

**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) (прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

**«До захисту допущено»**  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Валентин ПЕТРЕНКО  
(підпис) (прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТР**

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

на тему: \_\_\_\_\_ Проект холодильника фруктосховища місткістю 3600 т. у м. Сміла  
з порівняльним аналізом роботи ХУ на базі різних схемних рішень

Виконав: здобувач  2  курсу, групи  ХМ-2-9М

\_\_\_\_\_ Шабала Артем Сергійович  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник \_\_\_\_\_ Рябчук Олександр Миколайович  
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали) (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали) (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали) (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 – 2024 р.

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім.акад. І.С.Гулого

Кафедра теплоенергетики та холодильної техніки

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 142 Енергетичне машинобудування  
(код і назва)

Освітньо-професійна програма Холодильні техніка та технології

(назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри ТЕХТ  
проф. Петренко В.П.

«01» жовтня 2024р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Шабали Артема Сергійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект холодильника фруктосховища місткістю 3600 т. у м.Сміла з порівняльним аналізом роботи ХУ на базі різних схемних рішень

керівник роботи Рябчук Олександр Миколайович,  
( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від № 859-кс від 01.10.2024

2. Строк подання здобувачем роботи 06.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи передбачити камери для зберігання продукції, місткість камер холодильника 3600 т. Теплоізоляційні конструкції ППУ  
Тип продукту зберігання яблука, груші, персики, апельсини.

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 фруктосховища

2. Схема холодильної установки



## Анотація

В даному дипломному проєкті був розроблений проєкт холодильника фруктосховища місткістю 3600 тон у м. Сміла. В проєкті виконаний підбір необхідного холодильного обладнання для умов експлуатації даного холодильника та розроблена холодильна схема. Розроблений проєкт отримав максимальну енерго-ефективність та досяг необхідного ефекту в отриманні штучного холоду при мінімальних капітальних та експлуатаційних затратах. А також в проєкті наведений повний розрахунок та опис технології холодопостачання під час зберігання продукції в охолодженому вигляді, також приведений детальний підбір основного та допоміжного обладнання холодильної установки. Даний диплом містить такі розділи: "Технологічна схема", "Розрахунок холодильника", "Техніко-економічні показники " та "Охорона праці". В дипломному проєкті враховані новітні досягнення в об'ємнопланувальних та конструктивних рішеннях холодильних установок і схем охолодження. У цей проєкт було задіяне таке програмне забезпечення як: "Microsoft Office 2016" та "Mathcad 14", креслення та схеми до проєкту виконанні за допомогою "AutoCAD 2022".

В графічній частині представлені креслення схеми трубопроводів, а також план та розріз фруктосховища холодильника.

**Ключові слова:** фруктосховище, охолодження, зберігання охолоджених фруктів, холодоагент, економічні показники, теплоізоляції.

					ООКР.142.003.697.2024.	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

## Annotation

In this diploma project, a project of a fruit storage refrigerator with a capacity of 3,600 tons in the city of Courageous In the project, the selection of the necessary refrigerating equipment for the operating conditions of this refrigerator was carried out and the refrigerating circuit was developed. The developed project achieved maximum energy efficiency and achieved the necessary effect in obtaining artificial cold with minimal capital and operating costs. Also, the project provides a complete calculation and description of the technology of cold supply during the storage of products in a chilled form, as well as a detailed selection of the main and auxiliary equipment of the refrigeration plant. This diploma contains the following sections: "Technological diagram", "Calculation of the refrigerator", "Technical and economic indicators" and "Occupational safety". The diploma project takes into account the latest achievements in spatial planning and constructive solutions of refrigerating plants and cooling schemes. This project involved such software as: "Microsoft Office 2016" and "Mathcad 14", drawings and schemes for the project were executed using "AutoCAD 2022".

The graphic part presents the drawings of the piping scheme, as well as the plan and section of the fruit storage of the refrigerator.

Key words: fruit storage, cooling, storage chilled fruits, refrigerant, economic indicators, thermal insulation.

					00KP.142.003.697.2024.	Арк. 5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Зміст

Вступ.....	7
1. Розробка технологічної схеми холодильного оброблення продукції .....	9
2. Об'ємно-планувальне рішення будови холодильника .....	13
3. Теплоізоляційні конструкції холодильника.....	18
4. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень .....	22
5. Визначення навантаження на обладнання камер та компресор....	30
6. Розрахунок та оцінка схемних рішень з використанням різних холодоагентів. Тепловий розрахунок холодильної машини. Вибір компресорів.....	33
7. Розрахунок та підбір теплообмінних апаратів .....	51
8. Розрахунок діаметрів трубопроводів.....	59
9. Техніко-економічне обґрунтування.....	61
10. Техніко-економічні показники.....	63
11. Охорона праці.....	70
Список використаної літератури.....	85

					00КР.142.003.697.2024.	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

## Вступ

В умовах сучасного агрокомплексу особливу увагу слід приділяти ефективному зберіганню сільськогосподарської продукції, особливо плодів та овочів, які є важливими елементами харчування населення та мають велике економічне значення. Сміла, місто з багатими традиціями у вирощуванні фруктів та овочів, потребує створення відповідної інфраструктури для збереження та переробки сільськогосподарської продукції. Проект холодильника фруктосховища є невід'ємною частиною забезпечення стабільності постачання свіжих продуктів на ринок, а також підвищення конкурентоспроможності товарів. Сучасні технології зберігання дозволяють суттєво подовжити терміни придатності сільськогосподарської продукції, зберігаючи її поживні властивості та смакові якості. У даній роботі пропонується розробка проекту холодильника фруктосховища місткістю 3600 тонн у м. Сміла. Основними цілями цього проекту є визначення оптимальних технологічних рішень для зберігання фруктів, аналіз економічної доцільності та створення інвестиційного плану, що дозволить реалізувати даний проект на практиці. Реалізація проекту не лише сприятиме збереженню сільськогосподарської продукції, але й забезпечить додаткові робочі місця, фінансову вигоду для місцевих фермерів і покращення економічної ситуації в регіоні.

Отже, будівництво нових та вдосконалених сховищ із застосуванням новітніх технологій у сфері будівництва та холодильного обладнання є перспективним напрямком. Процес зберігання плодів вимагає будівництва якісних холодильних систем та використання різних технологій охолодження.

Для ефективного зберігання овочів і фруктів важливо створити безперервний холодильний цикл. Це дозволить забезпечити оптимальні умови для зберігання продукції на всіх етапах — від місця збору продукції до місця кінцевого надходження.

					ООКР.142.003.697.2024.	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При проектуванні холодильного приміщення для фруктів основними завданнями є:

- вибір оптимального температурного режиму для зберігання фруктів,
- визначення розмірів приміщення,
- розроблення плану розміщення холодильної техніки,
- вибір відповідних ізоляційних і будівельних матеріалів,
- також вибір типу системи охолодження.

В проекті були використані сучасні та перевірені роками теплоізоляційні матеріали з високою ефективністю для забезпечення оптимальних умов зберігання фруктів, а також холодильна техніка, яка забезпечить стабільне підтримання потрібної температури в приміщенні.

					00КР.142.003.697.2024.	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

# 1. Розробка технологічної схеми холодильного оброблення продукції

Холодильник для зберігання фруктів розташований у м. Сміла. Фрукти транспортуються до фруктосховища безпосередньо із заготівельних холодильників, відібрані гарної якості, фасовані та попередньо охолоджені .

Температури фруктів:

- Яблука 0-4°C [1];
- Груші 0-3°C [2];
- Персики -1-2°C [3];
- Апельсини 0-5°C [4];

При загрузці, перевозці та розвантаженні дана продукція нагрівається на 1-2°C. Яблука та груші доставляються в однакових дерев'яних (розбірних) контейнерах розмірами: 1200x1600x1000мм. місткістю 1000 кг[8]. Для кращого зберігання продукції використовуються зимові сорти яблук та груш, які заготовляються з середини вересня до початку жовтня.



Рис. 1.1 Ящик для зберігання яблук та груш

					<b>00KP.142.003.697.2024.</b>			
<b>Змн.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>				
Розробив		Шабала А.С.			Проект холодильника фруктосховища місткістю 3600 т. у м. Сміла з порівняльним аналізом роботи ХУ на базі різних схемних рішень.	<b>Літ.</b>	<b>Арк.</b>	<b>Аркушів</b>
Перевірів		Рябчук О.М.						9
Рецензент						<b>НУХТ, ННІТІ, ТЕХТ</b>		
Н. Контр.								
Затвердив		Петренко В.П.						

Персики транспортують у пластиковій тарі, в даному випадку це ящики розміром 600х400х170мм місткістю 17 кг[6] на піддонах розміром: 1200х800х144, поміщуємо по 4 ящика по площі піддону та 9 по висоті. Розміщуються на піддонах на стелажах [7] висотою у 4 поверхи.



*Рис 1.2 Ящик для зберігання персиків.*

Апельсини надходять у пластиковій тарі здебільшого це ящики розміром 600х400х260мм місткість яких 24 кг[6] вони знаходяться на піддонах розміром: 1200х800х144, розміщуємо по 4 ящика в один ярус площі піддону та 6 по висоті. Вони розміщуються на стелажах[7] у 4 поверхи.



*Рис 1.2 Ящик для зберігання апельсинів*

					00КР.142.003.697.2024.	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Фрукти після тарування та комплектації відразу відправляються в камери зберігання.

В даному фруктосховищі застосовуємо контейнерний та стелажний тип зберігання продукції, з дотриманням відповідних технологічних норм. Відступ контейнерів і стелажів від стін та колон становить 300 мм. Відстані між самими контейнерами 100мм. Відстань від стелі до стелажів становить 800мм. В камерах передбачений проїзд для електрокар та рокл. В камерах зберігання продукції біля воріт передбачене місце для розвороту кар.

Наведені параметри повітря в камерах зберігання в таблиці 1.

Таблиця 1

Вид продукту	Температура, °С	Вологість φ, %	Максимальний термін зберігання, міс
Яблука	2	90...95	6
Груші	2	90...95	4
Персики	0	90...95	4
Апельсини	2	85...90	4

Для покращення праці та швидкого розвантаження та загрузки в фруктосховищі користуються електро навантажувачами Hyundai 35B7[5].

Його основні характеристики:

Модель	35B-7
Центр завантаження, мм	500
Міжстелажний прохід, мм	3 000
Тип палива	Електро
Вантажопідйомність кари, кг	3 500
Висота підйому кари, мм	7000



*Рис 1.3 Електро навантажувач*

В даному фруктосховищі знаходитиметься 6 електро навантажувачів.

Після закінчення встановленого терміну зберігання фруктів, вони транспортуються до споживача за допомогою автомобільних рефрижераторів, які забезпечують необхідні умови для збереження свіжості продукту. Цей процес відбувається через спеціалізовану автомобільну платформу, що дозволяє швидко завантажити продукт, не втрачаючи температурного режиму. Це, в свою чергу, забезпечує збереження якості та свіжості фруктів під час транспортування. Якісна логістика є ключовим чинником для успішної реалізації продукції на ринку, адже споживачі завжди очікують отримати свіжі та якісні фрукти.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00КР.142.003.697.2024.

Арк.

12

## 2. Об'ємно-планувальне рішення будови

### ХОЛОДИЛЬНИКА

#### 2.1. Генеральний план будівлі холодильника.

Фруктосховище складається із таких основних частин. Зображених на рисунку (Рис 2.1):

- будівля холодильника (охолоджувальні приміщення);
- службові приміщення;
- транспортні платформи холодильника ;
- адміністративна будівля;
- КПП ( автовагова).

У плані забудови передбачено щільність забудови не більше 50%. Планом також забезпечено під'їзд автомобілів до авто платформи, ширина якої становить 30 метрів для зручності та маневреності автомобілів . На території підприємства будуть прокладені прохідні зони та вагова станція, які обладнані вагами для авто на 10 та 30 тон. Це обладнання дозволяє ефективно контролювати вантажі, що надходять і виходять, та забезпечує раціональну організацію логістичних процесів. Такий підхід сприяє покращенню обслуговування клієнтів та оптимізації завантаження, що в свою чергу забезпечує безперервність та ефективність обігу товарів.

					<b>00КР.142.003.697.2024.</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Проект холодильника фруктосховища місткістю 3600 т. у м. Сміла з порівняльним аналізом роботи ХУ на базі різних схемних рішень.	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>	<i>Шабала А.С.</i>							13
<i>Перевірив</i>	<i>Рябчук О.М.</i>							
<i>Рецензент</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затвердив</i>	<i>Петренко В.П.</i>					<b>НУХТ, ННІТІ, ТЕХТ</b>		

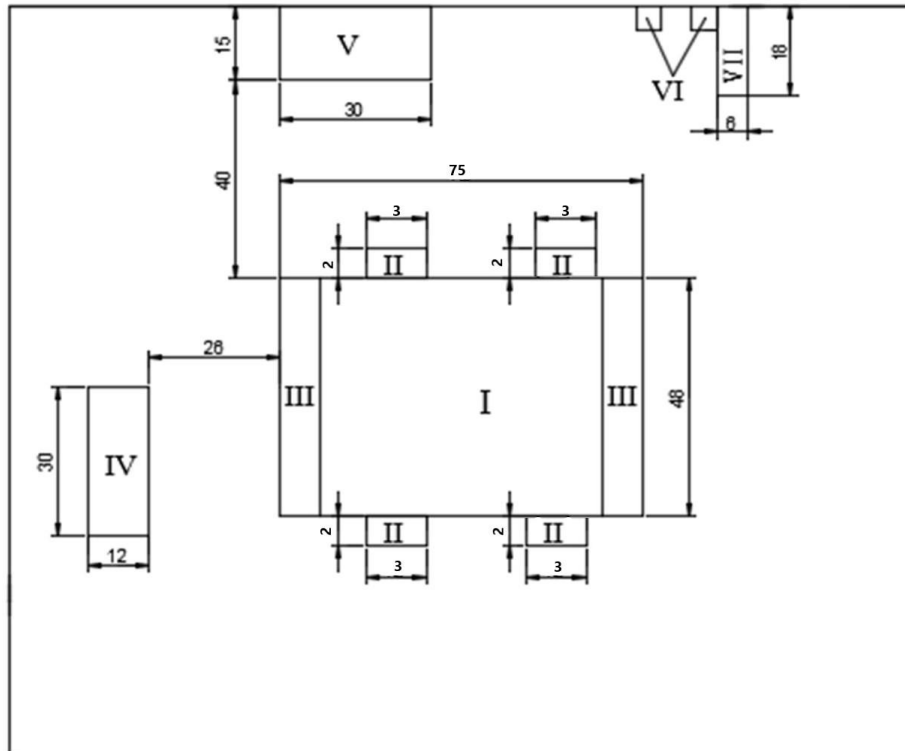


Рис.2.1.1. Генплан будівлі холодильника.

I – основна будівля камер холодильника.

II – накриття для розміщення холодильних установок.

III – автомобільна платформа.

IV – службові приміщення.

V – адміністративна будівля.

VI – КПП.

VII – автомобільна вагова.

					00КР.142.003.697.2024.	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

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

Фруктосховище буде розроблено та спроектовано, як одноповерхове спорудження. Через його невелику площу та щоб зменшити його теплопритоки. Всі камери даного холодильника будуть розташовані в одному блоці.

Щоб спроектувати холодильник розробимо сітку з колон розмірами 24х6 м. Відстань між підлогою та стелею приміщення холодильника становитиме 7,2 метра [6].

Підберемо основні розміри та місткості холодильних камер за допомогою графічного методу.

Для цього визначимо фактичну місткість камер. На плані холодильника позначимо схематичне компонування контейнерів у камерах. Яблука (Рис.2.2.1.), груші (Рис.2.2.2.), персики (Рис.2.2.3.) та апельсини (Рис.2.2.4.). Будівля (камера) зберігання яблук та груш розміром - 24х36 м, для персиків розмір камери - 24х30 м та для апельсинів – 18х30 м.

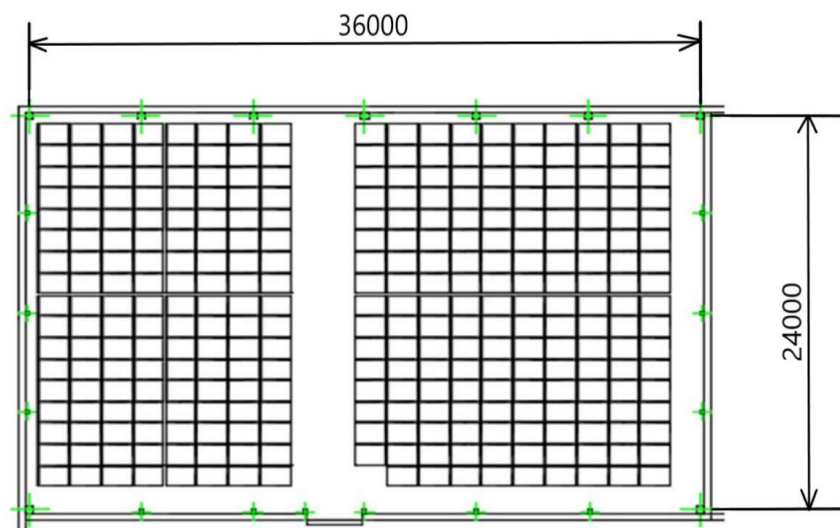
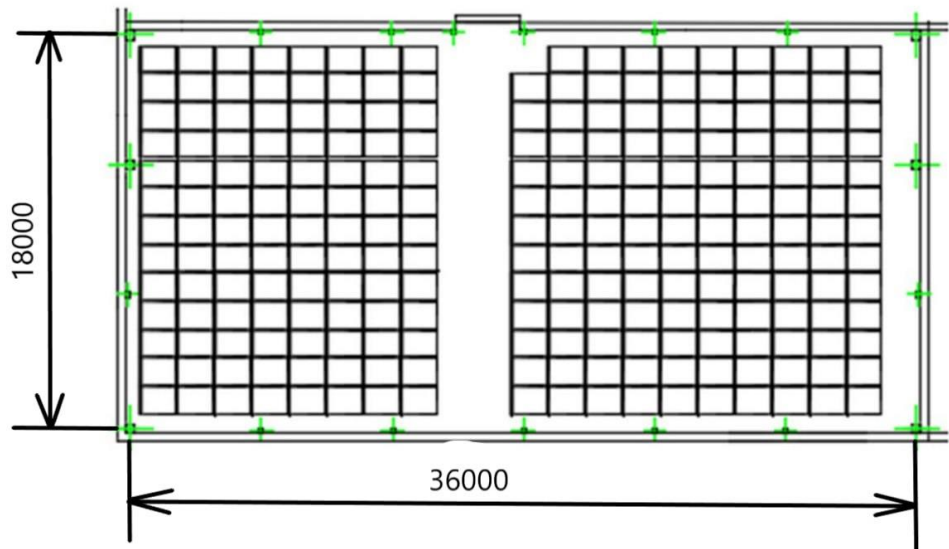


Рис.2.2.1. Розташування піддонів у камері для зберігання яблук.

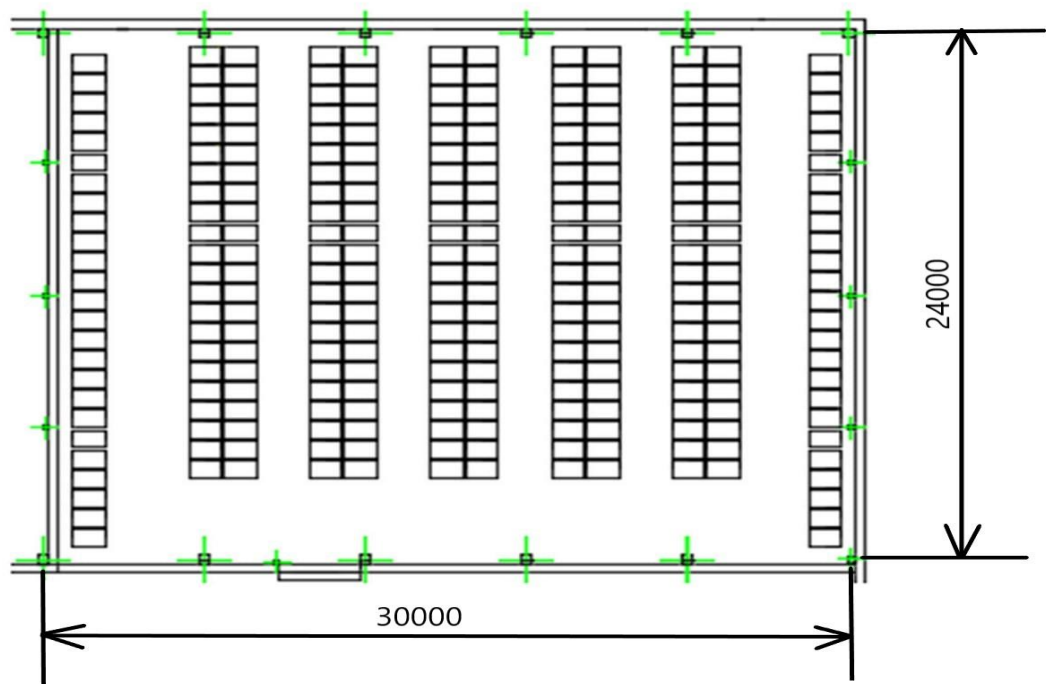
Зробивши висновки з даного розміщення піддонів у камері ми можемо розмістити 1220 контейнерів, маса яких складатиме 1220 т.

					00КР.142.003.697.2024.	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15



*Рис.2.2.2. Розміщення піддонів у камері для зберігання груш.*

Зробивши висновки з даного розміщення піддонів у камері ми можемо розмістити 812 контейнерів, маса яких складатиме 812 т.



*Рис.2.2.3. Розміщення піддонів у камерах для зберігання персиків.*

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00КР.142.003.697.2024.

Арк.

16

Зробивши висновки з даного розміщення піддонів у камері ми можемо розмістити 56 000 контейнерів, маса яких складатиме 784 т.

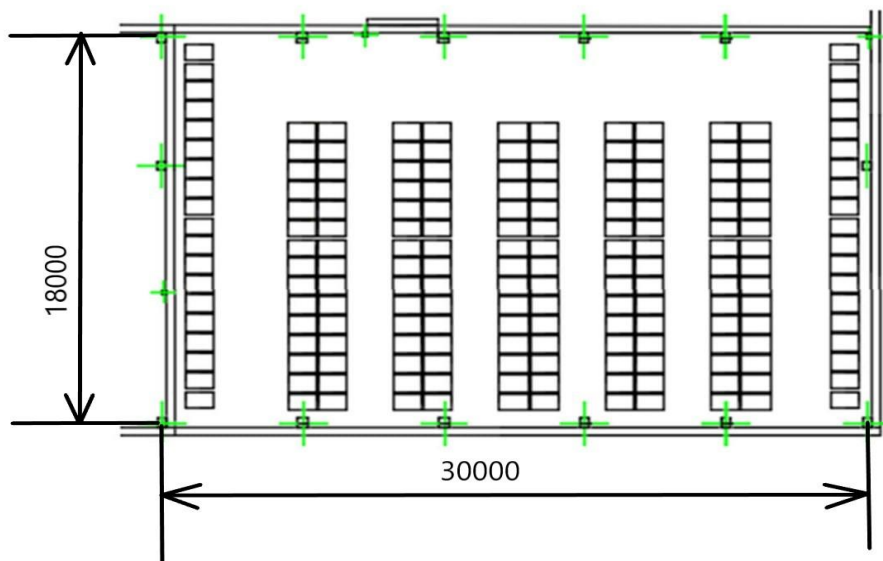


Рис.2.2.4. Розміщення піддонів у камерах для зберігання апельсинів.

Зробивши висновки з даного розміщення піддонів у камері ми можемо розмістити 32 666 контейнерів, маса яких складатиме 784 т.

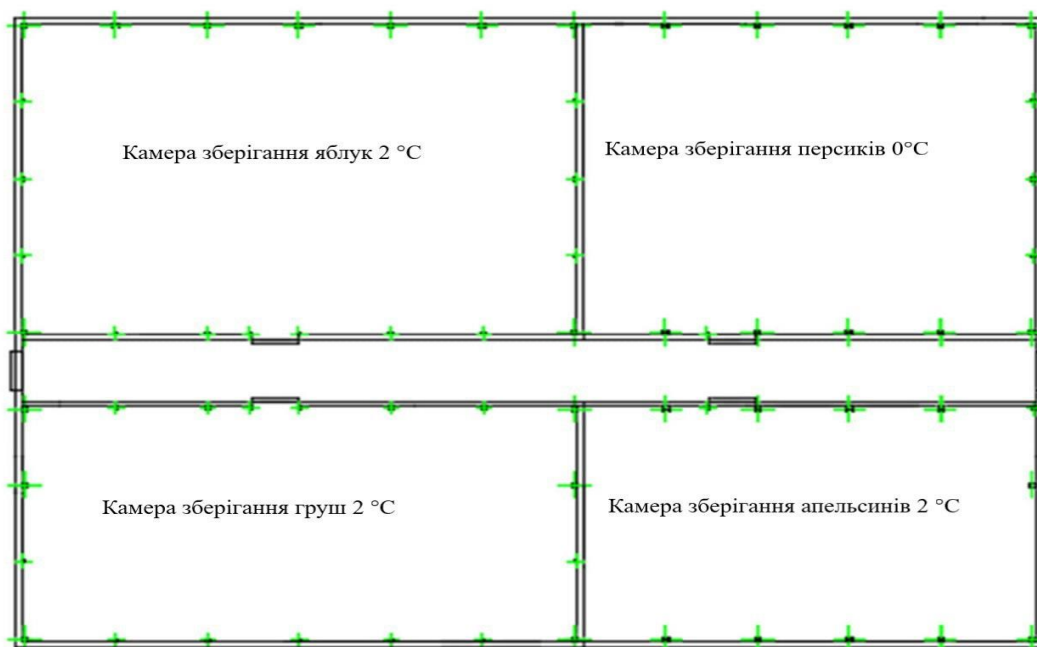


Рис. 2.2.5 Планування фруктосховища

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00КР.142.003.697.2024.

Арк.

17

### 3. Теплоізоляційні конструкції холодильника

Сендвіч-панель із пінополіуретановим (ППУ) утеплювачем — це сучасний матеріал, який використовується для будівництва та утеплення фруктосховищ та інших об'єктів, що потребують специфічних температурних умов. Параметри утеплювача холодильних камер наведено в (табл. 3.1).

Таблиця 3.1.

Зовнішня стіна	$\delta$ м	$\lambda$ Вт/мК
1. Сендвіч-панель із пінополіуретановим (ППУ) утеплювачем	-	0,035

Використовуючи формулу, знайдемо необхідну товщину ізоляційного шару [3]:

$$\delta_{із} = \lambda_{із} * \left[ \frac{1}{k_0^{тр}} - \left( \frac{1}{\alpha_H} \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_B} \right) \right]$$

$\lambda_{із}$  – коеф. теплопровідності ізоляційного шару ;

$k_0^{тр}$  – коеф. теплопередачі, який беремо з таблиць [3];

$\alpha_H$  – коеф. тепловіддачі теплої або зовнішньої сторони будівлі;

$\alpha_B$  – коеф. тепловіддачі внутрішньої або холодної сторони будівлі

$$\delta_{із(2^\circ\text{C})} = 0.035 * \left[ \frac{1}{0.4} - \left( \frac{1}{23} + \frac{1}{9} \right) \right] = 0.082 \text{ м}$$

$$\delta_{із(0^\circ\text{C})} = 0.035 * \left[ \frac{1}{0.38} - \left( \frac{1}{23} + \frac{1}{9} \right) \right] = 0.074 \text{ м}$$

З розрахунку отримуємо фактичне значення товщини будівельної ізоляції  $\delta_{ізд}$ , заокруглюючи розрахункове значення  $\delta_{із}$  в бік збільшення.

					<b>ООКР.142.003.697.2024.</b>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Шабала А.С.				Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив	Рябчук О.М.						18
Рецензент					<b>НУХТ, ННІТІ, ТЕХТ</b>		
Н. Контр.							
Затвердив	Петренко В.П.						

Проект холодильника фруктосховища місткістю 3600 т. у м. Сміла з порівняльним аналізом роботи ХУ на базі різних схемних рішень.

Проводимо перевірку розрахунку коефіцієнта теплопередачі, де він буде дійсним:

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

$$k_{D(2^{\circ}\text{C})} = \frac{1}{\frac{1}{23} + \frac{1}{9} + \frac{0.1}{0.035}} = 0.34 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

$$k_{D(0^{\circ}\text{C})} = \frac{1}{\frac{1}{23} + \frac{1}{9} + \frac{0.1}{0.035}} = 0.34 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Теплоізоляційні матеріали всіх стін холодильних камер занесено в (табл. 3.2.):

Таблиця 3.2.

Перегородка	$\delta$ м	$\lambda$ Вт/мК
1. Сендвіч-панель із пінополіуретановим (ППУ) утеплювачем	-	0,035

Розрахуємо необхідну товщину необхідного ізоляційного шару [3]:

$$\delta_{із} = \lambda_{із} * \left[ \frac{1}{k_0^{ТР}} - \left( \frac{1}{a_H} \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{a_B} \right) \right]$$

$$\delta_{із(2/0^{\circ}\text{C})} = 0.035 * \left[ \frac{1}{0.38} - \left( \frac{1}{23} + \frac{1}{9} \right) \right] = 0.074 \text{ м}$$

$$\delta_{із(0/2^{\circ}\text{C})} = 0.035 * \left[ \frac{1}{0.46} - \left( \frac{1}{23} + \frac{1}{9} \right) \right] = 0.070 \text{ м}$$

З розрахунку отримуємо фактичне значення товщини будівельної ізоляції  $\delta_{ізД}$ , заокруглюючи розрахункове значення  $\delta_{із}$  в бік збільшення.

Перераховуємо коефіцієнт теплопередачі, де він буде дійсним:

					<b>ООКР.142.003.697.2024.</b>	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$k_{д(2/0^{\circ}\text{C})} = \frac{1}{\frac{1}{9} + \frac{1}{9} + \frac{0.1}{0.035}} = 0.36 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

$$k_{д(0/2^{\circ}\text{C})} = \frac{1}{\frac{1}{9} + \frac{1}{9} + \frac{0.08}{0.035}} = 0.44 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Теплоізоляційні матеріали стелі холодильних камер наведено в (табл 3.3.):

Таблиця 3.3.

Стеля камер	$\delta$ м	$\lambda$ Вт/мК
1. Сендвіч-панель із пінополіуретановим (ППУ) утеплювачем	-	0,035

Розраховуємо необхідну товщину ізоляційного шару [3]:

$$\delta_{із} = \lambda_{із} * \left[ \frac{1}{k_0^{тр}} - \left( \frac{1}{a_H} \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{a_B} \right) \right]$$

$$\delta_{із(2^{\circ}\text{C})} = 0.035 * \left[ \frac{1}{0.4} - \left( \frac{1}{23} + \frac{1}{9} \right) \right] = 0.082 \text{ м}$$

З розрахунку отримуємо фактичне значення теплоізоляції  $\delta_{ізд}$ , заокруглюючи розрахункове значення  $\delta_{із}$  в бік збільшення. Розрахункові величини заносимо в таблицю 3.4.

Проводимо перевірку коефіцієнта теплопередачі, де він буде дійсним:

$$k_{д(0^{\circ}\text{C})} = \frac{1}{\frac{1}{23} + \frac{1}{9} + \frac{0.1}{0.035}} = 0.34 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Для будівництва перегородок зовнішній стін та стелі камер фруктосховища буде використовуватися сендвіч 100 мм в (. Таблиці 3.1.). Металеві колони, що розміщені в камерах охолодження будуть обшиті сендвіч панелями, щоб зменшити теплопритоки в камерах через теплавий місток [4].



## 4. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень.

Для розрахунку тепловтрат в холодильних камерах служить плат на якому вказані розміри даних камер та їх розміщення та планування щодо сторін світу, а також значення коефіцієнтів теплопередачі теплоізоляційних конструкцій. Крім того, враховується також температуро вологісний режим у камерах, температура та вологість зовнішнього повітря, параметри сусідніх приміщень, а також температура та обсяг вантажів, що надходять до всіх камер зберігання.

### 4.1. Розрахунок теплопритоків від повітря зовні та приміщень в яких більша температура.

Тепле повітря, яке надходить в холодильні камери за рахунок різниці температур зовні та в середині самих камер. Теплопритоки відбуваються від навколишнього середовища через (стіни, підлогу, покриття, вентиляцію), та безпосередньо від дії сонячної радіації в літній період року.

4.1.1. Проведемо розрахунки теплопритоків від повітря зовні та приміщень в яких більша температура (9.2[2]):

$$Q_1 = Q_{1т} + Q_{1к} + Q_{1с}$$

де  $Q_{1т}$  – теплопритоки від стін, підлоги та стелі.

$Q_{1к}$  – теплопритоки від підлогу,

$Q_{1с}$  – теплопритоки від сонячної радіації,

					<b>ООКР.142.003.697.2024.</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Шабала А.С.</i>			Проект холодильника фруктосховища місткістю 3600 т. у м. Сміла з порівняльним аналізом роботи ХУ на базі різних схемних рішень.	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірив</i>		<i>Рябчук О.М.</i>						22
<i>Рецензент</i>						<b>НУХТ, ННІТІ, ТЕХТ</b>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затвердив</i>		<i>Петренко В.П.</i>						

4.1.2. Теплонадходження від перегородок, стін холодильника та перекриття (9.3[2]):

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

де  $k_d$  – коефіцієнт теплопередачі проходження огорожувальної конструкції,

$F$  – площа поверхні огорожувальної конструкції,

$t_n$  – температура повітря літня зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції,

$t_v$  – температура всередині охолоджувальної камери.

4.1.3. Знайдемо теплопритоки від підлоги холодильника (9.4[2]):

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

де  $t_r$  – середня температура пристрою або кабелів для підігріву ґрунту (приймаємо середню температуру ( 13 С ) але в даному випадку для підлоги не потрібний нагрів (9.5[2])

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

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

$$m = \frac{1}{1 + 1.25 \left( \sum \frac{\delta_n}{\lambda_n} \right)}$$

де  $\delta_n$  – товщина кожного окремого шару підлоги,

$\lambda_n$  – коеф. теплопровідності окремого шару підлоги.

$m = 1$  – значення неізольованої підлоги.

4.1.4. Розрахунок теплопритоки при дії сонячної радіації(9.7[2]):

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

де  $\Delta t_c$  – різниця надлишкових температур, яка характеризує дію сонячного тепла в літній період року.

					ООКР.142.003.697.2024.	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Табл 4.1

Теплопритоки від повітря зовні та приміщень де більша температура.

Назва камери	Назва огороження	К д Вт/м2	Розміри, м			F м2	t з С	t в С	Δ t С	Δ t c С	Q 1т Вт	Q 1с Вт	Q 1 Вт
			L	B	H								
Зберігання яблук	Пв(зов)	0.370	36	-	7.5	270	30	2	28	0	3097	0	3097
	Зх(зов)	0.370	24	-	7.5	180	30	2	28	4.7	2065	313	2378
	Пд(перег)	0.360	36	-	7.5	270	0	2	10	0	972	0	972
	Сх(перег)	0.370	24	-	7.5	180	0	2	10	0	666	0	666
	Підлога	0.410	36	24	-	864	22	2	20	0	7085	0	7085
Покриття	0.390	36	24	-	864	29	2	27	17	10109	5964	16073	
<b>Всього</b>											<b>23993</b>	<b>6277</b>	<b>30270</b>
Зберігання груш	Пв(пр)	0.360	36	-	7.5	270	0	2	10	0	972	0	972
	Зх(зов)	0.370	18	-	7.5	135	30	2	31	4.7	1548	235	1783
	Пд(зов)	0.370	36	-	7.5	270	30	2	31	3.2	3097	320	3417
	Сх(перег)	0.370	18	-	7.5	135	2	2	10	0	500	0	500
	Підлога	0.410	36	18	-	648	22	2	20	0	5314	0	5314
Покриття	0.390	36	18	-	648	29	2	30	17	7582	4473	12055	
<b>Всього</b>											<b>19012</b>	<b>5028</b>	<b>24040</b>
Зберігання персиків	Пв(зов)	0.370	30	-	7.5	225	30	0	21	0	1748	0	1748
	Зх(пер)	0.360	24	-	7.5	180	2	0	-10	0	-648	0	-648
	Пд(перег)	0.440	30	-	7.5	225	2	0	0	0	0	0	0
	Сх(зов)	0.370	24	-	7.5	180	30	0	21	3.9	1399	260	1658
	Підлога	0.410	30	24	-	720	22	0	10	0	2952	0	2952
Покриття	0.390	30	24	-	720	29	0	20	17	5616	4970	10586	
<b>Всього</b>											<b>11067</b>	<b>5230</b>	<b>16297</b>
Зберігання апельсинів	Пв(пер)	0.440	30	-	7.5	225	0	2	0	0	0	0	0
	Зх(пер)	0.370	18	-	7.5	135	2	2	-10	0	-500	0	-500
	Пд(зов)	0.370	30	-	7.5	225	30	2	21	3.2	1748	266	2015
	Сх(зов)	0.370	18	-	7.5	135	30	2	21	3.9	1049	195	1244
	Підлога	0.410	30	18	-	540	22	2	10	0	2214	0	2214
Покриття	0.390	30	18	-	540	29	2	20	17	4212	3728	7940	
<b>Всього</b>											<b>8724</b>	<b>4189</b>	<b>12913</b>

## 4.2. Розрахунок теплопритоків під час термічної обробки продуктів.

4.2.1. За формулою розраховуємо теплопритоки під час термічної обробки продуктів :

$$Q_2 = Q_{2кр} + Q_{2к} + Q_{2т}$$

4.2.2. За формулою знаходимо теплоприток при доохолодженні продуктів(9.8[2]):

$$Q_{2пр} = M_{пр} * \Delta i * \frac{10^3}{24 * 3600}$$

де  $M_{кр}$  – денне надходження продукції в певну камеру,

$\Delta i$  – різниця ентальпій температур (початкової та кінцевої).

														Арк.
														24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ООКР.142.003.697.2024.									







## Теплопритоки від повітря зовні та приміщень з більшою температурою.

Зима

Табл 4.7

Назва камери	Назва	К д	Розміри, м		F		t з	t в	D t	D t c	Q 1т	Q 1с	Q 1
			L	B	Н	м2	С	С	С	С	Вт	Вт	Вт
Зберігання яблук	Пв(зов)	0.370	36	-	7.5	270	-18	2	-20	0	-1998	0	-1998
	Зх(зов)	0.370	24	-	7.5	180	-18	2	-20	4.7	-1332	313	-1019
	Пд(перег)	0.360	36	-	7.5	270	2	2	0	0	972	0	972
	Сх(перег)	0.370	24	-	7.5	180	2	2	0	0	666	0	666
	Підлога	0.000	36	24	-	864	-10	2	-12	0	0	0	0
	Покриття	0.390	36	24	-	864	-18	2	-20	17.7	-6739	5964	-775
<b>Всього</b>											-8431	6277	<b>-2154</b>
Зберігання груш	Пв(пр)	0.360	36	-	7.5	270	2	2	0	0	972	0	972
	Зх(зов)	0.370	18	-	7.5	135	-18	2	-20	4.7	-999	235	-764
	Пд(зов)	0.370	36	-	7.5	270	-18	2	-20	3.2	-1998	320	-1678
	Сх(перег)	0.370	18	-	7.5	135	2	2	0	0	500	0	500
	Підлога	0.000	36	18	-	648	-10	2	-12	0	0	0	0
	Покриття	0.390	36	18	-	648	-18	2	-20	17.7	-5054	4473	-581
<b>Всього</b>											-6580	5028	<b>-1552</b>
Зберігання персиків	Пв(зов)	0.370	30	-	7.5	225	-18	0	-18	0	-2498	0	-2498
	Зх(пер)	0.360	24	-	7.5	180	2	0	2	0	-648	0	-648
	Пд(перег)	0.440	30	-	7.5	225	2	0	2	0	0	0	0
	Сх(зов)	0.370	24	-	7.5	180	-18	0	-18	3.9	-1998	260	-1738
	Підлога	0.000	30	24	-	720	-10	0	-10	0	0	0	0
	Покриття	0.390	30	24	-	720	-18	0	-18	17.7	-8424	4970	-3454
<b>Всього</b>											-13568	5230	<b>-8338</b>
Зберігання апельсинів	Пв(пер)	0.440	30	-	7.5	225	0	2	-2	0	0	0	0
	Зх(пер)	0.370	18	-	7.5	135	2	2	0	0	-500	0	-500
	Пд(зов)	0.370	30	-	7.5	225	-18	2	-20	3.2	-2498	266	-2231
	Сх(зов)ль	0.370	18	-	7.5	135	-18	2	-20	3.9	-1499	195	-1304
	Підлога	0.000	30	18	-	540	-10	2	-12	0	0	0	0
	Покриття	0.390	30	18	-	540	-18	2	-20	17.7	-6318	3728	-2590
<b>Всього</b>											-10814	4189	<b>-6625</b>

Табл 4.8

## Теплоприток від термічної обробки продуктів.

Назва камери	t кам	М д	М дт	t п	t к	i п	i к	С т	τ	1000*1000	Q 2п	Q 2т	Q 2
	С	т/доб	т/доб	С	С	кДж/кг	кДж/кг	кДж/кгК	год	3600*t	Вт	Вт	Вт
Зберігання яблук	2	100	20.0	4	2	287	274	1.5	24	11.57	15046	694	<b>15741</b>
Зберігання груш	2	100	20.0	4	2	287	274	1.5	24	11.57	15046	694	<b>15741</b>
Зберігання персиків	0	50	10.0	2	0	328	317	1.5	24	11.57	6366	347	<b>6713</b>
Зберігання апельсинів	2	50	10.0	4	2	328	317	1.5	24	11.57	6366	347	<b>6713</b>

00КР.142.003.697.2024.

Арк.

28

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Табл. 4.9 Зима

## Теплоприток від повітря зовні при вентиляції камер.

Назва камери	V кам м3	a об/доб	$\rho$ кг/м3	$\tau$ діб	M пов кг/с	i з кДж/кг	i в кДж/кг	$\Delta i$ кДж/кг	Q 3 Вт
Зберігання яблук	6480	3.0	1.29	24	0.29025	-18	8.5	-26.5	<b>-7692</b>
Зберігання груш	4860	3.0	1.29	24	0.217688	-18	8.5	-26.5	<b>-5769</b>
Зберігання персиків	5400	3.0	1.29	24	0.241875	-18	8.5	-26.5	<b>-6410</b>
Зберігання апельсинів	4050	3.0	1.29	24	0.181406	-18	8.5	-26.5	<b>-4807</b>

Табл 4.10

## Експлуатаційні теплопритоки.

Назва камери	F д м3	A Вт/м2	q 1 Вт	n чол.	q 2 Вт	N ел кВт	q 3 Вт	K Вт/м2	q 4 Вт	Q 4 Вт
Зберігання яблук	864	2.3	1987.2	3	1050	6	6000	5	4320	<b>13357</b>
Зберігання груш	648	2.3	1490.4	3	1050	6	6000	5	3240	<b>11780</b>
Зберігання персиків	720	2.3	1656	3	1050	6	6000	5	3600	<b>12306</b>
Зберігання апельсинів	540	2.3	1242	3	1050	6	6000	5	2700	<b>10992</b>

Табл 4.11

## Теплопритоки при диханні продуктів.

Назва камери	E кд т	t п С	q п Вт/т	t зб С	q зб Вт/т	Q 5 Вт
Зберігання яблук	1425	4	21	2	14	<b>20948</b>
Зберігання груш	1300	4	41	2	22	<b>31070</b>
Зберігання персики	450	2	25	0	18	<b>8415</b>
Зберігання апельсинів	325	4	25	2	18	<b>6078</b>

Табл 4.12

## Зведена таблиця теплопритоків і навантаження.

Назва приміщення	t кам С	Q 1, Вт		Q 2, Вт		Q 3, Вт		Q 4, Вт		Q 5, Вт		Q, Вт	
		Обл.	КМ	Обл.	КМ	Обл.	КМ	Обл.	КМ	Обл.	КМ	Обл.	КМ
Зберігання яблук	2	-2154	-1939	15741	9444	-7692	-7692	13357	10018	20948	20948	40200	30780
Зберігання груш	2	-1552	-1397	15741	9444	-5769	-5769	11780	8835	31070	31070	51270	42184
Зберігання персиків	0	-8338	-7504	6713	4028	-6410	-6410	12306	9230	8415	8415	12687	7759
Зберігання апельсинів	2	-6625	-5962	6713	4028	-4807	-4807	10992	8244	6078	6078	12351	7580
<b>Всього</b>													<b>88302</b>

З даних розрахунків видно, що в зимовий період року не потрібно встановлювати допоміжне обладнання для додаткового обігріву. Але можливе використання нагрівачів повітря за потреби.

														Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ООКР.142.003.697.2024.									29

## 5. Визначення навантаження на обладнання камер та компресор

Після визначення всіх видів теплопритоків із яких складається навантаження на компресор  $Q_{км}$  та на випарник який знаходиться в камері . Деякі теплопритоки в розрахунках можна враховувати не повністю, а лише частково, все залежить від типу та призначення будівлі холодильника.

В нашому випадку навантаження на холодильні компресори розраховуємо по наближеному методу, який рекомендований для холодильників з великою місткість та кількістю камер охолодження.

Навантаження від теплопритоку через огороження:

$$Q_{1км} = 0,9 \times Q_1$$

Навантаження від термічної обробки продуктів:

$$Q_{2км} = 0,6 \times Q_2$$

Навантаження від експлуатаційних теплопритоків:

$$Q_{4км} = 0,75 \times Q_4 \text{ - для всіх камер, Вт.}$$

За формулою визначимо навантаження на компресор:

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

Вся кількість теплоти, яка надходить в приміщення та камери зберігання яблук:

$$Q = \sum Q_1 + \sum Q_2 + \sum Q_3 + \sum Q_4 + \sum Q_5 = 80,75 \text{ кВт}$$

Знайдемо загальне навантаження на компресори:

					00КР.142.003.697.2024.			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Шабала А.С.			Проект холодильника фруктосховища місткістю3600 т. у м. Сміла з порівняльним аналізом роботи ХУ на базі різних схемних рішень.	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		Рябчук О.М.						30
Рецензент						НУХТ, ННІТІ, ТЕХТ		
Н. Контр.								
Затвердив		Петренко В.П,						

Навантаження на КМ, який працює при температурі кипіння становить:

$$t_o = -8^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned}\Sigma Q_2 &= \Sigma Q_1 + 0.5 * \Sigma Q_2 + \Sigma Q_3 + 0.75 * \Sigma Q_4 + \Sigma Q_5 = \\ &= 29,45 + 0,5 * 15,75 + 16,98 + 13,4 * 0,75 + 20,45 = 87,5 \text{ кВт}\end{aligned}$$

Теоретична холодопродуктивність компресорів:

$$Q_0 = \frac{k * \Sigma Q_{\text{КМ}}}{b}, \text{ Вт}$$

де  $k$  – коефіцієнт, який враховує втрати в трубопроводах та обладнанні холодильної установки;  $\Sigma Q_{\text{КМ}}$  – сумарне навантаження на компресори;

$b$  - коефіцієнт робочого часу холодильних установок.

$$Q_0 = \frac{k * \Sigma Q_{\text{КМ}}}{b} = \frac{1.05 * 87.5}{0.8} = 114.5 \text{ Кв}$$

Вся кількість теплоти, яка надходить в приміщення холодильника для зберігання груш:

$$Q = \Sigma Q_1 + \Sigma Q_2 + \Sigma Q_3 + \Sigma Q_4 + \Sigma Q_5 = 80,4 \text{ кВт}$$

Визначимо навантаження на КМ, який працює при температурі кипіння  $t_o = -8^{\circ}\text{C}$

$$\begin{aligned}\Sigma Q_2 &= \Sigma Q_1 + 0.5 * \Sigma Q_2 + \Sigma Q_3 + 0.75 * \Sigma Q_4 + \Sigma Q_5 = \\ &= 24,66 + 0,6 * 15,75 + 12,74 + 11,78 * 0,75 + 30,17 = 84,4 \text{ кВт}\end{aligned}$$

$$Q_0 = \frac{k * \Sigma Q_{\text{КМ}}}{b} = \frac{1.05 * 84.4}{0.8} = 101.8 \text{ Кв}$$

Вся кількість теплоти, яка надходить в приміщення холодильника для зберігання персиків:

$$Q = \Sigma Q_1 + \Sigma Q_2 + \Sigma Q_3 + \Sigma Q_4 + \Sigma Q_5 = 80,25 \text{ кВт}$$

Визначимо навантаження на КМ, який працює при температурі кипіння  $t_o = -10^{\circ}\text{C}$

$$\begin{aligned}\Sigma Q_{10} &= \Sigma Q_1 + 0.5 * \Sigma Q_2 + \Sigma Q_3 + 0.75 * \Sigma Q_4 + \Sigma Q_5 = \\ &= 16,85 + 0,6 * 6,7 + 14,15 + 12,3 * 0,75 + 84,15 = 67,3 \text{ кВт}\end{aligned}$$

					00КР.142.003.697.2024.	Арк. 31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_0 = \frac{k * \sum Q_{\text{кМ}}}{b} = \frac{1.05 * 67.3}{0.8} = 70 \text{ кВт}$$

Вся кількість теплоти, яка надходить в приміщення холодильника для зберігання апельсинів:

$$Q = \sum Q_1 + \sum Q_2 + \sum Q_3 + \sum Q_4 + \sum Q_5 = 41.5 \text{ кВт}$$

Визначимо навантаження на КМ, який працює при  $t_o = -8^\circ\text{C}$  температурі кипіння

$$\begin{aligned} \sum Q_2 &= \sum Q_1 + 0.5 * \sum Q_2 + \sum Q_3 + 0.75 * \sum Q_4 + \sum Q_5 = \\ &= 13,34 + 0,6 * 6,7 + 10,6 + 11 * 0,75 + 12,5 = 48.8 \text{ кВт} \end{aligned}$$

$$Q_0 = \frac{k * \sum Q_{\text{кМ}}}{b} = \frac{1.05 * 48.8}{0.8} = 60.2 \text{ кВт}$$

					<b>ООКР.142.003.697.2024.</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

## 6. Розрахунок та оцінка схемних рішень з використанням різних холодоагентів. Тепловий розрахунок холодильної машини. Вибір компресорів.

В даному розділі проведемо аналіз і розрахунок різних схемних рішень з використання різних холодоагентів. Метою цього дослідження є визначення оптимального холодоагента для забезпечення ефективної та енергоощадної роботи холодильної установки для зберігання фруктів. Основну увагу буде приділено аналізу фреону (R404A) як потенційного холодоагента, з урахуванням його технічних характеристик. Далі проведемо розрахунки теплових процесів, виберемо необхідне обладнання та оптимізуємо параметри роботи системи.

Також буде розглянуто варіант із використанням R134a . Розрахунки теплообміну, теплових втрат і споживання електроенергії врахують специфіку кожного холодоагента, що дозволить оцінити їхню ефективність та відповідність зазначеним вимогам проекту.

Даний розділ спрямований на пошук найкращого рішення для ефективного охолодження камер зберігання фруктів у м. Сміла. Результати розрахунків та аналіз варіантів дозволять вибрати оптимальний холодоагент або систему з проміжним теплоносієм, з урахуванням специфіки проекту, сучасних стандартів сталого розвитку та вимог до енергоефективності.

Робочий або розрахунковий режим холодильної установки характеризується температурами кипіння  $t_0$  , конденсації  $t_k$  , всмоктування (пари на вході в компресор)  $t_{ec}$  .

					<b>ООКР.142.003.697.2024.</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>	<i>Шабала А.С.</i>				Проект холодильника фруктосховища місткістю 3600 т. у м. Сміла з порівняльним аналізом роботи ХУ на базі різних схемних рішень.	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірив</i>	<i>Рябчук О.М.</i>							33
<i>Рецензент</i>						<b>НУХТ, ННІТІ, ТЕХТ</b>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затвердив</i>	<i>Петренко В.П.</i>							

Як основний холодоагенту розглянемо хладон R404A.

Температуру кипіння холодоагента беремо залежно від температури повітря, яка буде в камері охолодження та способу цього охолодження. Обираємо повітряне охолодження конденсатора.

Температура кипіння холодоагента визначаємо за формулою ([1] с.71):

$$t_o = t_{\text{кам}} - \Delta t, \text{ } ^\circ\text{C};$$

де  $t_{\text{кам}}$  – це температура в самій холодильній камері,  $^\circ\text{C}$ ;

$\Delta t$  – температурний напір,  $\Delta t = 5 \dots 10 \text{ } ^\circ\text{C}$  ([1] с.71).

Камера для зберігання яблук:

Оптимальна температура повітря в камері для зберігання -  $t_{\text{кам}} = +2^\circ\text{C}$ .

Приймаємо  $\Delta t = 10^\circ\text{C}$ .

$$t_o = 2 - 10 = -8^\circ\text{C}$$

Камера для зберігання груш:

Оптимальна температура повітря в камері для зберігання -  $t_{\text{кам}} = +2^\circ\text{C}$ .

Приймаємо  $\Delta t = 10^\circ\text{C}$ .

$$t_o = 2 - 10 = -8^\circ\text{C}$$

Камера для зберігання персиків:

Оптимальна температура повітря в камері для зберігання -  $t_{\text{кам}} = 0^\circ\text{C}$ .

Приймаємо  $\Delta t = 10^\circ\text{C}$ .

$$t_o = 0 - 10 = -10^\circ\text{C}$$

Камера для зберігання апельсинів:

Оптимальна температура повітря в камері для зберігання -  $t_{\text{кам}} = +2^\circ\text{C}$ .

Приймаємо  $\Delta t = 10^\circ\text{C}$ .

$$t_o = 2 - 10 = -8^\circ\text{C}$$

					00КР.142.003.697.2024.	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За для забезпечення необхідних температурних режимів буде задіяно чотири блоки КМ-КД: три з них працюватимуть на температурі кипіння  $t_{0} = -8^{\circ}\text{C}$ , а один на  $t_{0} = -10^{\circ}\text{C}$ . Тепловий розрахунок виконується для двох цих температурних режимів.

### 6.1.1 Розрахунок та визначення температури конденсації холодоагенту

Для розрахунку обираємо повітряний тип конденсаторів.

Під час повітряного охолодження конденсатора ( [1] стор. 72 ):

$$t_k = t_{\text{зовн}} + (10 \dots 12) \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

де  $t_{\text{зовн}}$  – температура навколишнього середовища,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_{w1}$  – температура води на вході в конденсатор,  $^{\circ}\text{C}$ ;

Температура для м.Смілі  $t_c = 33 \text{ } ^{\circ}\text{C}$  ;

$$t_k = t_{\text{зовн}} + 10 = 33 + 10 = 43 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

Температура всмоктування парів холодильного агента компресором:

$$t_{\text{вс}} = 2 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

### 6.2.1 Вибір схеми та побудова циклу для основного холодоносія.

Для даного проекту обираємо одноступеневу схему холодильної установки з одною температурою кипіння. Схему установки наведена на (мал. 6.1.)

Побудуємо цикл в  $\lg P - i$  діаграмі для хладону R404A . Дані параметрів х.а. у вузлових точках циклу наведено в (табл. 6.1.)

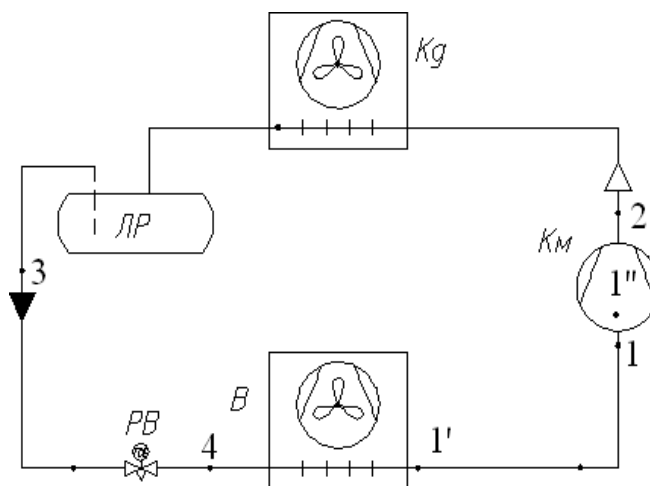


Рис 6.1. Схема холодильної установки

					<b>00КР.142.003.697.2024.</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Таблиця 6.1. Параметри вузлових точок.

№ точки	t, °C	P, МПа	V, м3/кг	h, кДж/кг
1	2	0,464	0,045	372
1'	0	0,24	-	360,3
1''	5	0,632	0,114	388,4
2	57,3	1,95	0,021	402
2'	69,4	1,95	-	414,6
3	38	1,95	-	260
4	-8	0,464	-	240

Перша ХУ (яблука, груші та апельсини)

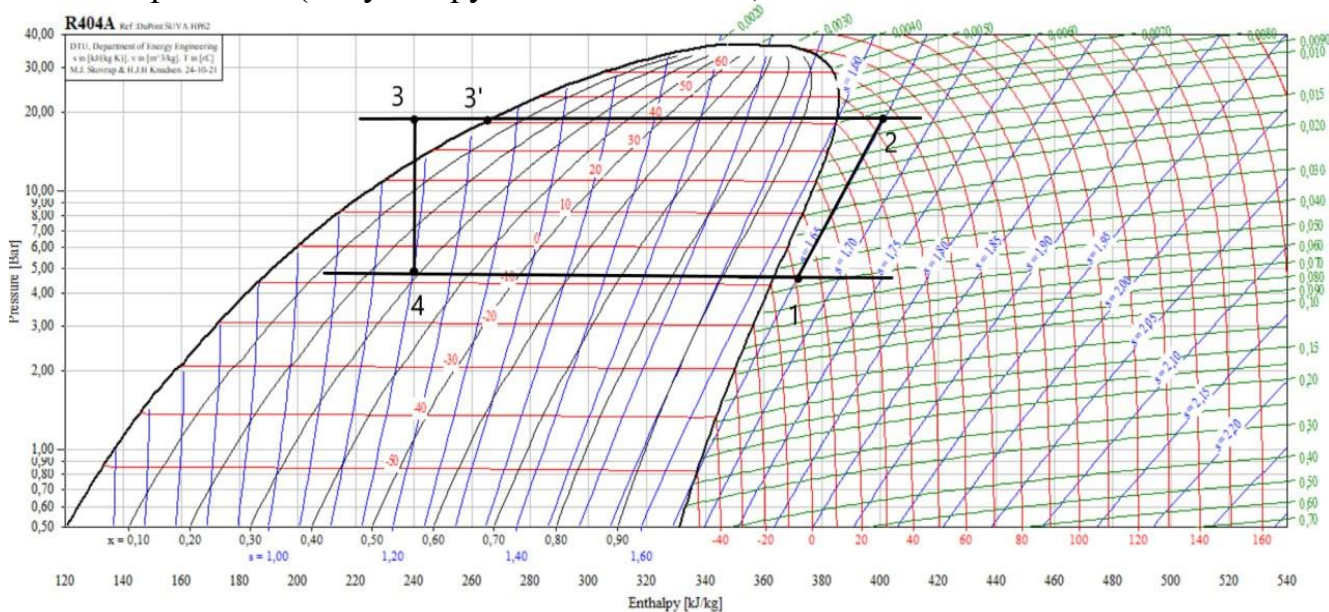


Рис 6.2. Схема та діаграма холодильних установок

Перша ХУ

Таблиця 6.2.

№ точки	t, °C	P, МПа	v, м <sup>3</sup> / кг	i, кДж / кг
1	2	0,464	0,045	372
2	57,3	1,92	0,01	402
3	26	1,95	-	239
3'	38	1,75	-	260
4	-8	0,464	0,0132	240

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00КР.142.003.697.2024.

Арк.

36

## Друга ХУ ( персики ).

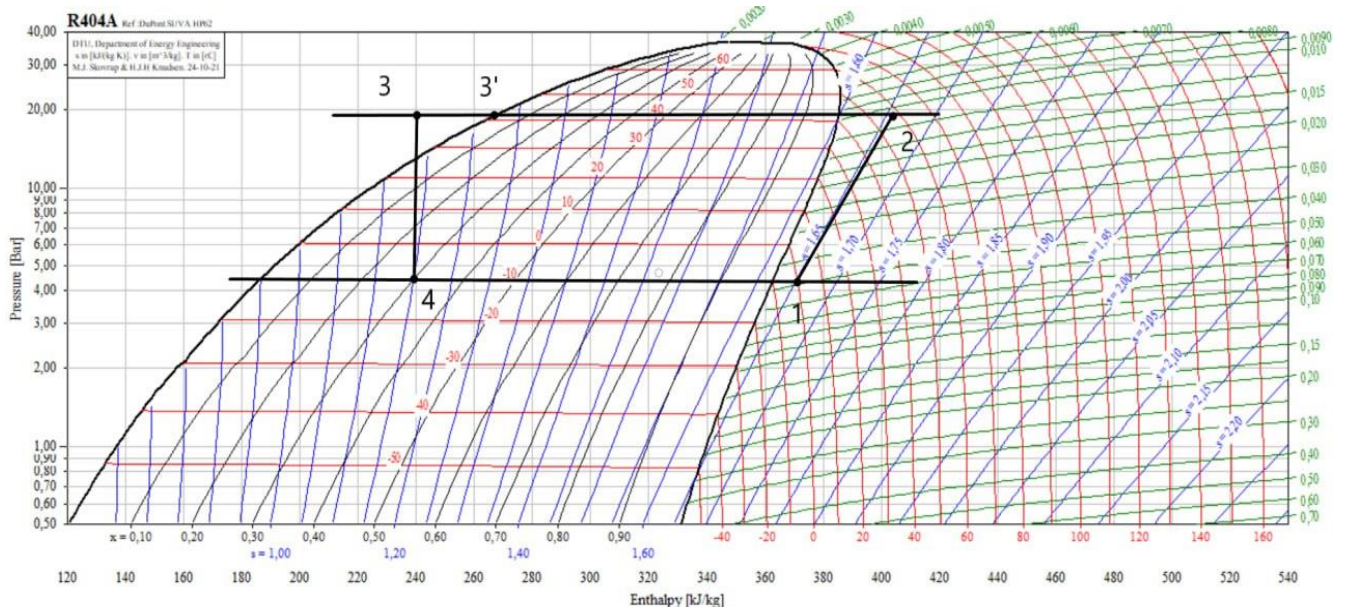


Рис 6.3. Схема та діаграма холодильних установок

### Друга ХУ

Таблиця 6.3.

№ точки	$t, ^\circ\text{C}$	$P, \text{МПа}$	$v, \text{м}^3 / \text{кг}$	$i, \text{кДж} / \text{кг}$
1	0	0,425	0,050	370
2	56	1,915	0,01	401
3	26	1,95	-	239
3'	38	1,75	-	260
4	-10	4,5	0,0145	240

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

00КР.142.003.697.2024.

Арк.

37

### 6.1.2 Визначення температури конденсації холодоагенту

Обираємо конденсатор повітряного типу аналогічно, як і для R404a

Під час повітряного охолодження конденсатора ( [1] стор. 72 ):

$$t_k = t_{зovн} + (10...12) \text{ } ^\circ\text{C}$$

де  $t_{зovн}$  – температура навколишнього середовища,  $^\circ\text{C}$ ;

$t_{w1}$  – температура води на вході в конденсатор,  $^\circ\text{C}$ ;

Температура для м.Сміли  $t_c = 33 \text{ } ^\circ\text{C}$  ;

$$t_k = t_{зovн} + 10 = 33 + 10 = 43 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Температура всмоктування парів холодильного агента компресором:

$$t_{вс} = 2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

### 6.2.2 Вибір схеми та побудови циклу для варіанту з використання R134a.

Для даного проекту обираємо одноступеневу схему холодильної установки з одною температурою кипіння. Схеми установки на (мал. 6.3)

Побудуємо цикл в  $\lg P-i$  діаграмі для хладону R134a . Дані параметрів х.а. у вузлових точках циклу наведено в (табл. 6.4.)

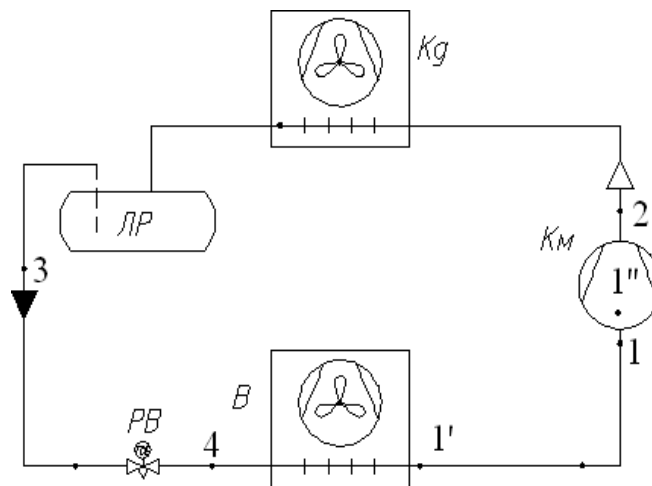


Рис 6.3. Схема холодильної установки

## Перша ХУ (яблука, груші та апельсини )

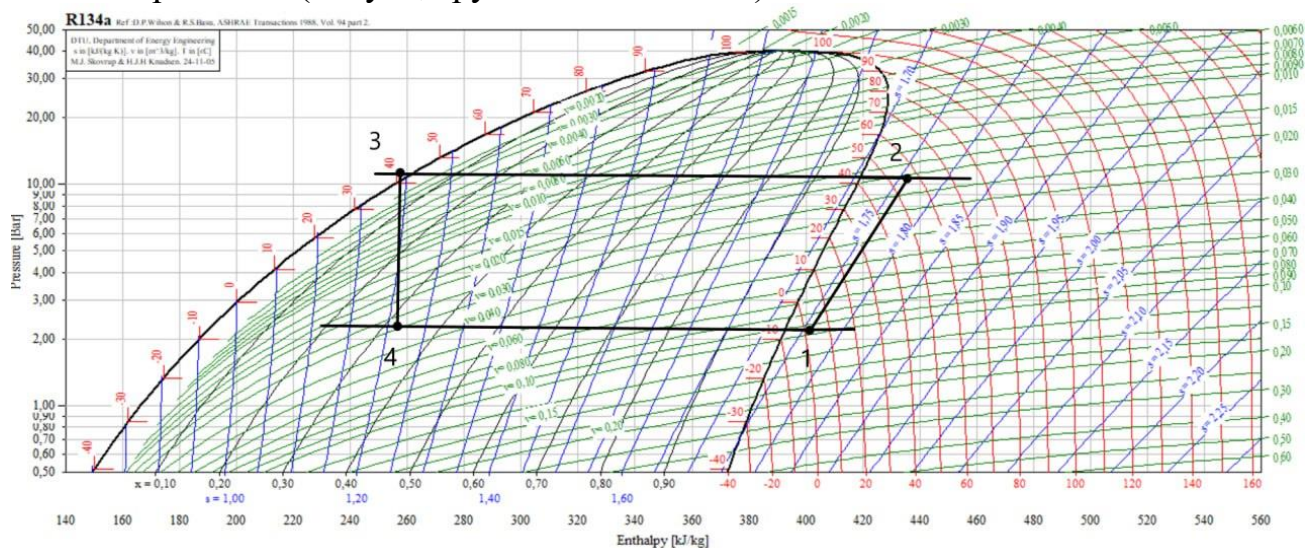


Рис 6.4. Схема та діаграма холодильних установок

Перша ХУ

Таблиця 6.4.

№ точки	$t, ^\circ\text{C}$	$P, \text{МПа}$	$v, \text{м}^3 / \text{кг}$	$i, \text{кДж} / \text{кг}$
1	2	0,205	0,103	403
2	57	1,16	0,022	437
3	42	1,16	-	259
4	-8	0,21	0,0132	258

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

00КР.142.003.697.2024.

Арк.

39

## Друга ХУ (персики)

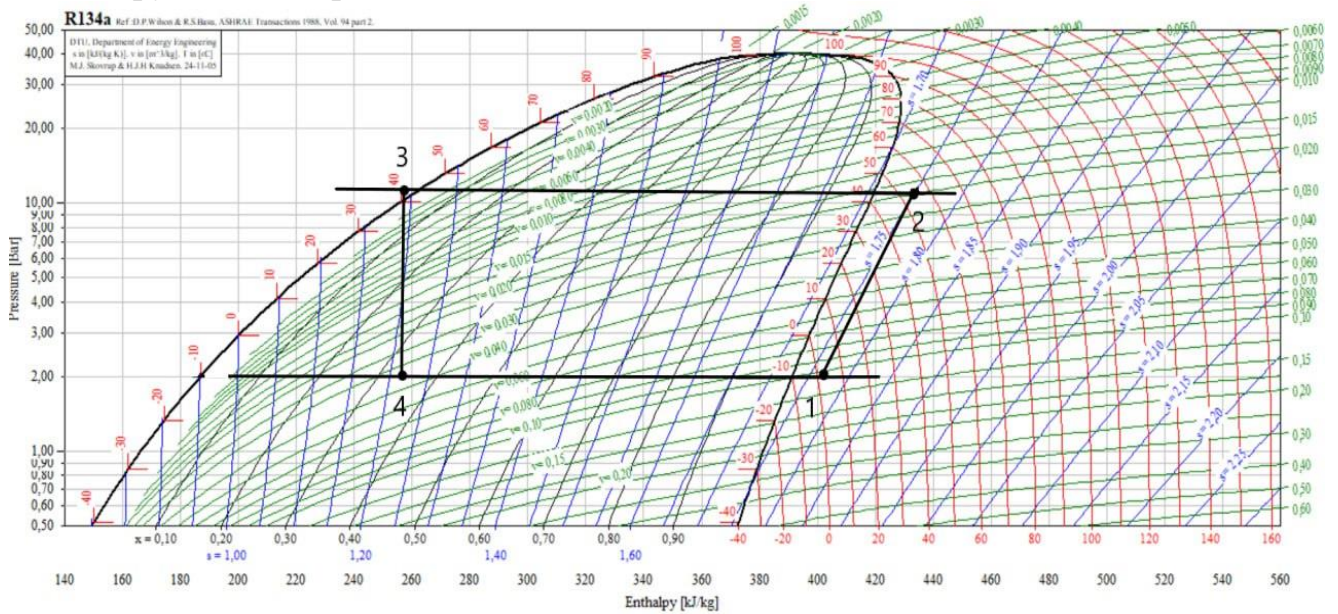


Рис 6.5. Схема та діаграма холодильних установок

Перша ХУ

Таблиця 6.5.

№ точки	$t, C$	$P, \text{МПа}$	$v, \text{м}^3 / \text{кг}$	$i, \text{кДж} / \text{кг}$
1	2	0,205	0,103	403
2	57	1,16	0,022	437
3	42	1,16	-	260
4	-10	0,21	0,0132	259

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

ООКР.142.003.697.2024.

Арк.

40

### 6.3.2 Тепловий розрахунок холодильної машини для R404A

Основним завданням даного розділу є тепловий розрахунок холодильної установки: вибір компресора та визначення його потрібної об'ємної продуктивності, розрахунок потужності, яку споживає компресор та визначення теплового навантаження, яке буде на конденсатор.

Розрахуємо ключові параметри даного теоретичного циклу та необхідну об'ємну подачу компресора для 1-шої установки.

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

$$q_{01} = i_1 - i_4 = 372 - 240 = 132 \text{ кДж/кг}$$

Масова питома холодопродуктивність  $t_{0,2} = 0 \text{ }^\circ\text{C}$  :

$$q_{02} = i_1 - i_4 = 370 - 240 = 130 \text{ кДж/кг}$$

Теплове навантаження конденсатора:

$$q_{к1} = i_2 - i_3 = 402 - 260 = 142 \text{ кДж/кг}$$

$$q_{к1} = i_2 - i_3 = 401 - 260 = 141 \text{ кДж/кг}$$

Теоретична робота стискання в компресорі:

$$l_{T1} = i_2 - i_1 = 402 - 372 = 30 \text{ кДж/кг}$$

$$l_{T1} = i_2 - i_1 = 401 - 370 = 31 \text{ кДж/кг}$$

Масова витрата циркулюючого холодильного агенту: (кг/с)

$$M_{T1} = \frac{Q_{01}}{q_{01}} = \frac{114.5}{132} = 0.86 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

$$M_{T1} = \frac{Q_{01}}{q_{01}} = \frac{101.8}{132} = 0.77 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

$$M_{T1} = \frac{Q_{01}}{q_{01}} = \frac{70}{130} = 0.53 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

$$M_{T1} = \frac{Q_{01}}{q_{01}} = \frac{60.2}{132} = 0.45 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

					<b>00КР.142.003.697.2024.</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

### 6.3.1 Тепловий розрахунок холодильної машини для R134a.

Основним завданням даного розділу є тепловий розрахунок холодильної установки: вибір компресора та визначення його потрібної об'ємної продуктивності, розрахунок потужності, яку споживає компресор та визначення теплового навантаження, яке буде на конденсатор.

Розрахуємо ключові параметри даного теоретичного циклу та необхідну об'ємну подачу компресора для 1-шої установки.

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

$$q_{01} = i_1 - i_4 = 403 - 258 = 145 \text{ кДж/кг}$$

Масова питома холодопродуктивність  $t_{0,2} = 0 \text{ }^\circ\text{C}$  :

$$q_{02} = i_1 - i_4 = 403 - 259 = 144 \text{ кДж/кг}$$

Теплове навантаження конденсатора:

$$q_{к1} = i_2 - i_3 = 437 - 259 = 176 \text{ кДж/кг}$$

$$q_{к1} = i_2 - i_3 = 437 - 260 = 177 \text{ кДж/кг}$$

Питома теоретична робота стискання в компресорі:

$$l_{T1} = i_2 - i_1 = 437 - 403 = 34 \text{ кДж/кг}$$

$$l_{T1} = i_2 - i_1 = 437 - 403 = 34 \text{ кДж/кг}$$

Масова витрата циркулюючого холодильного агенту: (кг/с)

$$M_{T1} = \frac{Q_{01}}{q_{01}} = \frac{114.5}{145} = 0.78 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

$$M_{T1} = \frac{Q_{01}}{q_{01}} = \frac{101.8}{145} = 0.70 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

$$M_{T1} = \frac{Q_{01}}{q_{01}} = \frac{70}{144} = 0.48 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

$$M_{T1} = \frac{Q_{01}}{q_{01}} = \frac{60.2}{145} = 0.41 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

					<b>ООКР.142.003.697.2024.</b>	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для фруктосховища, де зазвичай потрібне середньотемпературне охолодження (близько 0–5°C для зберігання фруктів), варто підібрати холодоагент, який підтримує стабільну температуру та енергоефективність у цьому діапазоні.

Порівняння R404A та R134a для фруктосховищ:

Температурний діапазон:

R404A добре підходить для середньо- і низькотемпературних умов, що робить його універсальним для різних типів охолодження, включаючи фруктосховища.

R134a найкраще працює в середньо- і високотемпературних умовах. Його часто використовують у середньотемпературних системах, таких як кондиціонери та холодильні установки для не надто низьких температур.

Енергоефективність:

R134a вважається енергоефективнішим у середньотемпературному діапазоні, що відповідає умовам зберігання фруктів. Це може допомогти зменшити енергоспоживання.

R404A є менш енергоефективним для середньотемпературних умов, оскільки призначений більше для низькотемпературного охолодження.

Стабільність температури:

Для фруктосховищ важлива стабільність температури, і обидва фреони забезпечують її на належному рівні. Однак R134a більше підходить для постійного середньотемпературного навантаження.

Екологічні аспекти:

Обидва холодоагенти мають високий GWP, але R134a має нижчий показник, що робить його трохи менш шкідливим для довкілля порівняно з R404A.

Рекомендація

Для фруктосховища R404A може бути кращим вибором, оскільки він краще підходить для даного температурного діапазону, забезпечує енергоефективність і стабільну температуру, що сприяє кращому збереженню фруктів.

					ООКР.142.003.697.2024.	Арк. 43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Щоб визначити потрібну об'ємну продуктивності компресора розрахуємо коефіцієнти подачі  $\lambda$ .

$$\lambda = \lambda_i * \lambda_w,$$

Індикаторний об'ємний коефіцієнт подачі.

Для КМ1 (R404a).

$$\lambda_{i1} = \frac{P_{\text{пр}} - \Delta P_{\text{вс}}}{P_{\text{пр}}} - c * \left[ \left( \frac{P_{\text{к}} + \Delta P_{\text{н}}}{P_{\text{пр}}} \right)^{\frac{1}{n}} - \frac{(P_{\text{пр}} - \Delta P_{\text{вс}})}{P_{\text{пр}}} \right]$$

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

$n=1$  –політропний показник;

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

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

$P_{\text{кр}} = 464 \text{кПа}$

$P_{\text{к}} = 1950 \text{кПа}$

$$\lambda_{i1} = \frac{464 - 10}{464} - 0.03 * \left( \frac{1950 + 10}{464} - \frac{464 - 10}{464} \right) = 0.88$$

$$\lambda_{i1} = \frac{T_{\text{пр}}}{T_{\text{к}}} = \frac{273 - 8}{273 + 43} = 0.85$$

$$\lambda_{i1} = 0,88 * 0,85 = 0,75$$

Для КМ2 (R404a).

$$\lambda_{i1} = \frac{P_{\text{пр}} - \Delta P_{\text{вс}}}{P_{\text{пр}}} - c * \left[ \left( \frac{P_{\text{к}} - \Delta P_{\text{н}}}{P_{\text{пр}}} \right)^{\frac{1}{n}} - \frac{(P_{\text{пр}} - \Delta P_{\text{вс}})}{P_{\text{пр}}} \right]$$

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

					<b>ООКР.142.003.697.2024.</b>	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$n=1$  –політропний показник;

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

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

$P_{пр} = 640 \text{ кПа}$

$P_{к} = 1950 \text{ кПа}$

$$\lambda_{i1} = \frac{640 - 10}{640} - 0.03 * \left( \frac{1950 + 10}{640} - \frac{640 - 10}{640} \right) = 0.92$$

$$\lambda_{i1} = \frac{T_{пр}}{T_{к}} = \frac{273 - 10}{273 + 43} = 0.83$$

$$\lambda_{i1} = 0,92 * 0,83 = 0,76$$

#### 6.4 Розрахунок компресора для камер яблук, груш та апельсинів для R404.

1) Робочий об'єм всмоктування:

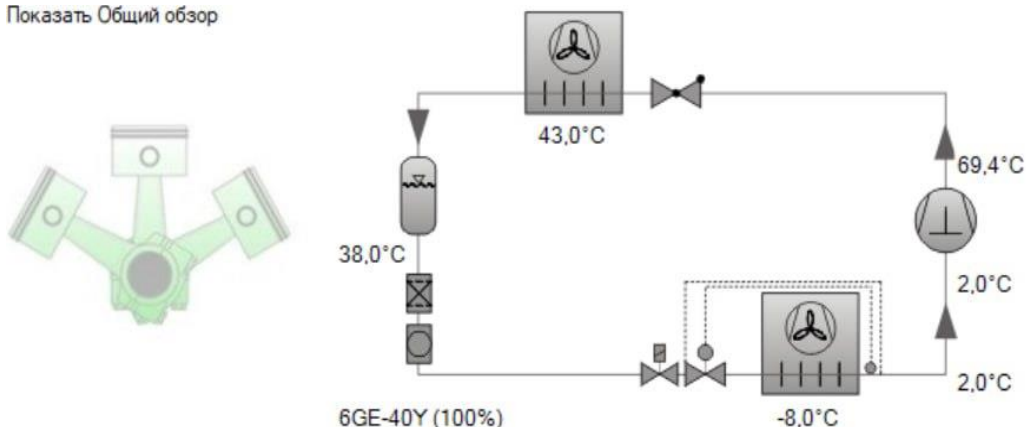
$$V_T = M_{T1} * v_1 = 0.86 * 0.045 = 0.039 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

На основі розрахункових значень теоретичної подачі ( $V_m$ ), і заданого нами холодоагента та ефективної і електричної потужності, обираємо компресор з об'ємною подачею  $V_T$  на 20–40 %, яка перевищує необхідну. В свою чергу це забезпечить роботу компресора з коефіцієнтом робочого часу  $b = 0,8–0,6$ .

Підбираємо 2 компресори фірми Bitzer 6GE-40Y з об'ємною подачею машини:

$$V_T = 306 \frac{\text{м}^3}{\text{год}} = 0.085 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Показать Общий обзор



Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00КР.142.003.697.2024.

Арк.

46



7) Індикаторна потужність компресора:

$$N_{i1} = \frac{N_{m1}}{\eta_{i1}} = \frac{43}{0.842} = 51 \text{ кВт}$$

8) Потужність тертя:

$$N_{тр1} = V_{h1} * P_{тр} = 0,115 * 60 = 7 \text{ кВт}$$

9) Ефективна потужність:

$$N_{в1} = N_{i1} + N_{тр1} = 51 + 7 = 58 \text{ кВт}$$

10) Електрична потужність:

$$N_{ел1} = \frac{N_{в1}}{\eta_{ел} * \eta_{еф}} = \frac{58}{0.9 * 0.7} = 88 \text{ кВт}$$

Використовуючи технічні параметри мотора компресора, видно, що двигун має потужністю 42 кВт.

Оскільки навантаження на компресори для камери зберігання яблук, груш і апельсинів є однаковими, можна використовувати ті ж самі компресори для всіх трьох камер зберігання.

### 6.5 Розрахунок компресора для персиків .

Робочий об'єм всмоктування:

$$V_T = M_{T1} * v_1 = 0.53 * 0.050 = 0.026 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

На основі розрахункових значень теоретичної подачі ( $V_m$ ), і заданого нами холодоагента та ефективної і електричної потужності, обираємо компресор з об'ємною подачею  $V_T$  на 20–40 %, яка перевищує необхідну. В свою чергу це забезпечить роботу компресора з коефіцієнтом робочого часу  $b = 0,8–0,6$ .

Підбираємо 2 компресори фірми Bitzer 4PES-15Y з об'ємною подачею машини:

$$V_T = 117 \frac{\text{м}^3}{\text{год}} = 0.033 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

					00КР.142.003.697.2024.	Арк. 48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



12) Об'єм, який описується поршнем:

$$V_{h1} = \frac{V_{m1}}{\lambda_1} = \frac{0.033}{0.8} = 0.041 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

13) Індикаторний ККД:

$$\eta_j = \lambda_{w'1} + b + t_{\text{пр}}$$

$b=0,001$ ;

$$\eta_{j1} = 0.84 + 0.001 * (-10) = 0.83$$

14) Індикаторна потужність компресора:

$$N_{i1} = \frac{N_{m1}}{\eta_{i1}} = \frac{16.45}{0.83} = 19.8 \text{ кВт}$$

15) Потужність тертя:

$$N_{\text{тр1}} = V_{h1} * P_{\text{тр}} = 0,041 * 60 = 2,5 \text{ кВт}$$

18) Ефективна потужність:

$$N_{\text{в1}} = N_{i1} + N_{\text{тр1}} = 19.8 + 2,5 = 22.3 \text{ кВт}$$

19) Електрична потужність:

$$N_{\text{ел1}} = \frac{N_{\text{в1}}}{\eta_{\text{ел}} * \eta_{\text{еф}}} = \frac{22.3}{0.9 * 0.7} = 35.4 \text{ кВт}$$

Використовуючи технічні параметри мотора компресора, видно, що двигун має потужністю 16 кВт.

					00КР.142.003.697.2024.	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

## 7. Розрахунок та підбір теплообмінних апаратів.

### 7.1 Підбір камерного обладнання.

В холодильних камерах зберігання використовуємо охолоджувачі повітря, які будуть в якості випарників.

За формулою розрахуємо площу теплообмінної поверхні випарників ( 11.25 [1]):

$$F = Q_{об} / (k \Delta t) , \text{ м}^2$$

де  $Q_{об}$  – теплове навантаження на камерне обладнання, Вт (розділ5);

$k$  – коефіцієнт теплопередачі , Вт/м<sup>2</sup>К;

В даному проекті використовуємо охолоджувачі повітря фірми “Guntner ”.

Коефіцієнт теплопередачі яких:

$$k = 30...40 \text{ Вт/м}^2\text{К.}$$

$\Delta t$  – різниця між температурами в камері та кипіння хладону, °С.

#### Камера №1. Приміщення Яблук ( $t_{кам} = +2 \text{ °С}$ )

Визначена розрахункова площа теплообмінної поверхні повітроохолоджувачів складає:

$$F_{по} = 112600 / (40 \cdot 10) = 281.5 \text{ м}^2$$

За визначеною площею з розрахунку теплообмінної поверхні, обираємо 2 охолоджувачі повітря фірми Guntner GACC RX 050.1/4-70.A 1820884M, які є підвісними та кубічними.

Теплообмінна площа охолоджувачів повітря складає:

$$161,3 \text{ м}^2 \times 2 = 322,6 \text{ м}^2$$

					<b>00КР.142.003.697.2024.</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Шабала А.С.			Проект холодильника фруктосховища місткістю 3600 т. у м. Сміла з порівняльним аналізом роботи ХУ на базі різних схемних рішень.	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		Рябчук О.М.						51
Рецензент						<b>НУХТ, ННІТІ, ТЕХТ</b>		
Н. Контр.								
Затвердив		Петренко В.П.						

Технічна характеристика охолоджувача повітря наведено в (табл. 7.1.)

Таблиця 7.1

F <sub>пов</sub> , м <sup>2</sup>	Крок ребер, мм	Номінальний тепловий потік (Δt = 8°C), кВт	Об'єм труб, дм <sup>3</sup>	Витрата повітря, м <sup>3</sup> /год	Вентилятор		N <sub>ел</sub> ТЕНів відта- ювання, кВт	Довжина струменя повітря, м
					К-ть x D мм	N <sub>ел</sub> кВт		
161,3	7	15	53,2	26720	4 x 400	0.62	24	24

Зробимо перевірку чи буде достатньою об'ємна подача повітря вентиляторів охолоджувачів повітря:

$$V_{\text{пов}} = Q_{\text{об}} / [\rho_{\text{пов}} (i_1 - i_2)], \text{ м}^3/\text{с}$$

де  $\rho_{\text{пов}}$  – густина повітря, що видувається з охолоджувача повітря, кг/м<sup>3</sup> ;

$i_1, i_2$  – ентальпія повітря на виході та вході з охолоджувача повітря, кДж/кг.

$$V_{\text{пов}} = \frac{112,6}{[1,28 (10 - 2)]} = 14,66 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \left( 52766 \frac{\text{м}^3}{\text{год}} \right)$$

Розрахункова подача повітря вентиляторів охолоджувачів повітря має значення: – 53440 м<sup>3</sup>/год. > 52766 м<sup>3</sup>/год.. Зробивши та проаналізувавши розрахунки, видно, що підібраних вентиляторів, які є на повітроохолоджувачах буде достатньою.

Використовуючи даний розрахунок зробимо підбір охолоджувачів повітря для інших камер.

Результати, які будуть отримані заповнимо до (табл. 7.2), а їхні технічні параметри підібраних охолоджувачів повітря до (табл. 7.3).

					00КР.142.003.697.2024.	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 7.2

№ камери	Призначення	tкам, °С	Qоб, кВт	k, Вт/м²К	Δt, °С	Fпо, м²
1	Яблука	2	112,6	40	10	281,5
2	Груші	2	83,3	40	10	208
3	Персики	0	68	40	10	170
4	Апельсини	2	55,6	40	10	139

Таблиця 7.3

Кам.	Марка і кількість ПО	Fпо, м²	Крок ребер, мм	Номінальний тепловий потік, кВт	Об'єм труб, дм³	Витрата повітря, м³/год	Вентилятор		Nел ТЕНів відтаювання, кВт	Довжина струменя повітря, м
							K-ть x D мм	Nел кВт		
1	GACC RX050.1/4x2	161,6	7	60	53,2	26700	4 x 400	0,9	24	24
2	GACC 050.1H/37-AS.E x2	120,9	7	50	40,8	20040	3 x 400	0,62	20	23
3	GACC 040.1F/44-AW.E x2	91,2	4	35	20	11520	4 x 350	0,25	14	18
4	GACC 050.1H/27-AS.E x2	75,6	4	30	18,2	10360	2 x 400	0,45	12	22

Охолоджувачі повітря чотирьох камер зберігання продукції мають кубічну форму. Процес відтаювання охолоджувачів повітря здійснюється за допомогою тенів, які інтегровані в конструкцію. Це дозволяє забезпечити ефективне і рівномірне нагрівання поверхні охолоджувача, що сприяє швидкому і безперешкодному видаленню льоду та конденсату. Завдяки такій системі, охолоджувачі зберігають свою продуктивність і забезпечують оптимальні умови для зберігання продукції, знижуючи ризик її псування. Крім того, інтеграція тенів у конструкцію забезпечує зручність в обслуговуванні та зменшує потребу в додаткових елементах для відтаювання.

					00КР.142.003.697.2024.	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

## 7.2 Підбір конденсатора

Розрахуємо теплове навантаження, яке буде на конденсатор.

Визначимо теплове навантаження на конденсатор ( 11.13 [1] ):

$$Q_{к д.} = Q_0 + Ni \text{ кВт}$$

$$Q_{к д. 1} = 112.6 + 49.5 = 162.3 \text{ кВт}$$

$$Q_{к д. 2} = 98.4 + 49.5 = 147.9 \text{ кВт}$$

$$Q_{к д. 3} = 68 + 21,7 = 89.7 \text{ кВт}$$

$$Q_{к д. 4} = 55,6 + 21,7 = 77,2 \text{ кВт}$$

Розрахуємо площа теплообмінної поверхні конденсатора за формулою 7.1

$$\Delta t = 10 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$k = 40 \text{ Вт/(м}^2\text{K) .}$$

$$F_{к д. 1} = 162,3 / (40 \cdot 10) = 425.5 \text{ м}^2$$

$$F_{к д. 2} = 147,9 / (40 \cdot 10) = 369 \text{ м}^2$$

$$F_{к д. 3} = 89,7 / (40 \cdot 10) = 236 \text{ м}^2$$

$$F_{к д. 4} = 77,2 / (40 \cdot 10) = 205 \text{ м}^2$$

За даними площами розрахунків, знаходимо потрібний нам повітряний конденсатор фірми Guntner GVH 050.2C/2x3-NI.E, який має площу теплообмінної поверхні 451 м<sup>2</sup>.

Користуючись даним розрахунком робимо підбір конденсаторів для інших камер зберігання продукції.

Отримані розрахункові результати заповнимо до (табл. 7.2), а їхні технічні параметри підібраних конденсаторів до (табл. 7.3).

Таблиця 7.2

№ камери	Призначення	Q <sub>об</sub> , кВт	k, Вт/м <sup>2</sup> К	Δt, °C	F <sub>по</sub> , м <sup>2</sup>
1	яблука	162,3	40	10	425,5
2	груші	147,9	40	10	369
3	персики	89,7	40	10	236
4	апельсини	77,2	40	10	205

									Арк.
									54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00КР.142.003.697.2024.				

Таблиця 7.3

№кам	Марка і кількість ПО	F <sub>по</sub> , м <sup>2</sup>	Крок ребер, мм	Номінальний тепловий потік, кВт	Об'єм труб, дм <sup>3</sup>	Витрата повітря, м <sup>3</sup> /год	Вентилятор	
							К-ть х D мм	N <sub>ел</sub> кВт
1	GVH 050.2C/2x3	451,8	2,2	180	76,1	54100	6 х 400	0,95
2	GVH 065.1A/2x3	411,7	2,2	150	77	51260	6 х 400	0,76
3	GVH 050.2B/4	256	2,2	100	40,5	31750	4 х 400	0,68
4	GVH 050.2B/4	256	2,2	100	40,5	31750	4 х 400	0,68

					<b>00КР.142.003.697.2024.</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

### 7.3 Розрахунок та вибір допоміжного обладнання.

Проведемо підбір лінійного ресивера.

Оскільки використовуємо систему з нижньою подачею холодоагенту у випарники, об'єм лінійних ресиверів визначається за формулою ( 14.1 [1] ):

$$V_{л.р.} = 0,6 \times V_{ко}$$

$V_{ко}$  - внутрішній об'єм труб охолоджувачів повітря.

Місткість охолоджувачів повітря для камери яблук:

$$V_{ко} = \sum V_i \times n = (53,2 * 2) * 10 - 3 = 0.106 \text{ м}^3$$

$$V_{л.р.} = 0,6 \times 0.106 = 0.064 \text{ м}^3$$

Обираємо ресивер Bitzer FS732, який має загальний внутрішній об'єм 0,072 м<sup>3</sup>.

Технічна параметри ресивера Bitzer FS732:

- внутрішній об'єм – 0,074 м<sup>3</sup>;
- габаритні розміри – 340 x 380 x 1271 мм;
- маса пустого ресивера – 55 кг

Місткість охолоджувачів повітря для камери груш:

$$V_{ко} = \sum V_i \times n = (40,8 * 2) * 10 - 3 = 0.082 \text{ м}^3$$

$$V_{л.р.} = 0,6 \times 0.082 = 0.05 \text{ м}^3$$

Обираємо ресивер Bitzer FS562, який має загальний внутрішній об'єм 0,055 м<sup>3</sup>.

Технічна параметри ресивера Bitzer F562N:

- внутрішній об'єм – 0,056 м<sup>3</sup>;
- габаритні розміри – 340 x 380 x 1019 мм;
- маса пустого ресивера – 50 кг.

					00КР.142.003.697.2024.	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Місткість охолоджувачів повітря для камери персиків:

$$V_{кв} = \sum V_i \times n = (20 * 2) * 10 - 3 = 0.04 \text{ м}^3$$

$$V_{л.р.} = 0,6 \times 0.04 = 0.024 \text{ м}^3$$

Обираємо ресивер Bitzer FS252, який має загальний внутрішній об'єм 0,025 м<sup>3</sup>.

Технічна параметри ресивера Bitzer F252H:

- внутрішній об'єм – 0,025 м<sup>3</sup>;
- габаритні розміри – 264 x 296 x 870 мм;
- маса пустого ресивера – 20 кг.

Місткість охолоджувачів повітря для камери апельсинів:

$$V_{кв} = \sum V_i \times n = (18,2 * 2) * 10 - 3 = 0.036 \text{ м}^3$$

$$V_{л.р.} = 0,6 \times 0.106 = 0.022 \text{ м}^3$$

Обираємо ресивер Bitzer FS252, який має загальний внутрішній об'єм 0,025 м<sup>3</sup>.

Технічна параметри ресивера Bitzer F252H:

- внутрішній об'єм – 0,025 м<sup>3</sup>;
- габаритні розміри – 264 x 296 x 870 мм;
- маса пустого ресивера – 20 кг.

#### 7.4 Підбір мастиловіддільників.

Підбір мастиловіддільника проводимо за діаметром нагнітального трубопроводу компресора та встановлюємо його відразу за компресором на лінії нагнітання.

					ООКР.142.003.697.2024.	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оскільки в нашому випадку використовуються поршневі компресори фірми Bitzer 6GE-40Y, де  $d_{наг}=35\text{мм}$ , використовуємо для встановлення один мастиловіддільник фірми Alco Controls OSH - 613.

Технічні параметри мастиловіддільників:

	Розміри, мм			Об'єм, л
	D, мм	H, мм	$d_{1, мм}$	
OSH - 613	153	483	35	7.9

Оскільки в нашому випадку використовуються поршневі компресори фірми Bitzer 4PES-15Y, де  $d_{наг}=28\text{мм}$ , використовуємо для встановлення один мастиловіддільник фірми Alco Controls OSH - 407.

Технічні параметри мастиловіддільників:

	Розміри, мм			Об'єм, л
	D, мм	H, мм	$d_{1, мм}$	
OSH - 409	102	413	28	3.8

## 8. Розрахунок діаметрів трубопроводів.

Все обладнання, яке є окремими частинами холодильної машини з'єднуються між собою за допомогою мідних трубопроводів.

За формулою знайдемо внутрішній діаметр труби:

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

1) Розрахуємо діаметр всмоктувального трубопроводу для, які працюють на температуру кипіння  $t_{\text{кам}} = +2^{\circ}\text{C}$ .

$$M = 0,86 \text{ кг/с};$$

$$\rho = \frac{1}{v_1} = 22,2 \frac{\text{кг}}{\text{м}}$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 * 0,86}{3,14 * 22,2 * 10}} = 0,070 \text{ м}$$

Підбираємо трубу з  $d_{\text{вн}} = 76 \text{ мм}$

Нагнітальний трубопровід:

$$M = 0,86 \text{ кг/с};$$

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

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 * 0,86}{3,14 * 100 * 10}} = 0,033 \text{ м}$$

Підбираємо трубу з  $d_{\text{вн}} = 35 \text{ мм}$

					<b>ООКР.142.003.697.2024.</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Шабала А.С.</i>			Проект холодильника фруктосховища місткістю 3600 т. у м. Сміла з порівняльним аналізом роботи ХУ на базі різних схемних рішень.	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірив</i>		<i>Рябчук О.М.</i>						59
<i>Рецензент</i>						<b>НУХТ, ННІТІ, ТЕХТ</b>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затвердив</i>		<i>Петренко В.П.</i>						

2) Розрахуємо діаметр всмоктувального трубопроводу для компресорів, які працюють на температуру кипіння  $t_{\text{кам}} = 0^\circ\text{C}$ .

$$M = 0,53 \text{ кг/с};$$

$$\rho = \frac{1}{v_1} = 30,4 \frac{\text{кг}}{\text{м}}$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 * 0,53}{3,14 * 30,4 * 10}} = 0,047 \text{ м}$$

Підбираємо трубу з  $d_{\text{вн}} = 54 \text{ мм}$

Нагнітальний трубопровід:

$$M = 0,53 \text{ кг/с};$$

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

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 * 0,53}{3,14 * 100 * 10}} = 0,025 \text{ м}$$

Підбираємо трубу з  $d_{\text{вн}} = 28 \text{ мм}$

					00КР.142.003.697.2024.	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 9. Техніко-економічне обґрунтування

Для спорудження фруктосховища, яке виконуватиме роль проміжного холодильника тривалого зберігання. Це сховище забезпечить оптимальні умови для зберігання фруктів між етапами заготівлі та розподілу, сприяючи збереженню їх якості та свіжості. Таке рішення дозволить знизити витрати на транспортування та підвищити ефективність логістичних процесів, а також забезпечить споживачів свіжими продуктами протягом тривалого часу.

Для забезпечення холодом даного підприємства використовуємо централізовану систему з безпосереднім охолодженням, що складається з 4-х установок. Холодоагент R404A, тип холодильної установки: фреонова, одноступенева, на одну температуру кипіння холодоагента. Компресори поршневі, виробництва фірми Bitzer. Повітроохолоджувачі та повітряні конденсатори виробництва фірми Güntner.

Повітроохолодники мають перевагу у компактності, що дозволяє їм займати менше вантажного простору. Вони також є менш металоємними при забезпеченні такої ж холодопродуктивності. Крім того, повітряні конденсатори не вимагають додаткового обладнання та витратних ресурсів, що робить їх більш економічно вигідним і архітектурно простими для системи охолодження фруктосховища. Компактність, менша металоємність, відсутність додаткового обладнання, енергоефективність, легкість в установці, менше вимог до обслуговування. Такі характеристики роблять повітроохолодники оптимальним вибором для ефективного зберігання продуктів.

Впровадження фреонових холодильних установок дозволило знизити загальну площу холодильного комплексу, що, в свою чергу, призвело до зменшення капітальних витрат на його будівництво.

					00KP.142.003.697.2024.	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В ході будівництва були застосовані металоконструкції як основні несучі елементи, а також сендвіч-панелі для забезпечення теплоізоляції. Такий підхід є одним із найсучасніших у сфері будівництва, оскільки сприяє простоті монтажу, скороченню термінів виконання робіт і досягненню високих експлуатаційних характеристик.

Металоконструкції надають будівлі міцність та стійкість, дозволяючи створювати інноваційні архітектурні рішення. Сендвіч-панелі, в свою чергу, забезпечують відмінну теплоізоляцію, що допомагає підтримувати стабільну внутрішню температуру і зменшувати витрати на енергоресурси.

Крім того, використання цих матеріалів також забезпечує високу швидкість будівництва, що дозволяє зменшити витрати і зекономити час. З сучасними технологіями можна бути впевненими в надійності і довговічності конструкцій, що робить їх ідеальними для різних типів об'єктів, таких як склади, виробничі площі та спеціалізовані холодильники. Усі ці фактори в сукупності дозволяють досягати високих стандартів якості і ефективності, які є важливими в умовах сучасного ринку.

					ООКР.142.003.697.2024.	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Визначення холодопродуктивність компресорного агрегату призначеного,  
для камери зберігання яблук:

$$Q_{\text{роб}} = \frac{1.1 * 112.6 * 5400}{4.187} = 159744 \text{ кВт}$$

$$Q = 159743 \cdot 0,76 = 121404 \text{ кВт}$$

Визначення холодопродуктивність компресорного агрегату призначеного,  
для камери зберігання груш:

$$Q_{\text{роб}} = \frac{1.1 * 98.4 * 5400}{4.187} = 139597 \text{ кВт}$$

$$Q = 139597 \cdot 0,76 = 106093 \text{ кВт}$$

Визначення холодопродуктивність компресорного агрегату призначеного,  
для камери зберігання персиків:

$$Q_{\text{роб}} = \frac{1.1 * 68 * 5400}{4.187} = 96470 \text{ кВт}$$

$$Q = 96470 \cdot 0,62 = 59871 \text{ кВт}$$

Визначення холодопродуктивність компресорного агрегату призначеного,  
для камеризберігання апельсинів:

$$Q_{\text{роб}} = \frac{1.1 * 55.6 * 5400}{4.187} = 78878 \text{ кВт}$$

$$Q = 78878 \cdot 0,62 = 48904 \text{ кВт}$$

					00КР.142.003.697.2024.	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

## 10.2 Специфікація обладнання

Загальна вартість всього обладнання, яке буде встановлене на даному фруктосховищі складає 6 097 080 тис. грн. з врахуванням всіх НДС (табл. 10.1).

Таблиця 10.1 – Специфікація холодильного обладнання установок.

№ п/п	Назва обладнання	Виробник	Ціна, тис. грн.	Вартість упаковки та доставки, тис. грн.	Кіл-сть,	Вартість, тис. грн.
1.	Компресори 6GE-40Y	Bitzer	330	10	6	1980060
2.	Компресори 4PES-15Y	Bitzer	150	10	2	320
3.	Конденсатор GVH 050.2C/2x3	Guntner	300	10	1	310
4.	Конденсатор GVH 065.1A/2x3	Guntner	290	10	1	300
5.	Конденсатор GVH 050.2B/4	Guntner	200	10	1	210
6.	Конденсатор GVH 050.2B/4	Guntner	200	10	1	210
7.	Повітроохолоджувач GACC RX 050.1/4-70.A	Guntner	300	10	2	620
8.	Повітроохолоджувач GACC RX 050.1/4-70.A	Guntner	300	10	2	620
9.	Повітроохолоджувач GACC 050.1H/37	Guntner	250	10	2	520
10.	Повітроохолоджувач GACC 050.1H/37	Guntner	250	10	2	520
11.	Ресивер Bitzer FS732	Bitzer	30	2	1	32
12.	Ресивера Bitzer FS562	Bitzer	27	2	1	29
13.	Ресивера Bitzer FS252	Bitzer	16	1	1	17
14.	Ресивера Bitzer FS252	Bitzer	16	1	1	17
15.	Маслиловіддільник OSH - 613	Alco	11	1	3	33
16.	Маслиловіддільник OSH - 409	Alco	7	1	1	8
17.	Система трубопроводів, арматури та автоматизації		30%	-	1	800
<b>Разом</b>						<b>6 097 080</b>

## 10.3 Витрати за оплату електроенергії

У даному розділі проводимо розрахунок витрат на споживання електроенергії для компресорів та вентиляторів, які використовуються в даному холодильному обладнанні.

За формулою визначимо річне споживання електроенергії:

$$W = \sum N_e * K_c * n \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

де  $N_e$  - номінальна потужність двигуна, кВт;  $K_c$  - коефіцієнт використання;  $n$

– час роботи обладнання в робочих умовах, год.

					<b>00KP.142.003.697.2024.</b>	Арк. 65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік електрообладнання, їх характеристика та розрахунок витрат електроенергії занесли до (табл. 10.2).

Таблиця 10.2 – Розрахунок витрат електроенергії.

№ п/п	Назва обладнання	Номінальна потужність, кВт	Час роботи, год.	Кількість, шт	Спожита електроенергія, кВт·год
1.	Компресори 6GE-40Y	28	5400	6	907200
2.	Компресори 4PES-15Y	12	5400	2	129600
3.	Повітроохолоджувач GACC RX 050.1/4-70.A	0,9	5400	8	38880
4.	Повітроохолоджувач GACC 050.1H/37	0,6	5400	6	19440
5.	Повітроохолоджувач GACC 040.1F/44	0,45	5400	8	19440
6.	Повітроохолоджувач GACC 050.1H/27	0,6	5400	8	25920
7.	Конденсатор GVH 050.2C/2x3	0,95	5400	6	30780
8.	Конденсатор GVH 065.1A/2x3	0,76	5400	6	24624
9.	Конденсатор GVH 050.2B/4	0,68	5400	4	14688
10.	Конденсатор GVH 050.2B/4	0,68	5400	4	14688
<b>Разом</b>					<b>1224460</b>

Вартість оплати одного кВт електроенергії складає 9 грн. за кВт·год.

Визначимо витрати на оплату електроенергії:

$$1224460 \cdot 9 = 11020140 \text{ тис. грн.}$$

#### 10.4. Витрати на поповнення системи мастилом.

В холодильній установці після компресора встановлено мастиловіддільники. Мастило, яке разом з фреоном потрапляє в систему і розноситься по ній. З певним часом повертатиметься в компресор, але в меншій кількості ніж було в компресорі та ресивері, тому, що його частина залишається в трубах, конденсаторах, мастиловіддільниках, випарниках. Обсяги мастила, які потрібно дозаправляти в систему, залежать від розмірів самої системи. Для нормальної і тривалої роботи компресора, кожного року будемо проводити заміну мастила. Дозаправка мастилом буде дорівнювати об'єму мастила, який міститься безпосередньо в компресорах.

					<b>ООКР.142.003.697.2024.</b>	Арк.
						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість мастила необхідна для заправки:

6 компресорів 6GE-40Y (5 л)

$$M = 5 \cdot 6 = 30 \text{ л}$$

2 компресори 4PES 15Y (2,5 л)

$$M = 2 \cdot 2,5 = 5 \text{ л}$$

Визначимо витрати на мастило для дозаправки систем поршневих компресорів (ціна одного літра мастила 550 гривень) :

$$V_{\text{гв.мас}} = (30 + 5) \cdot 550 = 19250 \text{ тис. грн.}$$

### 10.5. Витрати робітникам на заробітну плату.

Витрати на заробітну плату працівників нараховується по їхній кваліфікації та розрядах і включає премії та надбавки за роботу, коли люди працюють у святкові дні та понаднормово. Кількість працівників залежить від рівня автоматизації холодильної установки та кількості компресорних агрегатів і їх продуктивності.

На автоматизації фреонової холодильної установки задіяно три оператори.

Фонд додаткової заробітної плати робітникам :

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

$$\text{ФДЗП} = 570 \cdot 0,08 = 45,6 \text{ тис. грн.}$$

Повний фонд заробітної плати:  $\text{ФЗП} = \text{ФОЗП} + \text{ФДЗП}$

$$\text{ФЗП} = 570 + 45,6 = 615,6 \text{ тис. грн.}$$

Витрати на оплату праці робітників з нарахуваннями:

$$\text{ВOPx} = 615,6 \cdot 0,3708 + 615,6 = 843,8 \text{ тис. грн}$$

					00KP.142.003.697.2024.	Арк.
						67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 10.3 – 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 V розряду	25.2	3	240	2.5	45.6	300
Разом						300

### 10.6 Амортизація холодильного обладнання

Розрахуємо амортизаційні відрахування на обладнання (які становлять 22%):

$$6097080 \cdot 0,22 = 1341357 \text{ тис. грн.}$$

### 10.7 Витрати на ремонти устаткування

Витрати на ремонти устаткування складають 50% від амортизаційних витрат:

$$V_{\text{поточні}} = 1341357 \cdot 0,5 = 670 \text{ тис. грн.}$$

### 10.8 Витрати на охорону праці

Кошти, які витрачаються для заходів з охорони праці складають 0,2 % від фонду заробітної плати. Кошти використовуються для вдосконалення умов праці на виробництві, закупівля зимового та літнього одягу для робітників, а також засобів індивідуального захисту та гігієни. Покращення умов їхнього перебування на підприємстві, вдосконалення кімнати для відпочинку та покращення їхніх робочих мість для зручності працівників.

$$V_{\text{оп}} = 843,4 \cdot 0,002 = 1687 \text{ тис. грн.}$$

					00КР.142.003.697.2024.	Арк.
						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 10.9 Інші витрати виробництва

Інші витрати виробництва складають 0,5% від загально цехових витрат.

Основні витрати підприємства заносимо до (табл. 12.4)

Таблиця 10.4 – Собівартість одиниці виробленого холоду.

Статті витрат	Значення показників, тис. грн.
Електроенергія	11 020 140
Мастило	19250
Оплата праці	843,8
Амортизація обладнання	1 341 357
Поточні ремонти	670
Охорона праці	1678
Інші витрати	100
Разом	14 162 347

## 10.10 Визначення цехової собівартості одиниці виробленого холоду.

Собівартість стандартної одиниці виробленого холоду становить:

$$C = 14\,162\,347 / 336\,272 = 42,11 \text{ грн./ст. кВт} \cdot \text{год.}$$

					ООКР.142.003.697.2024.	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

# 11. Охорона праці

## Сучасний стан охорони праці в Україні та за кордоном

Основна проблема це створення безпечних та нешкідливих умов праці в Україні завжди була актуальною, що підтверджується статистикою нещасних випадків. За останні 10 років на виробництві кожного року травмувалося близько 125 000 працівників, з яких майже 3 000 втрачали життя. Однак реальний стан охорони праці та рівень виробничого травматизму в той час замовчувались. Через це багато важливих наукових та виробничих питань щодо умов праці залишалися невирішеними.

Наслідками цього стали:

- Відставання вітчизняної науки в питаннях охорони праці на 15-20 років від світових досягнень.
- Рівень виробничого травматизму перевищував аналогічні показники у розвинених країнах у 5-8 разів.
- Витрати на пільги та компенсації за роботу в шкідливих умовах на одного працівника були майже вдвічі більшими, ніж на профілактику нещасних випадків та професійних захворювань.

У 1992 році Україна ухвалила Закон «Про охорону праці». Цей закон визначив пріоритетні напрямки захисту конституційного права громадян на безпечні умови праці, а також закріпив основні принципи державної політики в галузі охорони праці (див. ст. 4).

З моменту ухвалення закону було здійснено ряд заходів для реалізації цих принципів:

Створено Національну раду з питань безпечної життєдіяльності населення при Кабінеті Міністрів України, яка розробляє та впроваджує заходи для створення єдиної системи державного управління охороною життя на виробництві.

					<b>00КР.142.003.697.2024.</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Проект холодильника фруктосховища місткістю 3600 т. у м. Сміла з порівняльним аналізом роботи ХУ на базі різних схемних рішень.	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>		<i>Шабала А.С.</i>						70
<i>Перевірів</i>		<i>Рябчук О.М.</i>						
<i>Рецензент</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затвердив</i>		<i>Петренко В.П.</i>					<b>НУХТ, ННІТІ, ТЕХТ</b>	

Рада також здійснює контроль за виконанням законодавчих актів і рішень уряду та координує діяльність центральних і місцевих органів виконавчої влади з цих питань.

Також було створено Державний комітет з нагляду за охороною праці, якому передали функції державного нагляду за дотриманням законодавства щодо охорони життя і здоров'я працівників, які раніше виконували профспілки. Комітету доручено комплексне управління охороною праці на державному рівні.

У 1994-1995 роках в Україні були розроблені та в основному виконані перші національні, галузеві, регіональні й виробничі програми, спрямовані на покращення умов праці, безпеки на виробництві та виробничого середовища.

Зараз триває реалізація національних, галузевих та інших програм з охорони праці, розроблених до 2000 року. Фінансування цих програм здійснювалося через спеціально створені фонди охорони праці, запроваджені Законом «Про охорону праці». Ці фонди стали економічною базою для покращення безпеки та гігієни праці.

Пріоритети в галузі охорони праці, як і раніше, здебільшого спрямовані не на профілактичні заходи, а на надання різних компенсацій та пільг. Це значною мірою пов'язано з тим, що механізм соціального захисту від професійних ризиків не має страхового характеру, а також з відсутністю взаємозв'язку між системами охорони праці та соціального страхування.

Нові економічні умови вимагають впровадження більш ефективних форм і методів профілактики. Йдеться про перехід на обов'язкове соціальне страхування від нещасних випадків і професійних захворювань.

Основні завдання:

Запровадити механізм управління охороною праці, який зробить економічно не вигідними шкідливі та небезпечні умови праці для роботодавців (встановлення диференційованих страхових тарифів залежно від рівня охорони праці на підприємствах).

					00КР.142.003.697.2024.	Арк.
						71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Забезпечити стабільне фінансування витрат на компенсації працівникам у разі втрати працездатності, а також виплати пенсій по інвалідності та у разі втрати годувальника.

Створити надійну систему медичної, професійної та соціальної реабілітації постраждалих на виробництві.

Значно покращити профілактичну роботу, спрямовану на запобігання нещасним випадкам і професійним захворюванням.

### **Міжнародне законодавство з охорони праці.**

МОП (Міжнародна організація праці) була заснована у 1919 році як автономна структура при Лізі Націй, а з 1946 року стала першою спеціалізованою установою ООН. Штаб-квартира МОП – у Женеві, Швейцарія.

Вищим органом МОП є Генеральна конференція праці, а виконавчий орган – Адміністративна рада. Станом на 1 липня 1997 року до складу МОП входили 174 держави, які ухвалили 181 конвенцію та 1881 рекомендацію. Україна стала членом МОП у 1954 році.

Головною метою МОП, згідно з її Статутом, є сприяння миру на основі соціальної справедливості та покращення умов праці й життя працівників у всьому світі.

Основні напрямки діяльності МОП включають:

- Участь у міжнародному регулюванні трудових відносин через розробку та ухвалення нормативних актів (конвенцій і рекомендацій) щодо умов праці;
- Розробку та реалізацію міжнародних програм, спрямованих на вирішення соціально-трудоових проблем, таких як зайнятість і умови праці;
- Надання допомоги державам-членам у вдосконаленні національного трудового законодавства, професійної підготовки, покращення умов праці через технічні програми, дослідження та публікації.

Закон України «Про охорону праці», ухвалений Верховною Радою України 14 жовтня 1992 року,

					00КР.142.003.697.2024.	Арк.
						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

встановлює основні положення щодо реалізації конституційного права громадян на охорону їхнього життя та здоров'я під час роботи.

Він регулює відносини між власником підприємства та працівником з питань безпеки і гігієни праці, а також виробничого середовища.

Закон визначає єдину систему організації охорони праці в Україні і має низку нововведень, серед яких:

- Перехід до економічних методів управління охороною праці замість адміністративних;
- Створення спеціальних фондів охорони праці на державному, галузевому та регіональному рівнях, а також на підприємствах;
- Введення додаткових штрафних санкцій та податкових пільг;
- Формування системи державного управління та нагляду за охороною праці, а також організація цієї роботи на підприємствах незалежно від форми власності;
- Розширення прав і соціальних гарантій для працівників, особливо постраждалих від нещасних випадків на виробництві, а також для їхніх родин;
- Посилення ролі колективних договорів у покращенні умов праці та захисту прав працівників;
- Визначення правового статусу служб охорони праці на підприємствах і в органах державної влади;
- Організація навчання населення з питань охорони праці, включаючи запровадження спеціальних курсів у всіх навчальних закладах;
- Активна участь профспілок та громадськості у вирішенні питань охорони праці, створення нових громадських інститутів, вибори комісій з охорони праці та уповноважених від трудових колективів.

Закон враховує основні вимоги конвенцій та рекомендацій МОП щодо безпеки, гігієни праці та виробничого середовища, а також передовий досвід промислово розвинених країн і попередній досвід України в цій сфері.

					ООКР.142.003.697.2024.	Арк.
						73
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Класифікація шкідливих та небезпечних виробничих чинників

При роботі з холодильним обладнанням існує низка шкідливих і небезпечних виробничих чинників, які можуть впливати на здоров'я працівників. Ось основні з них:

### 1. Фізичні чинники:

**Низькі температури:** Робота в умовах низьких температур (в холодильних камерах або поруч з ними) може викликати переохолодження, обмороження, а також негативно впливати на серцево-судинну систему.

**Температурний шок:** Швидка зміна температур при переміщенні з холодних зон в теплі може стати причиною стресу для організму та негативно впливати на здоров'я.

**Механічні небезпеки:** Рухомі частини обладнання, компресори, вентилятори та інші механізми можуть становити загрозу отримання травм (ударів, порізів або затиснення).

**Шум та вібрація:** Компресорні установки та вентиляторні системи часто створюють підвищений рівень шуму та вібрації, що може призводити до втоми, стресу та розвитку професійних захворювань (наприклад, вібраційної хвороби або втрати слуху).

**Електричний струм:** Оскільки холодильне обладнання працює на електроенергії, є ризик ураження електричним струмом під час монтажу, ремонту або обслуговування.

### 2. Хімічні чинники:

**Холодоагенти:** Використовувані в холодильних установках речовини (фреони, аміак та інші) можуть бути токсичними або вибухонебезпечними. При порушенні герметичності системи або витоку холодоагентів можливі отруєння, подразнення дихальних шляхів і слизових оболонок, а в деяких випадках навіть асфіксія.

					ООКР.142.003.697.2024.	Арк.
						74
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Фреони: Більшість фреонів вважаються відносно безпечними, але при витоках можуть викликати отруєння, особливо у великих концентраціях. Вони також можуть витіснити кисень у приміщенні.

Аміак: Використовується в промислових холодильних системах і є дуже небезпечною речовиною. Витік аміаку може спричинити серйозне отруєння, ураження дихальної системи, очей і навіть смерть у разі великих концентрацій.

Масильні матеріали та технічні рідини: У процесі обслуговування холодильного обладнання використовуються різноманітні хімічні речовини, які можуть бути шкідливими при контакті зі шкірою або вдиханні.

### 3. Біологічні чинники:

Можливі утворення плісняви: В холодних та вологих приміщеннях (наприклад, в холодильних камерах) можуть утворюватися колонії грибків і плісняви, що може спричинити алергічні реакції або респіраторні захворювання у працівників.

### 4. Небезпечні чинники:

Вибухи або пожежі: Деякі холодоагенти (наприклад, аміак або пропан) є вибухонебезпечними. При витоках або неправильному використанні можливі вибухи чи пожежі.

Тиск: Холодильні системи працюють під високим тиском, тому пошкодження елементів системи може спричинити раптовий вихід газу під тиском, що може травмувати працівників.

### 5. Ергономічні та психофізіологічні чинники:

Перевантаження та незручні робочі пози: Працівники можуть працювати в обмежених просторах, вимагаючи частих нахилів або незручних поз, що підвищує ризик розвитку опорно-рухових порушень.

					00KP.142.003.697.2024.	Арк.
						75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Психоемоційне навантаження: Відповідальність за роботу з небезпечними речовинами або технічними системами під високим тиском може викликати стрес або нервову перенапругу.

#### 6. Інші фактори:

Погана вентиляція: Витік холодоагентів, зокрема аміаку, може стати небезпечним при недостатній вентиляції. Це може призвести до накопичення шкідливих речовин у робочому просторі та викликати отруєння.

До групи хімічних факторів при роботі з холодильним обладнанням можна віднести такі підгрупи:

##### 1. Холодоагенти :

Фреони (хлорфторвуглеці, ГФУ): Широко використовуються в холодильному обладнанні. Вони не мають запаху і кольору, тому витіки можуть залишатися непоміченими. Вдихання високих концентрацій фреонів може викликати запаморочення, головний біль, подразнення очей та дихальних шляхів, а при тривалому впливі — вплив на нервову систему.

Аміак ( $\text{NH}_3$ ): Використовується в промислових холодильних установках. Є небезпечним хімічним агентом, який може спричинити отруєння, ураження дихальних шляхів і слизових оболонок. При високих концентраціях — небезпечний для життя.

Вуглеводневі холодоагенти (ізобутан, пропан): Хоча вони ефективні в холодильних установках, є вибухонебезпечними при витіках. Також можуть мати токсичну дію на організм при вдиханні великих концентрацій.

##### 2. Мастильні матеріали:

Мастила, що використовуються для змащування компресорів, вентиляторів та інших механічних частин холодильного обладнання, можуть бути небезпечними при контакті зі шкірою або вдиханні парів. Вони можуть спричинити дерматит або інші алергічні реакції.

					ООКР.142.003.697.2024.	Арк.
						76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3. Очисні та дезінфекційні засоби:

Засоби, які застосовуються для очищення і дезінфекції внутрішніх компонентів холодильних систем (наприклад, антибактеріальні спреї, розчинники), можуть мати токсичний або подразнювальний вплив на дихальні шляхи і шкіру.

### 4. Антикоровійні та ізоляційні матеріали:

Хімічні речовини, які використовуються для запобігання корозії труб і корпусу холодильного обладнання або для теплоізоляції (пінопласти, герметики), можуть виділяти токсичні випари, небезпечні при вдиханні або контакті з шкірою.

### 5. Гази, що утворюються при аварійних ситуаціях:

При несправності обладнання або витоків холодоагентів можуть утворюватися токсичні газы, що становлять серйозну небезпеку для здоров'я працівників.

Ці хімічні чинники можуть негативно впливати на здоров'я працівників, тому важливо дотримуватися заходів безпеки, таких як використання систем вентиляції, захисного одягу, респіраторів та інших засобів індивідуального захисту.

Висновок: При роботі з холодильним обладнанням важливо враховувати різноманітні шкідливі та небезпечні фактори, які можуть негативно впливати на здоров'я працівників. Хімічні фактори, такі як холодоагенти (фреони, аміак, вуглеводневі газы), мастильні матеріали, очищувальні засоби та антикорозійні речовини, можуть викликати гострі та хронічні отруєння, подразнення шкіри та дихальних шляхів, а також інші професійні захворювання.

Необхідно дотримуватися вимог безпеки та запроваджувати ефективні профілактичні заходи для мінімізації ризиків. Це включає регулярний моніторинг концентрацій шкідливих речовин у повітрі робочої зони, використання засобів індивідуального захисту, забезпечення належної вентиляції приміщень,

					ООКР.142.003.697.2024.	Арк.
						77
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

а також проведення навчання для працівників щодо безпечних методів роботи з холодильним обладнанням.

Правильна організація трудового процесу і контроль за шкідливими факторами дозволять знизити ризики, покращити умови праці та зберегти здоров'я працівників у сфері холодильних технологій.

### **Організація служб по роботі з охороною праці.**

Організація з питань охорони праці є важливою складовою частиною безпечного функціонування підприємства. Вона має на меті забезпечити дотримання норм і правил охорони праці, знизити ризики виробничих травм та професійних захворювань. Основні питання по організації роботи служб з охорони праці включають:

#### **1. Організаційна структура служби охорони праці:**

Організаційна структура: Служба охорони праці повинна мати чітку організаційну структуру, яка включає посадові інструкції, обов'язки і права співробітників. Це може бути окрема служба або підрозділ в рамках більшої організації.

Фахівцям по роботі з охороною праці: Необхідно залучати кваліфікованих спеціалістів, таких як інженери по охороні праці, медичні працівники та інші експерти, які забезпечуватимуть контроль за дотриманням вимог.

#### **2. Розробка та впровадження політики охорони праці:**

Політика охорони праці: Визначення основних принципів і цілей у сфері охорони праці, а також заходів для їх досягнення. Політика повинна бути затверджена керівництвом підприємства.

Планування заходів: Розробка плану заходів щодо покращення умов праці, які включають регулярні оцінки ризиків, навчання працівників, впровадження нових технологій та засобів захисту.

#### **3. Оцінка та контроль ризиків:**

Оцінка ризиків: Регулярне проведення оцінки ризиків на робочих місцях, включаючи виявлення шкідливих і небезпечних чинників, що можуть впливати на здоров'я працівників.

					ООКР.142.003.697.2024.	Арк.
						78
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Контроль виконання вимог: Моніторинг дотримання нормативних правил з охорони по праці та контроль виконання заходів, спрямованих на зменшення ризиків.

#### 4. Навчання та інформування працівників:

Навчання: Організація навчання з охорони по праці для всіх працівників, що включає теоретичні заняття та практичні тренування з використання засобів індивідуального захисту.

Інформування: Забезпечення доступу працівників до інформації про ризики на робочих місцях, правила безпеки та порядок дій у разі аварії або нещасного випадку.

#### 5. Аудит і моніторинг:

Регулярний аудит: Проведення внутрішніх аудитів системи управління охороною праці для оцінки її ефективності та виявлення можливих недоліків.

Моніторинг стану охорони праці: Постійний моніторинг умов праці, стану здоров'я працівників і динаміки виробничих травм.

#### 6. Взаємодія з іншими службами:

Співпраця: Взаємодія служби охорони праці з іншими підрозділами підприємства (технічним, медичним, кадровим) для забезпечення комплексного підходу до охорони праці.

Співпраця з контролюючими органами: Підтримка зв'язку з державними органами з нагляду за охороною по праці для своєчасного виконання їх вимог і рекомендацій.

#### 7. Документація та звітність:

Ведення документації: Організація ведення документів, пов'язаних з охороною праці, включаючи інструкції, акти, звіти про нещасні випадки та оцінки ризиків.

Звітність: Своєчасне складання звітів для керівництва підприємства та державних органів, а також проведення аналізу причин нещасних випадків і професійних захворювань.

					00КР.142.003.697.2024.	Арк.
						79
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## **Громадський контроль за станом охорони по праці в певній організації.**

Громадський контроль за станом охорони по праці в певній організації, зокрема у фруктосховищі, є важливим елементом забезпечення безпеки на виробництві та дотримання встановлених стандартів охорони праці. Це дозволяє підвищити прозорість діяльності підприємства, своєчасно виявляти і усувати небезпеки для здоров'я та життя працівників. Головними учасниками громадського контролю виступають профспілки, представники працівників, уповноважені особи з охорони по праці, а також певні державні органи по контролю.

Ось основні аспекти громадського контролю в умовах фруктосховища:

### **1. Вибір уповноважених з охорони по праці:**

Працівники визначають основних представників з охорони по праці, які здійснюють нагляд за умовами роботи і дотриманням правил безпеки.

Уповноважені з охорони по праці мають право доступу до робочих зон, обладнання і документації, що дозволяє їм контролювати стан безпеки та відповідність нормативним вимогам.

### **2. Розробка та обговорення стандартів безпеки:**

Уповноважені разом з адміністрацією підприємства розробляють стандарти і правила з охорони праці, адаптовані до специфіки роботи у фруктосховищі (врахування ризиків при використанні холодильного обладнання, токсичних речовин для зберігання фруктів, запобігання обвалам продукції та інші).

Важливим етапом є проведення спільних нарад для обговорення та уточнення стандартів з охорони по праці.

### **3. Проведення інспекцій і перевірок:**

Регулярне проведення перевірок умов праці з метою виявлення потенційних ризиків, включаючи оцінку роботи систем вентиляції, рівня вологості та температури, а також контролю за використанням засобів індивідуального захисту.

Специфічні перевірки охоплюють огляд холодильних установок, місць зберігання хімікатів

					<b>ООКР.142.003.697.2024.</b>	<i>Арк.</i>
						80
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

(якщо використовуються засоби для зберігання фруктів), а також контроль чистоти і гігієни робочих місць.

#### 4. Навчання працівників:

Організація навчальних заходів, під час яких уповноважені роз'яснюють працівникам їхні права і обов'язки в галузі охорони праці.

Регулярне проведення інструктажів, основними питаннями є поводження з обладнанням, поведінки в аварійних ситуаціях, правильного використання індивідуальних засобів захисту.

#### 5. Збір інформації та аналіз інцидентів:

Уповноважені з охорони по праці ведуть журнал обліку нещасних випадків і професійних захворювань. Важливо виявляти причини інцидентів та оцінювати їх для запобігання подібним випадкам у майбутньому.

Громадський контроль дозволяє здійснювати аналіз і коригування умов праці, що підвищує ефективність заходів з охорони праці.

#### 6. Подача звітності та рекомендацій:

Складання звітів про стан охорони по праці і подача пропозицій щодо покращення умов праці адміністрації підприємства. Звіти можуть містити рекомендації щодо усунення недоліків, виявлених у процесі перевірок.

Громадський контроль передбачає регулярне надання інформації адміністрації, профспілкам та працівникам про стан безпеки та умови праці.

#### 7. Співпраця з державними органами контролю:

Громадські уповноважені можуть звертатися до органів державного нагляду (Держпраці), якщо виявлені порушення не усуваються підприємством.

Спільні перевірки з державними інспекторами дозволяють підвищити рівень контролю та виконання приписів щодо охорони по праці.

Завдяки громадському контролю працівники можуть бути впевнені у відповідності умов праці встановленим стандартам безпеки. Це сприяє підвищенню загальної культури безпеки, запобіганню нещасним випадкам та професійним захворюванням, що, у свою чергу, знижує ризики для здоров'я та життя працівників.

					ООКР.142.003.697.2024.	Арк.
						81
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Комісія може делегувати своїх представників для участі у таких заходах:**

Перевірки та інспекції: Представники можуть брати участь у проведенні планових та позапланових перевірок з метою контролю за дотриманням норм і правил охорони по праці на підприємствах.

Оцінка ризиків та безпеки умов праці: Делеговані представники можуть здійснювати моніторинг і аналіз умов праці, зокрема на виробничих майданчиках та робочих місцях, з метою оцінки можливих ризиків.

Навчання та інструктажі з охорони по праці: Представники комісії можуть брати участь у проведенні навчальних заходів, тренінгів, інструктажів і семінарів для працівників, що стосуються правил безпеки і використання засобів індивідуального захисту.

Розслідування нещасних випадків і професійних захворювань: Представники можуть бути залучені до комісії для розслідування нещасних випадків або випадків професійних захворювань, аналізу причин і розробки заходів з їх запобігання в майбутньому.

Засідання з охорони праці: Представники комісії можуть брати участь у засіданнях, де розглядаються питання охорони праці, розробляються рекомендації та затверджуються заходи щодо покращення безпеки праці на підприємстві.

Підготовка звітів і рекомендацій: Делеговані представники можуть бути залучені до підготовки звітів про стан охорони праці та розробки рекомендацій для керівництва підприємства.

Залучення представників комісії до зазначених заходів сприяє покращенню умов праці, забезпеченню безпеки працівників та створенню сприятливого виробничого середовища.

					00КР.142.003.697.2024.	Арк.
						82
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Як робочу речовину використовуємо R404A, а як заміну R134a.

R404A — це синтетичний холодоагент, який використовується в холодильних і кондиціонерних системах, здебільшого для комерційного застосування, зокрема у системах середньої та низької температури, таких як морозильні камери, холодильники для зберігання заморожених продуктів, фруктосховища, а також в системах кондиціонування транспорту. R404A є сумішшю трьох гідрофторвуглеців: R-125, R-143a та R-134a.

Основні характеристики R404A:

Хімічний склад: 44% R-125, 52% R-143a, 4% R-134a.

Температурний діапазон: Придатний для роботи в системах, що потребують низьких і середніх температур.

Екологічний вплив:

Потенціал глобального потепління (GWP): досить високий, близько 3920, що означає значний вплив на зміну клімату.

Озоноруйнівний потенціал (ODP): дорівнює нулю, що робить R404A безпечним для озонового шару.

Токсичність та горючість: R404A належить до класу негорючих і нетоксичних холодоагентів.

Переваги та недоліки:

Переваги:

Висока ефективність охолодження в умовах низьких температур.

Стабільність в експлуатації та сумісність з багатьма компресорними системами.

Недоліки:

Через високий GWP, поступово замінюється на більш екологічно чисті альтернативи (наприклад, R448A, R449A).

					00KP.142.003.697.2024.	Арк.
						83
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Обмеження на використання в багатьох країнах у зв'язку з екологічними стандартами.

R404A використовується в обладнанні, де важлива стабільність роботи при низьких температурах, проте зважаючи на екологічні вимоги, для нового обладнання все частіше обираються альтернативні холодоагенти з меншим впливом на довкілля.

R404A широко застосовуються в таких системах:

Холодильні камери і склади для заморожених продуктів.

Холодильні вітрини в супермаркетах.

Промислові холодильні системи.

Системи охолодження на транспорті, зокрема в рефрижераторних контейнерах.

R134a використовується для середньотемпературних і високотемпературних застосувань, особливо в кондиціонуванні повітря, що робить його універсальним вибором для різних типів систем, хоча його теж поступово замінюють через високий GWP.

					00KP.142.003.697.2024.	Арк.
						84
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Список використаної літератури

- 1) Явнель Б.К. “Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха”. М.: «Агропромиздат», 1989-223с.
- 2) Теплохолодотехніка: навч. посіб. / С.М. Василенко, В.І. Павелко, А.В. Форсюк, М.М. Масліков, Н.В. Иващенко, С.В. Барановська. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – 258 с.
- 3) Інтернет [www.pholod.com.ua](http://www.pholod.com.ua)
- 4) Інтернет <http://holodprom.com.ua>
- 5) Інтернет <http://ks-bendi.ua/>
- 6) Гетун Г.В. Основи проектування промислових будівель - К.: Кондор, 2009. - 210 с.
- 7) Інтернет <https://incools.com/ua/service/storage>
- 8) Тітлов, О.С. Холодильне обладнання підприємств харчової промисловості: навч. посіб. / О.С Тітлов, С.Ф. Горикін.– Львів: Новий світ 2000., 2011.– 286 с.
- 9) Тимофеевский Л.С. Холодильные машины – СПб.: Политехника, 1997 – 992с.
- 10) Методичні вказівки до виконання дипломних проєктів (робіт) студентами спец. 7.090520 “Холодильні машини і установки” денної та заочної форм навчання. /Укл.; М.О.Прядко, А.В.Форсюк, М.М.Масліков.- К.; НУХТ, 2002.
- 11) Сірий , Шестеренко. – Проектирование: Учеб. Пособие для вузов. – К.: Выща шк.. Головное изд-во, 1988. – 280 с., 97 ил. – Библиогр.: 44 назв.

					00КР.142.003.697.2024.	Арк.
						85
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		