0	-	0	-	0,0
Перегородка східна	0,38	216	20	1	19	559,52	0	-	1,6
Покрівля	0,16	864	28,4	1	27,4	787,78	14,9	059,78	5,8
	<b>F</b>	<b><math>\Delta t</math></b>	<b>k</b>	<b>Q</b>	<b><math>\Sigma Q</math></b>				
Підлога зона 1	48	27,4	0,47	618,1	2,5				
Підлога зона 2	48	27,4	0,23	302,5					
Підлога зона 3	48	27,4	0,12	157,8					
Підлога зона 4	720	27,4	0,07	1381,0					
Всього:									11,0

Табл. 4.1.4

Камера зберігання груш №1	Кд	F	tзов	tвн	$\Delta t$	Qt1	te	Qc	Q1
Стінка зов північна	0,43	144	1	1	0	-	4,9	303,41	0,3
Перегородка східна	0,38	144	1	1	0	-	0	-	0,0
Стінка внут південа	0,24	144	28,4	1	27,4	946,94	0	-	0,9
Перегородка східна	0,38	144	1	1	0	-	0	-	0,0
Покрівля	0,16	576	28,4	1	27,4	525,18	14,9	373,18	3,9
	<b>F</b>	<b><math>\Delta t</math></b>	<b>k</b>	<b>Q</b>	<b><math>\Sigma Q</math></b>				
Підлога зона 1	48	27,4	0,47	618,1	1,9				
Підлога зона 2	48	27,4	0,23	302,5					
Підлога зона 3	48	27,4	0,12	157,8					
Підлога зона 4	432	27,4	0,07	828,6					
Всього:									7,1

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00.КР.142.008.026.2022.ПЗ

Арк.

Табл. 4.1.5

Камера зберігання груш №2	Кд	F	tзов	tвн	Δt	Qt1	te	Qc	Q1
Стінка зов північна	0,43	144	1	1	0	-	4,9	303,41	0,3
Перегородка східна	0,38	144	1	1	0	-	0	-	0,0
Стінка внут південа	0,24	144	28,4	1	27,4	946,94	0	-	0,9
Перегородка східна	0,38	144	1	1	0	-	0	-	0,0
Покрівля	0,16	576	28,4	1	27,4	2 525,18	14,9	1 373,18	3,9
	<b>F</b>	<b>Δt</b>	<b>k</b>	<b>Q</b>	<b>ΣQ</b>				
Підлога зона 1	48	27,4	0,47	618,1	1,9				
Підлога зона 2	48	27,4	0,23	302,5					
Підлога зона 3	48	27,4	0,12	157,8					
Підлога зона 4	432	27,4	0,07	828,6					
Всього:									7,1

Табл. 4.1.6

Камера зберігання груш №3	Кд	F	tзов	tвн	Δt	Qt1	te	Qc	Q1
Стінка зов північна	0,43	144	1	1	0	-	4,9	303,41	0,3
Перегородка східна	0,38	144	20	1	19	1 039,68	0	-	1,0
Стінка внут південа	0,24	144	28,4	1	27,4	946,94	0	-	0,9
Перегородка східна	0,38	144	1	1	0	-	0	-	0,0
Покрівля	0,16	576	28,4	1	27,4	2 525,18	14,9	1 373,18	3,9
	<b>F</b>	<b>Δt</b>	<b>k</b>	<b>Q</b>	<b>ΣQ</b>				
Підлога зона 1	48	27,4	0,47	618,1	1,9				
Підлога зона 2	48	27,4	0,23	302,5					
Підлога зона 3	48	27,4	0,12	157,8					
Підлога зона 4	432	27,4	0,07	828,6					
Всього:									8,1

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

Теплонадходження при охолодженні продуктів в камерах зберігання визначають за формулою [4, с.58]:

$$Q_{2np} = M_{np} \Delta i \frac{10^3}{24 \cdot 3600} \quad (4.5)$$

					00.КР.142.008.026.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $M_{np}$  — добове надходження продукту, т/доб;  $\Delta i$  — різниця питомих ентальпій продуктів, кДж/кг [1, с.217...218].

В даному випадку добове надходження груш та яблук складає 10%

де  $I,3$  — коефіцієнт, що враховує нерівномірність теплового навантаження;  $\tau_{обр}$  — тривалість холодильної обробки, год/доб.

Теплонадходження від тари

$$Q_{2T} = M_T c_T (t_1 - t_2) \frac{10^3}{24 \cdot 3600} \quad (6.8)$$

де  $c_m$  — питома теплоємність тари, кДж/(кгК);  $t_1$  і  $t_2$  — початкова і кінцева температура тари, °С.

Розрахунки проводимо за допомогою програми Еxсел та заводимо до таблиці 4.2

Табл 4.2

№ камери, вид продукту, матеріал тари	Е,т	т, год	обробка продуктів				Обробка тари					Q2, кВт
			Мк, т/д	i1, кДж/кг	i2, кДж/кг	Q2пр, Вт	Мт, т/д	Ст, кДж/ (кг*К)	t1, С	t2, С	Q2т, Вт	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Камера №1 яблука, дерево	1400	24	140	328	295	53,47	28	2,5	15	1	11,34	64,81
Камера №2 яблука, дерево	1400	24	140	328	295	53,47	28	2,5	15	1	11,34	64,81
Камера №3 яблука, дерево	1400	24	140	328	295	53,47	28	2,5	15	1	11,34	64,81
Камера №4 груша, дерево	934	24	93,4	328	295	35,67	18,7	2,5	15	1	7,57	43,24
Камера №5 груша, дерево	934	24	93,4	328	295	35,67	18,7	2,5	15	1	7,57	43,24
Камера №6 груша, дерево	934	24	93,4	328	295	35,67	18,7	2,5	15	1	7,57	43,24

### 4.3 Теплонадходження при вентиляції приміщень

Теплопритік від зовнішнього повітря розраховуємо по формулі:

$$Q_3 = M_{вз} \cdot (i_n - i_b) \quad (4.6)$$

де  $M_{вз}$  - масова витрата вентиляційного повітря, кг/с;  $i_n, i_b$  - ентальпії зовнішнього повітря і повітря у камері, кДж/кг.

Масова витрата вентиляційного повітря  $M_{вз}$  (у кг/с) визначаємо, виходячи з необхідності забезпечення кратності повітрообміну декількох об'ємів у добу:

$$M_{вз} = \frac{V_k \cdot a \cdot \rho_b}{24 \cdot 3600}; \text{де}$$

$V_k$  - об'єм вентиляваного приміщення, м<sup>3</sup>;

$a$  - кратність повітрообміну;

$\rho_b$  - щільність повітря при температурі і відносній вологості повітря в камері, кг/м<sup>3</sup>.

Розрахунок проводимо для всіх камер в програмі Excel, та зводимо до таблиці 4.3

Таблиця 4.3

Q3	$\rho$ кг/м <sup>3</sup>	$V$ м <sup>3</sup>	$a$	$M_b$	$i_{зов}$	$i_k$	Q3
Камера зберігання яблук №1	1,28	5184	4	0,3072	65000	7000	17,82
Камера зберігання яблук №2	1,28	5184	4	0,3072	65000	7000	17,82
Камера зберігання яблук №3	1,28	5184	4	0,3072	65000	7000	17,82
Камера зберігання груш №1	1,28	3456	4	0,2048	65000	7000	11,88
Камера зберігання груш №2	1,28	3456	4	0,2048	65000	7000	11,88
Камера зберігання груш №3	1,28	3456	4	0,2048	65000	7000	11,88

#### 4.4. Експлуатаційні теплонадходження

Теплонадходження від освітлення розраховують за формулою [1, с.60]:

$$q_1 = AF \cdot 10^{-3} \quad (4.7)$$

де  $A$  — теплота, що виділяється джерелом світла за одиницю часу на  $1 \text{ м}^2$  площі підлоги,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ ;  $F$  — площа камери,  $\text{м}^2$ .

Теплонадходження від людей

$$q_2 = 0,35n \quad (4.8)$$

де  $0,35$  — тепловиділення однієї людини при тяжкій фізичній роботі,  $\text{кВт}$ ;  $n$  — кількість людей.

Теплонадходження від роботи двигунів при розташуванні електродвигунів в охолоджувальному приміщенні знаходять по формулі:

$$q_3 = N_e \quad (4.9)$$

де  $N_e$  — сумарна потужність електродвигунів,  $\text{кВт}$ .

Теплонадходження при відкриванні дверей [1, с.61]:

$$q_4 = BF \cdot 10^{-3} \quad (4.9)$$

де  $B$  — питомий потік теплоти від відкривання дверей,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ ;  $F$  — площа камери,  $\text{м}^2$ .

Експлуатаційні теплонадходження визначаються, як сума тепло надходжень різних видів:

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 \quad (4.10)$$

Розрахунки проводимо за допомогою програми Excel та заводимо до таблиці 4.4

					00.КР.142.008.026.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.4

Q4	F	A	q1	n	q2	Ne1	q3	B	q4	Q4
Камера зберігання яблук №1	864	1,2	1036,8	4	1400	3	3000	12	10368	15,80
Камера зберігання яблук №2	864	1,2	1036,8	4	1400	3	3000	12	10368	15,80
Камера зберігання яблук №3	864	1,2	1036,8	4	1400	3	3000	12	10368	15,80
Камера зберігання груш №1	576	1,2	691,2	4	1400	3	3000	12	6912	12,00
Камера зберігання груш №2	576	1,2	691,2	4	1400	3	3000	12	6912	12,00
Камера зберігання груш №3	576	1,2	691,2	4	1400	3	3000	12	6912	12,00

#### 4.5 Теплопритоки від фруктів при диханні

Теплопритоки від фруктів при "диханні" можна визначити по формулі

$$Q_5 = E_K \cdot (0,1 \cdot q_n + 0,9 \cdot q_{збер})$$

$E_K$  - місткість камери, т;

$q_n$ ,  $q_{збер}$  - тепловиділення плодів при температурах надходження і зберігання, визначені по таблиці 3.4, Вт/т

Таблиця 4.5 – розрахунок теплоприпливів від фруктів при диханні,  $Q_5$ :

Q 5	Ек,т	qп	qхр	Q5
Камера зберігання яблук №1	864	58	13	15,12
Камера зберігання яблук №2	864	58	13	15,12
Камера зберігання яблук №3	864	58	13	15,12
Камера зберігання груш №1	576	128	14	14,63
Камера зберігання груш №2	576	128	14	14,63
Камера зберігання груш №3	576	128	14	14,63

					<i>00.КР.142.008.026.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5. Визначення навантаження на обладнання камер та компресор

Компресори підбирають на групу камер, що мають однакову температуру. В данному випадку ми маємо шість камер і одну температуру кипіння. Навантаження на компресор складається з усіх видів теплопритоків, що надходять до камери. В таблиці 5.1. наведено сумарне навантаження на камерне обладнання по кожній камері. Так як холодильник призначений для зберігання фруктів, припускаємо, що :

теплопритоки через огорожу становлять 100% від сумарних по кожній температурі кипіння;

теплопритоки від продукту становлять 50-75%;

теплонадходження при вентиляції приміщень 100%

теплопритоки експлуатаційні становлять – 50%

теплопритоки від фруктів при диханні 100%

Навантаження на компресор котрий працює при  $t_0=1^{\circ}\text{C}$ .

$$\begin{aligned} \sum Q &= \sum Q_1 + 0,64 \cdot \sum Q_2 + \sum Q_3 + 0,5 \cdot \sum Q_4 + \sum Q_5 \\ &= 52 + 0,64 \cdot 324 + 89,1 + 0,5 \cdot 83,4 + 89,3 = 479,6 \text{ кВт} \end{aligned}$$

Необхідну холодопродуктивність для вибору компресорів визначаємо за формулою

$$Q_{\text{км}} = k \cdot \sum Q$$

$$Q_{\text{км}} = k \cdot \sum Q_{\tau},$$

де  $k$  – коефіцієнт, котрий враховує втрати в трубопроводах та апаратах холодної установки;  $\sum Q_{\tau}$  – сумарне навантаження на компресори

					<b>00.KP.142.008.026.2022.ПЗ</b>					
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<b>Визначення навантаження на обладнання камер та компресор</b>					
<i>Розроб.</i>		<i>Россол Д.О.</i>						<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Мирошник М.М.</i>								
<i>Реценз.</i>								<b>НУХТ ХМ4-12ск</b>		
<i>Н. Контр.</i>										
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>								

Так як охолодження здійснюється аміаком, то приймаю наступні значення коефіцієнта  $k$  при температурі кипіння  $-9^{\circ}\text{C}$  – 1,048;

$$Q_{\text{KM}(-9)} = 1,048 \cdot 479,6 = 503 \text{ кВт}$$

Приймаємо коефіцієнт робочого часу  $b=0,9$  – аміачні компресори великої холодопродуктивності. Тоді підбираємо компресори, враховуючи цей запас.

$$Q_{\text{KM}(-9)\text{д}} = Q_{\text{KM}(-9)} / b = 503 / 0,9 = 558,8 \text{ кВт}$$

Таблиця 5.1

Камера	Q1		Q2		Q3		Q4		Q5		EQ	
	Камерне	Компресор	Камерне	Компресор	Камерне	Компресор	Камерне	Компресор	Камерне	Компресор	Камерне	Компресор
Камера зберігання яблук №1	9,4	9,4	64,8	41,5	17,8	17,8	15,8	7,9	15,1	15,1	123,0	91,7
Камера зберігання яблук №2	9,4	9,4	64,8	41,5	17,8	17,8	15,8	7,9	15,1	15,1	123,0	91,7
Камера зберігання яблук №3	11,0	11,0	64,8	41,5	17,8	17,8	15,8	7,9	15,1	15,1	109,4	93,3
Камера зберігання груш №1	7,1	7,1	43,2	27,7	11,9	11,9	12,0	6,0	14,6	14,6	88,8	67,2
Камера зберігання груш №2	7,1	7,1	43,2	27,7	11,9	11,9	12,0	6,0	14,6	14,6	88,8	67,2
Камера зберігання груш №3	8,1	8,1	43,2	27,7	11,9	11,9	12,0	6,0	14,6	14,6	89,8	68,3

## 6. Вибір структури системи охолодження та типу холодильної установки

В нашому варіанті холодильник відноситься до великих, місткість яких більше 1000 т, з аміачною холодильною системою. Ми використовуємо централізоване холодопостачання з однією компаундно – циркуляційною системою безпосереднього охолодження, яка працює на 1 температуру кипіння. У складі даної системи є 1 компаундний ресивері та 1 циркуляційний ресивер та циркуляційний насос. Відповідні температура кипіння холодоагенту  $t_0 = -9^{\circ}\text{C}$ .

Дана схема є економічно вигідною, оскільки при зниженні різниці температури на  $5^{\circ}\text{C}$  зменшується витрата електроенергії приблизно на 15%.

Недоліком систем заповнених аміаком при безпосередньому охолодженні є велика місткість системи і відповідно велика кількість холодоагенту, яка знаходиться в трубах і апаратах.

					<b>00.КР.142.008.026.2022.ПЗ</b>					
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<b>Вибір структури системи охолодження та типу холодильної установки</b>					
<i>Розроб.</i>	<i>Россол Д.О.</i>							<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Мирошник М.М.</i>									
<i>Реценз.</i>								<b>НУХТ ХМ4-12ск</b>		
<i>Н. Контр.</i>										
<i>Затверд.</i>	<i>Петренко В.П.</i>									

## 7. Вибір розрахункового робочого режиму та тепловий розрахунок холодильної машини

Робочий режим ХУ характеризують параметри температури кипіння  $t_0$ , конденсації  $t_k$ , всмоктування  $t_{вс}$ , і переохолодження  $t_{по}$ .

При проектуванні холодильних установок з безпосереднім охолодженням аміачними компресорами  $t_0$  приймають на  $5...10$  °С нижче температури повітря в камері:

Температура кипіння в камерах зберігання яблуків та груш.

$$t_{0зб} = t_{зб} - (5...10)^\circ\text{C} = 1 - 10 = -9^\circ\text{C}$$

При розрахункових параметрах зовнішнього повітря для м. Маріуполь ( $t_3=28,4$  °С,  $\phi_3=52\%$ ), температура зовнішнього повітря по мокрому термометру  $t_{3,м}=23,5$  °С.

$$t_{\theta\delta 1} = 23,5 + 3,5 = 27^\circ\text{C}$$

$$t_{\theta\delta 2} = t_{\theta\delta 1} + (4 \pm 6)^\circ\text{C}$$

$$t_{\theta\delta 2} = 27 + 5 = 32^\circ\text{C}$$

Відповідно, температура конденсації холодоагенту:

$$t_k = t_{\theta\delta 2} + (3 \pm 5) = 32 + 4 = 36$$

Температуру парів на вході в компресор  $t_{вс}$  приймають:

$$t_{вс} = t_0 + (10...20)^\circ\text{C}$$

$$t_{вс} = -9 + 20 = 11^\circ\text{C}$$

За діаграмою  $\lg p - h$  визначаю тиски котрі відповідають прийнятим температурам:

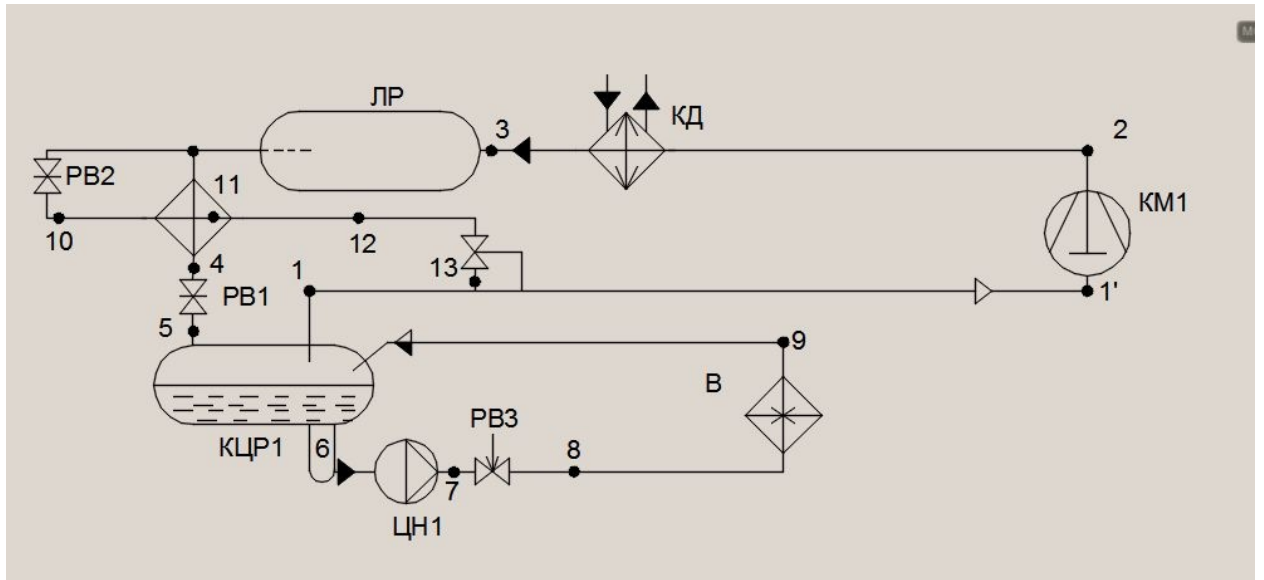
для температури кипіння в камерах зберігання груш та яблук  $p_{0\text{мор}}=1,9$  МПа, для тиску конденсації  $p_k=16$  МПа. Виберемо, яку машину (одно або двоступеневу) потрібно для даного випадку:

					<b>00.КР.142.008.026.2022.ПЗ</b>			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Россол Д.О.			<b>Вибір розрахункового робочого режиму та тепловий розрахунок холодильної машини</b>	Лит.	Лист	Листів
Перевір.		Мирошник М.М.						
Реценз.						<b>НУХТ ХМ4-12ск</b>		
Н. Контр.								
Затверд.		Петренко В.П.						

камера зберігання  $p_k/p_0=13,9/3=4,6$  – одноступеннева машина.

Розрахункову схему холодильної машини зображено на мал. 7.1.

Мал. 7.1

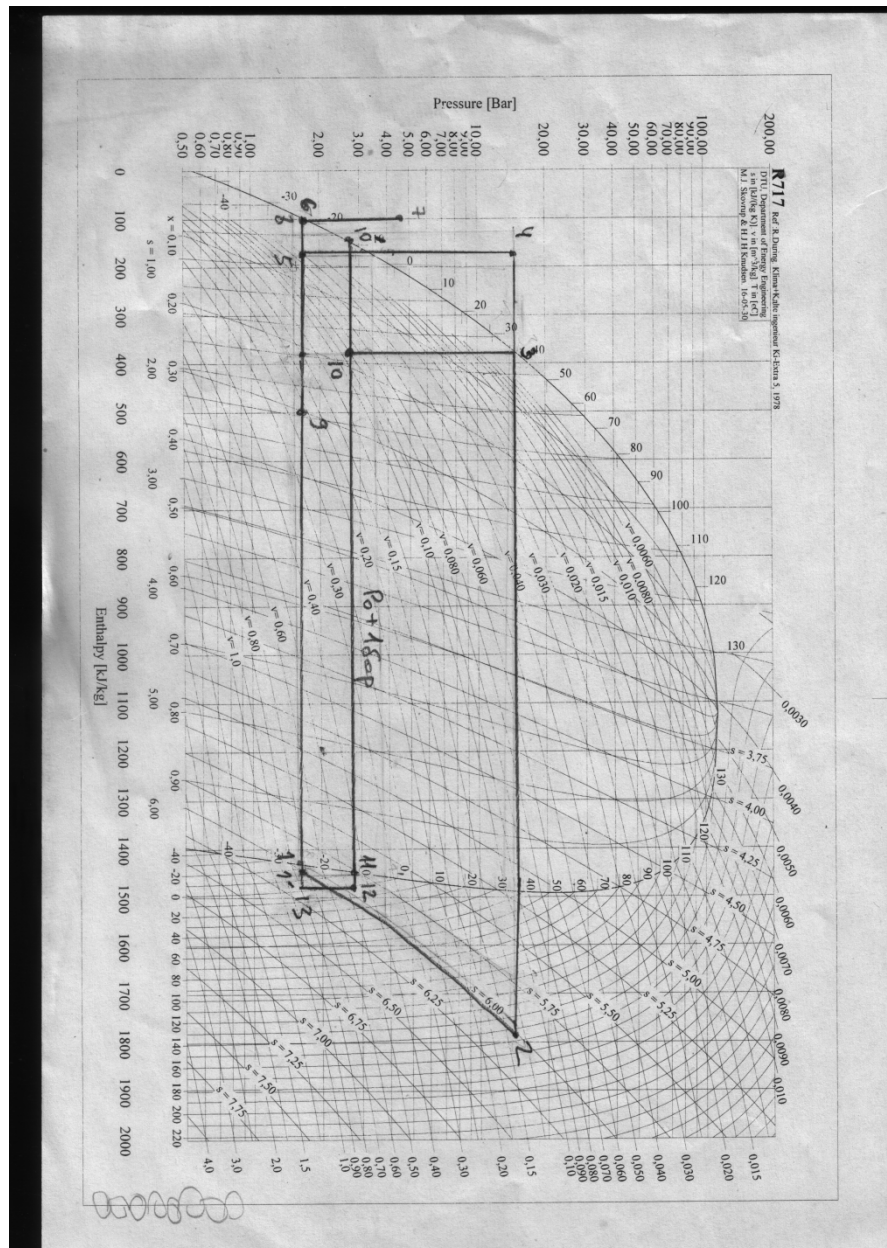


					00.КР.142.008.026.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Нанесемо цикл холодильної машини за допомогою програми CoolPack на LgP-h діаграму фреону R717 (аміак).

Відповідні параметри холодильного агенту в характерних точках циклу заносимо до таблиці 7.1

Мал. 7.2



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00.KP.142.008.026.2022.ПЗ

Арк.

Таблиця 7.1

№ точки	Температура, °С	Тиск, Бар	Ентальпія, кДж/кг	Питомий об'єм, м <sup>3</sup> /кг
1'	-9	2.9	1454	0,55
1	-11	1.9	1440	0,48
2	140	13.9	1790	0,14
3	36	13.9	400	0,0017
4	10	13.9	250	-
5	-11	2.9	250	0,039
6	-11	2,9	150	0,0019
7	-11	5.5	150	-
8	-11	2,9	150	0,0018
9	-11	1.9	500	0,14
10	-5	3.9	185	0,08
11	-5	3.9	1420	0,37
12	5	3.9	1480	0.35
13	5	2.9	1485	0,5
10'	5	3.9	400	0.0060

Обчислюємо масову витрату холодильного агенту, яку потрібно відводити від циркуляційних ресиверів:

Маса холодильного агенту :

$$m = m_1 + m_2 + m_3 \quad (7.1)$$

Питома холодопродуктивність

$$q_o = h_9 - h_8 \quad (7.2)$$

$$q_o = 500 - 150 = 350 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

					<i>00.КР.142.008.026.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відповідно, масова витрата холодоагенту в контурі охолодження

$$m = Q_{0T}/q_o \quad (7.3)$$

$$m_1 = \frac{Q_{01}}{q_{01}} = \frac{558}{350} = 1.5 \text{ кг/с}$$

$$m_3 = \frac{m'_1}{1 - x_5} = \frac{0.48}{1 - 0.17} = 0.57 \text{ кг/с}$$

$m_2$  знаходимо балансу економайзеру:

$$m_2 h_{10} + m_3 h_3 = m_2 h_9 + m_3 h_4$$

$$m_2 = (h_9 - h_{10}) = m_3 (h_3 - h_4)$$

$$m_2 = \frac{m_3 (h_3 - h_4)}{h_9 - h_{10}} = \frac{0.57(400 - 250)}{500 - 150} = 0.24 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

$$m = 1.5 + 0.57 + 0.24 = 2.34$$

Визначаємо питому адіабатну роботу компресора :

$$l = h_2 - h_1 = 1790 - 1440 = 350 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Тоді, питома робота компресора :

$$L = l \cdot m = 350 \cdot 2.34 = 819 \text{ кВт}$$

Згідно мал. 11.2 літ (1) для компресорів гвинтового типу індикаторний ККД приймаємо рівним коефіцієнту подачі:

$$\text{при } t_0 = -9^\circ\text{C} \quad p_{np}/p_0 = 13.9/3 = 4.6 \quad \lambda_{(-9)} = 0.87$$

Розрахунок та підбір компресора зводимо до таблиці 7.2

					00.КР.142.008.026.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 9.2

Ввеличина	Розрахунок
Потрібна холод.прод. Км. кВт $Q_{опот} = k \cdot Q/b,$	$(1,04 \cdot 558)/0,9 = 644.8$
Холодильна продуктивність одного кг холодильного агенту $q_0 = h_1 - h_4$ кДж/кг	$q_0 = 1440 - 250 = 1190$ кДж/кг
Масова витрата пари М, кг/с; $M = Q_{опот}/q_0$	$644.8/1190 = 0,54$
Обємна витрата пари Vд, м <sup>3</sup> /кг; $V_g = M \cdot V_1$	$0,54 \cdot 0,48 = 0,259$
Ступінь стискування Pк/Pо	$13.9/3 = 4.6, \lambda = 0,87$
Теоретичний об'єм, що описують поршні компресора Vт м <sup>3</sup> /с $V_T = V_g \cdot v/\lambda$	$0,259 \cdot 0,48/0,87 = 0,142$
Підбираємо компресор	Обираємо до встановлення 2 компресори фірми Bitzer гвинтового типу марки OSK8551-К з об'ємною подачею $V_{км(-9)} = 380$ м <sup>3</sup> /год, сумарною подачею $V_{км(-9)}$ $= 760$ м <sup>3</sup> /год
Дійсна масова втрата $M_{км} = (\lambda \cdot V_{км})/V_1$	$(0,87 \cdot 0,142)/0,48 = 0,257$
Дійсна холодо.прод. Компресорів $Q_0 = M_{км} \cdot q_0$	$0,257 \cdot 1190 = 306.27$
Теоретична потужність стиснення $N_T = M_{км} \cdot (i_2 - i_1)$	$0,257 \cdot (1790 - 1440) = 112.43$
Дійсна потужність Ni=N/ККДі	$112.43/0,80 = 140.54$
Ефективна потужність на валу компресора Ne=Ni/ККДм	$140.54/0,85 = 165.34$
Потрібна потужність електродвигину Рдв=Ne/ККДел	$165.34/0,85 = 194.51$
Теплове навантаження на конденсатор Qк=Qo+Ni	$306.27 + 140.54 = 446.81$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.026.2022.ПЗ				

Таблиця 7.3

Модель	OSK8551-K	
Продуктивність	380 м <sup>3</sup> /год	
Швидкість обертання валу	1450-4000 об/хв	
Вага	330 кг	
Всмоктувальна лінія	300 8'	
Нагнітальна лінія	300 5'	
Мінімальна температура всмоктування	-60°C	
Максимальна температура нагнітання	100(120)°C	
Мінімальна температура мастила	20°C	
Максимальна температура мастила	70°C	
Габаритні розміри	ширина	440мм
	довжина	1210мм
	висота	1300мм

Визначення та підбір електричних двигунів для компресорів:

На компресор з  $t_0 = -9^\circ\text{C}$  беремо 2 електродвигуни марки А250S2 потужність одного 100 кВт. Характеристика яких вказана в таблиці 7.4

Характеристика електродвигунів в таблиці 7.4

Модель	A250S2
Тип двигуна	Асинхронний
Фаза	Трьохфазний
Висота осі обертання	180
Потужність	100 кВт
Частота обертання	3000 об/хв
Напруга	220/380 В

					00.КР.142.008.026.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 8. Розрахунок та вибір теплообмінних апаратів.

Ясновним завданням при проведенні теплового розрахунку теплообмінних апаратів є визначенні площі поверхні теплопередачі. В основу розрахунків покладено вирішення рівняння теплопередачі:

$$F = Q / (k \times \Delta t_{cp}), \text{ м}^2 \quad (8.1)$$

### 8.1 Розрахунок кожухотрубного конденсатора

Коефіцієнти, що входять у рівняння теплопередачі, під час теплових розрахунків конденсатора, відповідно:

$Q = Q_k$  - теплове навантаження конденсатора, кВт;

Дійсне теплове навантаження на конденсатор:

$$Q_{к.д} = 446.81 \text{ кВт}$$

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

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

$$\Delta t = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_m}{\ln \frac{\Delta t_6}{\Delta t_m}} = \frac{(36-28) - (36-32)}{\ln \frac{(36-28)}{(36-32)}} = 5,7^\circ\text{C}; \quad (10.2)$$

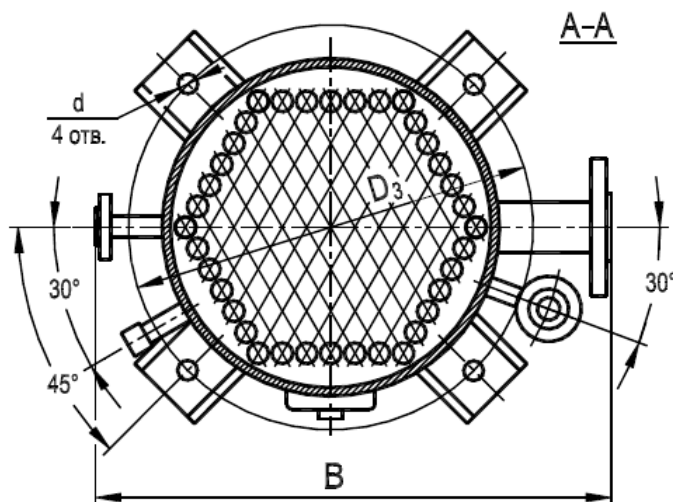
$$F = \frac{446810}{800 \cdot 5,7} = 97,9 \text{ м}^2$$

					<b>00.КР.142.008.026.2022.ПЗ</b>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Россол Д.О.			Розрахунок та вибір теплообмінних апаратів	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Мирошник М.М.						
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.		Петренко В.П.						
						<b>НУХТ ХМ4-12ск</b>		

Характеристика конденсатора, таблиця 8.1.

Приймаємо вертикальний конденсатор КТГ-110 з площею теплообмінною поверхні  $F = 110\text{ м}^2$ . Беремо 1 робочий,

Рис. 10.1



Характеристика конденсатора, таблиця 8.1

Модель	КТГ-110
Поверхня теплообміну	110 м <sup>2</sup>
Кількість теплообмінних труб	151 шт
Розмір D	1000 мм
Розмір B	1295 мм
Розмір H	4600 мм
Розмір D <sub>1</sub>	1220 мм
Розмір D <sub>2</sub>	960 мм
Розмір D <sub>3</sub>	1260 мм
Розмір d	24 мм
Розмір H <sub>1</sub>	4100 мм
Вага	4470 кг

Діаметри підключень на конденсаторі:

Таблиця 8.2

Поз.	Підключення	Умовний прохід, мм
1	Вхід аміаку	80
2	Вихід аміаку	40
3	Випуск повітря	10
4	Злив мастила	10
5	До запобіжного клапана	32
6	Вирівнювальна лінія	25
7	До повітроохолодника	25
8	До манометра	6
9	До показчика рівня	10
10	Відвід води	960

Витрата циркуляційної води для охолодження конденсатора визначаємо з теплового балансу.

$$Q_K = m_B c_B (t_{w2} - t_{w1}) \quad (8.3)$$

$$m_B = Q_K / (c_B \cdot (t_{B2} - t_{B1})) = 446,81 / (4,19 \cdot (32 - 27)) = 21,32 \text{ м}^3/\text{год}$$

## 8.2 Розрахунок градирні.

Градирню вибирають по необхідній площі поперечного перерізу  $F_{n.пер.}$ ,  $\text{м}^2$ , яку визначають за ф-ю:

$$F_{n.пер.} = \frac{Q_{сп}}{q_F}; \quad (8.4)$$

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

$q_F$  - питоме теплове навантаження на 1  $\text{м}^2$  поперечного перерізу насадки в градирні.

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

Теплову нагрузку на градирню приймаємо 1,03

					<i>00.KP.142.008.026.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{ep} = 1,03 \times Q_{\kappa} = 1,03 \times 446.81 = 460.21 \text{ кВт};$$

Площа поперечного перерізу басейна за ф-ю:

$$F_{п.пер.} = \frac{Q_{ep}}{q_F} = \frac{460.21}{60} = 7.67 = 8. \text{ м}^2;$$

Беремо градирню ГРАД - 400

Характеристика градирні в таблиці 8.3:

Таблиця 8.3

Кількість охолоджуваної води, м <sup>3</sup> /год	400
Площа поверхні зрошувача, м <sup>2</sup>	2670
Діапазон регулювання продуктивності, %	40-100
Площа зрошування, м <sup>2</sup>	13
Кількість форсунок, шт.	72
Кількість вентиляторів, шт..	1
Діаметр робочого колеса, мм	2000
Частота обертання колеса вентилятора, об/хв.	750
Встановлена потужність електродвигуна, кВт	22,5
Рівень шуму на відстані 1 м, дБА	110
Напруга /частота мережі, В/Гц	380/50
Вага, кг	3240
Тип вентилятора	13-284

## 9. Розрахунок та вибір теплообмінного обладнання холодильних камер.

Теплове навантаження на камерне обладнання визначається як сума всіх теплопритоків в камеру. Прийmemo, що охолодження камер здійснюється за допомогою кубічних повітроохолоджувачів. (1, с.92)

№1 Камера зберігання яблук

$$t_{\text{кам}}=1^{\circ}\text{C}..$$

Загальне камерне навантаження –  $Q_{\text{заг}} = 123,0$  кВт

При використанні онлайн програми підбору обладнання виробництва компанії GUNTER за загальним навантаженням  $Q_{\text{заг}} = 123,0$  кВт, обираємо до встановлення 2 повітроохолоджувачі кубічного типу GUNTER S-AGHN 071.2D/44-AND/8P.E (додаток 2)

№2 Камера зберігання яблук

$$t_{\text{кам}}=1^{\circ}\text{C}..$$

При використанні онлайн програми підбору обладнання виробництва компанії GUNTER за загальним навантаженням  $Q_{\text{заг}} = 113.6$  кВт, обираємо до встановлення 2 повітроохолоджувачі кубічного типу GUNTER S-AGHN 071.2D/44-AND/8P.E(додаток 2)

№3 Камера зберігання яблук

$$t_{\text{кам}}=1^{\circ}\text{C}..$$

При використанні онлайн програми підбору обладнання виробництва компанії GUNTER за загальним навантаженням  $Q_{\text{заг}} = 105.6$  кВт, обираємо до встановлення 2 повітроохолоджувачі кубічного типу GUNTER AGHN 090.2F/14-AND/20P.E(додаток 3)

					<i>00.KP.142.008.026.2022.ПЗ</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Розрахунок та вибір теплообмінного обладнання холодильних камер	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		<i>Россол Д.О.</i>						
Перевір.		<i>Мирошник М.М.</i>						
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.		<i>Петренко В.П.</i>				<i>НУХТ ХМ4-12ск</i>		

№1 Камера зберігання груш

$$t_{\text{кам}}=1^{\circ}\text{C}..$$

При використанні онлайн програми підбору обладнання виробництва компанії GUNTER та загальним навантаженням для камери  $Q_{\text{заг}} = 88,8$  кВт, обираємо до встановлення 2 повітроохолоджувачі кубічного типу GUNTER AGHN 071.2H/27-AHS/18P.E(додаток 4)

№2 Камера зберігання груш

$$t_{\text{кам}}=1^{\circ}\text{C}..$$

При використанні онлайн програми підбору обладнання виробництва компанії GUNTER за загальним навантаженням  $Q_{\text{заг}} = 88,8$  кВт, обираємо до встановлення 2 повітроохолоджувачі кубічного типу GUNTER AGHN 071.2H/27-AHS/18P.E(додаток 4)

№3 Камера зберігання груш

$$t_{\text{кам}}=1^{\circ}\text{C}..$$

При використанні онлайн програми підбору обладнання виробництва компанії GUNTER за загальним навантаженням  $Q_{\text{заг}} = 89,8$  кВт, обираємо до встановлення 2 повітроохолоджувачі кубічного типу GUNTER AGHN 071.2H/27-AHS/18P.E(додаток 4)

					<i>00.KP.142.008.026.2022.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

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

### 10.1. Розрахунок та вибір ресиверів.

### 10.2. Лінійний ресивер.

Ресивером називається ємність для збору рідкого ХА. 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 обирають по необхідному геометричному внутрішньому об'єму цих ємностей  $V$  (в  $m^3$ ).

Ємність лінійного ресивера в автоматизованих насосоциркуляційних схемах з верхньою подачею аміаку в прилади охолодження [1]:

$$V_{л.р.} = 0,4 \times (V_{пл.ап} + V_{в.о.}) / 0,8; \quad (10.1)$$

$$V_{пл.ап} = 2m^3; \quad V_{в.о.} = 0,012 \times 18 + 0,011 \times 18 + 0,016 = 0,43m^3;$$

$$V_{л.р.} = 0,4 \times (2 + 0,43) / 0,8 = 1,215m^3 = 1215л;$$

До встановлення приймемо лінійний ресивер 1,5РД, характеристика якого внесена в таблицю 10.1

Таблиця 10.1

Марка		1,5РД
Місткість		1650 л
Діаметр умовного проходу	$D_y$ $d_1$ $d_2$	1/2" 50 25
Розміри	$D \times S$ $L$	800×8мм 3610 мм
Вага		670 кг

					<i>00.КР.142.008.026.2022.ПЗ</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Россол Д.О.</i>			Вибір допоміжного обладнання	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		<i>Мирошник М.М.</i>						
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.		<i>Петренко В.П.</i>						
						<i>НУХТ ХМ4-12ск</i>		

10.3 Підбір циркуляційного ресивера ( $t_0 = -9^{\circ}\text{C}$ ).

Обсяг циркуляційного ресивера РДВ в системах з верхньою подачею холодильного агента в прилади охолодження визначається [1]:

$$V_{ц.р.} = KV_{B.O.}; \quad (10.2)$$

$$V_{B.O.} = 0,126\text{м}^3;$$

$$K=2,7$$

$$V_{ц.р.} = V_{B.O.} \times 2,7 = 0,126 \times 2,7 = 0,34\text{м}^3 = 340\text{л};$$

Приймаємо ресивер 1,5РДВ  $V=1400$  л

Характеристика обраного ресивера занесено в таблицю 10.2:

Таблиця 10.2

Марка		1,5РДВ
Місткість		1400 л
Діаметри умовного проходу патрубків	d <sub>1</sub>	150 мм
	d <sub>2</sub>	80 мм
	d <sub>3</sub>	40 мм
	d <sub>4</sub>	15 мм
Розміри	D×S	800×8 мм
	L	3380 мм
Вага		710 кг

10.4. Вибір дренажного ресивера.

Вибір дренажного ресивера здійснюємо з розрахунку, що при умовному заповненні не більше ніж на 80% він вмщував рідкий аміак із будь-якого апарату.

Беремо дренажний ресивер 5РД, характеристика в таблиці 12.5

Таблиця 12.5

Марка		5РД
Місткість		5580 л
Діаметр умовного проходу D <sub>y</sub>		1"
	d <sub>1</sub>	65
	d <sub>2</sub>	32
Розміри	D×S	1200×10мм
	L	5370 мм
Вага		1835 кг

### 10.5. Підбір масловіддільника

Масловіддільники призначені для відділення мастила, яке виноситься з компресорів разом з парами холодильного агента. Масловіддільники підбирають по діаметру нагнітального патрубку компресора.

Беремо 1 масловіддільник на верхню ступінь після КМ 1 фірми BITZER. Характеристика в таблиці 12.6

$$Q_M = G_a(h_{2c} - h_{2M}) \quad (10.3)$$

$G_a$  – витрата холодильного агента після КМ 1.

$$Q_M = 0,28 \cdot (1729 - 1645) = 23,5 \text{ кВт}$$

Знаходимо витрату мастила в КМ 1:

$$G_M = Q_M / c_M \Delta t_M \quad (10.4)$$

$c_M$  – теплоємність мастила;

$\Delta t_M$  – різниця температури мастила між мокрою та сухою точками стиснення.

Знаходимо величину теплового потоку який відводиться від мастила:

$$G_M = \frac{23,5}{1,68 \cdot 40} = 0,35 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Таблиця 10.3

Модель	OA14111A
Максимальна заправка мастила	140 л
Об'єм ресивера	385 дм <sup>3</sup>
Вага	310 кг

### 10.6. Вибір мастилоохолодника.

Беремо мастилоохолодник фірми BITZER модель OW860A, характеристика в таблиці 10.4

					00.КР.142.008.026.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 10.4

Модель	OW860A
Обєм	17 л

## 10.7. Вибір мастилозбірника

Беремо мастило збірник фірми Oilstar модель TOSA40, характеристика в таблиці 12.8

Таблиця 12.8

Модель	TOSA40
Обєм	40 л
Тиск	25 бар

Арк.

00.КР.142.008.026.2022.ПЗ

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

## 11. Визначення гідравлічних втрат у трубопроводах

### 11.1 Рідинна лінія. Схематичне зображення трубопроводів на рис.11.1

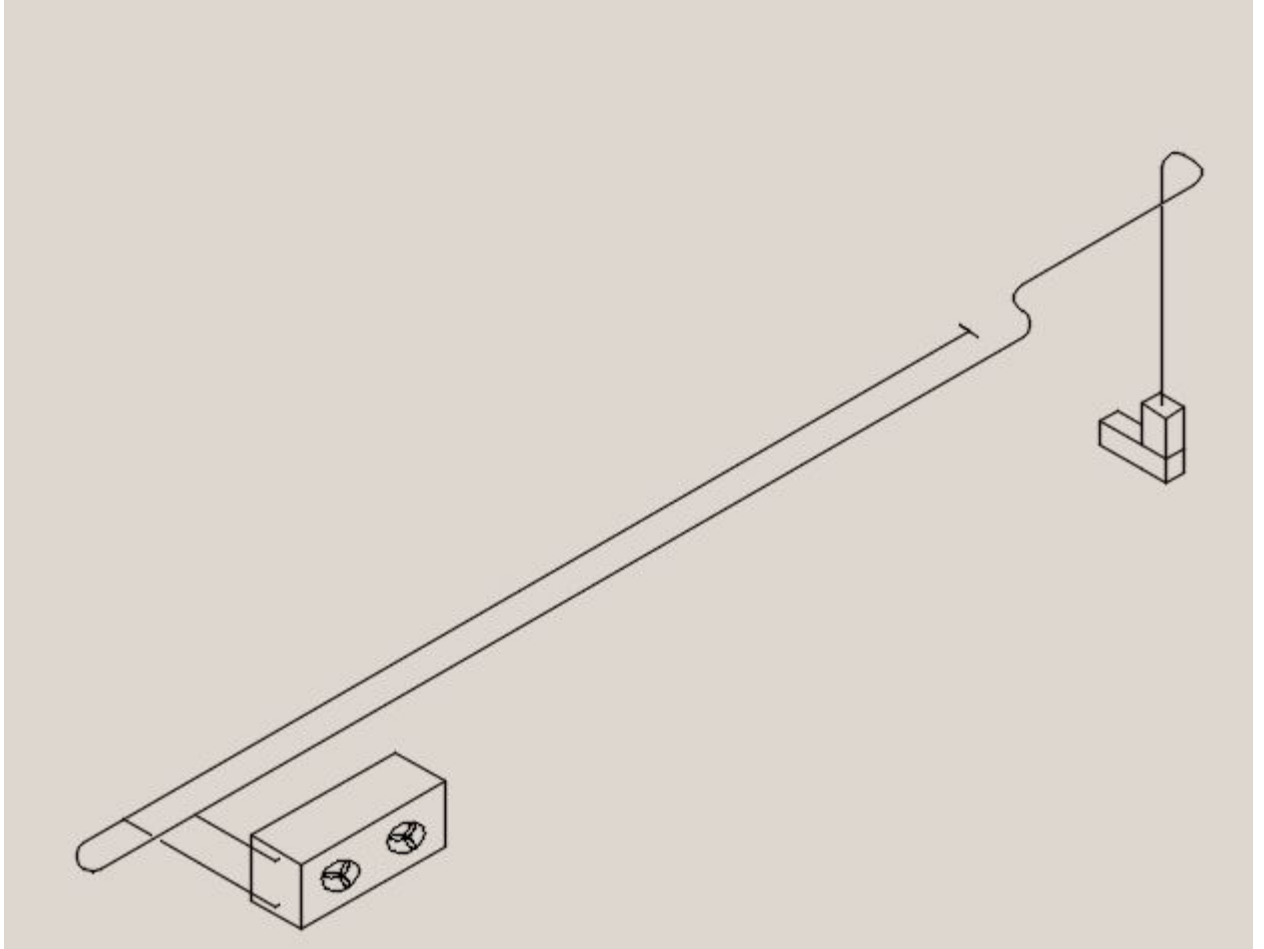


Рис.11.1

Розрахунок трубопроводів проводиться для вибору його діаметру.

Внутрішній діаметр труби  $d_{вн}$  розраховуємо за формулою:

$$d_{вн} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{V_{жс}}{\omega_{жс}}};$$

де:

$V_{жс}$  - об'єм рідини (або пари), що протікає по трубі,  $m^3 / c$ ;

					<i>00.КР.142.008.026.2022.ПЗ</i>		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		<i>Россол Д.О.</i>			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		<i>Мирошник М.М.</i>					
Реценз.					<i>НУХТ ХМ4-12ск</i>		
Н. Контр.							
Затверд.		<i>Петренко В.П.</i>					
					Визначення гідравлічних втрат у трубопроводах		

$\omega_{ж}$  - розрахункова швидкість руху рідини  $м/с$ ,

- для всмоктуючої лінії -  $\omega_{ж} = 10 - 20 м/с$ ;
- для нагнітаючої лінії -  $\omega_{ж} = 12 - 25 м/с$ ;
- для рідинної лінії -  $\omega_{ж} = 0,5 - 0,7 м/с$ .

Кількість, що рухається по трубі на різних ділянках системи трубопроводів різна. Він залежить від стану агенту і тиску на даній ділянці. Його можна визначити за формулою:

$$V_{ж} = M_{км} \cdot V_n;$$

де:  $M_{км}$  - кількість агенту, що циркулює по системі (масова витрата агенту, визначена в тепловому розрахунку компресора),  $кг/с$ ;

$V_n$  - питомий об'єм рідини на даній ділянці,  $м^3/с$ .

$V_n$  дорівнює :

- для всмоктувального трубопроводу -  $V_1$ ;
- для нагнітального трубопроводу -  $V_2$ ;
- для рідинного перед регулюючим вентиляем -  $V_3$ .

Значення  $M_{км}$ ,  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  визначені в параметрах циклу і тепловому розрахунку компресора.

1) Всмоктуючий трубопровід:

Об'єм рідини що протікає у всмоктуючому трубопроводі:

$$V_{вс} = M_{км} \cdot V_1 = 0,257 \cdot 0,48 = 0,123 м^3 / с$$

Внутрішній діаметр труби  $d_{вн}$  розраховуємо за формулою:

$$d_{вн} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{V_{ж}}{\omega_{ж}}} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{0,123}{15}} = 0,102 = 102 мм.$$

					00.КР.142.008.026.2022.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Приймаю сталевий безшовний трубопровід з  $d_{вн} = 130$

$d_3 \times s - 133,0 \times 4,0 \text{ мм.}$

2) Нагнітаючий трубопровід:

Об'єм рідини що протікає у нагнітаючому трубопроводі:

$$V_{наг} = M_{км} \cdot V_2 = 0,257 \cdot 0,14 = 0,035 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Внутрішній діаметр труби  $d_{вн}$  розраховуємо за формулою:

$$d_{вн} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{V_{жс}}{\omega_{жс}}} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{0,035}{15}} = 0,055 = 61 \text{ мм.}$$

Приймаю сталевий трубопровід з  $d_{вн} = 69 \text{ мм}$

$d_3 \times s - 76 \times 3,5 \text{ мм.}$

3) Рідинний трубопровід:

Об'єм рідини що протікає у рідинному трубопроводі:

$$V_p = M_{км} \cdot V_3 = 0,257 \cdot 0,0017 = 0,00043 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Внутрішній діаметр труби  $d_{вн}$ , м, розраховуємо за формулою:

$$d_{вн} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{V_{жс}}{\omega_{жс}}} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{0,00043}{0,7}} = 0,028$$

Приймаю сталевий трубопровід з  $d_{вн} = 33,5$

$d_3 \times s - 38 \times 2,25 \text{ мм.}$

					<i>00.КР.142.008.026.2022.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		





## 12. Вибір насосів

### 12.1. 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  $V$  ( $m^3/c$ ) та повному тиску  $P$  (в Па), створюючому насосу.

$$H = \frac{\Delta P}{\rho \times g}; \text{ - Потрібний напір насоса (м);}$$

$$V = n_{\text{ц}} \times \frac{M_{\text{км}}}{\rho}; \text{ - Потрібна подача насоса (} m^3 / \text{год);}$$

де,  $n_{\text{ц}}$  - кратність циркуляції ;

$$n_{\text{ц}} = 4;$$

Ділянка трубопроводу від циркуляційного ресивера до випарника, що працює на температуру кипіння  $-9^{\circ}\text{C}$ .

Потрібний напір насоса:

$$H = \frac{72588}{672,5 \times 9,81} = 11\text{м};$$

Потрібна подача насоса:

$$V = n_{\text{ц}} \times \frac{m_{\text{км}(-25)}}{\rho_{-25}} = 4 \times \frac{0,05}{672,5} = 0,0003\text{м}^3 / \text{с} = 1,7\text{м}^3 / \text{год}$$

					<i>00.KP.142.008.026.2022.ПЗ</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Россол Д.О.</i>			Вибір насосів	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		<i>Мирошник М.М.</i>						
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.		<i>Петренко В.П.</i>						
						<i>НУХТ ХМ4-12ск</i>		

Обираємо 2 насоси фірми WITT модель GP41/1450, 1 резервний.

Характеристика насоса: Таблиця 14.1

Максимальна продуктивність	3,4 м <sup>3</sup> /год
Максимальний напір	26 м
Швидкість обертання	1450 об/хв
Вхідний патрубок	DN 40
Вихідний патрубок	DN 40
Вага	69 кг
Заправка мастила	1,7 л
Потужність електродвигуна	0,55 кВт

12.2 Вибір насоса для перекачування води до кожухотрубного конденсатора  
витрата охолоджувальної води на конденсатор :

$$V_{ок} = 0,029 \frac{м^3}{с}, \quad V_{ок} = 105 \frac{м^3}{год}$$

Підбираємо насос Wilo SubTwi8

Технічна характеристика в таблиці: 14.2

Максимальна подача насоса, м <sup>3</sup> /год	130
Максимальний напір, м	380
Діапазон частоти обертання, об/хв	1160 - 3500
Електропідключення	3/230
Частота струму, Гц	50/60
Кількість насосів ( 1 резервний )	2

					00.KP.142.008.026.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**13. Розрахунок техніко-економічних показників  
Планова калькуляції собівартості одиниці виробленого  
холоду**

**Замовна специфікація на обладнання**

Замовна специфікація на обладнання холодильної установки зведена до таблиці №13.1.

Загальна вартість обладнання буде складати 8936,0 тис. грн. з врахуванням ПДВ.

					<b>00.КР.142.008.026.2022.ПЗ</b>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Россол Д.О</i>			<b>Розрахунок техніко- економічних показників</b>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Мирошник М.М.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>						
					<b>НУХТ ХМ4-12ск</b>			

Таблиця №13.1 Замовна специфікація на обладнання холодильної установки.

№ п/п	Назва обладнання	Виробник	Ціна, тис. грн. шт.	Кількість, шт	Вартість, тис. грн.
1	Компресор	Bitzer	520	2	1040
2	Повітроохолоджувачі	Guentner	497,9	12	5974,8
3	Конденсатор	Цээвет	325	1	325
4	Градирня	Балтэнергомаш	130	1	130
5	Водяний насос	WILO	91	2	182
6	Ресивер 1,5РД 1,5РДВ 5РДВ 5РД	Орелхолодмаш	13	2	26
			26	2	52
			26	1	26
			19,5	1	19,5
7	Маслиловіддільник	Bitzer	67,6	1	67,6
8	Маслилозбірник	Oilmaster	78	1	78
9	Маслоохолодник	Bitzer	58,5	1	58,5
10	Насос аміачний	WITT	48,1	3	144,3
11	Система трубопроводів та арматури	-	10%	1	812,3
Разом					8936,0

### 13.1 Визначення кількості виробленого холоду

Витрати на виробництво холоду при різноманітних температурах кипіння нерівноцінні, тому їх слід приводити до умовної величини – приведенного виробництва холоду, яка визначається як сума добутків кількості виробленого холоду при робочих умовах на коефіцієнт переводу. Величина переводного коефіцієнту приймається в залежності від робочої температури.

Приведена холодопродуктивність, що забезпечує потреби камер зберігання риби

$$Q = \sum Q_0 \times k = 622,8 \times 0,76 = 479,33 \text{ кВт}$$

Час роботи обладнання при максимальному навантаженні 5400 годин на рік. Кількість виробленого приведенного холоду за рік буде складати:

$$Q = 479,33 \times 5400 = 2555982 \text{ кВт} \times \text{рік}$$

### 13.2 Статті витрат

#### 13.2.1 Витрати на оплату електроенергії

По цій статті розраховують витрати на силову електроенергію для приводів компресорів, насосів та вентиляторів, що встановлені на основному холодильному обладнанні.

Річне споживання електроенергії визначається за формулою:

$$W = \sum N_t \times K_c \times n$$

де  $N_e$  - номінальна потужність двигуна, кВт;  $K_c$  - коефіцієнт використання;  $n$  – час роботи обладнання при робочих умовах, год.

Перелік електроприводів, їх характеристика та розрахунок витрат електроенергії зведено до таблиці.

					00.КР.142.008.026.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця №15.2 – перелік електроприводів, їх характеристика та розрахунок витрат електроенергії

№ п/п	Назва обладнання	Номінальна потужність, кВт	Кількість, шт	Час роботи, год	Спожита електроенергія кВт*год
1.	Компресор	116,7	2	5400	1260360
2.	Двигуни вентиляторів повітроохолодників	1,14	30	3000	102600
4.	Насос водяний	15	2	5000	150000
5.	Насос аміачний	3	0,55	5000	8250
5.	Градирня	15	1	5000	75000
Разом					1596210

Тариф оплати електроенергії для підприємств складає 3,92 копійок. за кВт\*год.

Тоді витрати на оплату електроенергії складатимуть:

$$B = 1596210 \times 3,2 = 5107872,0 \text{ грн}$$

### 13.2.2 Витрати на поповнення системи холодоагентом

Ці витрати знаходяться у прямій залежності від продуктивності компресорів. Норма витрати аміака в системах з безпосереднім охолодженням складає 1,8 кг

Витрати на поповнення системи аміаком, за умов вартості аміака 68 грн/кг будуть складати:

$$B = 1000 \times 68 = 68000 \text{ грн}$$

					<i>00.КР.142.008.026.2022.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 13.2.3 Витрати на поповнення системи мастилом

Незважаючи на те, що після кожного компресору встановлено мастиловідділювач, мастило виноситься з компресору. Кількість мастила, що виноситься з компресору пропорційно залежить від часів роботи компресорів.

Річна потреба в мастилі визначається за формулою

$$M = \sum (g \times Z \times n) \times \frac{n}{n_1}$$

де  $g$  - норма витрати мастила на 1 циліндр поршневого компресора або на ротор гвинтового, кг/год;  $Z$  - кількість поршнів або роторів, шт;  $n$  - кількість годин роботи компресору, год;  $n_1$  - нормативний час зміни мастила, год.

Для компресорів  $g=0.0006$  кг/год, а нормативний час складає 2200 год.

$$M = \sum (0.006 \times 4 \times 5400) \times \frac{5400}{2200} = 318,1$$

Витрати на поповнення системи мастилом при ціні на мастило 1400 грн/кг складатиме

$$B_{\text{маст}} = 318,1 \times 250 = 79525 \text{ грн}$$

					00.КР.142.008.026.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 13.2.4 Витрати на заробітну плату

#### Розрахунки витрат по праці.

Приймаю відповідно до нормативів: 4 машиністів та 2 слюсаря.

Розрахунок витрат по заробітній платі робочого персоналу зведено до таблиці 13.4.

Таблиця 13.4. Фонд по сплаті основної заробітної плати робітників.

Найменування професії та розряд	Тарифна ставка	Проект	Кіл-сть годин на місяць	Додаток за Шкідливість, 10%	Місячний фонд заробітної плати, грн.	Річний фонд заробітної плати, тис. грн.
Машиніст III розряду	33,2	1	240	312	8000	95,6
Машиніст IV розряду	41,6	2	240	720	20000	119,8
Машиніст V розряду	44	1	240	480	10560	126,6
Слюсар ремонтник	17,7	2	240	571	8500	101
Разом						443

Фонд додаткової заробітної плати:  $\Phi ДЗП = \Phi ОЗП \cdot 0,08$

$\Phi ДЗП = 443 \cdot 0,08 = 35,44$  тис. грн.

Повний фонд заробітної плати:  $\Phi ЗП = \Phi ОЗП + \Phi ДЗП$

$\Phi ЗП = 443 + 35,44 = 478,44$  грн.

					00.КР.142.008.026.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Витрати на оплату праці робітників з нарахуваннями:

$$\text{ВОПупр} = 443 \cdot 0,3808 + 478,44 = 647,13 \text{ тис. грн.}$$

### 13.2.5 Амортизація обладнання

Амортизаційні відрахування на обладнання становлять 10%

$$A = 8936000 \times 0,1 = 893600 \text{ грн.}$$

### 13.2.6 Витрати на поточні ремонти

Витрати на поточні ремонти складають 30% від амортизаційних витрат

$$V_{\text{поточні}} = 893600 \times 0,3 = 268080 \text{ грн.}$$

### 15.2.7 Утримання будівлі

Вартість будівлі визначається 2250 грн за кожен м<sup>2</sup> будівельної площі.

Таким чином вартість будівлі буде складати:

$$V_{\text{буд.}} = 2250 \times 4320 = 9720000 \text{ грн}$$

Амортизаційні відрахування на будівлі становлять 2%

$$A_{\text{буд.}} = 9720000 \times 0,02 = 194400 \text{ грн.}$$

					00.КР.142.008.026.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 13.3 Цехові витрати

Калькуляція цехових витрат зведена до таблиці.

Таблиця 15.3 – цехові витрати.

Статті витрат	Значення показників, грн
Електроенергія	<b>5107872, 0</b>
Масило	<b>79525</b>
Аміак	<b>68000</b>
Оплата праці	<b>647130</b>
Амортизація	<b>893600</b>
Поточні ремонти	<b>268080</b>
Утримання будівлі	<b>194400</b>
Разом	<b>7258607</b>

### 13.4 Визначення собівартості одиниці виробленого холоду

$$C = \frac{7258607}{2555982} = 2,84$$

					00.КР.142.008.026.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 14. Охорона праці

### Вступ

Розробляється «Проект холодильної установки фруктосховища місткістю 7000 т у м. Маріуполь»

На об'єкті використовують новітнє технологічне обладнання системи холодопостачання та підтримки температури з новітньою системою автоматичного керування та захисту, що зменшує можливість людського фактору при виникненні надзвичайних ситуацій сприяє покращенню умови праці.

Встановлення сучасного обладнання в холодильній станції з комп'ютеризованою системою керування та сигналізації, спрощує роботу машиністів, що в свою чергу дозволяє зменшити кількість обслуговуючого персоналу.

На виробництві присутні негативні та шкідливі фактори які погіршують роботу персоналу.

#### **Шкідливі виробничі фактори:**

- загазованість повітря компресорної станції через нещільність обладнання та кріплень;
- низький рівень освітленості робочої зони;
- шум та вібрація від працюючого обладнання;

#### **Небезпечні виробничі фактори:**

- незахищені рухомі елементи обладнання;
- посудини та ємності що працюють під тиском;
- високий рівень електричної напруги підведеної до обладнання;
- статична електрика, атмосферна електрика.

В Україні існують закони та нормативні документи, які повністю або частково захищають людину від небезпечних та шкідливих умов праці, забезпечують охорону її здоров'я.

					<b>00.КР.142.008.026.2022.ПЗ</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Россол Д.О.</i>			<i>Охорона праці</i>	<i>Літ.</i>	<i>Лист.</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Мирошник М.М.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>						
						<i>НУХТ ХМ4-12ск</i>		

## Техніка безпеки

### Безпечна експлуатація електроустановок

Електрообладнання компресорного цеху відповідають вимогам ПВЕ «Правила влаштування електроустановок», ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ «Электробезопасность. Защитное заземление, зануление», ДНАОП 1.1.10 – 1.01-97 “Правила безпечної експлуатації електроустановок”, а також діючих стандартів безпеки праці та інших нормативних документів.

Встановлені пускові прилади розраховані на максимальну силу струму електродвигуна. Рубильники, призначені для вмикання-вимикання струму навантаження, захищені кожухами, які не горять, без отворів та шпарин і мають дистанційне керування. Напруга в колах керування устаткуванням, що встановлено у приміщеннях особливо небезпечних і з підвищеною небезпекою, а також зовні приміщення, не перевищує 42 В.

Заходи і засоби забезпечення електробезпеки на підприємстві:

1. Недоступність струмопровідних частин від випадкового дотикання, блокування (захисні огороження, безпечне розміщення струмопровідних частин, наявність знаків безпеки).
2. Надійна ізоляція (опір ізоляції у силових і освітлювальних електричних установках становить 1,2 МОм).
3. Заземлення електричного обладнання.
4. Організаційні методи (регулярний медичний огляд, інструктаж, перевірка інструментів, контроль при виконанні робіт, наряд допуску перед роботами).
5. Застосування низьких напруг (згідно ПВЕ передбачене використання напруги 12 В).
6. Застосування захисних засобів, запобіжних пристроїв та приладів.
7. Планово-попереджувальні роботи.

Для захисту струмопровідних частин від прямих ударів блискавки використовуються стрижневі блискавковідводи, які встановлено на даху машинного відділення, згідно РД 34.21.122.-87 “Инструкция по защите от

					00.КР.142.008.026.2022.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



розміщують, як правило, в одноповерхових будівлях, прибудованих до корпусу холодильника або виробничої будівлі, в якому розміщені споживачі холоду. Огороджувальні конструкції приміщень повинні мати легко-скидні елементи (вікна, засклені звичайним склом; двері, ворота та ін), які у разі вибуху видаляються вибуховою хвилею. Загальна площа цих елементів приймається з розрахунку не менше 0,03 м<sup>2</sup> на 1 м<sup>3</sup> об'єму приміщення. Машинні та апаратні відділення можуть бути вбудовані в контур холодильника або одноповерхового виробничої будівлі, від приміщень яких їх відокремлюють капітальними стінами, що не мають дверних я віконних прорізів.

Для захисту від пожежі встановлені пожежні щити з засобами первинного пожежогасіння (вогнегасник, пісок і т.д.), автоматична система пожежогасіння та система протипожежного водопостачання (вода з центральної системи водопостачання насосами подається на спеціальні крани для підвищення тиску та напору води).

Оскільки вибух недопустимий, то, при виявленні пожежі, автоматично визивається пожежна бригада.

					00.КР.142.008.026.2022.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## **Виробнича санітарія**

### **Загальні вимоги до виробничого приміщення**

При розміщенні холодильного обладнання прагнуть забезпечити: зручність монтажу, обслуговування та ремонту установки та її елементів; компактність розташування обладнання, що дозволяє скоротити площу для його установки і протяжність трубопроводів; можливість реконструкції та розширення без тривалої зупинки устаткування; дотримання вимог техніки безпеки та протипожежного захисту.

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

Двері машинного і апаратного відділень повинні відкриватися в бік виходу.

Машини та апарати, що вимагають огляду і постійного обслуговування на висоті більше 1,8 м, обладнають спеціальними майданчиками і сходами. Майданчики і сходи обгороджують поручнями висотою не менше 1,0 м. При довжині майданчика більше 6 м сходи розташовують на обох її кінцях.

На підприємстві встановлені аміачні поршневі обладнані відповідними технологічними площадками.

### **Мікроклімат та чистота повітря виробничого середовища**

Санітарно-гігієнічні норми параметрів повітря в робочій зоні закритих виробничих приміщень регламентується ДСН 3.3.6.042-99. "Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень" в ПУ повинні забезпечувати оптимальні параметри для категорій робіт легка-Ia, що приведені в табл. 1, а в машинному відділенні – допустимі параметри для категорій робіт середньої важкості-IIa – табл. 2.

					00.КР.142.008.026.2022.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





хвилі поглинається в основному в епідермісі;

- *видиме* – кров'ю у шарах дерми та підшкірною жировою клітковиною.

Поглинання інфрачервоних променів різними шарами шкіри призводить до їх нагрівання. Внаслідок цього можливе порушення теплового балансу організму людини. Інфрачервоне випромінювання негативно впливає на функціональний стан центральної нервової системи, виникають зміни у серцево-судинній системі.

Згідно ГОСТ 12.1.005-88, інтенсивність теплового опромінювання працівників від нагрітих поверхонь технологічного устаткування, освітлювальних приладів, інсталяції на постійних і не постійних робочих місцях не повинна перевищувати:

35 Вт/м<sup>2</sup> у разі опромінювання 50 % поверхні тіла і більше;

70 Вт/м<sup>2</sup> – якщо величина опромінювання від 20 до 50 %;

100 Вт/м<sup>2</sup> – коли опромінюється більше 25 % його поверхні.

За наявності теплового опромінювання температура повітря:

на постійних робочих місцях не повинна перевищувати вказані в ГОСТ 12.1.005-88 верхні межі оптимальних значень для теплого періоду року (20 - 25°C – залежно від важкості виконуваної роботи);

на постійних робочих місцях – верхні межі допустимих значень для постійних робочих місць (19 - 28°C – залежно від періоду року та важкості виконуваної роботи).

Для виключення теплових травм температура зовнішніх поверхонь технологічного устаткування чи огорожувальних пристроїв повинна бути не більше 45°C.

Вимірювання інтенсивності теплового випромінювання проводять актинометри.

Для запобігання шкідливій дії ІЧВ передбачаються такі заходи: зниження інтенсивності випромінювання і зміна його спектрального складу, екранування, раціональний одяг, захисні окуляри.

					<i>00.КР.142.008.026.2022.ПЗ</i>	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Освітлення виробничого приміщення

Недостатнє або неправильне освітлення робочих місць і зон, сліпуче дію джерел світла, різкі тіні від предметів і устаткування призводять до передчасного стомлення та зростання травматизму. Освітлення може бути природним, штучним або змішаним, поєднує природне і штучне.

Розрізняють три види природного освітлення: бічне (через вікна у зовнішніх стінах), верхнє (через світлові ліхтарі та отвори покриттів) і комбіноване (через вікна, ліхтарі і прорізи). Для природного освітлення нормується значення коефіцієнта природної освітленості (КПО).

Системи штучного освітлення можуть бути загальними або комбінованими.

Основні види штучного освітлення - робоче, аварійне і евакуаційне.

Мінімальна освітленість робочих поверхонь приміщень і території підприємств повинна становити не менше 5% освітленості, нормованої для загального робочого освітлення, але не менше 2 лк всередині будівель та 1 лк для території підприємств.

Освітленість на робочих місцях перевіряють люксометром Ю-16 не рідше одного разу на рік.

Для штучного освітлення використовують лампи розжарювання (аварійне освітлення) і газорозрядні лампи (робоче, загальне освітлення) у вибухозахищених корпусах.

Для місцевого освітлення використовують світильники з відбивачами, що мають захисний кут не менше 30 °, а при розташуванні світильника нижче рівня очей працюючого - не менше 10 °.

Передбачається встановлення аварійного освітлення.

					00.КР.142.008.026.2022.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Список використаної літератури.

1. Явнель Б. К. Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1989. – 223 с.

2. Масліков М.М. Холодильна технологія: Метод.вказівки до вивчення дисц.та викон.контрол.роботи для студ.спец.6.090500 «Холодильні машини і установки» НУХТ, 2001. – 20 с.

3. Курылев Е. С., Герасимов Н. А. Холодильные установки: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Холодильные и компрессорные машины и установки». – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1980. – 622 с. ил.

					00.КР.142.008.026.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		