

**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)

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

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

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**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: \_\_\_\_\_ Проєкт холодопостачання фруктосховища місткістю 1500 т у м.  
Полтава \_\_\_\_\_

Виконав: здобувач \_\_\_\_\_ 4 \_\_\_\_\_ курсу, групи \_\_\_\_\_ ХМ-4-4 \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Прокопенко Андрій Андрійович \_\_\_\_\_  
(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) незарядженої допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ - 2024р.

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННІТІ ім. акад. І. С. Гулого

Кафедра теплоенергетики та холодильної техніки

Освітній ступінь \_\_\_\_\_

Спеціальність 142 Енергетичне машинобудування

(код і назва)

Освітньо-професійна програма Холодильні техніка та технології

(назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач

кафедри ТЕХТ

“ 05 ” квітня 2024 року

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Прокопенка Андрія Андрійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект холодопостачання фруктосховища місткістю 1500 т у м. Полтава

керівник роботи доц. Мирошник Марія Миколаївна

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ 05 ” 04 2024 року №256-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 05.06.2024р.

3. Вихідні дані до роботи \_\_\_\_\_

Холодоагент R404A

Тип продукту яблука, груша, лимон, апельсин

Ізоляційний матеріал ППУ

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

1) Технологічна 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



## Анотація

У цьому дипломному проекті було створено та спроектовано холодильник для зберігання фруктів у місті Полтава. Проект включає в себе розробку холодильної схеми та вибір необхідного холодильного обладнання для коректної експлуатації цього холодильника.

У проекті представлений повний обчислювальний розрахунок, опис технології та системи постачання холоду для зберігання продукції в охолодженому стані, а також ретельний підбір основного та допоміжного обладнання для холодильної установки.

У цьому дипломному проекті представлена конструкція будівлі холодильника, проведені розрахунки та підбір основного та додаткового обладнання, а також розглянуті розділи "Економічна частина" та "Охорона праці".

У розділі графічної частини наведені креслення, що відображають схему трубопроводів, а також план та розріз будівлі холодильника.

**Ключові слова:** холодоагент (R404A), фруктосховище, азеотропна суміш, холодильний цикл, теплонадходження.

## Annotation

In this diploma project, a refrigerator for fruit storage in the city of Poltava was created and designed. The project includes the development of a refrigeration scheme and the selection of the necessary refrigeration equipment for the correct operation of this refrigerator.

The project presents a complete computer calculation, a description of the technology and cold supply system for storing products in a chilled state, as well as a careful selection of the main and auxiliary equipment for the refrigeration plant.

This diploma project presents the design of the refrigerator building, carried out calculations and selection of the main and additional equipment, as well as considered the sections "Economic part" and "Occupational safety".

In the section of the graphic part, there are drawings showing the piping scheme, as well as the plan and section of the refrigerator building.

**Key words:** refrigerant (R404A), fruit storage, azeotropic mixture, refrigeration cycle, heat input.

					00 КР.142.008.022.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		4

## Зміст

Вступ.....	6
1. Розробка технологічної схеми холодильного оброблення продукції.....	8
2. Об'ємно-планувальне рішення будови холодильника .....	12
3. Теплоізоляційні конструкції холодильника.....	16
4. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень .....	19
5. Визначення навантаження на обладнання камер та компресор.....	30
6. Вибір розрахункового робочого режиму. Тепловий розрахунок холодильної машини.....	33
7. Вибір компресорів.....	38
8. Розрахунок та підбір теплообмінних апаратів.....	42
9. Розрахунок діаметрів трубопроводів.....	49
10. Техніко-економічне обґрунтування.....	51
11. Техніко-економічні показники.....	52
12. Охорона праці.....	59
Список використаної літератури.....	70

					00 КР.142.008.022.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		5

## Вступ

Сучасне сільське господарство неможливо уявити без систем зберігання продукції, які забезпечують довготривале зберігання фруктів і овочів. Важливою складовою таких систем є ефективне холодопостачання, яке дозволяє підтримувати оптимальні умови для збереження якості продукції, зменшення втрат та забезпечення постійної наявності фруктів протягом усього року. У даному дипломному проекті розглядається проектування системи холодопостачання фруктосховища у місті Полтава, розрахованого на зберігання 1500 тонн фруктів.

Полтава є одним із центрів аграрного виробництва України, і створення сучасного фруктосховища відповідає як національним, так і регіональним потребам у зберіганні та логістиці сільськогосподарської продукції. Для досягнення цього завдання необхідно врахувати низку факторів, таких як кліматичні умови, технологічні вимоги до зберігання різних видів фруктів, енергоефективність системи та економічна доцільність проекту.

Основною метою даного проекту є розробка надійної, енергоефективної та економічно вигідної системи холодопостачання для фруктосховища місткістю 1500 тонн. Для цього необхідно здійснити ретельний аналіз потреб у холоді, підібрати відповідне обладнання, розробити схему розташування системи та прорахувати економічну ефективність впровадження.

В рамках проекту будуть розглянуті наступні ключові питання:

- Аналіз потреб у холодопостачанні: визначення температурних режимів, необхідних для зберігання різних видів фруктів, оцінка обсягів охолоджуваного простору та розрахунок необхідної холодильної потужності.
- Вибір та обґрунтування обладнання: аналіз сучасних рішень у сфері холодопостачання, вибір відповідних холодильних установок, систем контролю температури та вологості.

					00 КР.142.008.022.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		6

- Розробка схеми розташування системи холодопостачання: проектування розміщення обладнання, трубопроводів, вентиляційних систем та інших елементів інфраструктури.
- Економічна оцінка проекту: аналіз витрат на впровадження системи, прогнозування операційних витрат та оцінка економічної доцільності проекту.

Проектування системи холодопостачання для фруктосховища в місті Полтава є важливим кроком у підвищенні ефективності сільськогосподарського виробництва та зберігання продукції в регіоні, що сприятиме зменшенню втрат продукції та підвищенню економічної стійкості аграрного сектору.

					00 КР.142.008.022.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		7

# 1. Розробка технологічної схеми холодильного оброблення продукції.

Фрукти, такі як яблука, груші, лимони і апельсини, перевозяться з холодильників, де вони були фасовані і охолоджені.

Яблука та груші зберігаються у дерев'яних контейнерах розміром 1200x1600x1000 мм, що мають об'єм 1000 кг.

Ці фрукти мають температуру 2-5°C, тоді як лимони і апельсини мають температуру 12-15°C. Під час транспортування і розвантаження фрукти можуть нагрітися на 1-2°C.

Яблука та груші, що зберігаються, є зимовими сортами і збираються з середини вересня до початку жовтня.



*Рис 1.1 Ящик для яблук та груш*

					00 КР.142.008.022.ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Прокопенко А. А.				Проект холодопостачання фруктосховища місткістю 1500 т у м. Полтава	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Мирошник М. М.						8	70
Рецензент						ХМ – 4 – 4		
Н. контр.								
Затверд.	Петренко В. П.							

Лимони та апельсини доставляються у пластикових ящиках розміром 600x400x260мм, що вміщують 24 кг, на піддонах розміром 1200×800×144 мм. На кожному піддоні поміщають по 4 ящика у ряд, і їх висота складається з 6 ящиків. Потім ці піддони розміщуються на стелажах у трьох рівнях.



*Рис 1.2 Ящик для лимонів та апельсинів*

Фрукти негайно направляються до камер зберігання. У фруктосховищі використовується контейнерний метод зберігання на стелажах, дотримуючись всіх технологічних норм. Відстань між контейнерами становить 100 мм, а відступи контейнерів та стелажів від стін та колон складають 300 мм.

Крім того, у камерах передбачені проїзди для електрокарів. Також неподалік від воріт у камерах є майданчики для розвороту карів.

Параметри повітря в камерах зберігання наведені в таблиці 1.

*Таблиця 1.1*

Вид продукту	Вологість ф, %	Температура, °С	Термін зберігання, міс
Яблука	90...95	2	7
Груші	90...95	2	6
Апельсини	90...95	12	6
Лимони	90...95	12	6

В фруктосховищі використовуються навантажувачі TOYOTA FBESF.15

Характеристики:

Вантажопід'ємність	кг	1500
Відстань від центру маси вантажу до спинки вил	мм	600
Максимальна висота підйому вантажу на вилах	мм	7100
Вільна висота підйому вантажу	мм	1550
Загальна ширина машини	мм	1092
Довжина машини до спинки вил	мм	2540
Загальна висота по захищеному огороженню	мм	2209
Колісна база	мм	1600
Мінімальна ширина пересічних проїздів	мм	2000
Мінімальний простір для повного розвороту з вантажем	мм	2800

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

00 КР.142.008.022.ПЗ

Аркуш

10



*Рис. 1.3 Автонавантажувач*

Приймаємо, що в холодильнику знаходиться 8 електрокарів.

Після закінчення періоду зберігання фрукти транспортуються до кінцевого споживача за допомогою авторефрижераторів через автомобільну платформу.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

00 КР.142.008.022.ПЗ

Аркуш

11

## 2. Об'ємно-планувальне рішення будови холодильника

### 2.1. Генеральний план

Фруктосховище складається з декількох основних компонентів, а саме: будівля холодильника; службове приміщення; транспортна платформа; адміністративна будівля; та контрольно-пропускний пункт (вагової).

В генеральному плані передбачена щільність забудови до 50%, а також передбачений автомобільний заїзд до транспортної платформи, ширина якого становить 30 метрів.

На території фруктосховища передбачено прохідну та вагову з автовагами на 10 і 30 тонн відповідно.

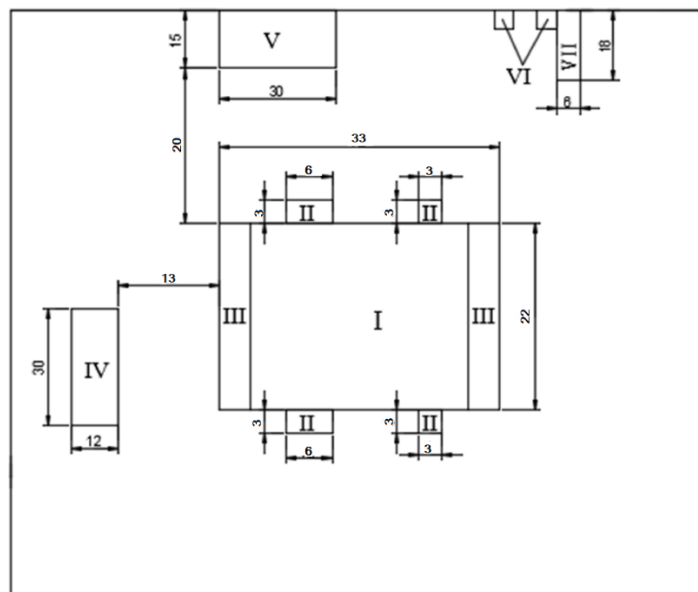


Рис.2.1.1. Генплан холодильника

- I – будівля холодильника
- II – холодильна установка
- III – автомобільна платформа
- IV – службові приміщення
- V – адміністративна будівля
- VI – КПП
- VII – автомобільна вагова

					00 КР.142.008.022.ПЗ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Прокопенко А. А.				Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Мирошник М. М.					12	70
Рецензент					ХМ – 4 – 4		
Н. контр.							
Затверд.	Петренко В. П.						
					Проект холодопостачання фруктосховища місткістю 1500 т у м. Полтава		

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

Будівля фруктосховища проектується як одноповерхова. Це рішення прийняте через невелику площу зовнішньої огорожі, що зменшує теплові надходження. Всі охолоджувані приміщення розташовані в одному контурі.

Обираємо сітку колон розміром 9х3 м, а висота поверху становить 7,2 м.

Основні розміри та місткість камер холодильника визначимо графічним методом.

Для цього наносимо на план схематичне розміщення контейнерів у камерах для зберігання яблук (рис. 2.2.1), груш (рис. 2.2.2), лимонів (рис. 2.2.3) та апельсинів (рис. 2.2.4). Камера для зберігання яблук має розмір 9х15 м, для груш – 7,5х15 м, для лимонів – 9х12 м, для апельсинів – 7,5х12 м.

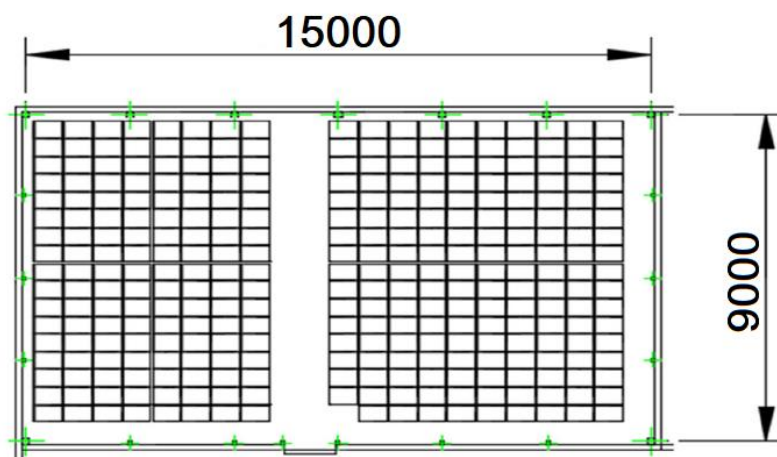


Рис.2.2.1. Розміщення контейнерів у камерах зберігання яблук.

При такому розташуванні в одній камері вміститься 594 контейнерів, загальна маса яких становить 594 тонн.

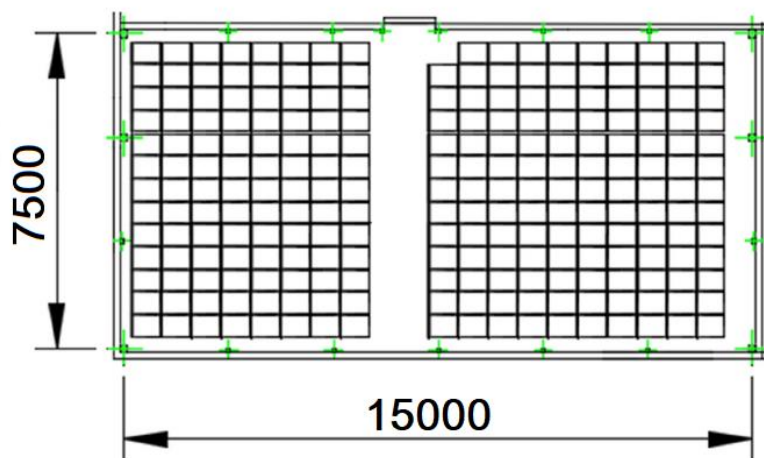
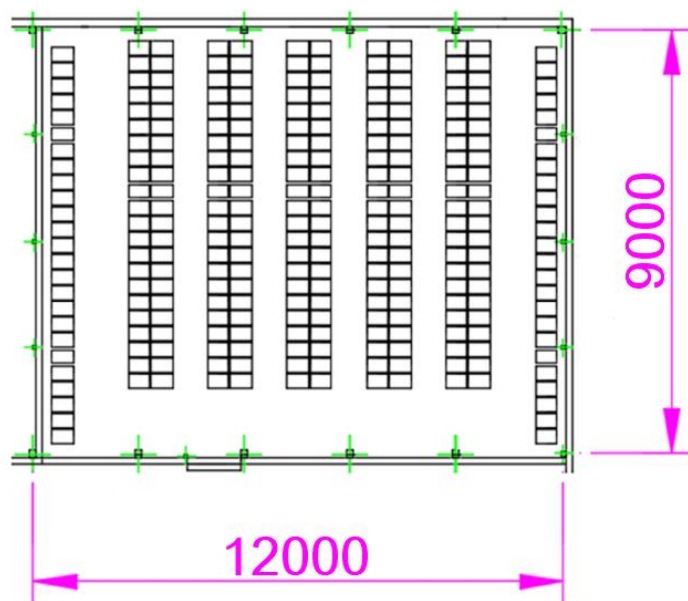


Рис.2.2.2. Розміщення контейнерів у камерах зберігання груш.

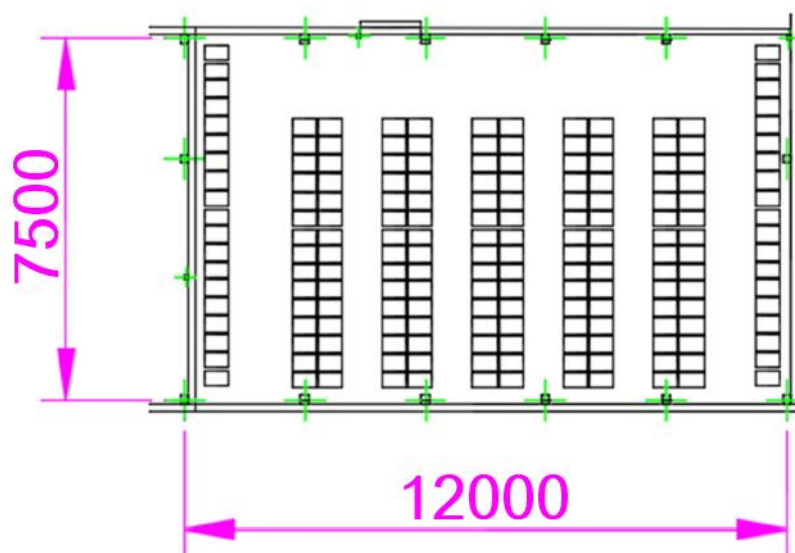
					00 КР.142.008.022.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		13

При такому розташуванні в одній камері вміститься 583 контейнерів, загальна маса яких становить 583 тонн.



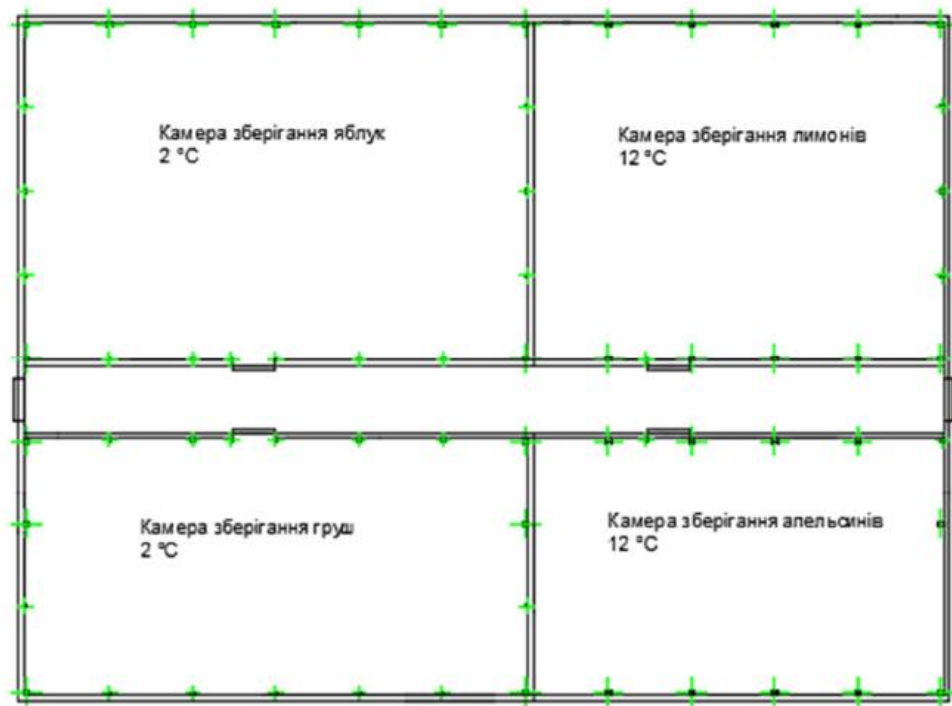
*Рис.2.2.3. Розміщення контейнерів у камерах зберігання лимонів.*

При такому розташуванні в одній камері вміститься 7800 контейнерів, загальна маса яких становить 188 тонн.



*Рис.2.2.4. Розміщення контейнерів у камерах зберігання апельсинів.*

При такому розташуванні в одній камері вміститься 5640 контейнерів, загальна маса яких становить 135 тонн.



*Рис.2.2.3. План фруктосховища*

### 3. Теплоізоляційні конструкції холодильника

Будівельно-ізоляційні конструкції зовнішніх стін холодильних камер наведено в таблиці 3.1.:

Таблиця 3.1.

Зовнішня стіна	$\delta$ м	$\lambda$ Вт/мК
Сендвіч панель на основі ППУ	-	0,039

Знаходимо потрібну товщину ізоляційного шару:

$$\delta_{із} = \lambda_{із} \times \left( \frac{1}{k_o^{тр}} - \left( \frac{1}{a_H} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{a_B} \right) \right)$$

де  $\lambda_{із}$  - коефіцієнт теплопровідності ізоляції;

$k_o^{тр}$  - коефіцієнт теплопередачі який ми вибираємо за таблицями;

$a_H$  - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої або більш теплої сторони огороження;

$a_B$  - коефіцієнт тепловіддачі з внутрішньої або більш холодної сторони огороження.

$$\delta_{із(2^{\circ}C)} = 0,039 \times \left( \frac{1}{0,4} - \left( \frac{1}{23} + \frac{1}{9} \right) \right) = 0,091\text{м}$$

$$\delta_{із(12^{\circ}C)} = 0,039 \times \left( \frac{1}{0,44} - \left( \frac{1}{23} + \frac{1}{9} \right) \right) = 0,082\text{м}$$

Приймаємо фактичну товщину теплоізоляції  $\delta_{ізД}$ , округлюючи розрахункове значення  $\delta_{із}$  в більшу сторону.

Перераховуємо коефіцієнт теплопередачі, щоб отримати його дійсне значення.

$$k_D = \frac{1}{\frac{1}{a_H} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{a_B} + \frac{\delta_{ізД}}{\lambda_{із}}}$$

$$k_{D(2^{\circ}C)} = \frac{1}{\frac{1}{23} + \frac{1}{9} + \frac{0,1}{0,039}} = 0,37 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

					00 КР.142.008.022.ПЗ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Прокопенко А. А.			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Мирошник М. М.				16	70
Рецензент					ХМ – 4 – 4		
Н. контр.							
Затверд.		Петренко В. П.					
					Проект холодопостачання фруктосховища місткістю 1500 т у м. Полтава		

$$k_{д(12^{\circ}\text{C})} = \frac{1}{\frac{1}{23} + \frac{1}{9} + \frac{0,1}{0,039}} = 0,37 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

Будівельно-ізоляційні конструкції перегородок холодильних камер наведено в таблиці 3.2.:

Таблиця 3.2.

Перегородка	$\delta$ м	$\lambda$ Вт/мК
Сендвіч панель на основі ППУ	-	0,039

Знаходимо потрібну товщину ізоляційного шару:

$$\delta_{із} = \lambda_{із} \times \left( \frac{1}{k_o^{тр}} - \left( \frac{1}{a_H} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{a_B} \right) \right)$$

$$\delta_{із(2/12^{\circ}\text{C})} = 0,039 \times \left( \frac{1}{0,44} - \left( \frac{1}{9} + \frac{1}{9} \right) \right) = 0,084\text{м}$$

$$\delta_{із(12/12^{\circ}\text{C})} = 0,039 \times \left( \frac{1}{0,52} - \left( \frac{1}{9} + \frac{1}{9} \right) \right) = 0,064\text{м}$$

Приймаємо фактичну товщину теплоізоляції  $\delta_{ізд}$ , округлюючи розрахункове значення  $\delta_{із}$  в більшу сторону.

Перераховуємо коефіцієнт теплопередачі, щоб отримати його дійсне значення.

$$k_{д(2/12^{\circ}\text{C})} = \frac{1}{\frac{1}{9} + \frac{1}{9} + \frac{0,1}{0,039}} = 0,36 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

$$k_{д(12/12^{\circ}\text{C})} = \frac{1}{\frac{1}{9} + \frac{1}{9} + \frac{0,08}{0,039}} = 0,44 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

Будівельно-ізоляційні конструкції стелі холодильних камер наведено в таблиці 3.3.:

Таблиця 3.3.

Стеля камер	$\delta$ м	$\lambda$ Вт/мК
Сендвіч панель на основі ППУ	-	0,039

Знаходимо потрібну товщину ізоляційного шару [3

$$\delta_{із} = \lambda_{із} \times \left( \frac{1}{k_o^{тр}} - \left( \frac{1}{a_H} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{a_B} \right) \right)$$

$$\delta_{із(2^{\circ}\text{C})} = 0,039 \times \left( \frac{1}{0,44} - \left( \frac{1}{23} + \frac{1}{9} \right) \right) = 0,091\text{м}$$

Приймаємо фактичну товщину теплоізоляції  $\delta_{ізд}$ , округлюючи розрахункове значення  $\delta_{із}$  в більшу сторону.

Перераховуємо коефіцієнт теплопередачі, щоб отримати його дійсне значення.

$$k_{д(2^{\circ}\text{C})} = \frac{1}{\frac{1}{23} + \frac{1}{9} + \frac{0,1}{0,039}} = 0,37 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

Для зовнішніх стін, перегородок і стелі камер буде використовуватися сендвіч-панель товщиною 100 мм. Колони всередині камери будуть обшиті сендвіч-панелями для зменшення теплових надходжень через теплові мости.

Таблиця 3.4.

Огородження	$t_{в}, ^{\circ}\text{C}$	$a_{н},$ $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$	$a_{в},$ $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$	Товщина ізоляції, мм		Коеф. Теплопер., $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$
				$\delta_{із}^{\text{ТР}}$	$\delta_{із}^{\text{Д}}$	$k_{о}^{\text{Д}}$
Зовнішня стіна камери зберігання	2	23	9	91	100	0,37
Зовнішня стіна камери зберігання	12	23	9	82	100	0,37
Внутрішня перегородка(2/12 $^{\circ}\text{C}$ )	2	9	9	84	100	0,36
Внутрішня перегородка(12/12 $^{\circ}\text{C}$ )	12	9	9	64	80	0,44
Покриття	12	23	9	91	100	0,37

## 4. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень

Для розрахунку необхідні початкові дані включають: план холодильника з нанесеними розмірами камер і орієнтацією по сторонам світу, значення коефіцієнтів теплопередачі будівельно-ізоляційних конструкцій, температуру і вологість у камерах, зовнішнього повітря та суміжних приміщеннях, а також температуру і кількість вантажів, що надходять до камер.

### 4.1 Розрахунок теплових надходжень від зовнішнього повітря та приміщень з вищою температурою.

Тепло проникає через огорожувальні конструкції (стіни, підлога, покриття) від навколишнього середовища шляхом теплопередачі, спричиненої різницею температур зовні та в камері, а також через дію сонячної радіації.

Розрахунки теплових надходжень від зовнішнього повітря та приміщень з вищою температурою:

$$Q_1 = Q_{1т} + Q_{1п} + Q_{1с}$$

де:

$Q_{1т}$  – теплоприток через стіни, перегородки та стелю;

$Q_{1п}$  – теплоприток через підлогу;

$Q_{1с}$  – теплоприток від сонячної радіації.

Теплоприток через стіни, перегородки та стелю:

$$Q_{1т} = k_d F \cdot (t_n - t_b) \cdot 10^{-3}$$

де:

$k_d$  – дійсний коефіцієнт теплопередачі через огорожу;

$F$  – розрахункова площа поверхні огорожі;

$t_n$  – розрахункова літня температура повітря зовнішнього боку огорожі;

$t_b$  – розрахункова температура повітря всередині охолоджуючої камери.

					00 КР.142.008.022.ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Прокопенко А. А.			Проект холодопостачання фруктосховища місткістю 1500 т у м. Полтава	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Мирошник М. М.				19	70	
Рецензент						ХМ – 4 – 4		
Н. контр.								
Затверд.		Петренко В. П.						

Теплоприток через підлогу:

$$Q_{1п} = k_d F \cdot (t_r - t_b) \cdot 10^{-3}$$

де:

$t_r$  – середня температура гріючого пристрою для нагріву ґрунту (приймаємо  $t_r = 1^\circ\text{C}$ ).

Для підлоги без нагріву:

$$Q_{1п} = \sum k_{\text{умов}} F \cdot (t_n - t_b) \cdot m \cdot 10^{-3}$$

де:

$k_{\text{умов}}$  – умовний коефіцієнт теплопередачі відповідної зони підлоги.

$$m = \frac{1}{1 + 1,25 \cdot \left(\sum \frac{\delta_n}{\lambda_n}\right)}$$

де:

$\delta_n$  – товщина окремих шарів підлоги;

$\lambda_n$  – коефіцієнт теплопровідності окремих шарів підлоги;

$m = 1$  – для неізольованої підлоги.

Теплоприток від сонячної радіації:

$$Q_{1с} = k_d \cdot F \cdot \Delta t_c \cdot 10^{-3}$$

де:

$\Delta t_c$  – надлишкова різниця температур, яка характеризує дію сонячної радіації в літній час.

Таблиця 4.1 Теплопритік від зовнішнього повітря та приміщень

Назва камери	Назва огороження	$k_d$ , Вт/м <sup>2</sup>	Розміри, м			F, м <sup>2</sup>	$t_z$ , °C	$t_b$ , °C	$\Delta t$ , °C	$\Delta t_c$ , °C	$Q_{1T}$ , Вт	$Q_{1c}$ , Вт	$Q_1$ , Вт
			L	B	H								
Зберігання яблук	Пв(зов)	0,37	15	-	7,5	112,5	33	2	31	0	1290	0	1290
	Зх(зов)	0,37	9	-	7,5	67,5	33	2	31	4,7	774	117	891
	Пд(перег)	0,36	15	-	7,5	112,5	12	2	10	0	405	0	405
	Сх(перег)	0,37	9	-	7,5	67,5	12	2	10	0	250	0	250
	Підлога	0,41	15	9	-	135	22	2	20	0	1107	0	1107
	Покриття	0,39	15	9	-	135	32	2	30	17,7	1580	932	2512
Всього											5406	1049	6455

Назва камери	Назва огороження	$k_d$ , Вт/м <sup>2</sup>	Розміри, м			F, м <sup>2</sup>	$t_z$ , °C	$t_b$ , °C	$\Delta t$ , °C	$\Delta t_c$ , °C	$Q_{1T}$ , Вт	$Q_{1c}$ , Вт	$Q_1$ , Вт
			L	B	H								
Зберігання груш	Пв(зов)	0,36	15	-	7,5	112,5	12	2	10	0	405	0	405
	Зх(зов)	0,37	7,5	-	7,5	56,25	33	2	31	4,7	645	98	743
	Пд(перег)	0,37	15	-	7,5	112,5	33	2	31	3,2	1290	133	1423
	Сх(перег)	0,37	7,5	-	7,5	56,25	12	2	10	0	208	0	208
	Підлога	0,41	15	7,5	-	112,5	22	2	20	0	923	0	923
	Покриття	0,39	15	7,5	-	112,5	32	2	30	17,7	1316	777	2093
Всього											4787	1008	5795

Назва камери	Назва огороження	$k_d$ , Вт/м <sup>2</sup>	Розміри, м			F, м <sup>2</sup>	$t_z$ , °C	$t_b$ , °C	$\Delta t$ , °C	$\Delta t_c$ , °C	$Q_{1T}$ , Вт	$Q_{1c}$ , Вт	$Q_1$ , Вт
			L	B	H								
Зберігання лимонів	Пв(зов)	0,37	12	-	7,5	90	33	12	21	0	699	0	699
	Зх(зов)	0,36	9	-	7,5	67,5	2	12	-10	0	-243	0	-243
	Пд(перег)	0,44	12	-	7,5	90	12	12	0	0	0	0	0
	Сх(перег)	0,37	9	-	7,5	67,5	33	12	21	3,9	524	97	621
	Підлога	0,41	12	9	-	108	22	12	10	0	443	0	443
	Покриття	0,39	12	9	-	108	32	12	20	17,7	842	746	1588
Всього											2265	843	3108

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

00 КР.142.008.022.ПЗ

Аркуш

21



$C_T$  – теплоємність тари;

$t_1, t_2$  – початкова і кінцева температура тари;

Таблиця 4.2 Теплопритік від термічної обробки продуктів

Назва камери	$t_{\text{кам}}$	$M_d$	$M_{\text{дт}}$	$t_n$	$t_k$	$i_n$	$i_k$	$C_T$	$\tau$	1000•1000	$Q_{2\text{п}}$	$Q_{2\text{т}}$	$Q_2$
	°C	т/доб	т/доб	°C	°C	кДж/кг	кДж/кг	кДж/кг	год	3600•t	Вт	Вт	Вт
Зберігання яблук	2	100	20	4	2	287	274	1,5	24	11,57	15046	694	15741
Зберігання груш	2	100	20	4	2	287	274	1,5	24	11,57	15046	694	15741
Зберігання лимонів	12	50	10	14	12	328	317	1,5	24	11,57	6366	347	6713
Зберігання апельсинів	12	50	10	14	12	328	317	1,5	24	11,57	6366	347	6713

### 4.3 Розрахунок експлуатаційних теплопритоків.

Розрахунок експлуатаційних теплопритоків:

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4$$

де:

$q_1$  – теплопритоки від освітлення;

$q_2$  – теплопритоки від людей;

$q_3$  – теплопритоки від працюючих електродвигунів;

$q_4$  – теплопритоки від відкривання дверей;

Теплопритік від освітлення:

$$q_1 = A \cdot F \cdot 10^{-3}$$

де:

$A$  – теплота, яку виділяють джерела освітлення за одиницю часу на  $1\text{ м}^2$  площі підлоги (приймаємо  $A = 2,3 \text{ Вт/м}^2$ );

$F$  – площа камери;

Теплопритік від перебування людей:

$$q_2 = 0,35 \cdot n$$

де:

$n$  – кількість людей, працюючих в приміщенні.

Теплопритік від працюючих електродвигунів:

$$q_3 = N_e \cdot \eta_e$$

де:

$N_e$  – сумарна потужність всіх електродвигунів;

$\eta_e$  – ККД електродвигуна;

Теплопритік від відкривання дверей:

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

де:

$K$  – питомий теплоприток від відкривання дверей;

$F$  – площа камери;

Таблиця 4.3 Теплопритік від зовнішнього повітря при вентиляції камер

Назва камери	$V_{\text{кам}}$ , м <sup>3</sup>	$a$ , об/доб	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$\tau$ , год	$M_{\text{пов}}$ , кг/с	$i_3$ , кДж/кг	$i_B$ , кДж/кг	$\Delta i$ , кДж/кг	$Q_3$ , Вт
Зберігання яблук	1012,5	3	1,29	24	0,29025	67	8,5	58,5	2653
Зберігання груш	843,75	3	1,29	24	0,217688	67	8,5	58,5	2211
Зберігання лимонів	810	3	1,29	24	0,241875	67	8,5	58,5	2123
Зберігання апельсинів	675	3	1,29	24	0,181406	67	8,5	58,5	1769

Таблиця 4.4 Експлуатаційні теплопритоки

Назва камери	$F_d$ М <sup>2</sup>	$A$ , Вт/м <sup>2</sup>	$q_1$ , Вт	$n$ , чол	$q_2$ , Вт	$N_{ел}$ , кВт	$q_3$ , Вт	$k$ , Вт/м <sup>2</sup>	$q_4$ , Вт	$Q_4$ , Вт
Зберігання яблук	135	2,3	310,5	2	700	6	6000	5	675	<b>7686</b>
Зберігання груш	112,5	2,3	258,75	2	700	6	6000	5	562,5	<b>7521</b>
Зберігання лимонів	108	2,3	248,4	2	700	6	6000	5	540	<b>7488</b>
Зберігання апельсинів	90	2,3	207	2	700	6	6000	5	450	<b>7357</b>

#### 4.4 Загальна кількість теплоти, що надходить в охолоджуване середовище холодильникач:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_4$$

де:

$Q_1, Q_2, Q_4$  – надходження тепла через огороджувальні конструкції будівель; від продуктів під час їх охолодження; теплові надходження, що виникають під час експлуатації камери.

Таблиця 4.5 Теплопритоки від дихання продуктів

Назва камери	$E_{кд}$ , т	$t_p$ , °С	$q_p$ , Вт/т	$t_{зб}$ , °С	$q_{зб}$ , Вт/т	$Q_5$ , Вт
Зберігання яблук	594	4	21	2	14	<b>8731</b>
Зберігання груш	583	4	41	2	22	<b>13934</b>
Зберігання лимонів	188	14	25	12	18	<b>3516</b>
Зберігання апельсинів	135	14	25	12	18	<b>2525</b>

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

Таблиця 4.6 Зведена таблиця теплопритоків

Назва камери	$t_{\text{кам}}$ °C	$Q$ , Вт	
		Обл.	КМ
Зберігання яблук	2	41266	38277
Зберігання груш	2	45202	42296
Зберігання лимонів	12	22948	21217
Зберігання апельсинів	12	21172	19484
Всього			<b>121274</b>

## 4.5 Розрахунок теплопритоків для зимнього періода.

Таблиця 4.7 Теплопритік від зовнішнього повітря та приміщень

Назва камери	Назва огороження	$k_d$ Вт/м <sup>2</sup>	Розміри, м			$F$ , м <sup>2</sup>	$t_z$ °C	$t_v$ °C	$\Delta t$ °C	$\Delta t_c$ °C	$Q_{1T}$ , Вт	$Q_{1c}$ , Вт	$Q_{1v}$ , Вт
			L	B	H								
Зберігання яблук	Пв(зов)	0,37	15	-	7,5	112,5	-18	2	-20	0	-833	0	-833
	Зх(зов)	0,37	9	-	7,5	67,5	-18	2	-20	4,7	-500	117	-383
	Пд(перег)	0,36	15	-	7,5	112,5	12	2	10	0	405	0	405
	Сх(перег)	0,37	9	-	7,5	67,5	12	2	10	0	250	0	250
	Підлога	0	15	9	-	135	-10	2	-12	0	0	0	0
	Покриття	0,39	15	9	-	135	-18	2	-20	17,7	-1053	932	-121
Всього											1049	-682	

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

00 КР.142.008.022.ПЗ

Аркуш

26

Назва камери	Назва огороження	$k_d$ , Вт/м <sup>2</sup>	Розміри, м			F, м <sup>2</sup>	$t_i$ , °C	$t_b$ , °C	$\Delta t$ , °C	$\Delta t_c$ , °C	$Q_{1T}$ , Вт	$Q_{1C}$ , Вт	$Q_1$ , Вт
			L	B	H								
Зберігання груш	Пв(зов)	0,36	15	-	7,5	112,5	12	2	10	0	405	0	405
	Зх(зов)	0,37	7,5	-	7,5	56,25	-18	2	-20	4,7	-416	98	-318
	Пд(перег)	0,37	15	-	7,5	112,5	-18	2	-20	3,2	-833	133	-700
	Сх(перег)	0,37	7,5	-	7,5	56,25	12	2	10	0	208	0	208
	Підлога	0	15	7,5	-	112,5	-10	2	-12	0	0	0	0
	Покриття	0,39	15	7,5	-	112,5	-18	2	-20	17,7	-878	777	-101
Всього											-1514	1008	-506

Назва камери	Назва огороження	$k_d$ , Вт/м <sup>2</sup>	Розміри, м			F, м <sup>2</sup>	$t_i$ , °C	$t_b$ , °C	$\Delta t$ , °C	$\Delta t_c$ , °C	$Q_{1T}$ , Вт	$Q_{1C}$ , Вт	$Q_1$ , Вт
			L	B	H								
Зберігання лимонів	Пв(зов)	0,37	12	-	7,5	90	-18	12	-30	0	-999	0	-999
	Зх(зов)	0,36	9	-	7,5	67,5	2	12	-10	0	-243	0	-243
	Пд(перег)	0,44	12	-	7,5	90	12	12	0	0	0	0	0
	Сх(перег)	0,37	9	-	7,5	67,5	-18	12	-30	3,9	-749	97	-652
	Підлога	0	12	9	-	108	-10	12	-22	0	0	0	0
	Покриття	0,39	12	9	-	108	-18	12	-30	17,7	-1264	746	-518
Всього											-3255	843	-2412

Назва камери	Назва огороження	$k_d$ , Вт/м <sup>2</sup>	Розміри, м			F, м <sup>2</sup>	$t_i$ , °C	$t_b$ , °C	$\Delta t$ , °C	$\Delta t_c$ , °C	$Q_{1T}$ , Вт	$Q_{1C}$ , Вт	$Q_1$ , Вт
			L	B	H								
Зберігання апельсинів	Пв(зов)	0,44	12	-	7,5	90	12	12	0	0	0	0	0
	Зх(зов)	0,37	7,5	-	7,5	56,25	2	12	-10	0	-208	0	-208
	Пд(перег)	0,37	12	-	7,5	90	-18	12	-30	3,2	-999	107	-892
	Сх(перег)	0,37	7,5	-	7,5	56,25	-18	12	-30	3,9	-624	81	-543
	Підлога	0	12	7,5	-	90	-10	12	-22	0	0	0	0
	Покриття	0,39	12	7,5	-	90	-18	12	-30	17,7	-1053	621	-432
Всього											-2884	809	-2075

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

00 КР.142.008.022.ПЗ

Архив

27



Таблиця 4.11 Теплопритоки від дихання продуктів

Назва камери	$E_{\text{кд}},$ т	$t_{\text{п}},$ °C	$q_{\text{п}},$ Вт/т	$t_{\text{зб}},$ °C	$q_{\text{зб}},$ Вт/т	$Q_5,$ Вт
Зберігання яблук	594	4	21	2	14	<b>8731</b>
Зберігання груш	583	4	41	2	22	<b>13934</b>
Зберігання лимонів	188	14	25	12	18	<b>3516</b>
Зберігання апельсинів	135	14	25	12	18	<b>2525</b>

Таблиця 4.12 Зведена таблиця теплопритоків

Назва камери	$t_{\text{кам}},$ °C	$Q, \text{Вт}$	
		Обл.	КМ
Зберігання яблук	2	30274	27999
Зберігання груш	2	35688	33413
Зберігання лимонів	12	14343	13164
Зберігання апельсинів	12	13719	12520
Всього			<b>87096</b>

З розрахунків зрозуміло, що для зимового періоду не потрібно встановлювати додаткове обладнання для обігріву. Крім того, можна використовувати ТЕНи повітроохолодників як нагрівачі повітря.

## 5. Визначення навантаження на обладнання камер та компресор

Навантаження на компресор включає всі види теплопритоків, але в деяких випадках їх можна враховувати частково, залежно від типу та призначення холодильника.

Ми обчислюємо навантаження на компресор за наближеним методом, рекомендованим для холодильників з великою кількістю камер (споживачів холоду).

Навантаження на компресор від теплопритоку через огороження:

$$Q_{1\text{км}} = 0,9 \cdot Q_1$$

Навантаження на компресор від термічної обробки продуктів:

$$Q_{2\text{км}} = 0,6 \cdot Q_2$$

Навантаження на компресор від експлуатаційних теплопритоків:

$$Q_{4\text{км}} = 0,75 \cdot Q_4$$

Навантаження на компресор:

$$Q = k \cdot \frac{\sum Q}{b}$$

Загальна кількість теплоти, що надходить в приміщення холодильника для зберігання яблук:

$$Q = \sum Q_1 + \sum Q_2 + \sum Q_3 + \sum Q_4 + \sum Q_5 = 36,36 \text{ кВт}$$

Сумарне навантаження на компресор:

Навантаження на компресор при температурі кипіння  $t_0 = -6^\circ\text{C}$

$$Q_2 = \sum Q_1 + 0,5 \cdot \sum Q_2 + \sum Q_3 + 0,75 \cdot \sum Q_4 + \sum Q_5 = 39,1 \text{ кВт}$$

00 КР.142.008.022.ПЗ				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Прокопенко А. А.		
Перевір.		Мирошник М. М.		
Рецензент				
Н. контр.				
Затверд.		Петренко В. П.		
Проект холодопостачання фруктосховища місткістю 1500 т у м. Полтава				
		Літ.	Арк.	Аркушів
		30	70	
ХМ – 4 – 4				

Теоретична холодопродуктивність компресора:

$$Q_0 = k \cdot \frac{\sum Q_{\text{KM}}}{b}$$

де:

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

$b$  – коефіцієнт робочого часу аміачних холодильних установок;

$\sum Q_{\text{KM}}$  – сумарне навантаження на компресори.

$$Q_0 = k \cdot \frac{\sum Q_{\text{KM}}}{b} = \frac{1,05 \cdot 39,1}{0,8} = 45,6 \text{ кВт}$$

Загальна кількість теплоти, що надходить в приміщення холодильника для зберігання груш:

$$Q = \sum Q_1 + \sum Q_2 + \sum Q_3 + \sum Q_4 + \sum Q_5 = 42,94 \text{ кВт}$$

Сумарне навантаження на компресор:

Навантаження на компресор при температурі кипіння  $t_0 = -6^\circ\text{C}$

$$Q_2 = \sum Q_1 + 0,5 \cdot \sum Q_2 + \sum Q_3 + 0,75 \cdot \sum Q_4 + \sum Q_5 = 45,08 \text{ кВт}$$

Теоретична холодопродуктивність компресора:

$$Q_0 = k \cdot \frac{\sum Q_{\text{KM}}}{b} = \frac{1,05 \cdot 45,08}{0,8} = 52,6 \text{ кВт}$$

Загальна кількість теплоти, що надходить в приміщення холодильника для зберігання лимонів:

$$Q = \sum Q_1 + \sum Q_2 + \sum Q_3 + \sum Q_4 + \sum Q_5 = 20,65 \text{ кВт}$$

Сумарне навантаження на компресор:

Навантаження на компресор при температурі кипіння  $t_0 = 4^\circ\text{C}$

$$Q_2 = \sum Q_1 + 0,5 \cdot \sum Q_2 + \sum Q_3 + 0,75 \cdot \sum Q_4 + \sum Q_5 = 23,33 \text{ кВт}$$

Теоретична холодопродуктивність компресора:

$$Q_0 = k \cdot \frac{\sum Q_{\text{кМ}}}{b} = \frac{1,05 \cdot 23,33}{0,8} = 27,22 \text{ кВт}$$

Загальна кількість теплоти, що надходить в приміщення холодильника для зберігання апельсинів:

$$Q = \sum Q_1 + \sum Q_2 + \sum Q_3 + \sum Q_4 + \sum Q_5 = 18,63 \text{ кВт}$$

Сумарне навантаження на компресор:

Навантаження на компресор при температурі кипіння  $t_0 = 4^\circ\text{C}$

$$Q_2 = \sum Q_1 + 0,5 \cdot \sum Q_2 + \sum Q_3 + 0,75 \cdot \sum Q_4 + \sum Q_5 = 21,61 \text{ кВт}$$

Теоретична холодопродуктивність компресора:

$$Q_0 = k \cdot \frac{\sum Q_{\text{кМ}}}{b} = \frac{1,05 \cdot 21,61}{0,8} = 25,21 \text{ кВт}$$

## 6. Вибір розрахункового робочого режиму. Тепловий розрахунок холодильної машини.

### 6.1 Вибір розрахункового робочого режиму

Для охолодження ми використовуємо холодоагент R404A. Температуру кипіння визначаємо на основі температури повітря в холодильній камері та методу охолодження.

Температура кипіння холодоагенту визначається:

$$t_0 = t_{\text{кам}} - \Delta t$$

де:

$t_{\text{кам}}$  – температура в холодильній камері, °C;

$\Delta t$  - температурний напір,  $\Delta t = 5...10^\circ\text{C}$ .

Камера зберігання яблук:

Температура повітря в камері –  $t_{\text{кам}} = +2^\circ\text{C}$ .

Приймаємо  $\Delta t = 8^\circ\text{C}$

$$t_0 = 2 - 8 = -6^\circ\text{C}$$

Камера зберігання груш:

Температура повітря в камері –  $t_{\text{кам}} = +2^\circ\text{C}$ .

Приймаємо  $\Delta t = 8^\circ\text{C}$

$$t_0 = 2 - 8 = -6^\circ\text{C}$$

Камера зберігання лимонів:

Температура повітря в камері –  $t_{\text{кам}} = +12^\circ\text{C}$ .

Приймаємо  $\Delta t = 8^\circ\text{C}$

$$t_0 = 12 - 8 = 4^\circ\text{C}$$

Камера зберігання апельсинів:

Температура повітря в камері –  $t_{\text{кам}} = +12^\circ\text{C}$ .

Приймаємо  $\Delta t = 8^\circ\text{C}$

$$t_0 = 12 - 8 = 4^\circ\text{C}$$

Для підтримання необхідних температурних режимів будуть використовуватися чотири блоки КМ-КД. Два блоки налаштовані на температуру кипіння  $t_0 = -6^\circ\text{C}$ , а інші два - на  $t_0 = 4^\circ\text{C}$ . Тепловий розрахунок проводимо для обох температурних режимів.

					00 КР.142.008.022.ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Прокопенко А. А.			Проект холодопостачання фруктосховища місткістю 1500 т у м. Полтава	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Мирошник М. М.					33	70
Рецензент						ХМ – 4 – 4		
Н. контр.								
Затверд.		Петренко В. П.						

## 6.2 Визначення температури конденсації холодоагенту

Вибираємо повітряний тип конденсатора

При охолодженні конденсатора повітрям:

$$t_K = t_{30B} + t_{w1}$$

де:

$t_{30B}$  – температура навколишнього середовища;

$t_{w1}$  – температура води на вході в конденсатор,  $t_{w1} = 10 \dots 12^\circ\text{C}$ .

Приймаємо,  $t_{w1} = 10^\circ\text{C}$

Для Полтави при  $t_{30B} = 30^\circ\text{C}$

$$t_K = 30 + 10 = 40^\circ\text{C}$$

Тиск конденсації становить  $P_K = \text{бар}$

Визначаємо температуру всмоктування для хладонових компресорів:

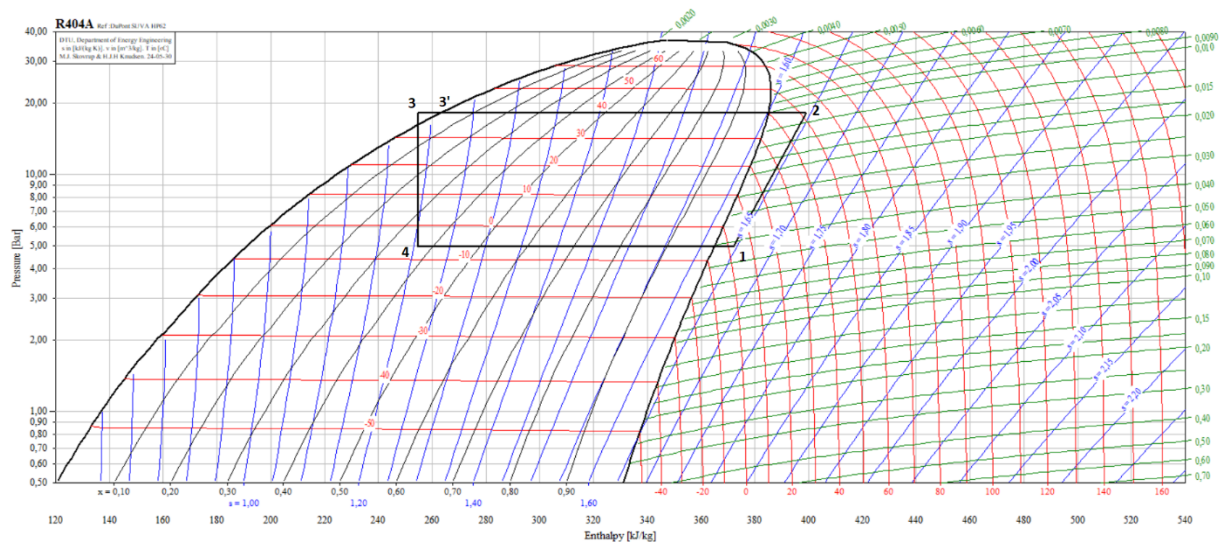
$$t_{BC} = t_0 + 10$$

$$t_{BC} = -6 + 10 = 4^\circ\text{C}$$

## 6.3 Вибір схеми та побудова циклу

Використовуємо схему одноступеневої установки з єдиною температурою кипіння, як показано на рисунку 6.1.

В  $\lg P$ -і діаграмі для R404A будують цикл. Значення параметрів робочого агента в ключових точках циклу записуємо в таблицю 6.1.



Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

00 КР.142.008.022.ПЗ

Архив

34

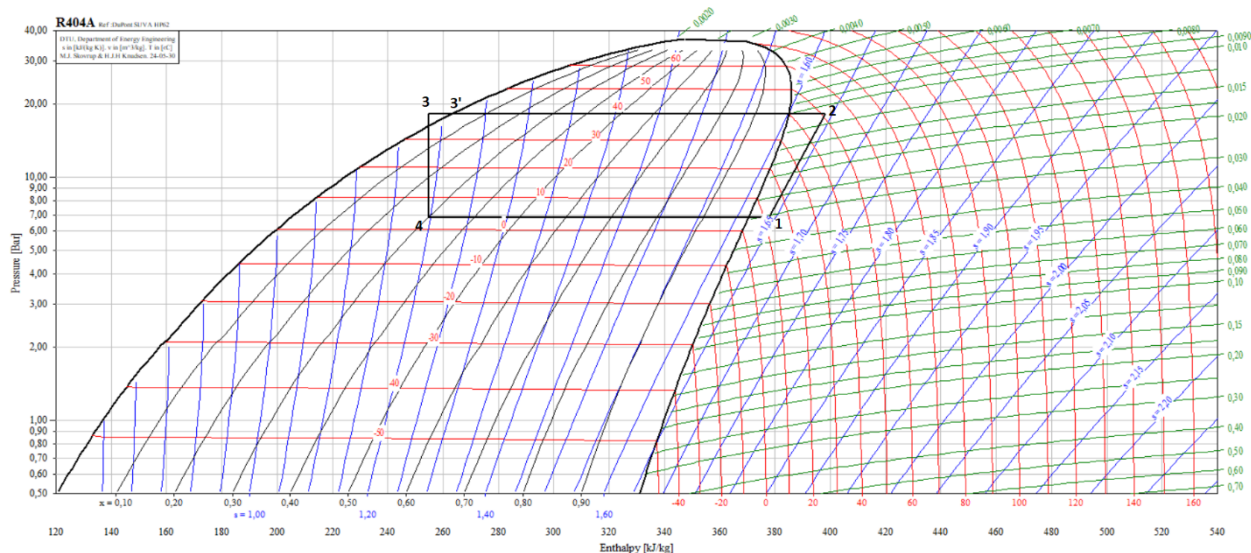


Рис 6.1 Схема та діаграма холодильних установок

Табл. 6.1

Перша ХУ				
№ точки	$t, ^\circ\text{C}$	$P, \text{бар}$	$v, \text{м}^3/\text{кг}$	$i, \text{кДж/кг}$
1	2	4,96	0,042	372
2	52	18,15	0,011	399
3	35	18,15	-	255
4	-6	4,96	-	255
Друга ХУ				
№ точки	$t, ^\circ\text{C}$	$P, \text{бар}$	$v, \text{м}^3/\text{кг}$	$i, \text{кДж/кг}$
1	12	6,82	0,031	378
2	51	18,15	0,011	398
3	35	18,15	-	255
4	4	6,82	-	255

#### 6.4 Тепловий розрахунок холодильної машини.

Завданнями теплового розрахунку холодильного агрегата є: визначення необхідної об'ємної продуктивності компресора, підбір відповідного компресора, розрахунок споживаної потужності та визначення теплового навантаження на конденсатор.

Розраховуємо основні параметри теоретичного циклу та необхідну об'ємну подачу компресора для першої установки.

Питома масова холодопродуктивність  $t_{0,1} = 2^{\circ}\text{C}$ :

$$q_{01} = i_1 - i_4 = 372 - 255 = 117 \text{ кДж/кг}$$

Питома масова холодопродуктивність  $t_{0,2} = 12^{\circ}\text{C}$ :

$$q_{02} = i_1 - i_4 = 378 - 255 = 123 \text{ кДж/кг}$$

Питоме теплове навантаження на конденсатор:

$$q_{к1} = i_2 - i_3 = 399 - 255 = 144 \text{ кДж/кг}$$

$$q_{к2} = i_2 - i_3 = 398 - 255 = 143 \text{ кДж/кг}$$

Питома теоретична робота стискання в компресорі:

$$l_{т1} = i_2 - i_1 = 399 - 372 = 27 \text{ кДж/кг}$$

$$l_{т2} = i_2 - i_1 = 398 - 378 = 20 \text{ кДж/кг}$$

Масова витрата циркулюючого холодильного агента:

$$M_{т1} = \frac{Q_{01}}{q_{01}} = \frac{45,6}{117} = 0,39 \text{ кг/с}$$

$$M_{т2} = \frac{Q_{02}}{q_{02}} = \frac{52,6}{117} = 0,45 \text{ кг/с}$$

$$M_{т3} = \frac{Q_{03}}{q_{03}} = \frac{27,2}{123} = 0,22 \text{ кг/с}$$

$$M_{т4} = \frac{Q_{04}}{q_{04}} = \frac{25,2}{123} = 0,21 \text{ кг/с}$$

Знайдемо коефіцієнти подачі  $\lambda$  для визначення потрібної об'ємної продуктивності компресора.

$$\lambda = \lambda_i \cdot \lambda_w$$

Індикаторний об'ємний коефіцієнт подачі:

Для КМ1

$$\lambda_{i1} = \frac{P_{пр} - \Delta P_{вс}}{P_{пр}} - c \cdot \left( \left( \frac{P_k + \Delta P_H}{P_{пр}} \right)^{1/n} - \frac{(P_{пр} - \Delta P_{вс})}{P_{пр}} \right)$$

$c=0,03$  – відносний мертвий простір;

$n=1$  – показник політропи

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

					00 КР.142.008.022.ПЗ	Архив
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		36

$\Delta P_H = 10 \text{кПа}$  – депресія на нагнітанні

$P_{\text{пр}} = 496 \text{кПа}$

$P_K = 1815 \text{кПа}$

$$\lambda_{i1} = \frac{496 - 10}{496} - 0,03 \cdot \left( \frac{1815 + 10}{496} - \frac{496 - 10}{496} \right) = 0,89$$

$$\lambda_w = \frac{T_{\text{пр}}}{T_K} = \frac{273 - 6}{273 + 40} = 0,85$$

$$\lambda = 0,89 \cdot 0,85 = 0,76$$

Для КМ2

$$\lambda_{i1} = \frac{P_{\text{пр}} - \Delta P_{\text{вс}}}{P_{\text{пр}}} - c \cdot \left( \left( \frac{P_K + \Delta P_H}{P_{\text{пр}}} \right)^{1/n} - \frac{(P_{\text{пр}} - \Delta P_{\text{вс}})}{P_{\text{пр}}} \right)$$

$c=0,03$  – відносний мертвий простір;

$n=1$  – показник політропи

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

$\Delta P_H = 10 \text{кПа}$  – депресія на нагнітанні

$P_{\text{пр}} = 682 \text{кПа}$

$P_K = 1815 \text{кПа}$

$$\lambda_{i1} = \frac{682 - 10}{682} - 0,03 \cdot \left( \frac{1815 + 10}{682} - \frac{682 - 10}{682} \right) = 0,93$$

$$\lambda_w = \frac{T_{\text{пр}}}{T_K} = \frac{273 + 4}{273 + 40} = 0,88$$

$$\lambda = 0,93 \cdot 0,88 = 0,82$$

## 7. Вибір компресорів

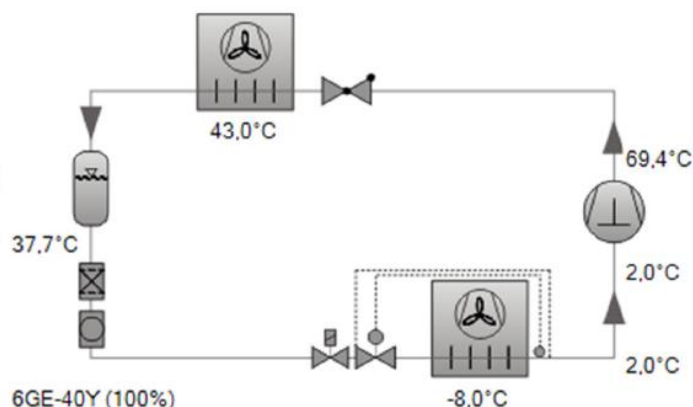
Теоретичний об'єм всмоктування:

$$V_T = M_{T1} \cdot v_1 = 0,39 \cdot 0,042 = 0,016 \text{ м}^3/\text{с}$$

Для вибору компресора для заданого холодильного агента, на основі отриманих значень теоретичної подачі (V), електричної та ефективної потужності, необхідно підібрати компресор з об'ємною подачею, яка перевищує необхідну на 20-40%. Це дозволить забезпечити роботу компресора з коефіцієнтом робочого часу в діапазоні  $b=0,8-0,6$ .

Обираємо два компресори Bitzer 4TES-12Y з об'ємною подачею:

$$V_T = 99,76 \text{ м}^3/\text{год} = 0,028 \text{ м}^3/\text{с}$$



### Технические параметры

Объемная произв-сть (1450 об/мин 50Гц)	41,33 м <sup>3</sup> /h
Объемная произв-сть (1750 об/мин 60Гц)	49,88 м <sup>3</sup> /h
Число цилиндров x Диаметр x Ход поршня	4 x 60 mm x 42 mm
Вес	141 kg
Макс. избыточное давление (НД/ВД)	19 / 32 bar
Присоединение линии всасывания	35 mm - 1 3/8"
Присоединение линии нагнетания	28 mm - 1 1/8"
Тип масла для R134a/R404A/R507A/R407A/R407C/R407F	BSE32(Standard)   R134a tc>70°C: BSE55 (Option)
Тип масла для R22 (R12/R502)	B5.2(Option)
Тип масла для R1234yf/R1234ze	BSE32 (Standard)   R1234ze tc>70°C & to>0°C: BSE55 (Option)   R1234ze to>15°C: BSE85K (Option)

### Параметры мотора

Версия мотора	1
Напряжение мотора (др. по запросу)	380-420V PW-3-50Hz
Максимальный рабочий ток	25.1 A
Соотношение обмоток	50/50
Пусковой ток (ротор заблокирован)	69.0 A Y / 113.0 A YY
Max. энергопотребление	14.0 kW

### Комплект поставки

Защита мотора	SE-B1, CM-RC-01(Option)
Класс защиты	IP66
Антивибрационные демпферы	Standard
Заправка масла	2.60 dm <sup>3</sup>

### Доступные опции

Присоединение линии всасывания	Option
Запорный вентиль на нагнетании	Option
Датчик температуры нагнетания	Option
Стартовая разгрузка	Option
Регулирование производительности	100-50% (Option)
Плавное регулирование производ-сти	100-10% (Option)
Дополнительный вентилятор	Option
Сервисный масляный клапан	Option
Подогреватель масла в картэре	0..140 W PTC (Option)
Контроль уровня масла	OLC-K1 (Option)

00 КР.142.008.022.ПЗ

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Проект холодопостачання фруктосховища місткістю 1500 т у м. Полтава	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.	Прокопенко А. А.						38	70
Перевір.	Мирошник М. М.					ХМ – 4 – 4		
Рецензент								
Н. контр.								
Затверд.	Петренко В. П.							

Дійсна масова витрата:

$$M_{д1} = \lambda_1 \cdot \frac{V_{т1}}{v_i} = 0,76 \cdot \frac{0,028}{0,042} = 0,5 \text{ кг/с}$$

Сумарна теоретична потужність:

$$N_{т1} = M_{д1} \cdot l_{т1} = 0,5 \cdot 27 = 13,5 \text{ кВт}$$

Дійсна холодопродуктивність:

$$Q_{01д} = q_{01} \cdot M_{д1} = 117 \cdot 0,5 = 58,5 \text{ кВт}$$

Об'єм, що описується поршнем:

$$V_{h1} = \frac{V_{т1}}{\lambda_1} = \frac{0,028}{0,76} = 0,037 \text{ м}^3/\text{с}$$

Індикаторний ККД:

$$\eta_i = \lambda_{w'1} + b \cdot t_{пр}$$

$$b = 0,001$$

$$\eta_i = 0,85 + 0,001 \cdot (-6) = 0,844$$

Індикаторна потужність компресора:

$$N_{i1} = \frac{N_{т1}}{\eta_{i1}} = \frac{13,5}{0,844} = 16 \text{ кВт}$$

Потужність тертя:

$$N_{тр1} = V_{h1} \cdot P_{тр} = 0,037 \cdot 60 = 2,22 \text{ кВт}$$

Ефективна потужність:

$$N_{в1} = N_{i1} + N_{тр1} = 16 + 2,22 = 18,22 \text{ кВт}$$

Електрична потужність:

$$N_{ел1} = \frac{N_{в1}}{\eta_{ел} \cdot \eta_{еф}} = \frac{18,22}{0,9 \cdot 0,7} = 28,9 \text{ кВт}$$

На компресорах встановлено двигуни номінальною потужністю 13,5 кВт.

Оскільки навантаження для камер зберігання яблук і груш майже однакове, для камери зберігання груш обираємо такі самі компресори, як і для яблук.

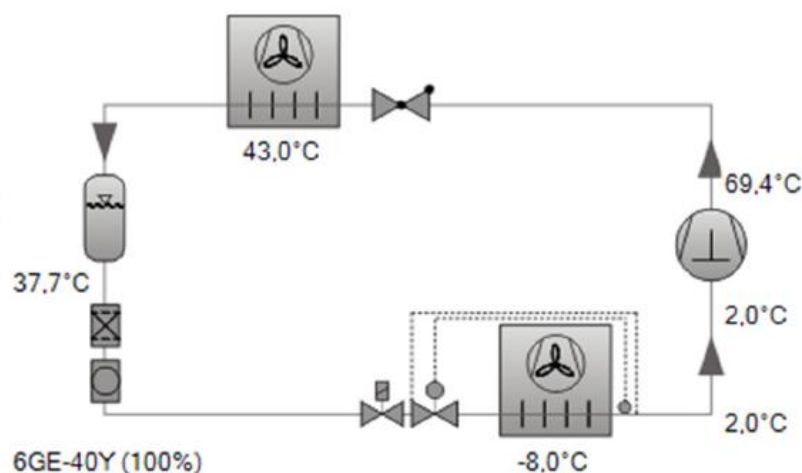
Теоретичний об'єм всмоктування:

$$V_T = M_{T1} \cdot v_1 = 0,22 \cdot 0,031 = 0,007 \text{ м}^3/\text{с}$$

Для вибору компресора для заданого холодильного агента, на основі отриманих значень теоретичної подачі (V), електричної та ефективної потужності, необхідно підібрати компресор з об'ємною подачею, яка перевищує необхідну на 20-40%. Це дозволить забезпечити роботу компресора з коефіцієнтом робочого часу в діапазоні  $b=0,8-0,6$ .

Обираємо два компресори Bitzer 2DES-3Y з об'ємною подачею:

$$V_T = 32,4 \text{ м}^3/\text{год} = 0,009 \text{ м}^3/\text{с}$$



#### Технические параметры

Объемная произ-сть (1450 об/мин 50Гц)	13,42 м3/h
Объемная произ-сть(1750 об/мин 60Гц)	16,20 м3/h
Число цилиндров x Диаметр x Ход поршня	2 x 50 mm x 39,3 mm
Вес	70,5 kg
Макс. избыточное давление (НД/ВД)	19 / 32bar
Присоединение линии всасывания	22 mm - 7/8"
Присоединение линии нагнетания	16 mm - 5/8"
Тип масла для R134a/R404A/R507A/R407A/R407C/R407F	BSE32(Standard)   R134a tc>70°C: BSE55 (Option)
Тип масла для R22 (R12/R502)	B5.2 (Option)
Тип масла для R1234yf/R1234ze	BSE32 (Standard)   R1234ze tc>70°C & to>0°C: BSE55 (Option)   R1234ze to>15°C: BSE85K (Option)

#### Параметры мотора

Версия мотора	1
Напряжение мотора (др. по запросу)	380-420V Y-3-50Hz
Максимальный рабочий ток	8.6 A
Пусковой ток (ротор заблокирован)	37.0 A
Мах. энергопотребление	4,6 kW

#### Комплект поставки

Защита мотора	SE-B1
Класс защиты	IP66
Антивибрационные демпферы	Standard
Заправка масла	1,50 dm <sup>3</sup>

#### Доступные опции

Дополнительный вентилятор	Option
Подогреватель масла в картере	0..120 W PTC (Option)

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

00 КР.142.008.022.ПЗ

Архив

40

Дійсна масова витрата:

$$M_{д1} = \lambda_1 \cdot \frac{V_{т1}}{v_i} = 0,82 \cdot \frac{0,009}{0,031} = 0,24 \text{ кг/с}$$

Сумарна теоретична потужність:

$$N_{т1} = M_{д1} \cdot l_{т1} = 0,24 \cdot 20 = 4,8 \text{ кВт}$$

Дійсна холодопродуктивність:

$$Q_{01д} = q_{01} \cdot M_{д1} = 123 \cdot 0,24 = 29,52 \text{ кВт}$$

Об'єм, що описується поршнем:

$$V_{h1} = \frac{V_{т1}}{\lambda_1} = \frac{0,009}{0,82} = 0,011 \text{ м}^3/\text{с}$$

Індикаторний ККД:

$$\eta_i = \lambda_{w'1} + b \cdot t_{пр}$$

$$b = 0,001$$

$$\eta_i = 0,88 + 0,001 \cdot (-6) = 0,874$$

Індикаторна потужність компресора:

$$N_{i1} = \frac{N_{т1}}{\eta_{i1}} = \frac{4,8}{0,874} = 5,5 \text{ кВт}$$

Потужність тертя:

$$N_{тр1} = V_{h1} \cdot P_{тр} = 0,011 \cdot 60 = 0,66 \text{ кВт}$$

Ефективна потужність:

$$N_{в1} = N_{i1} + N_{тр1} = 5,5 + 0,66 = 6,16 \text{ кВт}$$

Електрична потужність:

$$N_{ел1} = \frac{N_{в1}}{\eta_{ел} \cdot \eta_{еф}} = \frac{6,16}{0,9 \cdot 0,7} = 9,7 \text{ кВт}$$

На компресорах встановлено двигуни номінальною потужністю 4,8 кВт.

Оскільки навантаження для камер зберігання лимонів і апельсинів майже однакове, для камери зберігання лимонів обираємо такі самі компресори, як і для апельсинів.

					00 КР.142.008.022.ПЗ	Архив
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		41

## 8. Розрахунок та підбір теплообмінних апаратів

### 8.1 Підбір камерного обладнання

В якості випарників у холодильних камерах використовуємо повітроохолоджувачі.

Площа теплообмінної поверхні випарників визначається:

$$F = Q_{об} / (k \Delta t)$$

Де:

$Q_{об}$  – теплове навантаження на камерне обладнання

$k$  – коефіцієнт теплопередачі

У проєкті будуть застосовані повітроохолоджувачі Guntner. Коефіцієнт теплопередачі повітроохолоджувачів Guntner становить:

$$k = 30 \dots 40 \text{ Вт/м}^2$$

$\Delta t$  – різниця між температурами в камері та кипіння хладону

Камера для зберігання яблук ( $t_{кам} = +2^\circ\text{C}$ )

Загальна розрахункова площа теплообмінної поверхні повітроохолоджувачів становить:

$$F_{по} = 45600 / (35 \cdot 8) = 162,86 \text{ м}^2$$

Виходячи з цієї площі, вибираємо два підвісні кубічні повітроохолоджувачі Guntner GACC RX 050.2/2SN/JNA7E.UNNN.

Теплообмінна площа повітроохолоджувачів становить:

$$100,8 \cdot 2 = 201,6 \text{ м}^2$$

					00 КР.142.008.022.ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Прокопенко А. А.			Проєкт холодопостачання фруктосховища місткістю 1500 т у м. Полтава	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Мирошник М. М.					42	70
Рецензент						ХМ – 4 – 4		
Н. контр.								
Затверд.		Петренко В. П.						

## Технічні характеристики повітроохолоджувача:

Испаритель (dx)	GACC RX 050.2/2-70.A (UI: 2225281M)		
Мощность:	27.4 kW (при $\Delta t = 8^\circ\text{C} / T_{\text{тип}} -8^\circ\text{C}$ , R404a)		
Объемн. расход возд.:	13040 m <sup>3</sup> /h		
Скорость воздуха:	2.6 m/s		
Вентиляторы (AC):	2 Шт. 3~400V 50HzY/(-)		
Технические характеристики вент. узла:	Уровень звукового давления:	59 dB(A) в 3.0 m	
Скор. вращ.:	1390 min-1 / (-)	Уровень звуковой мощности:	81 dB(A)
Мощность (мех./эл.):	0.56 kW/0.75 kW	Струя воздуха:	около 21 m
Потребл. ток:	1.80 A	Иней:	0.0 mm
Общее потребл. эл. энергии:	1.27 kW	класс энергетич. эффективности:	C (2014)
Корпус: AlMg, Порошковое покрытие RAL 9003	Трубы:	Медь	
Площадь пов-ти:	100.8 m <sup>2</sup>	Оребрение:	Алюминий
Объем труб:	34.5 l	Потери давл. в "пауке":	0.6 bar
Шаг оребрения:	7.00 mm	Выход:	54.0 * 2.00 mm
Вес (пустой):	120 kg	Вход:	22.0 mm
Макс. рабочее давление:	32.0 bar	PED classification:	Категория I, module A
Размеры:			
Длина:	2377 mm		
Ширина:	623 mm		
Высота:	755 mm		

Перевіряємо, чи достатньою є об'ємна подача вентиляторів вибраних повітроохолоджувачів:

$$V_{\text{пов}} = Q_{06} / (\rho_{\text{пов}} \cdot (i_1 - i_2))$$

де

$\rho_{\text{пов}}$  - густина повітря, яке виходить з повітроохолоджувача, кг/м<sup>3</sup>;

$i_1, i_2$  – ентальпії повітря на вході та на виході з повітроохолоджувача, кДж/кг.

$$V_{\text{пов}} = 45,6 / (1,28 \cdot (8 - 2)) = 5,94 \text{ м}^3/\text{с} = 21384 \text{ м}^3/\text{год}$$

Сумарна об'ємна подача вентиляторів повітроохолоджувачів 26080 м<sup>3</sup>/год. > 21384 м<sup>3</sup>/год., це означає, що встановлених вентиляторів цілком достатньо.

Аналогічно здійснюємо підбір повітроохолоджувачів для решти камер.

Результати розрахунків заносимо до табл. 8.2.

Табл. 8.2

№ камери	Призначення	$t_{\text{кам}}$ °C	$Q_{06}$ кВт	$k$ Вт/м <sup>2</sup>	$\Delta t$ °C	$F_{\text{по}}$ м <sup>2</sup>
1	Яблуки	2	45,6	35	8	162,8
2	Груши	2	52,6	35	8	187,9
3	Лимони	12	27,22	35	8	97,2
4	Апельсини	12	25,21	35	8	90

## Технічні характеристики повітроохолоджувача:

Испаритель (dx)	GACC RX 050.2/3-70.A (UI: 2225285M)		
Мощность:	36.1 kW (при $\Delta t = 8^{\circ}\text{C}$ / Ткип $-8^{\circ}\text{C}$ , R404a)		
Объемн. расход возд.:	20040 m <sup>3</sup> /h		
Скорость воздуха:	2.7 m/s		
Вентиляторы (AC):	3 Шт. 3~400V 50HzY/(--)		
Технические характеристики вент. узла:	Уровень звукового давления:	60 dB(A) в 3.0 m	
Скор. вращ.:	1390 min-1 / (--)	Уровень звуковой мощности:	83 dB(A)
Мощность (мех./эл.):	0.56 kW/0.75 kW	Струя воздуха:	около 23 m
Потребл. ток:	1.80 A	Иней:	0.0 mm
Общее потребл. эл. энергии:	1.88 kW	класс энергетич. эффективности:	D (2014)
Корпус: AIMg, Порошковое покрытие RAL 9003	Трубы:	Медь	
Площадь пов-ти:	120.9 m <sup>2</sup>	Оребрение:	Алюминий
Объем труб:	40.8 l	Потери давл. в "пауке":	0.7 bar
Шаг оребрения:	7.00 mm	Выход:	54.0 * 2.00 mm
Вес (пустой):	156 kg	Вход:	28.0 mm
Макс. рабочее давление:	32.0 bar	PED classification:	Категория I, module A
Размеры:			
Длина:	3377 mm		
Ширина:	623 mm		
Высота:	755 mm		

## Технічні характеристики повітроохолоджувача:

Испаритель (dx)	GACC RX 050.2/2-70.A (UI: 2225302M)		
Мощность:	19.6 kW (при $\Delta t = 8^{\circ}\text{C}$ / Ткип $-8^{\circ}\text{C}$ , R404a)		
Объемн. расход возд.:	13700 m <sup>3</sup> /h		
Скорость воздуха:	2.7 m/s		
Вентиляторы (AC):	2 Шт. 3~400V 50HzY/(--)		
Технические характеристики вент. узла:	Уровень звукового давления:	59 dB(A) в 3.0 m	
Скор. вращ.:	1390 min-1 / (--)	Уровень звуковой мощности:	81 dB(A)
Мощность (мех./эл.):	0.56 kW/0.75 kW	Струя воздуха:	около 23 m
Потребл. ток:	1.80 A	Иней:	0.0 mm
Общее потребл. эл. энергии:	1.23 kW	класс энергетич. эффективности:	D (2014)
Корпус: AIMg, Порошковое покрытие RAL 9003	Трубы:	Медь	
Площадь пов-ти:	60.5 m <sup>2</sup>	Оребрение:	Алюминий
Объем труб:	21.3 l	Потери давл. в "пауке":	0.8 bar
Шаг оребрения:	7.00 mm	Выход:	42.0 * 1.60 mm
Вес (пустой):	95 kg	Вход:	22.0 mm
Макс. рабочее давление:	32.0 bar	PED classification:	Категория I, module A
Размеры:			
Длина:	2377 mm		
Ширина:	623 mm		
Высота:	755 mm		

Повітроохолоджувачі у всіх камерах мають кубічні. Відтаювання всіх повітроохолоджувачів здійснюється за допомогою ТЕНів.

						00 КР.142.008.022.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			44

## 8.2 Підбір конденсатора

Визначаємо теплове навантаження на конденсатор за допомогою формули:

$$Q_{к д.} = Q_0 + N_i$$

$$Q_{к д.1} = 45,6 + 16 = 61,6 \text{кВт}$$

$$Q_{к д.2} = 52,6 + 16 = 68,6 \text{кВт}$$

$$Q_{к д.3} = 27,22 + 5,5 = 32,72 \text{кВт}$$

$$Q_{к д.4} = 25,21 + 5,5 = 30,71 \text{кВт}$$

Площа теплообмінної поверхні конденсатора становить:

$$F_{к д.1} = 61,6 / (35 \cdot 8) = 220 \text{м}^2$$

$$F_{к д.2} = 68,6 / (35 \cdot 8) = 245 \text{м}^2$$

$$F_{к д.3} = 32,72 / (35 \cdot 8) = 116,86 \text{м}^2$$

$$F_{к д.4} = 30,71 / (35 \cdot 8) = 109,7 \text{м}^2$$

Підбираємо повітряний конденсатор Guntner GVH 065.1B/3 з площею теплообмінної поверхні 251 м<sup>2</sup>.

Аналогічно здійснюємо підбір конденсаторів для решти. Результати розрахунків заносимо до табл. 8.2, а технічні характеристики підібраних конденсаторів до табл. 8.3

Табл. 8.2

№ камери	Призначення	$t_{\text{кам}}$ °C	$Q_{0б}$ кВт	$k$ Вт/м <sup>2</sup>	$\Delta t$ °C	$F_{\text{по}}$ м <sup>2</sup>
1	Яблуки	2	61,6	35	8	220
2	Груши	2	68,6	35	8	245
3	Лимони	12	32,72	35	8	116,86
4	Апельсини	12	30,71	35	8	109,7

Табл. 8.2

№ камери	Марка	$F_{\text{по}}$ м <sup>2</sup>	Крок ребер мм	Номинальний тепловий потік кВт	Об'єм труб дм <sup>3</sup>	Витрата повітря м <sup>3</sup> /год	Вентилятор	
							К-ть*D мм	Н <sub>ел</sub> кВт
1	GVH 065.1B/3	251	2,2	150	56	42830	3*400	0,68
2	GVH 065.1C/3	296	2,2	161,3	66	44770	3*400	0,72
3	GVH 065.1A/2	136	2,2	88,7	55	2650	2*400	0,42
4	GVH 065.1A/2	136	2,2	88,7	55	2650	2*400	0,42

### 8.3 Розрахунок та вибір допоміжного обладнання.

Підбір лінійного ресивера. Потрібний об'єм лінійних ресиверів для систем з нижньою подачею хладону у випарники визначається:

$$V_{\text{л.р.}} = 0,6 \cdot V_{\text{по}}$$

$V_{\text{по}}$  – внутрішній об'єм труб повітроохолодників

Ємкість повітроохолодників для камери яблук:

$$V_{\text{по}} = \sum V_i \cdot n = (34,5 \cdot 2) \cdot 10^{-3} = 0,069 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{л.р.}} = 0,6 \cdot 0,069 = 0,041 \text{ м}^3$$

Підбираємо один ресивер марки Bitzer F552T з загальним внутрішнім об'ємом 0,054 м<sup>3</sup>

Технічні характеристики ресивера Bitzer F552T:

- Внутрішній об'єм – 0,054 м<sup>3</sup>
- Габаритні розміри – 1665\*200\*299мм
- Маса – 41кг

Ємкість повітроохолодників для камери груш:

$$V_{\text{по}} = \sum V_i \cdot n = (40,8 \cdot 2) \cdot 10^{-3} = 0,082 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{л.р.}} = 0,6 \cdot 0,082 = 0,049 \text{ м}^3$$

Підбираємо один ресивер марки Bitzer F552T з загальним внутрішнім об'ємом 0,054 м<sup>3</sup>

Технічні характеристики ресивера Bitzer F552T:

										Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						46

- Внутрішній об'єм – 0,054 м<sup>3</sup>
- Габаритні розміри – 1665\*200\*299мм
- Маса – 41кг

Ємкість повітроохолодників для камери лимонів:

$$V_{\text{по}} = \sum V_i \cdot n = (21,3 \cdot 2) \cdot 10^{-3} = 0,043\text{м}^3$$

$$V_{\text{л.р.}} = 0,6 \cdot 0,043 = 0,026\text{м}^3$$

Підбираємо один ресивер марки Bitzer F302H з загальним внутрішнім об'ємом 0,03м<sup>3</sup>

Технічні характеристики ресивера Bitzer F302H:

- Внутрішній об'єм – 0,03 м<sup>3</sup>
- Габаритні розміри – 9455\*200\*293мм
- Маса – 23кг

Ємкість повітроохолодників для камери апельсинів:

$$V_{\text{по}} = \sum V_i \cdot n = (21,3 \cdot 2) \cdot 10^{-3} = 0,043\text{м}^3$$

$$V_{\text{л.р.}} = 0,6 \cdot 0,043 = 0,026\text{м}^3$$

Підбираємо один ресивер марки Bitzer F302H з загальним внутрішнім об'ємом 0,03м<sup>3</sup>

Технічні характеристики ресивера Bitzer F302H:

- Внутрішній об'єм – 0,03 м<sup>3</sup>
- Габаритні розміри – 9455\*200\*293мм
- Маса – 23кг

#### 8.4 Підбір мастиловіддільників

Мастиловіддільники підбираються відповідно до діаметра нагнітального трубопроводу компресорно-конденсаторного модуля (КМ) і встановлюються на лінії нагнітання після компресора.

Для поршневих компресорів Bitzer 4TES-12Y з діаметром 28 мм біля кожного компресора встановлюємо по одному інерційному масловіддільнику Alco Controls OSH-409.

					00 КР.142.008.022.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		47

Технічні характеристики мастиловіддільників:

	Розміри, мм			Об'єм, л
	D, мм	H, мм	d, мм	
OSH-409	102	369	28	3

Для поршневих компресорів Bitzer 2DES-3Y з діаметром 16 мм біля кожного компресора встановлюємо по одному інерційному масловіддільнику Alco Controls OSH-405.

Технічні характеристики мастиловіддільників:

	Розміри, мм			Об'єм, л
	D, мм	H, мм	d, мм	
OSH-405	102	297	16	2,4

## 9. Розрахунок діаметрів трубопроводів

Окремі компоненти холодильної установки з'єднуються між собою трубами. Внутрішній діаметр круглої труби визначається за формулою.

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot M \cdot v}{\pi \cdot \omega}}$$

Всмоктувальний трубопровід компресорів, які працюють при температурі кипіння хладагента +2°C:

$$M = 0,41 \text{ кг/с}$$

$$p = \frac{1}{v_1} = 23,81 \text{ кг/м}$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,41}{3,14 \cdot 23,81 \cdot 10}} = 0,047 \text{ м}$$

Приймаємо трубу  $d_{\text{вн}} = 54 \text{ мм}$

Нагнітальний трубопровід:

$$M = 0,41 \text{ кг/с}$$

$$p = \frac{1}{v_1} = 100 \text{ кг/м}$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,41}{3,14 \cdot 100 \cdot 10}} = 0,023 \text{ м}$$

Приймаємо трубу  $d_{\text{вн}} = 28 \text{ мм}$

Всмоктувальний трубопровід компресорів, які працюють при температурі кипіння хладагента +12°C:

$$M = 0,21 \text{ кг/с}$$

$$p = \frac{1}{v_1} = 32,26 \text{ кг/м}$$

					00 КР.142.008.022.ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Прокопенко А. А.			Проект холодопостачання фруктосховища місткістю 1500 т у м. Полтава	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Мирошник М. М.				49	70	
Рецензент						ХМ – 4 – 4		
Н. контр.								
Затверд.		Петренко В. П.						

$$d_{\text{BH}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,21}{3,14 \cdot 32,26 \cdot 10}} = 0,029\text{м}$$

Приймаємо трубу  $d_{\text{BH}} = 35\text{мм}$

Нагнітальний трубопровід:

$$M = 0,21 \text{ кг/с}$$

$$p = \frac{1}{v_1} = 100 \text{ кг/м}$$

$$d_{\text{BH}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,21}{3,14 \cdot 100 \cdot 10}} = 0,016\text{м}$$

Приймаємо трубу  $d_{\text{BH}} = 16\text{мм}$

					00 КР.142.008.022.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		50

## 10. Техніко-економічне обґрунтування

Місцерозташування міста надає відмінні можливості для спорудження фруктосховища, яке буде використовуватися як проміжний холодильник для тривалого зберігання між етапами заготівельних та розподільчих процесів.

Для отримання необхідного охолодження ми використовуємо децентралізовану схему з прямим охолодженням, яка складається з 4 установок. Ми використовуємо R404A як холодоагент, а тип холодильних установок - фреонові, одноступеневі, призначені для однієї температури кипіння. Компресори, в свою чергу, обираємо поршневі від фірми Bitzer. Повітроохолодники та повітряні конденсатори постачаються від фірми Güntner.

Порівняно з батарейним охолодженням, повітроохолодники є більш компактними, що зменшує займану площу, менш металоємні при однаковій холодопродуктивності. Повітряні конденсатори, зі свого боку, не потребують додаткового обладнання та ресурсів.

Використання фреонових холодильних установок дозволило зменшити загальну площу холодильника і, відповідно, капітальні витрати на будівництво.

При будівництві були використані металоконструкції як несучі елементи, а теплоізоляцію забезпечили сендвіч-панелі. Це є одним із найсучасніших методів будівництва, що забезпечує простоту, швидкість будівництва та високі експлуатаційні характеристики.

					00 КР.142.008.022.ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Прокопенко А. А.			Проект холодопостачання фруктосховища місткістю 1500 т у м. Полтава	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Мирошник М. М.					51	70
Рецензент						ХМ – 4 – 4		
Н. контр.								
Затверд.		Петренко В. П.						

## 11. Техніко-економічні показники

Метою економічного аналізу є визначення вартості будівництва холодильника, вартості холодильного обладнання, витрат на споживання енергії, витрат на оплату праці виробничого персоналу, розрахунок амортизаційних відрахувань, а також основних показників ефективності проекту.

При проектуванні фруктосховища виконуються наступні роботи:

- будівництво холодильника;
- зведення компресорних площадок;
- вибір та придбання холодильного обладнання;
- укомплектування штату виробничого персоналу холодильної установки;
- інші роботи.

### 11.1 Визначення кількості виробленого холоду:

$$Q = \sum Q_{\text{роб}} \cdot K_{\text{п}}$$

Де:

$K_{\text{п}}$  – перевідний коефіцієнт, що враховує нерівноцінність витрат на виробництво холоду при різних температурах кипіння;

$Q_{\text{роб}}$  – виробництво холоду при робочих умовах.

$$Q_{\text{роб}} = \frac{k \cdot Q_0 \cdot n}{4,187}$$

Де:

$k$  – коефіцієнт, що враховує втрати у трубопроводах;

$n$  – час роботи компресора (приймаємо по табл. 16.2, Свердлов, Явнель).

					00 КР.142.008.022.ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Прокопенко А. А.			Проект холодопостачання фруктосховища місткістю 1500 т у м. Полтава	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Мирошник М. М.				52	70	
Рецензент						ХМ – 4 – 4		
Н. контр.								
Затверд.		Петренко В. П.						

Приведена холодопродуктивність компресорного агрегату для камери зберігання яблук:

$$Q_{\text{роб}} = \frac{1,1 \cdot 45,6 \cdot 5400}{4,187} = 64692 \text{кВт}$$

$$Q = 64692 \cdot 0,76 = 49166 \text{кВт}$$

Приведена холодопродуктивність компресорного агрегату для камери зберігання груш:

$$Q_{\text{роб}} = \frac{1,1 \cdot 52,6 \cdot 5400}{4,187} = 74622 \text{кВт}$$

$$Q = 74622 \cdot 0,76 = 56713 \text{кВт}$$

Приведена холодопродуктивність компресорного агрегату для камери зберігання лимонів:

$$Q_{\text{роб}} = \frac{1,1 \cdot 27,22 \cdot 5400}{4,187} = 38616 \text{кВт}$$

$$Q = 38616 \cdot 0,62 = 23942 \text{кВт}$$

Приведена холодопродуктивність компресорного агрегату для камери зберігання апельсинів:

$$Q_{\text{роб}} = \frac{1,1 \cdot 25,21 \cdot 5400}{4,187} = 35765 \text{кВт}$$

$$Q = 35765 \cdot 0,62 = 22174 \text{кВт}$$

## 11.2 Замовна специфікація на обладнання

З врахуванням НДС загальна вартість обладнання буде складати – 2777 тис. грн

					00 КР.142.008.022.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		53

Табл 11.1 Заовна специфікація на обладнання

№	Назва обладнання	Виробник	Ціна, тис. грн	Вартість упаковки та транспортування, тис. грн	Кіл- сть, шт	Вартість, тис. грн
1	Компресор 4TES-12Y	Bitzer	130	5	2	265
2	Компресор 2DES-3Y	Bitzer	63	5	2	131
3	Конденсатор GVH 065.1B/3	Guntner	180	4	1	184
4	Конденсатор GVH 065.1C/3	Guntner	150	4	1	154
5	Конденсатор GVH 065.1A/2	Guntner	125	4	1	129
6	Конденсатор GVH 065.1A/2	Guntner	125	4	1	129
7	Повітроохолоджувач GACC RX 050.2/2SN	Guntner	153	3,5	2	309,5
8	Повітроохолоджувач GACC RX 050.2/3-70.A	Guntner	200	3,5	2	403,5
9	Повітроохолоджувач GACC RX 050.2/2-70.A	Guntner	150	3,5	2	303,5
10	Повітроохолоджувач GACC RX 050.2/2-70.A	Guntner	150	3,5	2	303,5
11	Ресивер Bitzer F552T	Bitzer	30	1	1	31
12	Ресивер Bitzer F552T	Bitzer	25	1	1	26
13	Ресивер Bitzer F302H	Bitzer	17	0,7	1	17,7
14	Ресивер Bitzer F302H	Bitzer	17	0,7	1	17,7
15	Масловіддільник OSH- 409	Alco	6	0,1	2	12,1
16	Масловіддільник OSH- 405	Alco	5	0,1	2	10,1
17	Система трубопроводів, арматури та автоматизації		30%	-	1	350
	<b>Разом</b>					<b>2777</b>

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

00 КР.142.008.022.ПЗ

Аркуш

54

### 11.3 Витрати на оплату електроенергії

За цією статтею розраховують витрати на електроенергію для приводів компресорів та вентиляторів, встановлених на основному холодильному обладнанні.

Річне споживання електроенергії визначається за формулою:

$$W = \sum N_e \cdot K_c \cdot n$$

Де:

$N_e$  – номінальна потужність двигуна, кВт;

$K_c$  – коефіцієнт використання;

$n$  – час роботи обладнання при робочих умовах, год.

Табл. 11.2 Розрахунки витрат електроенергії

№	Назва обладнання	Номінальна потужність, кВт	Час роботи, год	Кількість, шт	Спожита електроенергія, кВт·год
1	Компресор 4TES-12Y	14	5400	2	151200
2	Компресор 2DES-3Y	4,6	5400	2	49680
3	Повітроохолоджувач GACC RX 050.2/2SN	1,27	5400	2	13716
4	Повітроохолоджувач GACC RX 050.2/3-70.A	1,88	5400	3	30456
5	Повітроохолоджувач GACC RX 050.2/2-70.A	1,23	5400	2	13284
6	Повітроохолоджувач GACC RX 050.2/2-70.A	1,23	5400	2	13284
7	Конденсатор GVH 065.1B/3	0,68	5400	3	11016
8	Конденсатор GVH 065.1C/3	0,72	5400	3	11664
9	Конденсатор GVH 065.1A/2	0,42	5400	2	4536
10	Конденсатор GVH 065.1A/2	0,42	5400	2	4536
	<b>Разом</b>				<b>303372</b>

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

00 КР.142.008.022.ПЗ

Аркуш

55

Тариф оплати за електроенергію складає 4,32 грн./кВт·год. Тоді витрати на оплату електроенергії складатимуть:

$$303372 \cdot 4,32 = 1310,57 \text{ тис. грн.}$$

#### 11.4 Витрати на поповнення системи мастилом

Попри те, що після кожного компресора встановлено масловіддільники, мастило все ж таки потрапляє в систему. З часом мастило повертається до компресора, але частина його залишається в трубопроводах. Обсяг мастила, який необхідно додати в систему, залежить від її розміру. Передбачимо, що щороку будемо проводити заміну мастила в компресорах. Перше дозаправлення мастила дорівнюватиме об'єму мастила в компресорах.

Тоді 2 компресори Bitzer 4TES-12Y (2,6)

$$M = 2 \cdot 2,6 = 5,2 \text{ л}$$

2 компресори Bitzer 2DES-3Y (1,5)

$$M = 2 \cdot 1,5 = 3 \text{ л}$$

При ціні на мастило 599 грн/л, витрати на поповнення системи мастилом для компресорів складатиме – 4,9 тис. грн.

#### 11.5 Витрати на заробітну плату

Заробітну плату виробничих робітників розраховують для кожного розряду з урахуванням премій та доплат за роботу в нічний час і святкові дні.

Кількість робочого персоналу компресорного цеху визначається залежно від рівня автоматизації установки, кількості компресорів та їх загальної продуктивності.

При повній автоматизації фреонової холодильної установки з шістьма компресорами достатньо лише трьох машиністів.

Фонд додаткової заробітної плати:

$$\text{ФДЗП} = \text{ФОЗП} \cdot 0,08$$

$$\text{ФДЗП} = 121,8 \cdot 0,08 = 9,74 \text{ тис. грн}$$

Повний фонд заробітної плати:

$$\text{ФЗП} = \text{ФОЗП} + \text{ФДЗП}$$

$$\text{ФЗП} = 121,8 + 9,74 = 131,54 \text{ тис. грн}$$

					00 КР.142.008.022.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		56

Витрати на оплату праці робітників з нарахуваннями:

$$В_{ОПх} = 131,54 \cdot 0,3708 + 131,54 = 180,3 \text{ тис. грн}$$

Табл. 11.3 Фонд по сплаті основної заробітної плати

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 V розряду	14,1	3	240	643,2	10152	121,8
Разом						121,8

### 11.6 Амортизація обладнання

Амортизаційні відрахування на обладнання приймають 22%

$$В_{амор} = 2777 \cdot 0,22 = 610,94 \text{ тис. грн}$$

### 11.7 Витрати на поточні ремонти

Витрати на поточні ремонти розраховують як 50% від амортизаційних витрат

$$В_{поточні} = 610,94 \cdot 0,5 = 306 \text{ тис. грн}$$

### 11.8 Витрати на охорону праці

Фінансування заходів з охорони праці становить 0,2% від фонду оплати праці. Ці кошти використовуються для реалізації заходів з покращення умов праці, створення кращих побутових та соціальних умов на виробництві, підготовки підприємства до роботи, придбання засобів індивідуального захисту тощо.

$$В_{ОП} = 180,3 \cdot 0,002 = 0,36 \text{ тис. грн}$$

## 11.9 Інші витрати

Табл. 11.4 Собівартість одиниці виробленого холоду

Статті витрат	Значення показників, тис.грн
Електроенергія	1310,57
Масило	4,9
Оплата праці	180,3
Амортизація обладнання	610,94
Поточні ремонти	306
Охорона праці	0,36
Інші витрати	16,56
Разом	2429,63

## 11.10 Визначення цехової собівартості одиниці виробленого холоду

Собівартість стандартної одиниці виробленого холоду:

$$C = 2429,63 \cdot 10^3 / 151995 = 15,98 \text{ грн./ст. кВт} \cdot \text{год}$$

## 12. Охорона праці

### Сучасний стан охорони праці в Україні та за кордоном

У минулому проблема забезпечення безпечних та нешкідливих умов праці в Україні була дуже актуальною, про це свідчить статистика нещасних випадків. Десять-п'ятнадцять років тому кількість смертельних випадків на виробництві становила близько 4 тисяч людей, що на 1,6 рази більше, ніж зараз. Утримання цієї гіркої правди в таємниці, яка існувала у системі, призводило до бездіяльності та небажання вирішувати цю проблему з боку відповідальних осіб. На сьогоднішній день у нас ймовірність травматизму та професійних захворювань в 5-8 разів вища, ніж у інших промислово розвинених країнах Європейського союзу. Стан справ у сфері охорони праці залишається не задовільним. Проблема виробничого травматизму залишається дуже гострою, щорічно на виробництві травмується близько 50 тисяч людей, з них 1,5 тисячі гинуть, а понад 3,5 тисячі отримують професійні захворювання. Через непрацездатність втрачається 2,5-3 мільйона людино-днів щорічно, і середня тривалість непрацездатності кожної травми становить 25 людино-днів. Однак ці показники також не дають повної об'єктивної картини, оскільки ми маємо справу з систематичним спадом виробництва.

Окрім соціальних наслідків, забезпечення безпеки на робочому місці має значення і в економічному плані. Це включає підвищення продуктивності праці, зниження витрат на відсутність на роботі через хворобу, відшкодування за важкі умови праці і таке інше. За оцінками Німецької ради підприємців, наслідки нещасних випадків обходяться в 10 разів дорожче, ніж витрати на їх запобігання. Україна, з урахуванням низьких витрат на охорону праці, стикається з ще більшими втратами. За даними Міжнародної організації праці, економічні витрати, пов'язані з нещасними випадками, становлять 1% світового валового внутрішнього продукту.

					00 КР.142.008.022.ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Прокопенко А. А.			Проект холодопостачання фруктосховища місткістю 1500 т у м. Полтава	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Мирошник М. М.					59	70
Рецензент						ХМ – 4 – 4		
Н. контр.								
Затверд.		Петренко В. П.						

За ці кошти можна забезпечити харчування понад 75 мільйонам людей протягом року. Технічний прогрес часто викликає негативні наслідки у вигляді техногенних аварій та нещасних випадків. Статистика МОП показує постійне зростання кількості нещасних випадків на виробництві у світі, що становить близько 125 мільйонів щорічно. Рівень травматизму та професійних захворювань набагато вищий у країнах, що розвиваються, порівняно з промислово розвиненими державами. Наприклад, в країнах Європейського Союзу щорічно внаслідок нещасних випадків та професійних захворювань стають жертвами близько 10 мільйонів людей, із них майже 8 тисяч гинуть. В Україні щодня на виробництві середньо травмується 140-180 чоловік, з яких 20 стають інвалідами, а 4-5 втрачають життя.

За статистичними даними:

- Кожні 3 хвилини у світі внаслідок виробничих травм чи професійних захворювань помирає одна людина;
- В Україні через травми помирає одна людина кожні 5 годин;
- Кожної секунди у світі на виробництві травмується 4 людини;
- В Україні кожні 8 хвилин травмується одна людина;
- Кожного місяця у світі на виробництві травмується стільки людей, скільки становить населення Парижа.

Міжнародне бюро праці встановило, що у середньому в світі на 100 тисяч працюючих щорічно припадає приблизно 6 нещасних випадків зі смертельними наслідками. В Україні цей показник майже вдвічі вищий. Однак, варто відзначити, що стан охорони праці значно відрізняється за окремими галузями промисловості.

Вугільна промисловість в Україні є дуже травмонебезпечною. Наприклад, на кожний мільйон тон видобутого вугілля в середньому гине 5 шахтарів. У США цей показник набагато нижчий. Іноземні фахівці, що проводили

					00 КР.142.008.022.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		60

дослідження в Україні за програмою МОП, вказують на п'ять основних причин нещасних випадків зі смертельними наслідками: недостатньою підготовкою робітників та роботодавців з охорони праці; відсутністю належного контролю за станом безпеки на робочих місцях; недостатнім забезпеченням працюючих засобами індивідуального захисту; повільним впровадженням засобів колективної безпеки на підприємствах; та вичерпаністю засобів виробництва в деяких галузях промисловості (до 80%).

### **Класифікація шкідливих та небезпечних виробничих чинників**

Всі зміни, що відбуваються в сільській місцевості, призводять до різноманітних і складних навантажень. Останнім часом рівень професійних захворювань в Україні зросла з 1,2 до 1,9 осіб на 10 тисяч працюючих, збільшившись більше ніж на 1,5 рази. До 30% працівників сільського господарства опиняються під впливом підвищеного рівня шуму під час роботи, до 20% — вібрації, до 17% — високої запиленості, до 13% — загазованості, до 10% — високої температури повітря. Навіть на сучасних тракторах і сільськогосподарських машинах повітря в робочій зоні забруднено пилом, відпрацьованими газами, пестицидами, мінеральними добривами. У тваринницьких приміщеннях рівень шуму перевищує допустимий на 3-10 дБ, швидкість руху повітря — у 1,2-1,6 разу, вміст аміаку — до 5 разів, концентрація пилу — у 3-10 разів, вміст у повітрі антибіотиків, що використовують як стимулятори росту — у 5-7 разів, кількість мікроорганізмів коливається від 20 тисяч до 1 мільйона в 1 м<sup>3</sup> повітря. Негативну дію шкідливих факторів виробничого середовища на здоров'я працівників і їх спричинені професійні захворювання можна поділити на п'ять груп:

1. Захворювання, спричинені фізичними факторами (температурні зміни, мікроклімат, шум, вібрація тощо).
2. Захворювання, зумовлені хімічними факторами органічного походження.

					00 КР.142.008.022.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		61

3. Захворювання, викликані біологічними факторами.

4. Захворювання внаслідок психофізіологічних негативних чинників (фізичне напруження, монотонні, часто повторювані рухи, неприродні пози).

5. Захворювання шкіри алергійного та неалергійного характеру.

Фізичні фактори включають в себе:

- рухомість машин та механізмів;
- небезпечні рухомі елементи виробничого устаткування, пересувні вироби, заготовки та матеріали;
- підвищена запиленість та загазованість повітря у робочій зоні;
- підвищена або знижена температура поверхонь матеріалів;
- підвищена або знижена температура повітря у робочій зоні;
- підвищений рівень шуму, вібрації, інфразвукових коливань та ультразвуку;
- підвищений або знижений барометричний тиск у робочій зоні та його різка зміна;
- підвищена або знижена вологість повітря, його рухомість та іонізація;
- підвищений рівень іонізуючих випромінювань у робочій зоні;
- небезпечний рівень напруги у електричному ланцюзі, можливе замикання через тіло людини;
- підвищена напруженість електричного та магнітного поля;
- відсутність або недостатнє природне освітлення;
- недостатня освітленість у робочій зоні;
- підвищена яскравість світла та пульсація світлового потоку;
- пряма та відбита блискучість;

					00 КР.142.008.022.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		62

- підвищений рівень ультрафіолетової та інфрачервоної радіації.

Група хімічних факторів може бути розділена на наступні підгрупи:

- Загально-токсичні речовини, які впливають на центральну нервову систему, кров та інші органи (наприклад, сірководень, бензол, спирти).

- Подразнюючі речовини, які викликають подразнення слизових оболонок та шкіри (наприклад, пари лугів, кислот).

- Сенсibiliзуючі речовини, що збільшують чутливість організму та можуть викликати алергічні реакції (наприклад, ртуть, альдегіди).

- Канцерогенні речовини, які спричиняють розвиток ракових пухлин (наприклад, сажа, дьоготь).

- Мутагенні речовини, які впливають на генетичний матеріал (наприклад, сполука ртуті та свинцю).

Ці речовини можуть потрапляти в організм через дихальні шляхи, шлунково-кишковий тракт або шкіру.

До групи біологічних шкідливих факторів відносяться мікроорганізми, бактерії, віруси, які можуть викликати захворювання у працюючих.

Психофізіологічні шкідливі фактори включають фізичні та нервово-психічні перевантаження, що виникають внаслідок розумової перенапруги, монотонності праці та емоційних факторів.

У разі недостатньої уваги до організації праці та недостатніх заходів профілактики виробничі отруйні речовини можуть серйозно впливати на здоров'я людини, спричиняючи гострі або хронічні отруєння та професійні захворювання. Гостра форма захворювань виникає при короткостроковому впливі високих концентрацій шкідливих речовин, тоді як хронічна форма спостерігається при довготривалому впливі навіть невеликих концентрацій, які можуть накопичуватись в організмі з часом.

					00 КР.142.008.022.ПЗ	Архив
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		63

Отруєння шкідливими речовинами стає можливим лише у випадку перевищення гранично допустимих концентрацій (ГДК) цих речовин у повітрі робочого середовища. ГДК встановлюються на рівні, який не дозволяє викликати захворювання або відхилення від норми як у період роботи, так і пізніше у житті. При цьому важливо враховувати, що у виробничому середовищі можуть діяти декілька шкідливих факторів, які можуть посилювати один одного або компенсувати свій вплив, що в свою чергу може негативно вплинути на здоров'я працівників. Отже, правильно організований трудовий процес повинен мінімізувати вплив шкідливих факторів на здоров'я працівників з точки зору санітарії та гігієни.

Табл. 12.1 ГДК шкідливих газів

Речовина	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	Речовина	ГДК, мг/м <sup>3</sup>
<b>Гази та пара</b>			
Акролеїн	0,2	Луги їдкі (розчини в перерахунку на NaOH)	0,5
Амілацетат	100	Металева ртуть	0,01
Аміак	20	Окиси азоту (NO <sub>2</sub> , NO)	2
Ацетон	200	Сірчаний водень	10
Бензин та гас (в перерахунку на С)	300	Сірчаний ангідрид	1
Бензол	5	Скипидар (в перерахунку на С)	300
Вуглецю оксид	20	Сода кальцинована	2
Вуглецю діоксид	9000	Спирт метиловий	5
Вуглець чотирихлористий	20	Спирт етиловий	1000
Дихлоретан	10	Толуол	50
Кислота сірчана	1	Уайт-спірит (в перерахунку на С)	300
Кислота соляна	5	Хлору діоксид	0,1
Кислота оцтова	5	Ефір етиловий	300
Ксилол	50	Ефір диетиловий	300
<b>Пил</b>			
Зерновий	4	Тютюновий	3
Вапняковий	6	Цукровий	10
Борошняний	6	Рослинний, тваринний з вмістом SiO <sub>2</sub> : більше 10% в межах 2–10% менше 2%	2 4 6
Крохмальний	6		
Вугільний (коксівий та сланцевий)	6		
Вугільний (з доміш- ком SiO <sub>2</sub> , до 2%)	10		

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

00 КР.142.008.022.ПЗ

Аркуш

64

## **Організація роботи служби охорони праці**

Робота служби охорони праці на підприємстві повинна відповідати затвердженому плану та графікам обстежень, що визначаються керівництвом підприємства. Вони співпрацюють з іншими структурними підрозділами, службами та фахівцями, а також з представниками профспілок або, якщо такі відсутні, з уповноваженими найманими працівниками з питань охорони праці.

## **Громадський контроль за станом охорони праці в організації**

Громадський контроль за дотриманням вимог законодавства з охорони праці на підприємстві забезпечується шляхом обрання уповноважених трудового колективу. Їх діяльність регулюється типовим положенням та внутрішнім положенням, яке затверджується загальними зборами трудового колективу.

Уповноважені трудового колективу обираються простою більшістю голосів на загальних зборах. Вони не можуть бути особами, які відповідають за організацію безпечних умов праці згідно з посадовими обов'язками (наприклад, майстри або начальники дільниць). Уповноважені мають право перевіряти дотримання вимог щодо охорони праці на підприємстві і вносити пропозиції щодо усунення виявлених порушень нормативно-правових актів з безпеки та гігієни праці, які є обов'язковими для розгляду керівництвом підприємства.

Уповноважені з питань охорони праці беруть активну участь у розслідуванні нещасних випадків та професійних захворювань на виробництві, особливо якщо потерпілий не є членом профспілки. Для виконання цих функцій роботодавець забезпечує їх навчання та звільнення від роботи на певний строк, зберігаючи за ними середній заробіток. Притягнення їх до дисциплінарної або матеріальної відповідальності можливе лише за їхньою згодою, визначеною у колективному договорі.

					00 КР.142.008.022.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		65

Чисельність уповноважених визначається на загальних зборах трудового колективу кожного виробничого підрозділу. Вони можуть одночасно бути представниками профспілок з питань охорони праці, а їх обов'язки можуть передаватися на громадських інспекторів з охорони праці профспілки.

У ситуаціях, коли на робочих місцях створюється загроза для життя або здоров'я працівників, уповноважені мають право вимагати припинення роботи. Якщо вони вважають, що запропоновані профілактичні заходи недостатні, вони можуть звернутися до органів державного нагляду за охороною праці.

Уповноважені також мають право вносити пропозиції щодо притягнення до відповідальності працівників, які порушують нормативні акти про охорону праці.

### **Комісія з питань охорони праці підприємства**

На підприємстві може створюватися Комісія з питань охорони праці, яка має за мету забезпечити участь працівників у вирішенні питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища. Ця комісія є консультативно-дорадчим органом трудового колективу та власника або уповноваженого ним органу. Вона створюється на підприємствах, де працює 50 або більше чоловік, незалежно від форми власності та виду діяльності. Комісія залучає представників власника та трудового колективу, включаючи працівників і профспілки, для спільного вирішення питань, що виникають у сфері охорони праці на підприємстві.

Комісія з питань охорони праці складається з представників роботодавця, професійної спілки і уповноважених найманими працівниками, а також спеціалістів з безпеки, гігієни праці та інших служб підприємства, згідно з типовим положенням, що затверджується відповідним центральним органом виконавчої влади. Рішення про створення комісії, її склад і строк повноважень приймається трудовим колективом на загальних зборах за поданням власника,

					00 КР.142.008.022.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		66

органу трудового колективу та профспілкового комітету. Затвердження Положення про комісію здійснюється також на загальних зборах. Комісія формується з представників власника та трудового колективу, включаючи спеціалістів і працівників різних професій та профспілкових комітетів. У своїй роботі комісія керується законодавством про працю, нормативними актами з охорони праці та власним положенням. Вона займається аналізом умов праці, розробляє рекомендації щодо запобігання травматизму та професійних захворювань, виробляє пропозиції щодо удосконалення політики в області охорони праці та включення питань безпеки праці до колективного договору.

Комісія має право:

- Звертатися до власника або до уповноваженого ним органу, самоврядування трудового колективу, профспілкового комітету з пропозиціями щодо регулювання відносин у сфері охорони праці.

- Створювати робочі групи для вироблення узгоджених питань охорони праці залучаючи фахівців та інспекторів за договірною основою.

- Отримувати інформацію від працівників, служб підприємства та профспілкового комітету, необхідну для виконання своїх функцій.

- Встановлювати ступінь вини у нещасних випадках та контролювати дотримання вимог охорони праці безпосередньо на робочих місцях. Виконання відповідних програм і колективних договорів означає, що члени комісії мають право вільного доступу на всі ділянки виробництва для обговорення питань охорони праці з працівниками.

Комісія може також делегувати своїх представників для участі у розв'язанні конфліктів, пов'язаних з відмовою працівника виконувати доручену роботу через небезпеку для його здоров'я або життя, а також у обговоренні питань охорони праці з власником або уповноваженим ним органом, профспілковим комітетом чи органом самоврядування.

					00 КР.142.008.022.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		67

Члени комісії виконують свої обов'язки переважно на громадських засадах і можуть звільнитися від основної роботи на певний термін зберігаючи середній заробіток відповідно до колективного договору.

Робота комісії базується на планах, які вона розробляє на певний період і затверджує сама. Рішення комісії оформляються протоколами і мають рекомендаційний характер, а впроваджуються у життя через накази власника. При незгоді власника з рекомендаціями комісії, він має право надати аргументовану відповідь.

Комісія звітує про свою роботу на загальних зборах трудового колективу не рідше одного разу на рік.

### **Робоча речовина R404A**

Цей холодильний хладон, R404A, використовується для як побутових, так і промислових холодильників і кондиціонерів. Це відносно нова суміш, створена для заміни холодоагенту R-502 і R-22. Суміш містить R125 / R143A / R134A у співвідношенні 44/52/4 масових часток відповідно. Її температурний діапазон дуже малий - менше 0,5 К. Це дозволяє підвищити продуктивність холодильного обладнання на 4-5% і знизити температуру нагнітання всередині компресора порівняно зі стандартним холодоагентом R502.

Проте це можливо лише в певних умовах експлуатації обладнання. Початково R404A використовувався тільки в новому обладнанні, призначеному для середніх і низьких температур кипіння. Сьогодні він також застосовується як заміна R502 у вже існуючих системах, вимагаючи при цьому заміну масел і фільтрів-осушувачів.

Будь-які зміни в складі суміші R404A, яка циркулює в холодильній системі, можуть погіршити її характеристики, особливо в системах з ресивером або при великих довжинах комунікаційних ліній.

					00 КР.142.008.022.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		68

Одним з компонентів R404A є R143A, який при певних умовах стає паливим. Це робить його небезпечним при нагріванні, особливо за високих тисків. Тому важливо уникати змішування цього холодоагенту з повітрям або допускати високий тиск повітря в системі, оскільки це може призвести до пожежі або вибуху.

					00 КР.142.008.022.ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		69

## Список використаної літератури

1) Плодоовочесховища: проектування, оптимізація, розрахунки [Текст]: підручник / М. Г. Хмельнюк, В. П. Кочетов, А. В. Форсюк, Н. В. Жихарева ; під заг. ред. М. Г. Хмельнюка ; Одес. нац. акад. харч. технологій, Нац. ун-т харч. технологій. — Одеса : Бондаренко М. О., 2018. — 228 с.

2) Явнель Б.К. "Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха". М.: «Агропромиздат», 1989-223с.

3) Холодильні машини [Електронний ресурс]: курс лекцій (частина 1. Компресори холодильних машин) для студ. освітнього ступеня "Бакалавр" спеціальності 142 "Енергетичне машинобудування" ден. та заоч. форм навч./уклад. А.В.Форсюк. – К.: НУХТ, 2016. – Ч I. – К.: НУХТ, 2016.– 160с.

4) Холодильні машини: [Електронний ресурс] метод. рекомендації до викон. курсового проекту на тему: "Проект комплексної холодильної машини" для студ. освітнього ступеня "Бакалавр" спеціальності 142 "Енергетичне машинобудування" денної та заоч. форм навчання /уклад. А.В.Форсюк. – К.: НУХТ, 2018. – 26 с.

5) Форсюк А.В. Холодильні машини [Електронний ресурс]: курс лекцій (частина III. Допоміжне обладнання холодильних машин) для здобувачів освітнього ступеня "бакалавр" спеціальності 142 "Енергетичне машинобудування" освітньо-професійної програми "Холодильні машини і установки" ден. та заоч. форм навч. / А.В.Форсюк. – К.: НУХТ, 2019. – Ч III. – К.: НУХТ, 2019.– 54 с.

6) Інтернет <https://holodprom.com.ua/>

7) Інтернет <https://pholod.com.ua/>