

**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)

**«До захисту допущено»**  
Завідувач кафедри

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

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

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності \_\_\_\_\_ 142 Енергетичне машинобудування \_\_\_\_\_  
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми \_\_\_\_\_ Енергомашинобудування \_\_\_\_\_

на тему: \_\_\_\_\_ Проект плодоовочевої бази місткістю 2500 т у м. Київ \_\_\_\_\_

Виконав: здобувач \_\_\_\_\_ 4 \_\_\_\_\_ курсу, групи \_\_\_\_\_ ХМ-4-5 \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Пашко Андрій Вікторович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник \_\_\_\_\_ Форсюк Андрій Васильович \_\_\_\_\_  
(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)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній роботі немає запозичень із праць інших авторів без відповідних посилань.

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ - 2020р.

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого \_\_\_\_\_  
Кафедра \_\_теплоенергетики та холодильної техніки \_\_\_\_\_  
Освітньо-кваліфікаційний рівень \_\_бакалавр \_\_\_\_\_  
Спеціальність 142 Енергетичне машинобудування \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)  
Освітньо-професійна програма Енергомашинобудування \_\_\_\_\_  
(назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ТЕХТ \_\_\_\_\_

“ 08 ” квітня 20 20 року

## З А В Д А Н Н Я

### НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Пашко Андрій Вікторович \_\_\_\_\_

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Проект плодоовочевої бази місткістю 2500 тон у м. Київ \_\_\_\_\_

керівник проекту (роботи) Форсюк Андрій Васильович, доцент, кандидат технічних наук \_\_\_\_\_

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від “08”квітня 2020 року №230-кв

2. Строк подання студентом проекту (роботи) \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до проекту (роботи) 5 камер по 500 тон; матеріал стін – сандвіч панелі; система охолодження – з проміжним холодоносієм; холодоагент – аміак; охолодження камер – повітроохолодники; конденсатори – повітряні; продукти – картопля, цибуля, яблука; структура холодильника – типова. Розрахунки для зими та літа. \_\_\_\_\_

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Технологічна схема холодильного оброблення продукції; 2. Визначення основних розмірів і планування приміщень холодильника; 3. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника; 4. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень; 5. Визначення навантаження на теплообмінне обладнання камер та компресори; 6. Вибір структури системи охолодження та типу холодильної установки; 7. Вибір розрахункового режиму та тепловий розрахунок холодильної машини; 8. Вибір теплообмінних апаратів ( випарник, конденсатор); 9. Розрахунок і вибір теплообмінного обладнання холодильних камер; 10. Вибір допоміжного обладнання; 11. Визначення діаметрів трубопроводів і гідравлічних втрат у трубопроводах; 12. Вибір насосів; 13. Техніко-економічні показники та визначення собівартості холоду; 14. Охорона праці.

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

1. Креслення (формат А1) План та розріз холодильника плодоовочевої бази

2. Схема холодильної установки \_\_\_\_\_

**6. Консультанти розділів проекту (роботи)**

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

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ 08 квітня 2020 р. \_\_\_\_\_

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту ( роботи )	Примітка
1	Отримання завдання на дипломний проект	08.04-13.04	виконано
2	Виконання холодильної частини ДП	14.04-18.05	виконано
3	Вибір обладнання холодильної(их) установок	19.05-20.05	виконано
4	Оформлення креслень та ПЗ	21.05-31.05	виконано
5	Здача готової роботи	01.06.2020р.	виконано

**Здобувач** \_\_\_\_\_ **Пашко А.В.** \_\_\_\_\_  
 ( підпис ) ( прізвище та ініціали )  
**Керівник проекту (роботи)** \_\_\_\_\_ **Форсюк А.В.** \_\_\_\_\_  
 ( підпис ) ( прізвище та ініціали )

## АНОТАЦІЯ

В даному проекті для забезпечення холодом камер зберігання та камер попереднього охолодження, використовується двотрубна магістральна схема подачі холодоагента, як одна з найефективніших та надійніших порівняно з подібними схемами, що працюють на аміаку. Система охолодження вибрана з проміжним холодоносієм. При використанні проміжного холодоносія (пропіленгліколю) обробка продукції є безпечною. Як теплообмінне обладнання для камер холодильника обрано повітроохолодники. Це дозволяє забезпечити примусову циркуляцію повітря та пришвидшити охолодження. Конденсатор обрано повітряний.

**Ключові слова:** аміак, насосна-циркуляційна схема, проміжний холодоносій

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

## Зміст

### Вступ

1. Технологічна схема холодильного оброблення продукції.....
2. Визначення основних розмірів і планування приміщень  
холодильника.....
3. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника.....
4. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень.....
5. Визначення навантаження на теплообмінне обладнання камер та  
компресори.....
6. Вибір структури системи охолодження та типу холодильної  
установки.....
7. Вибір розрахункового робочого режиму та тепловий розрахунок  
холодильної машини.....
8. Вибір теплообмінних апаратів (випарник, конденсатор).....
9. Розрахунок і вибір теплообмінного обладнання холодильних  
камер.....
10. Вибір допоміжного обладнання.....
11. Визначення діаметрів трубопроводів та гідравлічних втрат у  
трубопроводах .....
12. Вибір насосів.....
13. Техніко економічні показники та визначення собівартості  
холоду .....
14. Охорона праці .....

					00.БП.14.142.008.00230-кс			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>	<i>Пашко А.В.</i>				<i>Зміст</i>	<i>Літ.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевірив</i>	<i>Форсюк А.В.</i>							
<i>Реценз.</i>					<i>НУХТ каф. ТЕХТ гр. ХМ-4-5</i>			
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затвердив</i>								

## Вступ

Картопля – важлива продовольча культура. В Україні, на городах, під неї відводять близько 70% площ. Картоплина – це дуже корисний овоч, в якому міститься від 11 до 25% крохмалю, близько 2% білка та десь 0,3% жиру. Із мінеральних речовин, у картоплі багато калію (568 мг на 100 г сирої маси) і фосфору (50 мг). Багато хто знає, що з картоплі можна приготувати більше 500 смачних страв. Її люблять використовувати у вареному, смаженому, печеному вигляді, іноді заморожують та використовують у переробній промисловості. Завдяки тому, що картопля має підвищений вміст калію, вона сприяє виведенню з людського організму води та хлористого натрію, чим і покращує обмін речовин в ньому. Картопляний сік, який ще є свіжим, часто використовують як засіб для лікування виразки шлунка та гастриту. Часто з вареної картоплі роблять водяну баню, яку використовують для інгаляції носоглотки та горла. Несолону, запечену картоплю застосовують при ниркових і серцево-судинних захворюваннях.

На ринках українських міст спостерігається значна варіація реалізаційних цін на картоплю. Основна частина торгівлі припадає на міські та стихійні ринки. Понад 98% картоплі надходить на ринок від господарств населення. Продовольче споживання картоплі стабілізувалося десь на рівні 130,4 кг за рік на душу населення. Тому, якщо збільшити валове виробництво картоплі, це не зумовить збільшення обсягів споживання.

Однак, якщо не дивитись на вище сказане, обсяг виробництва картоплі в нашій країні на 30 вересня 2016 р. у порівнянні з станом на 30 вересня 2015 р. збільшився на 30% - до 23 млн 431,4 тис. т. Про це повідомляє Державна служба статистики. (дані з сайту <http://www.propozitsiya.com>).

Про цибулю також можна сказати, що це є важлива продовольча культура в Україні, правда під неї відводять меншу площу для її вирощування.

					00.БП.14.142.008.00230-кс			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Пашко А.В.				Проект плодоовочевої бази місткістю 2500 т у м. Київ	Літ.	Лист	Листів
Перевірив	Форсюк А.В.							
Реценз.								
Н. Контр.								
Затвердив								
						НУХТ каф. ТЕХТ гр. ХМ-4-5		

За даними Держстату, у 2018 р. виробництво цибулі склало 883,9 тис. т що на 10% поступається показникам 2017 р. (977 тис. т). В той же час, площі під цим овочем скоротилися не так суттєво – лише на 5%. Для порівняння, якщо у 2017 р. під цибулею було зайнято 54,8 тис. га, то вже у 2018 р. площа скоротилася до 52,5 тис. га. (за даними сайту <http://agro-yug.com.ua>)

На сьогоднішній день, в нашій країні нажаль відсутні належні умови зберігання та переробки плодоовочевої продукції. За даними останніх років виробництво фруктів та овочів в Україні є досить стабільним і складає 7,5 - 8,5 млн. тон. При такому об'ємі, медики орієнтують нас на обґрунтовані норми споживання плодоовочевої продукції на людину (125 кг/рік), що на перший погляд є достатнім, щоб забезпечити внутрішні потреби людей. Проте через недосконалість технологій для збору плодів, післязбиральної обробки та відсутності належних умов для зберігання, споживання плодоовочів в Україні сягає приблизно 100 кг/рік на одну людину. Однією з головних проблем розвитку плодоовочівництва є проблема правильного зберігання продукції. В державі практично немає сучасних плодоовочевих баз, не створюються умови для стимулювання цього напрямку виробничої діяльності. Тому через це кожного року близько 55% плодоовочевої продукції, що вирощується в країні псується та не надходить до споживача. За наявними даними забезпеченість України плодоовочевими базами не перевищує 10% від потреби.

Розв'язку означених проблем суттєво допомогти має змогу організація зберігання картоплі, яка покращить можливості проведення комерційної діяльності на цьому ринку.

Пропонований проект направлений на вирішення проблем зберігання плодоовочевої продукції, вирощеної в невеликих господарствах для подальшого забезпечення регіональних ринків споживання. Раціональні режими та сучасні способи зберігання овочів та фруктів дозволяють збільшити термін придатності для вживання плодів з максимальним збереженням їхньої якості та харчової цінності.

					00.БП.14.142.008.00230-кс	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основними завданнями при проектуванні холодильника є:

- вибір температурного режиму в камерах для зберігання продуктів;
- визначення основних розмірів холодильника;
- розроблення плану холодильника;
- вибір будівельних та ізоляційних матеріалів;
- вибір та обґрунтування типу системи охолодження;
- вибір системи відводу теплоти конденсації.

Щоб вирішити ці задачі, в дипломному проектуванні використовують наукові положення по зменшенню витрат електроенергії при виробництві штучного холоду.

					00.БП.14.142.008.00230-кс	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1. Технологічна схема холодильного оброблення продукції

### Зберігання картоплі.

Режим зберігання картоплі обумовлюється його біологічними властивостями загоювати механічні пошкодження та падати в стан спокою, можливістю передчасного проростання, характером та умовами розвитку грибних, бактеріальних і фізіологічних захворювань, а також біохімічних перетворювань вуглеводів і т. д.

Після збору картоплі, вона подається до цеху товарної обробки на плодоовочеву базу, з температурою 20°C, де її перебирають, відчищають від бруду та відсортовують в спеціальні контейнери. Після чого продукт відправляють на добу в камеру попереднього охолодження овочів вже з температурою 15°C. Далі, після камери попереднього охолодження, картопля виходить з температурою 8°C, її закладають в камеру для зберігання продукту.

В основний період, тобто зимове зберігання продукту, картопля спокійно зберігається в стані спокою. Температура в масі картоплі необхідна бути 2°C, відносна вологість повітря – 90...95%. Тривалість зберігання картоплі в цей період складає близько від 4 до 8 місяців.

Якщо зберігати продукт в тарі, це дозволяє захистити клубні від механічних пошкоджень та устаткувати машинами всі види вантажно-розвантажувальних робіт. При завантажуванні контейнери недовантажують на 5...6см. На базі, в сховищі, їх встановлюють в штабелі (поділяють за сортами картоплі). Відстань між краєм верхнього контейнеру та перекриттям необхідна бути не менш ніж 0,8...1м. Прохід між штабелями та стінами лишають шириною 0,5...0,7м.

					00.БП.14.142.008.00230-кс			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Пашко А.В.				Технологічна схема холодильного оброблення продукції	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив	Форсюк А.В.							
Реценз.								
Н. Контр.								
Затвердив								
						НУХТ каф. ТЕХТ гр. ХМ-4-5		

### Зберігання цибулі.

Тривалість глибокого спокою цибулини є різний, тому при холодильному зберіганні необхідно створювати такі умови, що сприятимуть продовженню періоду вимушеного спокою. Тривалість спокою визначає терміни зберігання цибулин та залежить від особливостей сорту.

При збиранні цибулі необхідно її не пошкодити, тому що механічні пошкодження порушують структуру цибулини, і це сприятиме її гниттю.

Після збору цибулин, вона надходить до цеху товарної обробки плодоовочевої бази з температурою 20°C, де її перебирають (відкидають підозрілі або надгнилі цибулини), очищають від бруду, розділяють по сортам в контейнери і направляють у камеру попереднього охолодження. Далі, після камери попереднього охолодження, цибуля виходить з температурою 4°C, її закладають в камеру для зберігання продукту.

Після закладання у камеру, продукт слід продувати повітрям, температура якого буде на 3 °C вища від температури цибулини, і робити це доти, доки не досягнемо температури 30 °C. Потім необхідно розпочати охолодження на 0,5 °C за добу до 20 °C. Далі треба підтримувати сталу температуру на рівні 20 °C з постійною вентиляцією, доки відносна вологість повітря не стане стабільною на рівні 65%. Після цього необхідно постійно проводити охолодження від 0,3 до 0,5 °C на добу. Коли досягається необхідна температура зберігання, треба проводити вентилявання по 4-8 годин на добу.

Режим зберігання цибулини визначається в залежності від її господарського призначення. Температура зберігання цибулі - -4...0 °C, в залежності від сорту цибулі. Цибулю краще зберігати при 65...75% вологості повітря.

### Зберігання яблук.

Після збирання яблука надходять до плодоовочевої бази, де потребує післязбиральної товарної обробки. Мити яблука перед закладанням їх на зберігання не рекомендується, а вже час після зберігання, це навіть

					00.БП.14.142.008.00230-кс	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

необхідно. Яблука надходять у камери попереднього охолодження з середньою температурою +25 °С. Далі, після камери попереднього охолодження, яблука виходять з температурою 6°С, їх закладають в камеру для зберігання продукту. Тому, якщо теплі (нагріті) плоди швидко не охолодити, вони будуть гірше зберігатись та втрачатиметься вага плоду.

Тому в камерах необхідно встановлювати потужні повітроохолоджувачі, які за добу матимуть змогу охолодити врожай до температури зберігання (+1.2 ... +1,5 °С).

Температуру в камерах необхідно підтримувати в межах від 0 до 4°С (враховуючи сорт). Відносна вологість повітря в камері повинна бути 85...90%.

#### Зберігання в камері попереднього охолодження.

В камері попереднього охолодження основною умовою та запорукою збереження плодоовочевої продукції при завантаженні на тривале зберігання є процес попереднього охолодження. Але завдяки цьому, подовжити термін зберігання продукції можна тільки на короткий час. Тому на практиці процес попереднього охолодження застосовують лише при тривалому складуванні овочів і фруктів перед обробкою. Тож температура складування повинна бути близька до мінімуму, якомога ближче до точки замерзання. Щоб краще зберігались природні і органолептичні властивості продуктів, з точки зору пригнічення біохімічних реакцій, їх зручніше складувати при низьких температурах. При попередньому охолодженні, завдяки швидкому зниженню температури, скорочуються втрати від псування та усушки продукту. При транспортуванні попередньо охолодженої продукції утворюється стабільний температурно-вологісний режим, що забезпечує скорочення втрат від псування на 3-12% і збільшення виходу стандартної продукції після прибуття до місць призначення на 10-25%. Температуру в камері попереднього охолодження потрібно тримати вище на 2-3 °С від продукції. Відносна вологість повітря в камері повинна бути 75...85%.

					00.БП.14.142.008.00230-кс	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Температурні режими зберігання плодоовочевої продукції наведено в табл.1.

Таблиця 1. Температурні режими зберігання плодоовочевої продукції

№ Пор.	Назва камери	Температура °С	Відносна вологість %	Циркуляція повітря	Тривалість зберігання (обробки) міс.
1	Зберігання картоплі	4	90 - 95	примусова	4 - 8
2	Зберігання цибулі	0	65 - 75	примусова	1 - 6
3	Зберігання яблук	2	90 - 95	примусова	4 - 6
4	Попереднього охолодження	3-5	75 - 85	примусова	3 - 7

### а. Розрахунок часу охолодження яблук.

$\nu_{\text{пов}}$  – коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря;

$$W_{\text{пов}} = 0.5 \frac{\text{м}}{\text{с}} \text{ – швидкість повітря;}$$

$d_{\text{пр}}$  - діаметр продукту (яблука) = 150 мм;

$$Re = \frac{W_{\text{пов}} \cdot d_{\text{пр}}}{\nu_{\text{пов}}} = \frac{0.5 \cdot 0.15}{13.99 \cdot 10^{-6}} = 5361 \text{ – критерій Рейнольдса;}$$

$$Nu = 0.17 \cdot Re^{0.7} = 0.17 \cdot 5361^{0.7} = 69,329 \text{ – критерій Нусельта;}$$

$$\alpha_{\text{пов}} = \frac{Nu \cdot \lambda_{\text{пвт}}}{d_{\text{пр}}} = \frac{69.329 \cdot 0.0241}{0.15} = 11,139 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \text{ – коефіцієнт тепловіддачі;}$$

$$Bi = \frac{\alpha \cdot R}{\lambda_{\text{пр}}} = \frac{11.139 \cdot 0.075}{0.51} = 1,64 \text{ – критерій Біо;}$$

$$a_{\text{пр}} = \frac{\lambda_{\text{пр}}}{C_{\text{пр}} \cdot \rho_{\text{пр}}} = \frac{0.51}{3.65 \cdot 525} = 2,66 * 10^{-4} \frac{\text{м}^2}{\text{с}} \text{ – температуропровідність}$$

Вибираємо по числу Біо,  $\delta_1$ :

$$\delta_1 = 1;$$

Для  $Bi \leq 2$  значення  $\delta_1$  лежать у проміжку  $0,95 < \delta_1 < 1$ .

(взято з методичного забезпечення №016-09А. Холодильна технологія.

М.М. Масліков. стор. 33)

								00.БП.14.142.008.00230-кc	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

## 2. Визначення основних розмірів та планування приміщень

### ХОЛОДИЛЬНИКА.

1. Визначаємо розрахункову будівельну площу камер зберігання за формулою (7,2) [1]:

$$F_{\text{буд}} = \frac{E_k}{q_v \cdot h_B \cdot \beta_F}$$

де  $B_k$  - місткість камери, т;

$q_v$  - норма завантаження продукту (вибирається із додатка 11[1], т/м<sup>3</sup>;

$h_B$  - вантажна висота (с.39 [1]), м;

$\beta_F$  - коефіцієнт використання будівельної площі камери (вибирається в залежності від площі камер с.39 [1]).

$$F_{\text{буд}} = \frac{2500}{0,5 \cdot 4,8 \cdot 0,75} = 1388,888 \text{ м}^2$$

2. Визначаємо площу одного будівельного прямокутника за формулою:

$$f = b \cdot l, \text{ м}^2$$

$$f = 6 \cdot 12 = 72 \text{ м}^2$$

де  $b$  - ширина будівельного прямокутника, м;

$l$  - довжина будівельного прямокутника, м.

3. Визначаємо кількість будівельних прямокутників по формулі (7.6) [1]

$$n = \frac{F_{\text{буд}}}{f}$$

$$n = \frac{1388,888}{72} = 19,29$$

4. Приймаємо дійсну кількість будівельних прямокутників  $n_d$ , округлюючи до цілих значень (в бік зростання) розрахункове значення  $n$  ( $n_d=20$ ).

Приймаємо до будівництва п'ять камер по чотири будівельні прямокутники у кожній.

					00.БП.14.142.008.00230-кс			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Пашко А.В.				Визначення основних розмірів та планування приміщень холодильника	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив	Форсюк А.В.							
Реценз.						НУХТ каф. ТЕХТ гр. ХМ-4-5		
Н. Контр.								
Затвердив								

5. Знаходимо дійсну площу камер за формулою:

$$F_d = n_d \cdot f = 20 \cdot 72 = 1440 \text{ м}^2$$

6. Визначаємо дійсну місткість однієї камери за формулою II-а [2]:

$$E_{кд} = \frac{E_k}{n_k} = \frac{2500}{5} = 500 \text{ т.}$$

7. Знаходимо площу камери попереднього охолодження за формулою (7.5) [1]:

$$F_{\text{поп.охол.}} = \frac{0.08 \cdot M \cdot \tau}{q_F \cdot 24} = \frac{0.08 \cdot 2500 \cdot 24}{0.35 \cdot 24} = 571.4 \text{ м}^2$$

$$n = \frac{F_{\text{буд}}}{f_{\text{буд}}} = \frac{571.4}{72} = 7.9 \quad \text{Приймаємо 8 прямокутників}$$

Приймаємо до будівництва дві камери по чотири будівельні прямокутники у кожній.

8. Розраховуємо площу експедиції (цех товарної обробки) за формулою

$$F_{\text{екс}} = \frac{0.5 \cdot \sum M_d}{0.35} = \frac{0.5 \cdot 200}{0.35} = 285 \text{ м}^2,$$

де  $\sum M_d$  – загальне добове надходження продукту в камери, т/доб;

Приймаємо дійсну кількість будівельних прямокутників  $n_d$ , округлюючи до цілих значень (в бік зростання) розрахункове значення  $n$  ( $n_d = 4$ ).

9. Знаходимо площу холодильника в контурі ізоляції за формулою:

$$F'_{\text{хол}} = F_d + F_{\text{екс}} = 1440 + 285 = 1725 \text{ м}^2$$

10. Знаходимо площу машинного відділення:

$$F_{\text{маш.відділ}} = 0,1 \cdot \sum F_{\text{буд}} = 0,1 \cdot 1725 = 172,5 \text{ м}^2$$

$$n = \frac{F_{\text{буд}}}{f_{\text{буд}}} = \frac{172,5}{72} = 2,4 \quad \text{Приймаємо 3 прямокутника}$$

11. Площа службових приміщень:

$$F_{\text{служб}} = 0,15 \cdot \sum F_{\text{буд}} = 0,15 \cdot 1725 = 258,8 \text{ м}^2$$

$$n = \frac{F_{\text{буд}}}{f_{\text{буд}}} = \frac{258,8}{72} = 3,6 \quad \text{Приймаємо 4 прямокутника}$$

12. Знаходимо площу всього холодильника за формулою:

					00.БП.14.142.008.00230-кс	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{\text{хол}} = \sum F_{\text{буд}} + F_{\text{маш.вiддiл}} + F_{\text{служб}} = 1725 + 172,5 + 258,8 = 2156,3 \text{ м}^2$$

Плануємо розміщення камер холодильника



Рис. 1

План холодильника плодоовочевої бази з вказівкою:

- температури в камерах;
- орієнтований по сторонам світу.

№1-2 – камера попереднього охолодження; №3-4 – камера зберігання картоплі;  
 №5-6 – камера зберігання яблук; №7 – камера зберігання цибулі; №8 – цех товарної обробки;  
 №9 – коридор; №10 – машинне відділення; №11 – службове відділення;  
 №12-13 – автомобільна платформа.

					00.БП.14.142.008.00230-кс	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника

#### 1) Розрахунок ізоляції зовнішніх стін камер зберігання овочів

Температура в камері  $t_{кам.} = 0^{\circ}C$ ;

Потрібне значення коефіцієнта теплопередачі для камери зберігання  $t_{кам.} = 0^{\circ}C$  холодильника, розміщеного в м. Київ з середньорічною температурою повітря  $8,6^{\circ}C$ :

$$K_0^{mp} = 0,37 \frac{Вт}{м^2 \times К} \text{ (таблиця 8.2, [1])}$$

Коефіцієнт тепловіддачі приймаємо з табл. 8.1:

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

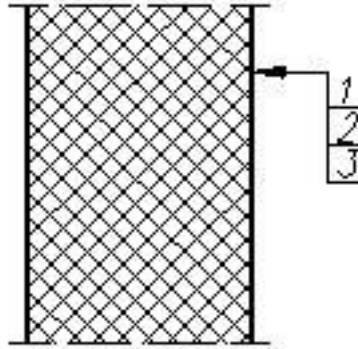


Рис. 2 Зовнішня стіна камери зберігання

1.- оцинкований залізний лист з покриттям Polyester;

$$\delta_{оц.зал.лист} = 0,001м; \lambda_{оц.зал.лист} = 52 \frac{Вт}{м \times К};$$

$$R_{оц.зал.лист} = \frac{\delta_{оц.зал.лист}}{\lambda_{оц.зал.лист}} = 0,000019 \frac{м^2 \times К}{Вт};$$

2.- теплоізоляція із пожежостійкого пінополіуретану;

$$\lambda_{із.} = 0,021 \frac{Вт}{м \times К};$$

де -  $\lambda_{із}$  - коефіцієнт теплопровідності ізоляції (додаток 3 [1])

3.- оцинкований залізний лист з покриттям Polyester;

					00.БП.14.142.008.00230-кс			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Пашко А.В.			Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів		Форсюк А.В.						
Реценз.								
Н. Контр.								
Затвердив						НУХТ каф. ТЕХТ гр. ХМ.-4-5		

$$\delta_{\text{оц.зал.лист}} = 0,001\text{м}; \lambda_{\text{оц.зал.лист}} = 52 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}};$$

$$R_{\text{оц.зал.лист}} = \frac{\delta_{\text{оц.зал.лист}}}{\lambda_{\text{оц.зал.лист}}} = 0,000019 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}};$$

Сумарний термічний опір:

$$\sum R_{\text{сум.мор.}} = R_{\text{оц.зал.лист}} + R_{\text{оц.зал.лист}} = 0,000019 + 0,000019 = 0,000038 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}};$$

Потрібна товщина теплоізоляції:

$$\delta_{\text{із.}}^{\text{мп.}} = \lambda_{\text{із.}} \times \left[ \frac{1}{K_0^{\text{мп.}}} - \left( \frac{1}{\alpha_{\text{зов.}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн.}}} \right) \right] = 0,021 \times \left[ \frac{1}{0,37} - \left( \frac{1}{23} + 0,000038 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,053\text{м};$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 60мм (один шар 60мм).

Робимо перерахунок коефіцієнта теплопередачі, і він уже буде дійсним за формулою 8.3 [1]:

$$K_0^{\text{д}} = \frac{1}{\left( \frac{1}{\alpha_{\text{зов.}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн.}}} \right) + \frac{\delta_{\text{із.дйісне}}}{\lambda_{\text{із.}}}} = \frac{1}{\left( \frac{1}{23} + 0,000038 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,06}{0,021}} = 0,33 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}};$$

## 2) Розрахунок ізоляції зовнішніх стін камер зберігання овочів

Температура в камері  $t_{\text{кам.}} = 4^{\circ}\text{C}$ ;

Потрібне значення коефіцієнта теплопередачі для камери з  $t_{\text{кам.}} = 4^{\circ}\text{C}$  холодильника, розміщеного в Києві з середньорічною температурою повітря  $8,6^{\circ}\text{C}$ :

$$K_0^{\text{мп}} = 0,44 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}} \quad (\text{таблиця 8.2, [1]})$$

Коефіцієнт тепловіддачі приймаємо з табл. 8.1:

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

1.- оцинкований залізний лист з покриттям Polyester;

$$\delta_{\text{оц.зал.лист}} = 0,001\text{м}; \lambda_{\text{оц.зал.лист}} = 52 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}};$$

$$R_{\text{оц.зал.лист}} = \frac{\delta_{\text{оц.зал.лист}}}{\lambda_{\text{оц.зал.лист}}} = 0,000019 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}};$$

						00.БП.14.142.008.00230-кс	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

2.- теплоізоляція із пожежостійкого пінополіуретану;

$$\lambda_{із.} = 0,021 \frac{Вт}{м \times К};$$

де -  $\lambda_{із.}$  - коефіцієнт теплопровідності ізоляції (додаток 3 [1])

3.- оцинкований залізний лист з покриттям Polyester;

$$\delta_{оц.зал.лист} = 0,001 м; \lambda_{оц.зал.лист} = 52 \frac{Вт}{м \times К};$$
$$R_{оц.зал.лист} = \frac{\delta_{оц.зал.лист}}{\lambda_{оц.зал.лист}} = 0,000019 \frac{м^2 \times К}{Вт};$$

Сумарний термічний опір:

$$\sum R_{сум.мор.} = R_{оц.зал.лист} + R_{оц.зал.лист} = 0,000019 + 0,000019 = 0,000038 \frac{м^2 \times К}{Вт};$$

Потрібна товщина теплоізоляції:

$$\delta_{із.}^{мп.} = \lambda_{із.} \times \left[ \frac{1}{K_0^{мп.}} - \left( \frac{1}{\alpha_{зов.}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн.}} \right) \right] = 0,021 \times \left[ \frac{1}{0,44} - \left( \frac{1}{23} + 0,000038 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,044 м;$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 60мм (один шар 60мм).

Робимо перерахунок коефіцієнта теплопередачі, і він уже буде дійсним за формулою 8.3 [1]:

$$K_0^Д = \frac{1}{\left( \frac{1}{\alpha_{зов.}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн.}} \right) + \frac{\delta_{із.дійсне}}{\lambda_{із.}}} = \frac{1}{\left( \frac{1}{23} + 0,000038 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,06}{0,021}} = 0,33 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

### 3) Розрахунок ізоляції зовнішніх стін камер попереднього охолодження

Температура в камері  $t_{кам.} = 3^{\circ}C$ ;

Потрібне значення коефіцієнта теплопередачі для камери з  $t_{кам.} = 3^{\circ}C$  холодильника, розміщеного в Києві з середньорічною температурою повітря  $8,6^{\circ}C$ :

$$K_0^{мп.} = 0,4 \frac{Вт}{м^2 \times К} \text{ (таблиця 8.2, [1])}$$

Коефіцієнт тепловіддачі приймаємо з табл. 8.1:

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

							00.БП.14.142.008.00230-кc	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

1.- оцинкований залізний лист з покриттям Polyester;

$$\delta_{\text{оц.зал.лист}} = 0,001\text{м}; \lambda_{\text{оц.зал.лист}} = 52 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}};$$

$$R_{\text{оц.зал.лист}} = \frac{\delta_{\text{оц.зал.лист}}}{\lambda_{\text{оц.зал.лист}}} = 0,000019 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}};$$

2.- теплоізоляція із пожежостійкого пінополіуретану;

$$\lambda_{\text{із.}} = 0,021 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}};$$

де  $\lambda_{\text{із.}}$  - коефіцієнт теплопровідності ізоляції (додаток 3 [1])

3.- оцинкований залізний лист з покриттям Polyester;

$$\delta_{\text{оц.зал.лист}} = 0,001\text{м}; \lambda_{\text{оц.зал.лист}} = 52 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}};$$

$$R_{\text{оц.зал.лист}} = \frac{\delta_{\text{оц.зал.лист}}}{\lambda_{\text{оц.зал.лист}}} = 0,000019 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}};$$

Сумарний термічний опір:

$$\sum R_{\text{сум.мор.}} = R_{\text{оц.зал.лист}} + R_{\text{оц.зал.лист}} = 0,000019 + 0,000019 = 0,000038 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}};$$

Потрібна товщина теплоізоляції:

$$\delta_{\text{із.}}^{\text{мп.}} = \lambda_{\text{із.}} \times \left[ \frac{1}{K_0^{\text{мп.}}} - \left( \frac{1}{\alpha_{\text{зов.}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн.}}} \right) \right] = 0,021 \times \left[ \frac{1}{0,4} - \left( \frac{1}{23} + 0,000038 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,049\text{м};$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 60мм (один шар 60мм).

Робимо перерахунок коефіцієнта теплопередачі, і він уже буде дійсним за формулою 8.3 [1]:

$$K_0^{\text{д}} = \frac{1}{\left( \frac{1}{\alpha_{\text{зов.}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн.}}} \right) + \frac{\delta_{\text{із.дійсне}}}{\lambda_{\text{із.}}}} = \frac{1}{\left( \frac{1}{23} + 0,000038 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,06}{0,021}} = 0,33 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}};$$

#### 4) Розрахунок ізоляції зовнішніх стін камер зберігання овочів

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

Потрібне значення коефіцієнта теплопередачі для камери з  $t_{\text{кам.}} = 2^\circ\text{C}$  холодильника, розміщеного в Києві з середньорічною температурою повітря  $8,6^\circ\text{C}$ :

					00.БП.14.142.008.00230-кс	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_0^{mp} = 0,38 \frac{Вт}{м^2 \times К} \text{ (таблиця 8.2, [1])}$$

Коефіцієнт тепловіддачі приймаємо з табл. 8.1:

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

1.- оцинкований залізний лист з покриттям Polyester;

$$\delta_{оц.зал.лист} = 0,001м; \lambda_{оц.зал.лист} = 52 \frac{Вт}{м \times К};$$

$$R_{оц.зал.лист} = \frac{\delta_{оц.зал.лист}}{\lambda_{оц.зал.лист}} = 0,000019 \frac{м^2 \times К}{Вт};$$

2.- теплоізоляція із пожежостійкого пінополіуретану;

$$\lambda_{із.} = 0,021 \frac{Вт}{м \times К};$$

де -  $\lambda_{із.}$  - коефіцієнт теплопровідності ізоляції (додаток 3 [1])

3.- оцинкований залізний лист з покриттям Polyester;

$$\delta_{оц.зал.лист} = 0,001м; \lambda_{оц.зал.лист} = 52 \frac{Вт}{м \times К};$$

$$R_{оц.зал.лист} = \frac{\delta_{оц.зал.лист}}{\lambda_{оц.зал.лист}} = 0,000019 \frac{м^2 \times К}{Вт};$$

Сумарний термічний опір:

$$\sum R_{сум.мор.} = R_{оц.зал.лист} + R_{оц.зал.лист} = 0,000019 + 0,000019 = 0,000038 \frac{м^2 \times К}{Вт};$$

Потрібна товщина теплоізоляції:

$$\delta_{із.}^{mp.} = \lambda_{із.} \times \left[ \frac{1}{K_0^{mp.}} - \left( \frac{1}{\alpha_{зов.}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн.}} \right) \right] = 0,021 \times \left[ \frac{1}{0,38} - \left( \frac{1}{23} + 0,000038 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,052м;$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 60мм (один шар 60мм).

Робимо перерахунок коефіцієнта теплопередачі, і він уже буде дійсним за формулою 8.3 [1]:

$$K_0^D = \frac{1}{\left( \frac{1}{\alpha_{зов.}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн.}} \right) + \frac{\delta_{із.дiйсне}}{\lambda_{із.}}} = \frac{1}{\left( \frac{1}{23} + 0,000038 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,06}{0,021}} = 0,33 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

					00.БП.14.142.008.00230-кс	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**5) Розрахунок ізоляції зовнішньої стіни експедиційно-сортувального відділення (цеху товарної обробки);**

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

Потрібне значення коефіцієнта теплопередачі для камери з  $t_{кам.} = 12^{\circ}C$  холодильника, розміщеного в Києві з середньорічною температурою повітря  $8,6^{\circ}C$ :

$$K_0^{mp} = 0,6 \frac{Вт}{м^2 \times К} \text{ (таблиця 8.2, [1])}$$

Коефіцієнт тепловіддачі приймаємо з табл. 8.1:

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

Сумарний термічний опір:

$$\sum R_{сум.мор.} = R_{оц.зал.лист} + R_{оц.зал.лист} = 0,000019 + 0,000019 = 0,000038 \frac{м^2 \times К}{Вт};$$

Потрібна товщина теплоізоляції:

$$\delta_{із.}^{mp.} = \lambda_{із.} \times \left[ \frac{1}{K_0^{mp.}} - \left( \frac{1}{\alpha_{зов.}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн.}} \right) \right] = 0,038 \times \left[ \frac{1}{0,6} - \left( \frac{1}{23} + 0,000038 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,031 м;$$

В сортаменті сендвіч-панелей є 50, 60, 80 мм.

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 50мм (один шар 50мм).

Робимо перерахунок коефіцієнта теплопередачі, і він уже буде дійсним за формулою 8.3 [1]:

$$K_0^D = \frac{1}{\left( \frac{1}{\alpha_{зов.}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн.}} \right) + \frac{\delta_{із.дійсне}}{\lambda_{із.}}} = \frac{1}{\left( \frac{1}{23} + 0,000038 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,05}{0,021}} = 0,38 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

**6) Внутрішні перегородки між камерами теж із сендвіч-пенелей.**

**6.1. Стіни між камерами з однаковими температурами, наприклад: між камерами зберігання яблук.**

$t_{к.з.яблук} = 2^{\circ}C$ ;

Для  $t_{вн.} = 2^{\circ}C \Rightarrow K_0^{mp.} = 0,52 \frac{Вт}{м^2 \times К}$ ; (табл. 8.4, [2])

					00.БП.14.142.008.00230-кc	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\alpha_1 = \alpha_2 = 9 \frac{Вт}{м^2 \times К}; \text{ (табл. 8.1, [1])}$$

$\alpha_1, \alpha_2$  – в камері з  $t_{к.з.яблук.} = 2^\circ C$ ;

1.- оцинкований залізний лист з покриттям Polyester;

$$\delta_{оц.зал.лист} = 0,001 м; \lambda_{оц.зал.лист} = 52 \frac{Вт}{м \times К};$$

$$R_{оц.зал.лист} = \frac{\delta_{оц.зал.лист}}{\lambda_{оц.зал.лист}} = 0,000019 \frac{м^2 \times К}{Вт};$$

2.- теплоізоляція із пожежостійкого пінополіуретану;

$$\lambda_{із.} = 0,021 \frac{Вт}{м \times К};$$

де  $\lambda_{із.}$  - коефіцієнт теплопровідності ізоляції (додаток 3 [1])

3.- оцинкований залізний лист з покриттям Polyester;

$$\delta_{оц.зал.лист} = 0,001 м; \lambda_{оц.зал.лист} = 52 \frac{Вт}{м \times К};$$

$$R_{оц.зал.лист} = \frac{\delta_{оц.зал.лист}}{\lambda_{оц.зал.лист}} = 0,000019 \frac{м^2 \times К}{Вт};$$

Сумарний термічний опір:

$$\sum R_{сум.мор.} = R_{оц.зал.лист} + R_{оц.зал.лист} = 0,000019 + 0,000019 = 0,000038 \frac{м^2 \times К}{Вт};$$

Потрібна товщина теплоізоляції:

$$\delta_{із.}^{мп.} = \lambda_{із.} \times \left[ \frac{1}{K_0^{мп.}} - \left( \frac{1}{\alpha_{зов.}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн.}} \right) \right] = 0,021 \times \left[ \frac{1}{0,52} - \left( \frac{1}{9} + 0,000038 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,035 м;$$

В сортаменті сендвіч-панелей є 50, 60, 80 мм.

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 50мм (один шар 50мм).

Робимо перерахунок коефіцієнта теплопередачі, і він уже буде дійсним за формулою 8.3 [1]:

$$K_0^Д = \frac{1}{\left( \frac{1}{\alpha_{зов.}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн.}} \right) + \frac{\delta_{із.дійсне}}{\lambda_{із.}}} = \frac{1}{\left( \frac{1}{9} + 0,000038 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,05}{0,021}} = 0,38 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

**6.2. Стіни між камерою зберігання цибулі та цехом товарної обробки.**

$t_{к.з.цибулі..} = 0^\circ C$   $t_{цех.тов.оброб.} = 12^\circ C$ ;

										00.БП.14.142.008.00230-кс	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Для  $t_{вн.} = 0^{\circ}C \Rightarrow K_0^{mp.} = 0,47 \frac{Вт}{м^2 \times К}$ ; (табл. 8.4, [1])

$$\alpha_1 = \alpha_2 = 9 \frac{Вт}{м^2 \times К}; \text{ (табл. 8.1, [1])}$$

$\alpha_1$  – в камері з  $t_{к.з.цибулі.} = 0^{\circ}C$

$\alpha_2$  – в камері з  $t_{цех.тов.оброб.} = 12^{\circ}C$ ;

Сумарний термічний опір:

$$\sum R_{сум.мор.} = R_{оц.зал.лист} + R_{оц.зал.лист} = 0,000019 + 0,000019 = 0,000038 \frac{м^2 \times К}{Вт};$$

Потрібна товщина теплоізоляції:

$$\delta_{із.}^{mp.} = \lambda_{із.} \times \left[ \frac{1}{K_0^{mp.}} - \left( \frac{1}{\alpha_{зов.}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн.}} \right) \right] = 0,021 \times \left[ \frac{1}{0,47} - \left( \frac{1}{9} + 0,000038 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,04 м;$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 50мм (один шар 50мм).

Робимо перерахунок коефіцієнта теплопередачі, і він уже буде дійсним за формулою 8.3 [1]:

$$K_0^D = \frac{1}{\left( \frac{1}{\alpha_{зов.}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн.}} \right) + \frac{\delta_{із.дійсне}}{\lambda_{із.}}} = \frac{1}{\left( \frac{1}{9} + 0,000038 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,05}{0,021}} = 0,38 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

### 6.3. Стіна між камерою попереднього охолодження і камерою зберігання картоплі.

$t_{к.з.картоплі} = 4^{\circ}C$ ;  $t_{к.понапред.охолд.} = 3^{\circ}C$ ;

Для  $t_{вн.} = 3^{\circ}C \Rightarrow K_0^{mp.} = 0,56 \frac{Вт}{м^2 \times К}$ ; (табл. 8.4, [1])

$$\alpha_1 = \alpha_2 = 9 \frac{Вт}{м^2 \times К}; \text{ (табл. 8.1, [1])}$$

$\alpha_1$  – в камері з  $t_{к.ноп.охолд.} = 3^{\circ}C$

$\alpha_2$  – в камері з  $t_{к.з.картоплі.} = 4^{\circ}C$

Сумарний термічний опір:

$$\sum R_{сум.мор.} = R_{оц.зал.лист} + R_{оц.зал.лист} = 0,000019 + 0,000019 = 0,000038 \frac{м^2 \times К}{Вт};$$

Потрібна товщина теплоізоляції:

					00.БП.14.142.008.00230-кc	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\delta_{із.}^{mp.} = \lambda_{із.} \times \left[ \frac{1}{K_0^{mp.}} - \left( \frac{1}{\alpha_{зов.}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн.}} \right) \right] = 0,021 \times \left[ \frac{1}{0,56} - \left( \frac{1}{9} + 0,000038 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,032 м;$$

Приймаємо товщину теплоізоляцію між цими камерами теж 50мм (один шар 50мм).

Робимо перерахунок коефіцієнта теплопередачі, і він уже буде дійсним за формулою 8.3 [1]:

$$K_0^Д = \frac{1}{\left( \frac{1}{\alpha_{зов.}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн.}} \right) + \frac{\delta_{із.дйисне}}{\lambda_{із.}}} = \frac{1}{\left( \frac{1}{9} + 0,000038 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,05}{0,021}} = 0,38 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

#### 6.4. Стіни між камерою зберігання цибулі та камерою зберігання яблук.

$$t_{к.з.цибулі} = 0^{\circ}C; \quad t_{к.з.яблук.} = 2^{\circ}C;$$

$$\text{Для } t_{вн.} = 0^{\circ}C \Rightarrow K_0^{mp.} = 0,5 \frac{Вт}{м^2 \times К}; \text{ (табл. 8.4, [1])}$$

$$\alpha_1 = \alpha_2 = 9 \frac{Вт}{м^2 \times К}; \text{ (табл. 8.1, [1])}$$

$\alpha_1$  – в камері з  $t_{к.з.цибулі..} = 0^{\circ}C$

$\alpha_2$  – в камері з  $t_{к.з.яблук.} = 2^{\circ}C$

Сумарний термічний опір:

$$\sum R_{сум.мор.} = R_{оц.зал.лист} + R_{оц.зал.лист} = 0,000019 + 0,000019 = 0,000038 \frac{м^2 \times К}{Вт};$$

Потрібна товщина теплоізоляції:

$$\delta_{із.}^{mp.} = \lambda_{із.} \times \left[ \frac{1}{K_0^{mp.}} - \left( \frac{1}{\alpha_{зов.}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн.}} \right) \right] = 0,021 \times \left[ \frac{1}{0,5} - \left( \frac{1}{9} + 0,000038 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,037 м;$$

Приймаємо товщину теплоізоляцію між цими камерами теж 50мм (один шар 50мм).

Робимо перерахунок коефіцієнта теплопередачі, і він уже буде дійсним за формулою 8.3 [1]:

$$K_0^Д = \frac{1}{\left( \frac{1}{\alpha_{зов.}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн.}} \right) + \frac{\delta_{із.дйисне}}{\lambda_{із.}}} = \frac{1}{\left( \frac{1}{9} + 0,000038 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,05}{0,021}} = 0,38 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

					00.БП.14.142.008.00230-кc	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 6.5. Стіни між камерами зберігання картоплі та коридором.

$$t_{к.з.картоплі} = 4^{\circ}\text{C}; \quad t_{коридору} = 12^{\circ}\text{C};$$

$$\text{Для } t_{вн.} = 4^{\circ}\text{C} \Rightarrow K_0^{мп.} = 0,52 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}; \text{ (табл. 8.3, [1])}$$

$$\alpha_{вн.} = 9 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}; \text{ (табл. 8.1, [1])}$$

$$\alpha_{зов.} = 8 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}};$$

$$\alpha_1 - \text{ в камері з } t_{к.з.картоплі} = 4^{\circ}\text{C};$$

$$\alpha_2 - \text{ в камері з } t_{коридору} = 12^{\circ}\text{C};$$

Сумарний термічний опір:

$$\sum R_{сум.мор.} = R_{оц.зал.лист} + R_{оц.зал.лист} = 0,000019 + 0,000019 = 0,000038 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}};$$

Потрібна товщина теплоізоляції:

$$\delta_{із.}^{мп.} = \lambda_{із.} \times \left[ \frac{1}{K_0^{мп.}} - \left( \frac{1}{\alpha_{зов.}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн.}} \right) \right] = 0,021 \times \left[ \frac{1}{0,52} - \left( \frac{1}{9} + 0,000038 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,035\text{м};$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 50мм (один шар 50мм).

Робимо перерахунок коефіцієнта теплопередачі, і він уже буде дійсним за формулою 8.3 [1]:

$$K_0^D = \frac{1}{\left( \frac{1}{\alpha_{зов.}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн.}} \right) + \frac{\delta_{із.дійсне}}{\lambda_{із.}}} = \frac{1}{\left( \frac{1}{9} + 0,000038 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,05}{0,021}} = 0,382 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}};$$

### 6.6. Стіна між камерою зберігання цибулі та коридором.

$$t_{к.з.цибулі} = 0^{\circ}\text{C}; \quad t_{коридору} = 12^{\circ}\text{C};$$

$$\text{Для } t_{вн.} = 0^{\circ}\text{C} \Rightarrow K_0^{мп.} = 0,465 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}; \text{ (табл. 8.3, [1])}$$

$$\alpha_{вн.} = 9 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}; \text{ (табл. 8.1, [1])}$$

$$\alpha_{зов.} = 8 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}};$$

$$\alpha_1 - \text{ в камері з } t_{к.з.цибулі} = 0^{\circ}\text{C};$$

					00.БП.14.142.008.00230-кс	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\alpha_2$  – в камері з  $t_{коридору} = 12^\circ\text{C}$ ;

Сумарний термічний опір:

$$\sum R_{сум.мор.} = R_{оц.зал.лист} + R_{оц.зал.лист} = 0,000019 + 0,000019 = 0,000038 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}};$$

Потрібна товщина теплоізоляції:

$$\delta_{із.}^{мп.} = \lambda_{із.} \times \left[ \frac{1}{K_0^{мп.}} - \left( \frac{1}{\alpha_{зов.}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн.}} \right) \right] = 0,021 \times \left[ \frac{1}{0,465} - \left( \frac{1}{9} + 0,000038 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,04\text{м};$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 50мм (один шар 50мм).

Робимо перерахунок коефіцієнта теплопередачі, і він уже буде дійсним за формулою 8.3 [1]:

$$K_0^Д = \frac{1}{\left( \frac{1}{\alpha_{зов.}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн.}} \right) + \frac{\delta_{із.дiйсне}}{\lambda_{із.}}} = \frac{1}{\left( \frac{1}{9} + 0,000038 + \frac{1}{8} \right) + \frac{0,05}{0,021}} = 0,382 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}};$$

### 6.7. Стіни між камерами зберігання яблук та коридором.

$t_{к.з.яблук.} = 2^\circ\text{C}$ ;  $t_{коридору.} = 12^\circ\text{C}$ ;

Для  $t_{вн.} = 2^\circ\text{C} \Rightarrow K_0^{мп.} = 0,485 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}$ ; (табл. 8.3, [1])

$\alpha_{вн.} = 9 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}$ ; (табл. 8.1, [1])

$\alpha_{зов.} = 8 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}$ ;

$\alpha_1$  – в камері з  $t_{к.з.яблук.} = 2^\circ\text{C}$ ;

$\alpha_2$  – в камері з  $t_{коридору.} = 12^\circ\text{C}$ ;

Сумарний термічний опір:

$$\sum R_{сум.мор.} = R_{оц.зал.лист} + R_{оц.зал.лист} = 0,000019 + 0,000019 = 0,000038 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}};$$

Потрібна товщина теплоізоляції:

$$\delta_{із.}^{мп.} = \lambda_{із.} \times \left[ \frac{1}{K_0^{мп.}} - \left( \frac{1}{\alpha_{зов.}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн.}} \right) \right] = 0,021 \times \left[ \frac{1}{0,485} - \left( \frac{1}{9} + 0,000038 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,038\text{м};$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 50мм (один шар 50мм).

					00.БП.14.142.008.00230-кс	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Робимо перерахунок коефіцієнта теплопередачі, і він уже буде дійсним за формулою 8.3 [1]:

$$K_0^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_{зов.}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн.}}\right) + \frac{\delta_{із.дійсне}}{\lambda_{із.}}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{9} + 0,000038 + \frac{1}{8}\right) + \frac{0,05}{0,021}} = 0,382 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

### 6.8. Стіни між камерами попереднього охолодження та коридором.

$$t_{к.ноп.охол.} = 3^{\circ}C; \quad t_{коридору.} = 12^{\circ}C;$$

$$\text{Для } t_{вн.} = 3^{\circ}C \Rightarrow K_0^{mp.} = 0,5 \frac{Вт}{м^2 \times К}; \text{ (табл. 8.3, [1])}$$

$$\alpha_{вн.} = 9 \frac{Вт}{м^2 \times К}; \text{ (табл. 8.1, [1])}$$

$$\alpha_{зов.} = 8 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

$$\alpha_1 - \text{ в камері з } t_{к.ноп.охол.} = 3^{\circ}C;$$

$$\alpha_2 - \text{ в камері з } t_{коридору.} = 12^{\circ}C;$$

Сумарний термічний опір:

$$\sum R_{сум.мор.} = R_{оц.зал.лист} + R_{оц.зал.лист} = 0,000019 + 0,000019 = 0,000038 \frac{м^2 \times К}{Вт};$$

Потрібна товщина теплоізоляції:

$$\delta_{із.}^{mp.} = \lambda_{із.} \times \left[ \frac{1}{K_0^{mp.}} - \left( \frac{1}{\alpha_{зов.}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн.}} \right) \right] = 0,021 \times \left[ \frac{1}{0,5} - \left( \frac{1}{9} + 0,000038 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,037 м;$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 50мм (один шар 50мм).

Робимо перерахунок коефіцієнта теплопередачі, і він уже буде дійсним за формулою 8.3 [1]:

$$K_0^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_{зов.}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн.}}\right) + \frac{\delta_{із.дійсне}}{\lambda_{із.}}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{9} + 0,000038 + \frac{1}{8}\right) + \frac{0,05}{0,021}} = 0,382 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

### 6.9. Стіна між цехом товарної обробки та коридором.

$$t_{цех.тов.обр} = 12^{\circ}C; \quad t_{коридору.} = 12^{\circ}C;$$

$$\text{Для } t_{вн.} = 12^{\circ}C \Rightarrow K_0^{mp.} = 0,64 \frac{Вт}{м^2 \times К}; \text{ (табл. 8.3, [1])}$$

					00.БП.14.142.008.00230-кс	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\alpha_{\text{вн.}} = 9 \frac{Вт}{м^2 \times К}; \text{ (табл. 8.1, [1])}$$

$$\alpha_{\text{зов.}} = 8 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

$\alpha_1$  – в камері з  $t_{\text{цех.тов.обр.}} = 12^\circ\text{C}$ ;

$\alpha_2$  – в камері з  $t_{\text{коридору}} = 12^\circ\text{C}$ ;

Сумарний термічний опір:

$$\sum R_{\text{сум.мор.}} = R_{\text{оц.зал.лист}} + R_{\text{оц.зал.лист}} = 0,000019 + 0,000019 = 0,000038 \frac{м^2 \times К}{Вт};$$

Потрібна товщина теплоізоляції:

$$\delta_{\text{із.}}^{\text{мп.}} = \lambda_{\text{із.}} \times \left[ \frac{1}{K_0^{\text{мп.}}} - \left( \frac{1}{\alpha_{\text{зов.}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн.}}} \right) \right] = 0,021 \times \left[ \frac{1}{0,64} - \left( \frac{1}{9} + 0,000038 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,028 м;$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 50мм (один шар 50мм).

Робимо перерахунок коефіцієнта теплопередачі, і він уже буде дійсним за формулою 8.3 [1]:

$$K_0^{\text{Д}} = \frac{1}{\left( \frac{1}{\alpha_{\text{зов.}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн.}}} \right) + \frac{\delta_{\text{із.дійсне}}}{\lambda_{\text{із.}}}} = \frac{1}{\left( \frac{1}{9} + 0,000038 + \frac{1}{8} \right) + \frac{0,05}{0,021}} = 0,38 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

## 7) Покриття камер

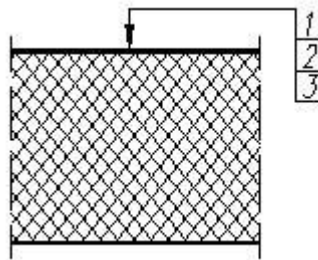


Рис.3

### 7.1 Покриття камер $t = 0^\circ\text{C}$ ;

1.- оцинкований залізний лист з покриттям Polyester:

$$\delta_1 = 0,001 м; \lambda_1 = 52 \frac{Вт}{м \times К};$$

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = 0,000019 \frac{м^2 \times К}{Вт};$$

					00.БП.14.142.008.00230-кс	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.- теплоізоляція із пожежостійкого пінополіуретану;

$$\lambda_{із.} = 0,021 \frac{Вт}{м \times К};$$

3.- оцинкований залізний лист з покриттям Polyester:

$$\delta_1 = 0,001м; \lambda_1 = 52 \frac{Вт}{м \times К};$$

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = 0,000019 \frac{м^2 \times К}{Вт};$$

Сумарний термічний опір:

$$\sum R_i = 0,000019 + 0,000019 = 0,000038 \frac{м^2 \times К}{Вт};$$

$$K_0^{mp.} = 0,37 \frac{Вт}{м^2 \times К}; \text{ (табл. 8.2, [1])}$$

$$\alpha_{вн.} = 9 \frac{Вт}{м^2 \times К}; \quad \alpha_{зов.} = 23 \frac{Вт}{м^2 \times К}; \text{ (табл. 8.1, [1])}$$

Потрібна товщина теплоізоляції:

$$\delta_{із.}^{mp.} = \lambda_{із.} \times \left[ \frac{1}{K_0^{mp.}} - \left( \frac{1}{\alpha_{зов.}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн.}} \right) \right] = 0,021 \times \left[ \frac{1}{0,37} - \left( \frac{1}{9} + 0,000038 + \frac{1}{23} \right) \right] = 0,053м;$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 60мм (один шар 60мм).

Робимо перерахунок коефіцієнта теплопередачі, і він уже буде дійсним за формулою 8.3 [1]:

$$K_0^D = \frac{1}{\left( \frac{1}{\alpha_{вн.}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{зов.}} \right) + \frac{\delta_{із.дiйсне}}{\lambda_{із.}}} = \frac{1}{\left( \frac{1}{9} + 0,000038 + \frac{1}{23} \right) + \frac{0,06}{0,021}} = 0,33 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

## 7.2 Покриття камер t = 4°C;

Сумарний термічний опір:

$$\sum R_i = 0,000019 + 0,000019 = 0,000038 \frac{м^2 \times К}{Вт};$$

$$K_0^{mp.} = 0,395 \frac{Вт}{м^2 \times К}; \text{ (табл. 8.2, [1])}$$

$$\alpha_{вн.} = 9 \frac{Вт}{м^2 \times К}; \text{ (табл. 8.1, [1])}$$

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

00.БП.14.142.008.00230-кc

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

Потрібна товщина теплоізоляції:

$$\delta_{із.}^{мп.} = \lambda_{із.} \times \left[ \frac{1}{K_0^{мп.}} - \left( \frac{1}{\alpha_{зов.}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн.}} \right) \right] = 0,021 \times \left[ \frac{1}{0,395} - \left( \frac{1}{9} + 0,000038 + \frac{1}{23} \right) \right] = 0,05 м;$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 60мм (один шар 60мм).

Робимо перерахунок коефіцієнта теплопередачі, і він уже буде дійсним за формулою 8.3 [1]:

$$K_0^Д = \frac{1}{\left( \frac{1}{\alpha_{вн.}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{зов.}} \right) + \frac{\delta_{із.дійсне}}{\lambda_{із.}}} = \frac{1}{\left( \frac{1}{9} + 0,000038 + \frac{1}{23} \right) + \frac{0,06}{0,021}} = 0,33 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

### 7.3 Покриття камер $t = 2^\circ C$ ;

Сумарний термічний опір:

$$\sum R_i = 0,000019 + 0,000019 = 0,000038 \frac{м^2 \times К}{Вт};$$

$$K_0^{мп.} = 0,385 \frac{Вт}{м^2 \times К}; (\text{табл. 8.2, [1]})$$

$$\alpha_{вн.} = 9 \frac{Вт}{м^2 \times К}; (\text{табл. 8.1, [1]})$$

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

Потрібна товщина теплоізоляції:

$$\delta_{із.}^{мп.} = \lambda_{із.} \times \left[ \frac{1}{K_0^{мп.}} - \left( \frac{1}{\alpha_{зов.}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн.}} \right) \right] = 0,021 \times \left[ \frac{1}{0,385} - \left( \frac{1}{9} + 0,000038 + \frac{1}{23} \right) \right] = 0,051 м;$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 60мм (один шар 60мм).

Робимо перерахунок коефіцієнта теплопередачі, і він уже буде дійсним за формулою 8.3 [1]:

$$K_0^Д = \frac{1}{\left( \frac{1}{\alpha_{вн.}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{зов.}} \right) + \frac{\delta_{із.дійсне}}{\lambda_{із.}}} = \frac{1}{\left( \frac{1}{9} + 0,000038 + \frac{1}{23} \right) + \frac{0,06}{0,021}} = 0,33 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

### 5.4 Покриття камер $t = 3^\circ C$ ;

						00.БП.14.142.008.00230-кc	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Сумарний термічний опір:

$$\sum R_i = 0,000019 + 0,000019 = 0,000038 \frac{m^2 \times K}{Bm};$$

$$K_0^{mp.} = 0,39 \frac{Bm}{m^2 \times K}; \text{ (табл. 8.2, [1])}$$

$$\alpha_{вн.} = 9 \frac{Bm}{m^2 \times K}; \text{ (табл. 8.1, [1])}$$

$$\alpha_{зов.} = 23 \frac{Bm}{m^2 \times K};$$

Потрібна товщина теплоізоляції:

$$\delta_{із.}^{mp.} = \lambda_{із.} \times \left[ \frac{1}{K_0^{mp.}} - \left( \frac{1}{\alpha_{зов.}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн.}} \right) \right] = 0,021 \times \left[ \frac{1}{0,39} - \left( \frac{1}{9} + 0,000038 + \frac{1}{23} \right) \right] = 0,05m;$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 60мм (один шар 60мм).

Робимо перерахунок коефіцієнта теплопередачі, і він уже буде дійсним за формулою 8.3 [1]:

$$K_0^{\Delta} = \frac{1}{\left( \frac{1}{\alpha_{вн.}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{зов.}} \right) + \frac{\delta_{із.дiйсне}}{\lambda_{із.}}} = \frac{1}{\left( \frac{1}{9} + 0,000038 + \frac{1}{23} \right) + \frac{0,06}{0,021}} = 0,33 \frac{Bm}{m^2 \times K}; \underline{7.5}$$

Покриття камер  $t = 12^\circ C$ ;

Сумарний термічний опір:

$$\sum R_i = 0,000019 + 0,000019 = 0,000038 \frac{m^2 \times K}{Bm};$$

$$K_0^{mp.} = 0,52 \frac{Bm}{m^2 \times K}; \text{ (табл. 8.2, [1])}$$

$$\alpha_{вн.} = 9 \frac{Bm}{m^2 \times K}; \text{ (табл. 8.1, [1])}$$

$$\alpha_{зов.} = 23 \frac{Bm}{m^2 \times K};$$

Потрібна товщина теплоізоляції:

$$\delta_{із.}^{mp.} = \lambda_{із.} \times \left[ \frac{1}{K_0^{mp.}} - \left( \frac{1}{\alpha_{зов.}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн.}} \right) \right] = 0,021 \times \left[ \frac{1}{0,52} - \left( \frac{1}{9} + 0,000038 + \frac{1}{23} \right) \right] = 0,037m;$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 50мм (один шар 50мм).

					00.БП.14.142.008.00230-кc	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Робимо перерахунок коефіцієнта теплопередачі, і він уже буде дійсним за формулою 8.3 [1]:

$$K_0^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_{\text{вн.}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{зов.}}}\right) + \frac{\delta_{\text{із.дійсне}}}{\lambda_{\text{із.}}}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{9} + 0,000038 + \frac{1}{23}\right) + \frac{0,05}{0,021}} = 0,38 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}};$$

## 8) Підлога

Конструкція підлоги:

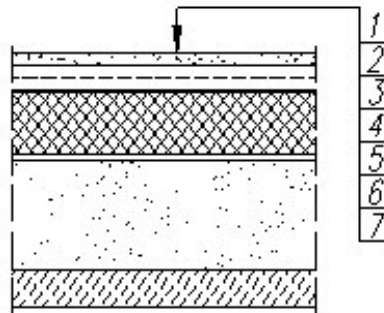


Рис. 4 Підлога

1. Чиста підлога:  $\delta_1 = 0,04\text{м}; \lambda_1 = 1,4 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}};$

2. Армована бетонна стяжка:  $\delta_1 = 0,1\text{м}; \lambda_1 = 1,4 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}};$

3. Теплоізоляція із пінопласта полістирольного ПСБ-С:

$$\delta_1 = 0,001\text{м}; \lambda_1 = 0,05 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}};$$

4. Бетонна підготовка з електронагрівачами;

5. Гідроізоляція

$$\delta_1 = 0,004\text{м};$$

6. Бетонна підготовка

$$\delta_1 = 0,100\text{м};$$

7. Ущільнений щебінь з піском

$$\delta_1 = 0,700\text{м};$$

								00.БП.14.142.008.00230-кс	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

#### 4. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень

Розрахунок проводять для кожної камери окремо, що дозволяє визначити навантаження окремо по камерам.

Початковими даними для розрахунку є план холодильника зорієнтований по сторонам світу. Значення коефіцієнтів теплопередачі будівельно-ізоляційних конструкцій, температура в камерах, зовнішнього повітря, та суміжних приміщень, температура та кількість вантажів що надходять до камер вказані вище.

Приклади розрахунків наведено тільки для однієї камери, всі інші розрахунки виконуються аналогічно і занесені до розрахункових таблиць.

#### Розрахунок теплопритоків від зовнішнього повітря та приміщень з більшою температурою

Через огороження (стіни, підлога, покриття), теплота надходить від навколишнього середовища шляхом теплопередачі за рахунок різниці температур зовні та в камері, і в результаті дії сонячної радіації.

Для приклад зробимо розрахунок для камери №1 попереднього охолодження.

**4.1. Розраховуємо теплопритік від зовнішнього повітря та приміщень з більшою температурою для камери №1 попереднього охолодження за формулою 9.2. [1]:**

$$Q_1 = Q_{1T} + Q_{1c}, \text{Вт}$$

де  $Q_{1T}$  – теплопритік через зовнішнє огороження, Вт;

$Q_{1c}$  – теплопритік від дії сонячної радіації, Вт.

**4.1.1. Розраховуємо теплопритік через зовнішнє огороження під дією різниці температур за формулою 9.3. [1]:**

$$Q_{1m} = K_o \cdot F \cdot \theta \cdot 10^{-3} = K_o \cdot F \cdot (t_{\text{зов.}} - t_{\text{вн.}}), \text{Вт};$$

					00.БП.14.142.008.00230-кс			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Пашко А.В.				Розрахунок теплонадходжень до охолоджувальних приміщень	Літ.	Лист	Листів
Керівник	Форсюк А.В.							
Реценз.								
Н. Контр.								
Затвердив								
						НУХТ каф. ТЕХТ гр. ХМ.-4-5		

де  $F$  - площа огородження,  $m^2$ ;

$$t_{к.понаохол.} = 3^{\circ}C; \quad K_{\delta} = 0,33 \frac{Bm}{M^2 \times K}; \quad t_{зов.} = 31^{\circ}C; \quad F = 24 \cdot 6 = 144m^2;$$

$$Q_{1m.з.зх} = 0,33 \cdot 144 \cdot (31 - 3) = 1331Bm;$$

**4.1.2.** Знаходимо теплопритік від дії сонячної радіації по формулі 9.7 [1]:

$$Q_{1c} = K_{\delta} \cdot F \cdot \Delta t_c, Bm;$$

де  $\Delta t_c$  - надлишкова різниця температури від дії сонячної радіації  $\Delta t_c$  (таблиця 9.1 [1]),  $^{\circ}C$ .

$$Q_{1c.з.зх} = 0,33 \cdot 144 \cdot 7,2 = 342Bm;$$

$$Q_{1m} = Q_{1m.з.зх} + Q_{1c.з.зх} = 1331 + 342 = 1673Bm;$$

Теплопритоки через підлогу, яка не обігривається визначається по формулі 9.5 [1]:

$$Q_{1m} = \sum k_{ум} \cdot F \cdot (t_{зов.} - t_{вн.}) \cdot m, Bm;$$

де  $F$  - площа відповідної зони підлоги шириною 2 м,  $m^2$ ;

$\sum k_{ум}$  - умовний коефіцієнт теплопередачі відповідної зони підлоги шириною 2м [1];

$m$  - коефіцієнт, що враховує відносне зростання термічного опору підлоги при наявності ізоляції.

Так як в нашому випадку підлога без ізоляції, тому  $m=1$ .

$$Q_{1m} = \sum k_{ум} \cdot F \cdot (t_{зов.} - t_{вн.}) \cdot m, Bm;$$

Всі розрахунки зводимо до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Назва камери	Назва огородження	$K_{\delta}$ Вт/м <sup>2</sup>	Розміри, м			$F$ м <sup>2</sup>	$t_1$ С	$t_в$ С	$\Delta t$ С	$\Delta t_c$ С	$Q_{1г}$ Вт	$Q_{1c}$ Вт	$Q_1$ Вт
			L	B	H								
№1 Попередньо-го охолодження	Зс-Пн	0,330	12	-	6	72	31	3	28	0	665	0	665
	П-Сх	0,380	24	-	6	144	3	3	0	0,0	0	0	0
	Вс-Пд	0,382	12	-	6	72	12	3	9	6,0	248	165	413
	Зс-Зх	0,330	24	-	6	144	31	3	28	7,2	1331	342	1673
	Підлога (зона 1)	0,470	36	2	-	72	31	3	28	0	948	0	948
	Підлога (зона 2)	0,230	30	2	-	60	31	3	28	0	386	0	386
	Підлога (зона 3)	0,120	24	2	-	48	31	3	28	0	161	0	161
	Підлога (зона 4)	0,070	18	6	-	108	31	3	28	0	212	0	212
Покриття	0,330	24	12	-	288	31	3	28	10	2661	950	3612	
<b>Всього</b>										6611	1458	8069	

					00.БП.14.142.008.00230-кс				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

\*З<sub>с</sub> - зовнішня стіна, В<sub>с</sub> - внутрішня стіна, П - перегородка; Пн, Зх, Сх, Пд - північ, захід, схід, південь.

Надходження теплопритоків через будівельні конструкції.

Продовження таблиці 4.1

№2 Попередньо-го охолодження	Зс-Пн	0,330	12	-	6	72	31	3	28	0	665	0	665
	П-Сх	0,380	24	-	6	144	4	3	1	0,0	55	0	55
	Вс-Пд	0,382	12	-	6	72	12	3	9	0,0	248	0	248
	П-Зх	0,380	24	-	6	144	3	3	0	7,2	0	394	394
	Підлога (зона 1)	0,470	12	2	-	24	31	3	28	0	316	0	316
	Підлога (зона 2)	0,230	12	2	-	24	31	3	28	0	155	0	155
	Підлога (зона 3)	0,120	12	2	-	24	31	3	28	0	81	0	81
	Підлога (зона 4)	0,070	12	12	-	144	31	3	28	0	282	0	282
	Покриття	0,330	24	12	-	288	31	3	28	10	2661	950	3612
<b>Всього</b>										4462	1344	<b>5806</b>	
№3 Зберігання картоплі	Зс-Пн	0,330	12	-	6	72	31	4	27	0	642	0	642
	П-Сх	0,380	24	-	6	144	4	4	0	0,0	0	0	0
	Вс-Пд	0,382	12	-	6	72	12	4	8	0,0	220	0	220
	П-Зх	0,380	24	-	6	144	3	4	-1	0	-55	0	-55
	Підлога (зона 1)	0,470	12	2	-	24	31	4	27	0	305	0	305
	Підлога (зона 2)	0,230	12	2	-	24	31	4	27	0	149	0	149
	Підлога (зона 3)	0,120	12	2	-	24	31	4	27	0	78	0	78
	Підлога (зона 4)	0,070	12	12	-	144	31	4	31	0	312	0	312
	Підлога	0,204	24	12	-	288	31	4	27	0	1586	0	1586
Покриття	0,330	24	12	-	288	31	4	27	10	2566	950	3516	
<b>Всього</b>										5803	950	<b>6753</b>	
<b>Назва камери</b>	<b>Назва огороження</b>	<b>K<sub>д</sub></b> <b>Вт/м<sup>2</sup></b>	<b>Розміри, м</b>			<b>F</b> <b>м<sup>2</sup></b>	<b>t<sub>с</sub></b> <b>С</b>	<b>t<sub>в</sub></b> <b>С</b>	<b>Δt</b> <b>С</b>	<b>Δt<sub>с</sub></b> <b>С</b>	<b>Q<sub>1г</sub></b> <b>Вт</b>	<b>Q<sub>1с</sub></b> <b>Вт</b>	<b>Q<sub>1</sub></b> <b>Вт</b>
№4 Зберігання картоплі	Зс-Пн	0,330	12	-	6	72	31	4	27	0	642	0	642
	Зс-Сх	0,330	24	-	6	144	31	4	27	0,0	1283	0	1283
	Вс-Пд	0,382	12	-	6	72	12	4	8	0,0	220	0	220
	П-Зх	0,380	24	-	6	144	4	4	0	0	0	0	0
	Підлога (зона 1)	0,470	36	2	-	72	31	4	27	0	914	0	914
	Підлога (зона 2)	0,230	30	2	-	60	31	4	27	0	373	0	373
	Підлога (зона 3)	0,120	24	2	-	48	31	4	27	0	156	0	156
	Підлога (зона 4)	0,070	18	6	-	108	31	4	31	0	234	0	234
	Підлога	0,204	24	12	-	288	31	4	27	0	1586	0	1586
Покриття	0,330	24	12	-	288	31	4	27	10	2566	950	3516	
<b>Всього</b>										7973	950	<b>8924</b>	
<b>Назва камери</b>	<b>Назва огороження</b>	<b>K<sub>д</sub></b> <b>Вт/м<sup>2</sup></b>	<b>Розміри, м</b>			<b>F</b> <b>м<sup>2</sup></b>	<b>t<sub>с</sub></b> <b>С</b>	<b>t<sub>в</sub></b> <b>С</b>	<b>Δt</b> <b>С</b>	<b>Δt<sub>с</sub></b> <b>С</b>	<b>Q<sub>1г</sub></b> <b>Вт</b>	<b>Q<sub>1с</sub></b> <b>Вт</b>	<b>Q<sub>1</sub></b> <b>Вт</b>
№5 Зберігання яблук	Вс-Пн	0,382	12	-	6	72	12	2	10	0	275	0	275
	Зс-Сх	0,330	24	-	6	144	31	2	29	0,0	1378	0	1378
	Зс-Пд	0,330	12	-	6	72	31	2	29	0,0	689	0	689
	П-Зх	0,380	24	-	6	144	2	2	0	0	0	0	0
	Підлога (зона 1)	0,470	36	2	-	72	31	2	29	0	981	0	981
	Підлога (зона 2)	0,230	30	2	-	60	31	2	29	0	400	0	400
	Підлога (зона 3)	0,120	24	2	-	48	31	2	29	0	167	0	167
	Підлога (зона 4)	0,070	18	6	-	108	31	2	31	0	234	0	234
	Підлога	0,204	24	12	-	288	31	2	29	0	1704	0	1704
Покриття	0,330	24	12	-	288	31	2	29	10	2756	950	3707	
<b>Всього</b>										8585	950	<b>9535</b>	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00.БП.14.142.008.00230-кс

Арк.

Продовження таблиці 4.1

Назва камери	Назва огороження	K <sub>d</sub> Вт/м <sup>2</sup>	Розміри, м			F м <sup>2</sup>	t <sub>г</sub> С	t <sub>в</sub> С	Δt С	Δt <sub>с</sub> С	Q <sub>1г</sub> Вт	Q <sub>1с</sub> Вт	Q <sub>1</sub> Вт
			L	B	H								
№6 Зберігання яблук	Вс-Пн	0,382	12	-	6	72	12	2	10	0	275	0	275
	П-Сх	0,380	24	-	6	144	2	2	0	0,0	0	0	0
	Зс-Пд	0,330	12	-	6	72	31	2	29	0,0	689	0	689
	П-Зх	0,380	24	-	6	144	0	2	-2	1,0	-109	55	-55
	Підлога (зона 1)	0,470	36	2	-	72	31	2	29	0	981	0	981
	Підлога (зона 2)	0,230	30	2	-	60	31	2	29	0	400	0	400
	Підлога (зона 3)	0,120	24	2	-	48	31	2	29	0	167	0	167
	Підлога (зона 4)	0,070	18	6	-	108	31	2	31	0	234	0	234
	Підлога	0,204	24	12	-	288	31	2	29	0	1704	0	1704
	Покриття	0,330	24	12	-	288	31	2	29	10	2756	950	3707
<b>Всього</b>										7098	1005	<b>8103</b>	
№7 Зберігання цибулі	Вс-Пн	0,382	12	-	6	72	12	0	12	0	330	0	330
	П-Сх	0,380	24	-	6	144	2	0	2	0,0	109	0	109
	Зс-Пд	0,330	12	-	6	72	31	0	31	0,0	737	0	737
	П-Зх	0,380	24	-	6	144	12	0	12	0	657	0	657
	Підлога (зона 1)	0,470	12	2	-	24	31	0	31	0	350	0	350
	Підлога (зона 2)	0,230	12	2	-	24	31	0	31	0	171	0	171
	Підлога (зона 3)	0,120	12	2	-	24	31	0	31	0	89	0	89
	Підлога (зона 4)	0,070	12	12	-	144	31	0	29	0	292	0	292
	Покриття	0,330	24	12	-	288	31	0	31	10	2946	950	3897
	<b>Всього</b>										5681	950	<b>6632</b>

Щоб визначити тепловтрати з камер холодильника у зимовий період, проводимо розрахунки, але змінюємо значення зовнішніх температур. Результати розрахунку тепловтрат у зимовий період зводимо до табл. 4.1(а).

Таблиця 4.1(а)

Назва камери	Назва огороження	K <sub>d</sub> Вт/м <sup>2</sup>	Розміри, м			F м <sup>2</sup>	t <sub>г</sub> С	t <sub>в</sub> С	Δt С	Δt <sub>с</sub> С	Q <sub>1г</sub> Вт	Q <sub>1с</sub> Вт	Q <sub>1</sub> Вт
			L	B	H								
№1 Попереднього охолодження	Зс-Пн	0,330	12	-	6	72	-21	3	-24	0	-570	0	-570
	П-Сх	0,380	24	-	6	144	3	3	0	0,0	0	0	0
	Вс-Пд	0,382	12	-	6	72	12	3	9	6,0	248	165	413
	Зс-Зх	0,330	24	-	6	144	-21	3	-24	7,2	-1140	342	-798
	Підлога (зона 1)	0,470	36	2	-	72	-21	3	-24	0	-812	0	-812
	Підлога (зона 2)	0,230	30	2	-	60	-21	3	-24	0	-331	0	-331
	Підлога (зона 3)	0,120	24	2	-	48	-21	3	-24	0	-138	0	-138
	Підлога (зона 4)	0,070	18	6	-	108	-21	3	-24	0	-181	0	-181
	Покриття	0,330	24	12	-	288	-21	3	-24	10	-2281	950	-1331
	<b>Всього</b>										-5207	1458	<b>-3750</b>
№2 Попереднього охолодження	Зс-Пн	0,330	12	-	6	72	-21	3	-24	0	-570	0	-570
	П-Сх	0,380	24	-	6	144	4	3	1	0,0	55	0	55
	Вс-Пд	0,382	12	-	6	72	12	3	9	0,0	248	0	248
	П-Зх	0,380	24	-	6	144	3	3	0	7,2	0	394	394
	Підлога (зона 1)	0,470	12	2	-	24	-21	3	-24	0	-271	0	-271
	Підлога (зона 2)	0,230	12	2	-	24	-21	3	-24	0	-132	0	-132
	Підлога (зона 3)	0,120	12	2	-	24	-21	3	-24	0	-69	0	-69
	Підлога (зона 4)	0,070	12	12	-	144	-21	3	-24	0	-242	0	-242
	Покриття	0,330	24	12	-	288	-21	3	-24	10	-2281	950	-1331
	<b>Всього</b>										-3263	1344	<b>-1919</b>

№3 Зберігання картоплі	Зс-Пн	0,330	12	-	6	72	-21	4	-25	0	-594	0	-594
	П-Сх	0,380	24	-	6	144	4	4	0	0,0	0	0	0
	Вс-Пд	0,382	12	-	6	72	12	4	8	0,0	220	0	220
	П-Зх	0,380	24	-	6	144	3	4	-1	0	-55	0	-55
	Підлога (зона 1)	0,470	12	2	-	24	-21	4	-25	0	-282	0	-282
	Підлога (зона 2)	0,230	12	2	-	24	-21	4	-25	0	-138	0	-138
	Підлога (зона 3)	0,120	12	2	-	24	-21	4	-25	0	-72	0	-72
	Підлога (зона 4)	0,070	12	12	-	144	-21	4	31	0	312	0	312
	Підлога	0,204	24	12	-	288	-21	4	-25	0	-1469	0	-1469
	Покриття	0,330	24	12	-	288	-21	4	-25	10	-2376	950	-1426
<b>Всього</b>											-4453	950	-3503

Назва камери	Назва огороження	K <sub>d</sub> Вт/м <sup>2</sup>	Розміри, м			F м <sup>2</sup>	t <sub>1</sub> С	t <sub>в</sub> С	Δt С	Δt <sub>с</sub> С	Q <sub>1г</sub> Вт	Q <sub>1с</sub> Вт	Q <sub>1</sub> Вт
			L	B	H								
№4 Зберігання картоплі	Зс-Пн	0,330	12	-	6	72	-21	4	-25	0	-594	0	-594
	Зс-Сх	0,330	24	-	6	144	-21	4	-25	0,0	-1188	0	-1188
	Вс-Пд	0,382	12	-	6	72	12	4	8	0,0	220	0	220
	П-Зх	0,380	24	-	6	144	4	4	0	0	0	0	0
	Підлога (зона 1)	0,470	36	2	-	72	-21	4	-25	0	-846	0	-846
	Підлога (зона 2)	0,230	30	2	-	60	-21	4	-25	0	-345	0	-345
	Підлога (зона 3)	0,120	24	2	-	48	-21	4	-25	0	-144	0	-144
	Підлога (зона 4)	0,070	18	6	-	108	-21	4	31	0	234	0	234
	Підлога	0,204	24	12	-	288	-21	4	-25	0	-1469	0	-1469
	Покриття	0,330	24	12	-	288	-21	4	-25	10	-2376	950	-1426
<b>Всього</b>											-6507	950	-5557

Назва камери	Назва огороження	K <sub>d</sub> Вт/м <sup>2</sup>	Розміри, м			F м <sup>2</sup>	t <sub>1</sub> С	t <sub>в</sub> С	Δt С	Δt <sub>с</sub> С	Q <sub>1г</sub> Вт	Q <sub>1с</sub> Вт	Q <sub>1</sub> Вт
			L	B	H								
№5 Зберігання яблук	Вс-Пн	0,382	12	-	6	72	12	2	10	0	275	0	275
	Зс-Сх	0,330	24	-	6	144	-21	2	-23	0,0	-1093	0	-1093
	Зс-Пд	0,330	12	-	6	72	-21	2	-23	0,0	-546	0	-546
	П-Зх	0,380	24	-	6	144	2	2	0	0	0	0	0
	Підлога (зона 1)	0,470	36	2	-	72	-21	2	-23	0	-778	0	-778
	Підлога (зона 2)	0,230	30	2	-	60	-21	2	-23	0	-317	0	-317
	Підлога (зона 3)	0,120	24	2	-	48	-21	2	-23	0	-132	0	-132
	Підлога (зона 4)	0,070	18	6	-	108	-21	2	31	0	234	0	234
	Підлога	0,204	24	12	-	288	-21	2	-23	0	-1351	0	-1351
	Покриття	0,330	24	12	-	288	-21	2	-23	10	-2186	950	-1236
<b>Всього</b>											-5895	950	-4945

Назва камери	Назва огороження	K <sub>d</sub> Вт/м <sup>2</sup>	Розміри, м			F м <sup>2</sup>	t <sub>1</sub> С	t <sub>в</sub> С	Δt С	Δt <sub>с</sub> С	Q <sub>1г</sub> Вт	Q <sub>1с</sub> Вт	Q <sub>1</sub> Вт
			L	B	H								
№6 Зберігання яблук	Вс-Пн	0,382	12	-	6	72	12	2	10	0	275	0	275
	П-Сх	0,380	24	-	6	144	2	2	0	0,0	0	0	0
	Зс-Пд	0,330	12	-	6	72	-21	2	-23	0,0	-546	0	-546
	П-Зх	0,380	24	-	6	144	0	2	-2	1,0	-109	55	-55
	Підлога (зона 1)	0,470	36	2	-	72	-21	2	-23	0	-778	0	-778
	Підлога (зона 2)	0,230	30	2	-	60	-21	2	-23	0	-317	0	-317
	Підлога (зона 3)	0,120	24	2	-	48	-21	2	-23	0	-132	0	-132
	Підлога (зона 4)	0,070	18	6	-	108	-21	2	31	0	234	0	234
	Підлога	0,204	24	12	-	288	-21	2	-23	0	-1351	0	-1351
	Покриття	0,330	24	12	-	288	-21	2	-23	10	-2186	950	-1236
<b>Всього</b>											-4912	1005	-3907

№7 Зберігання цибулі	Вс-Пн	0,382	12	-	6	72	12	0	12	0	330	0	330
	П-Сх	0,380	24	-	6	144	2	0	2	0,0	109	0	109
	Зс-Пд	0,330	12	-	6	72	-21	0	-21	0,0	-499	0	-499
	П-Зх	0,380	24	-	6	144	12	0	12	0	657	0	657
	Підлога (зона 1)	0,470	12	2	-	24	-21	0	-21	0	-237	0	-237
	Підлога (зона 2)	0,230	12	2	-	24	-21	0	-21	0	-116	0	-116
	Підлога (зона 3)	0,120	12	2	-	24	-21	0	-21	0	-60	0	-60
	Підлога (зона 4)	0,070	12	12	-	144	-21	0	29	0	292	0	292
	Підлога	0,204	24	12	-	288	-21	0	-21	10	-1996	950	-1045
	Покриття	0,330	24	12	-	288	-21	0	-21	10	-1996	950	-1045
<b>Всього</b>											-1520	950	-569

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00.БП.14.142.008.00230-кв

Арк.

## 4.2. Розрахунок теплопритоків при термічній обробці продуктів

4.2.1. Розраховуємо теплоприток при термічній обробці продуктів за формулою:

$$Q_2 = Q_{2п} + Q_{2т}, \text{ Вт}$$

де  $Q_{2п}$  – теплоприток від продуктів, Вт;

$Q_{2т}$  – теплоприток від тари, Вт.

Розраховуємо тепло притоки при термічній обробці для камери зберігання картоплі:

4.2.2. Знаходимо теплоприток від продуктів в камері зберігання картоплі за формулою :

$$Q_{2пр} = M_d \cdot (h_p - h_k) \cdot \frac{1000 \cdot 1000}{\tau \cdot 3600} = 500 \cdot (302 - 287) \cdot \frac{1000 \cdot 1000}{24 \cdot 3600} = 86806 \text{ Вт}$$

де  $M_d$  – добове надходження продукту в камеру, т/добу;

$h_p$  – ентальпія продукту при надходженні в камеру (додаток 10 [1]), кДж/кг при  $t=8^\circ\text{C}$ ;

$h_k$  – ентальпія продукту після холодильної обробки (додаток 10 [1]), кДж/кг при  $t=4^\circ\text{C}$ ;

$1000 \cdot 1000$  – перевідні коефіцієнти із тон в кг, із кДж/кг в Дж;

$\tau$  – час холодильної обробки продукту, год;

4.2.3. Знаходимо теплоприток від тари за формулою.

$$Q_{2т} = M_{дт} \cdot C_t \cdot (t_p - t_k) \cdot \frac{1000 \cdot 1000}{24 \cdot 3600} = 100 \cdot 0.5 \cdot (8 - 4) \cdot \frac{1000 \cdot 1000}{24 \cdot 3600} = 2315 \text{ Вт}$$

де  $M_{дт}$  – добове надходження тари в камеру, т/добу;

$c_t$  – теплоємність тари (с.59 [1]), кДж/(кг·К);

$t_p$  – температура тари при надходженні в камеру, °С;

$t_k$  – температура тари після холодильної обробки, °С.

Всі розрахунки зводимо в таблицю 4.2.

										00.БП.14.142.008.00230-кс	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Таблиця 4.2

**Теплопритік від термічної обробки продуктів**

Назва камери	$t_{\text{кам}}$	$M_{\text{д}}$	$M_{\text{дт}}$	$t_{\text{п}}$	$t_{\text{к}}$	$i_{\text{п}}$	$i_{\text{к}}$	$C_{\text{т}}$	$\tau$	$1000 \cdot 1000$	$Q_{2\text{п}}$	$Q_{2\text{т}}$	$Q_2$
	С	т/доб	т/доб	С	С	кДж/кг	кДж/кг	кДж/кгК	год	3600*т	Вт	Вт	Вт
№1,2 Попереднього охолодження	3	200,0	40,0	15	3	328,0	274,0	0,5	22	12,63	136364	3030	139394
№3 Зберігання картоплі	4	200,0	40,0	8	4	302,0	287,0	0,5	24	11,57	34722	926	35648
№4 Зберігання картоплі	4	200,0	40,0	8	4	302,0	287,0	0,5	24	11,57	34722	926	35648
№5 Зберігання яблук	2	200,0	40,0	6	2	294,0	274,0	0,5	24	11,57	46296	926	47222
№6 Зберігання яблук	2	200,0	40,0	6	2	294,0	274,0	0,5	24	11,57	46296	926	47222
№7 Зберігання цибулі	0	200,0	40,0	4	0	287,0	274,0	0,5	24	11,57	30093	926	31019

Теплонадходження для зимового періоду приймаємо рівними нулю.

**4.3. Розрахунок теплопритоків при вентиляції приміщень**

Теплонадходження від зовнішнього повітря при вентиляції треба враховувати тільки при проектуванні камер для зберігання фруктів та овочів.

**4.3.1.** Теплопритік від зовнішнього повітря розраховуємо по формулі:

$$Q_3 = M_{\text{вз}} \cdot (i_{\text{н}} - i_{\text{вн}}), \text{Вт}$$

де  $M_{\text{вз}}$  – масова витрата вентиляційного повітря, кг/с;

$i_{\text{з}}, i_{\text{вн}}$  – питомі ентальпії зовнішнього повітря і повітря у камері, кДж/кг.

**4.3.2.** Масову витрату вентиляційного повітря  $M_{\text{вз}}$  (у кг/с) визначаємо за формулою 9.12а [1]:

$$M_{\text{вз}} = \frac{V_{\text{к}} \cdot a \cdot \rho_{\text{в}}}{24 \cdot 3600}$$

де  $V_{\text{к}}$  – об'єм вентилязованого приміщення,  $\text{м}^3$ ;

$a$  – кратність повітрообміну;

$\rho_{\text{в}}$  – щільність повітря при температурі і відносній вологості повітря в камері,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

$$M_{\text{вз}} = \frac{V_{\text{к}} \cdot a \cdot \rho_{\text{в}}}{24 \cdot 3600} = \frac{1728 \cdot 3 \cdot 1,29}{24 \cdot 3600} = 0,0774 \text{кг/с.}$$

**4.3.3.** Теплонадходження від зовнішнього повітря для камери №1

$$Q_3 = M_{\text{вз}} \cdot (i_{\text{н}} - i_{\text{в}}) = 0,0774 \cdot (65 - 12) = 4102 \text{Вт}$$

Всі розрахунки зводимо в таблицю 4.3

					00.БП.14.142.008.00230-кс				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Таблиця 4.3

## Теплопритік від зовнішнього повітря при вентиляції камер

Назва камери	$t_{\text{кам}}$ С	$h$ м	$V_{\text{к}}$ м <sup>3</sup>	$a$ об/доб	$\rho$ кг/м <sup>3</sup>	$i_3$ кДж/кг	$i_в$ кДж/кг	$\tau$ год	$M_{\text{п}}$ кг/с	$\Delta i$ кДж/кг	$Q_3$ Вт
№1,2 Попереднього охолодження	3	6	1728	3,0	1,29	65,0	12,0	22	0,0844	53,0	4475
№3 Зберігання картоплі	4	6	1728	3,0	1,29	65,0	15,0	24	0,0774	50,0	3870
№4 Зберігання картоплі	4	6	1728	3,0	1,29	65,0	15,0	24	0,0774	50,0	3870
№5 Зберігання яблук	2	6	1728	3,0	1,29	65,0	10,0	24	0,0774	55,0	4257
№6 Зберігання яблук	2	6	1728	3,0	1,29	65,0	10,0	24	0,0774	55,0	4257
№7 Зберігання цибулі	0	6	1728	3,0	1,28	65,0	9,0	24	0,0770	56,0	4314

Розрахунки теплонадходження у зимовий період зводимо до табл. 4.3(а)

Таблиця 4.3(а)

## Теплопритік від зовнішнього повітря при вентиляції камер в зимовий період

Назва камери	$t_{\text{кам}}$ С	$h$ м	$V_{\text{к}}$ м <sup>3</sup>	$a$ об/доб	$\rho$ кг/м <sup>3</sup>	$i_3$ кДж/кг	$i_в$ кДж/кг	$\tau$ год	$M_{\text{п}}$ кг/с	$\Delta i$ кДж/кг	$Q_3$ Вт
№1,2 Попереднього охолодження	3	6	1728	3,0	1,29	-17,5	9,5	22	0,0844	-27,0	-2280
№3 Зберігання картоплі	4	6	1728	3,0	1,29	-17,5	9,5	24	0,0774	-27,0	-2090
№4 Зберігання картоплі	4	6	1728	3,0	1,29	-17,5	9,5	24	0,0774	-27,0	-2090
№5 Зберігання яблук	2	6	1728	3,0	1,29	-17,5	9,5	24	0,0774	-27,0	-2090
№6 Зберігання яблук	2	6	1728	3,0	1,29	-17,5	9,5	24	0,0774	-27,0	-2090
№7 Зберігання цибулі	0	6	1728	3,0	1,28	-17,5	9,5	24	0,0770	-27,0	-2080

#### 4.4. Розрахунок експлуатаційних теплопритоків.

##### 4.4.1. Розраховуємо експлуатаційні теплопритоки для камери

зберігання картоплі за формулою 9.18 [1]:

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

де  $q_1$  – теплопритік від освітлення, Вт;

$q_2$  – теплопритік від людей, Вт;

$q_3$  – теплопритік від працюючих електродвигунів, Вт;

$q_4$  – теплопритік від відкривання дверей, Вт.

Робимо розрахунок експлуатаційних теплопритоків для камер зберігання яблук:

##### 4.4.2. Знаходимо теплопритік від освітлення за формулою 9.13 [1]:

$$q_1 = A \cdot F = 2,3 \cdot 288 = 662,4 \text{ Вт}$$

де  $A$  – питомий теплопритік від приладів на 1м<sup>2</sup> підлоги (с.60 [1]), Вт/м<sup>2</sup>;

					00.БП.14.142.008.00230-кс						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

F – площа камери, м<sup>2</sup>.

**4.4.3.** Знаходимо теплопритік від перебування людей за формулою 9.14 [1]:

$$q_2 = 350 \cdot n = 350 \cdot 4 = 1400 \text{ Вт}$$

де 350 – теплопритік від однієї працюючої людини (с.60 [1]), Вт/чол

n – кількість людей (с.60 [5]), чол.

**4.4.4.** Знаходимо теплопритік від працюючих електродвигунів за формулою 9.15 [5]:

$$q_3 = N_{\text{ел}} \cdot 1000 = 3 \cdot 1000 = 3000 \text{ Вт}$$

де N<sub>ел</sub> – сумарна потужність всіх електродвигунів (с.60 [1]), кВт;

1000 – перевідний коефіцієнт із кВт в Вт.

**4.4.5.** Знаходимо теплопритік від відкривання дверей за формулою 9.17 [1]:

$$q_4 = K \cdot F = 4 \cdot 288 = 1152 \text{ Вт}$$

де K - питомий теплопритік на 1 м<sup>2</sup> підлоги (таблиця 9.2 [1]), Вт/м<sup>2</sup>;

F - площа камери, м<sup>2</sup>.

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 = 662,4 + 1400 + 3000 + 1152 = 7410,8 \text{ Вт}$$

Всі розрахунки зводимо в таблицю 4.4

Таблиця 4.4

Теплопритік при експлуатації камер холодильника

Назва камери	F <sub>д</sub> м <sup>2</sup>	A Вт/м <sup>2</sup>	q <sub>1</sub> Вт	n чол.	q <sub>2</sub> Вт	N <sub>ел</sub> кВт	q <sub>3</sub> Вт	K Вт/м <sup>2</sup>	q <sub>4</sub> Вт	Q <sub>4</sub> Вт
№1,2 Попереднього охолодження	286	2,3	657,8	4	1400	6	6000	4	1144	9202
№3 Зберігання картоплі	288	2,3	662,4	4	1400	3	3000	4	1152	6214
№4 Зберігання картоплі	288	2,3	662,4	4	1400	3	3000	4	1152	6214
№5 Зберігання яблук	288	2,3	662,4	4	1400	3	3000	4	1152	6214
№6 Зберігання яблук	288	2,3	662,4	4	1400	3	3000	4	1152	6214
№7 Зберігання цибулі	288	2,3	662,4	4	1400	3	3000	4	1152	6214

					00.БП.14.142.008.00230-кс					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

#### 4.5. Розрахунок теплопритоків від дихання продуктів.

Теплопритоки від фруктів і овочів при "диханні"  $Q_5$  (у Вт) можна визначити по формулі:

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

де  $V_K$  – місткість камери, т;

$q_{п}$ ,  $q_{збер}$  – тепловиділення плодів при температурах надходження і зберігання, визначені по додатку 8, Вт/т;

Камера №7 : зберігання цибулі  $t_{в} = 0^{\circ}\text{C}$

Продукт поступає в камеру з початковою температурою  $t_{п} = 4^{\circ}\text{C}$  і охолоджується до температури  $t_{зб} = 0^{\circ}\text{C}$ .

$$Q_5 = V_K \cdot (0,1 \cdot q_{п} + 0,9 \cdot q_{збер}) = 500 \cdot (0,1 \cdot 26 + 0,9 \cdot 20) = 10300 \text{ Вт}$$

Всі розрахунки зводимо в таблицю 4.5

Таблиця 4.5

#### Теплоприток від "дихання" продуктів

Назва камери	$V_K$ т	$t_{п}$ С	$q_{п}$ Вт	$t_{зб}$ С	$q_{зб}$ Вт	$Q_5$ Вт
№1,2 Попереднього охолодження	500	15	36	3	23	12150
№3 Зберігання картоплі	500	6	25	2	23	11600
№4 Зберігання картоплі	500	6	25	2	23	11600
№5 Зберігання яблук	500	4	36	0	18	9900
№6 Зберігання яблук	500	0	36	0	18	9900
№7 Зберігання цибулі	500	0	26	0	20	10300

					00.БП.14.142.008.00230-кс	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5. Визначення навантаження на обладнання камер та компресор

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

Навантаження на компресор розраховуємо по наближеному методу (але достатньо точному, с.62 [1] ) рекомендованому для холодильників з великою кількістю камер (споживачів холоду).

**5.1.** Навантаження на компресор від теплопритоку через огороження приймають:

$$Q_{1км} = 0.9 \cdot Q_1 - \text{для всіх камер, Вт}$$

**5.2.** Навантаження на компресор від термічної обробки продуктів приймають:

$$Q_{2км} = 0,5 \cdot Q_2 - \text{для холодильних камер зберігання, Вт;}$$

**5.3.** Навантаження на компресор від теплопритоку при вентиляції приймають:

$$Q_{3км} = Q_3 - \text{для всіх камер, Вт;}$$

**5.4.** Навантаження на компресор від експлуатаційних теплопритоків приймають:

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

**5.5.** Навантаження на компресор від теплопритоку при "диханні" приймають:

$$Q_{5км} = Q_5 - \text{для всіх камер, Вт;}$$

Розраховані навантаження на обладнання та навантаження на компресор заносимо в таблицю 5.1 і сумуємо його.

					00.БП.14.142.008.00230-кс			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Пашко А.В.				Визначення навантаження на обладнання камер та компресор	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив	Форсюк А.В.							
Реценз.						НУХТ каф. ТЕХТ гр. ХМ-4-5		
Н. Контр.								
Затвердив								

При тепловому розрахунку камер, добове завантаження складає 200 т/год для всіх камер безпосередньо.

Таблиця 5.1

Навантаження на обладнання камер холодильника та компресор

Назва приміщення	t <sub>кам</sub> °C	Q <sub>1</sub> , Вт		Q <sub>2</sub> , Вт		Q <sub>3</sub> , Вт		Q <sub>4</sub> , Вт		Q <sub>5</sub> , Вт		Q, Вт	
		Об.л.	КМ	Об.л.	КМ	Об.л.	КМ	Об.л.	КМ	Об.л.	КМ	Об.л.	КМ
Температура кипіння холодильного агента t=-8													
№1,2 Попереднього охолодження	3	8069	7262	139394	69697	4475	4475	9202	6902	12150	12150	173290	100486
№3 Зберігання картоплі	4	6753	6078	35648	17824	3870	3870	6214	4661	11600	11600	64085	44033
№4 Зберігання картоплі	4	8924	8031	35648	17824	3870	3870	6214	4661	11600	11600	66256	45986
№5 Зберігання яблук	2	9535	8582	47222	23611	4257	4257	6214	4661	9900	9900	77128	51010
№6 Зберігання яблук	2	8103	7292	47222	23611	4257	4257	6214	4661	9900	9900	75696	49721
№7 Зберігання цибулі	0	6632	5969	31019	15510	4317	4317	6214	4661	10300	10300	58482	40756
<b>Всього</b>												<b>514937</b>	<b>331992</b>

Також розраховуємо навантаження на обладнання та навантаження на компресор, заносимо в таблицю 5.1(а) і сумуємо його.

Таблиця 5.1(а)

Навантаження на обладнання камер холодильника та компресор

Назва приміщення	t <sub>кам</sub> °C	Q <sub>1</sub> , Вт		Q <sub>2</sub> , Вт		Q <sub>3</sub> , Вт		Q <sub>4</sub> , Вт		Q <sub>5</sub> , Вт		Q, Вт	
		Об.л.	КМ	Об.л.	КМ	Об.л.	КМ	Об.л.	КМ	Об.л.	КМ	Об.л.	КМ
Температура кипіння холодильного агента t=-8													
№1,2 Попереднього охолодження	3	-3750	-3375	0	0	-2280	-2280	9202	6902	12150	12150	15322	13397
№3 Зберігання картоплі	4	-3503	-3153	0	0	-2090	-2090	6214	4661	11600	11600	12221	11018
№4 Зберігання картоплі	4	-5557	-5001	0	0	-2090	-2090	6214	4661	11600	11600	10167	9169
№5 Зберігання яблук	2	-4945	-4451	0	0	-2090	-2090	6214	4661	9900	9900	9079	8020
№6 Зберігання яблук	2	-3907	-3516	0	0	-2090	-2090	6214	4661	9900	9900	10117	8954
№7 Зберігання цибулі	0	-569	-512	0	0	-2080	-2080	6214	4661	10300	10300	13865	12368
<b>Всього</b>												<b>70771</b>	<b>62926</b>

5.6. Теоретичну холодопродуктивність компресорів розраховуємо за

формулою 9.20 [1]:

$$Q_{0T} = \frac{k \cdot \Sigma Q_{KM}}{b}, \text{ Вт}$$

де k – коефіцієнт, що враховує втрати в трубопроводах та апаратах холодильної установки (ст. 62[1]);

$\Sigma Q_{KM}$  – сумарне навантаження на компресори від камер зберігання;

b – коефіцієнт робочого часу аміачних холодильних установок (22годин).

$$Q_{0T} = \frac{k \cdot \Sigma Q_{KM}}{b} = \frac{1,1 \cdot 331,992}{0,9} = 405,8 \text{ кВт}$$

														Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.БП.14.142.008.00230-кc									

Для зимового періоду теоретична холодопродуктивність обладнання:

$$Q_0 = \frac{k \cdot \Sigma Q_{\text{обл}}}{b} = \frac{1,1 \cdot 70,771}{0,9} = 86,5 \text{ кВт}$$

					00.БП.14.142.008.00230-кс	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Для плодоовочевої бази місткістю 2500 т в м. Київ приймаємо систему охолодження з проміжним холодоносієм.

Одноступенева, аміачна закрыта система з проміжним холодоносієм. В якості холодоносія приймаємо водяний розчин пропіленгліколю (38%) з температурою замерзання  $-20^{\circ}\text{C}$ , для охолодження всіх камер зберігання та для камер попереднього охолодження плодів. Якщо порівнювати пропіленгліколь з іншими холодоносіями, то він менш корозійноактивний, вигідно відрізняються за токсикологічними властивостями від традиційних холодоносіїв, застосовується як харчова добавка (E1520) в харчовій промисловості, є безпечним. Використовуємо двотрубну магістральну схему циркуляції теплоносія. При такій кількості камер та великому тепловому навантаженні дана системи з повітроохолодниками є оптимальною. Холодильну установку проектуємо з повітряними конденсаторами .

Основними причинами вибору холодильного агента R717 є: озонобезпечність, питома теплоємність висока, вартість холодильного агента є низькою (вітчизняні виробники). Також наявне потужне обладнання, що працює на даному холодоагенті, його вартість відносно низька.

					00.БП.14.142.008.00230-кс			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Пашко А.В.				<i>Вибір структури системи охолодження та типу холодильної установки.</i>	Літ.	Лист	Листів
Керівник	Форсюк А.В.							
Реценз.								
Н. Контр.								
Затвердив								
						НУХТ каф. ТЕХТ гр. ХМ-4-5		

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

Правильно вибраний температурний режим роботи холодильної установки визначає її економічність та ефективність. Режим роботи характеризується температурами кипіння, конденсації, переохолодження та всмоктування.

1) Для зберігання охолоджених продуктів (охолодження здійснюється повітроохолодниками) аміачним (з проміжним холодоносієм) охолодженням камер:

$$t_0 = t_s - (4 \div 5)^\circ\text{C} = -5 - 5 = -10^\circ\text{C}$$

де  $t_s$  – температура холодоносія;

Середня температура холодоносія:

$$t_s = \frac{t_{s1} + t_{s2}}{2} = \frac{-6 - 4}{2} = -5^\circ\text{C}$$

Температура холодоносія на виході з повітроохолодника  $t_{s2}$ :

$$t_{s2} = t_B - (6 \div 8)^\circ\text{C} = 2 - 6 = -4^\circ\text{C}$$

А підігрів холодоносія при проходженні через повітроохолодника:

$$\Delta t_s = 2 \div 4^\circ\text{C}$$

### Побудова циклу та розрахунок аміачної з проміжним холодоносієм холодильної машини.

Раніше визначені навантаження на компресори становлять:

$$Q_{0T} = 405,8 \text{ кВт}$$

Використовуємо одноступеневу схему.

Температура конденсації за формулою с.87[2]:

$$t_k = t_3 + (5 \div 10)^\circ\text{C}$$

де  $t_3$  – зовнішня температура повітря,  $^\circ\text{C}$

$$t_k = 31 + 10 = 41^\circ\text{C}$$

					00.БП.14.142.008.00230-кс			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Пашко А.В.				Визначення розрахункового режиму та тепловий розрахунок холодильної машини	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник	Форсюк А.В.							
Реценз						НУХТ каф. ТЕХТ гр. ХМ-4-5		
Н. Контр.								
Затвердив								

Температура всмоктування:

$$t_{\text{вс}} = t_0 + (5 \div 10)^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{вс}} = -10 + 8 = -2^\circ\text{C}$$

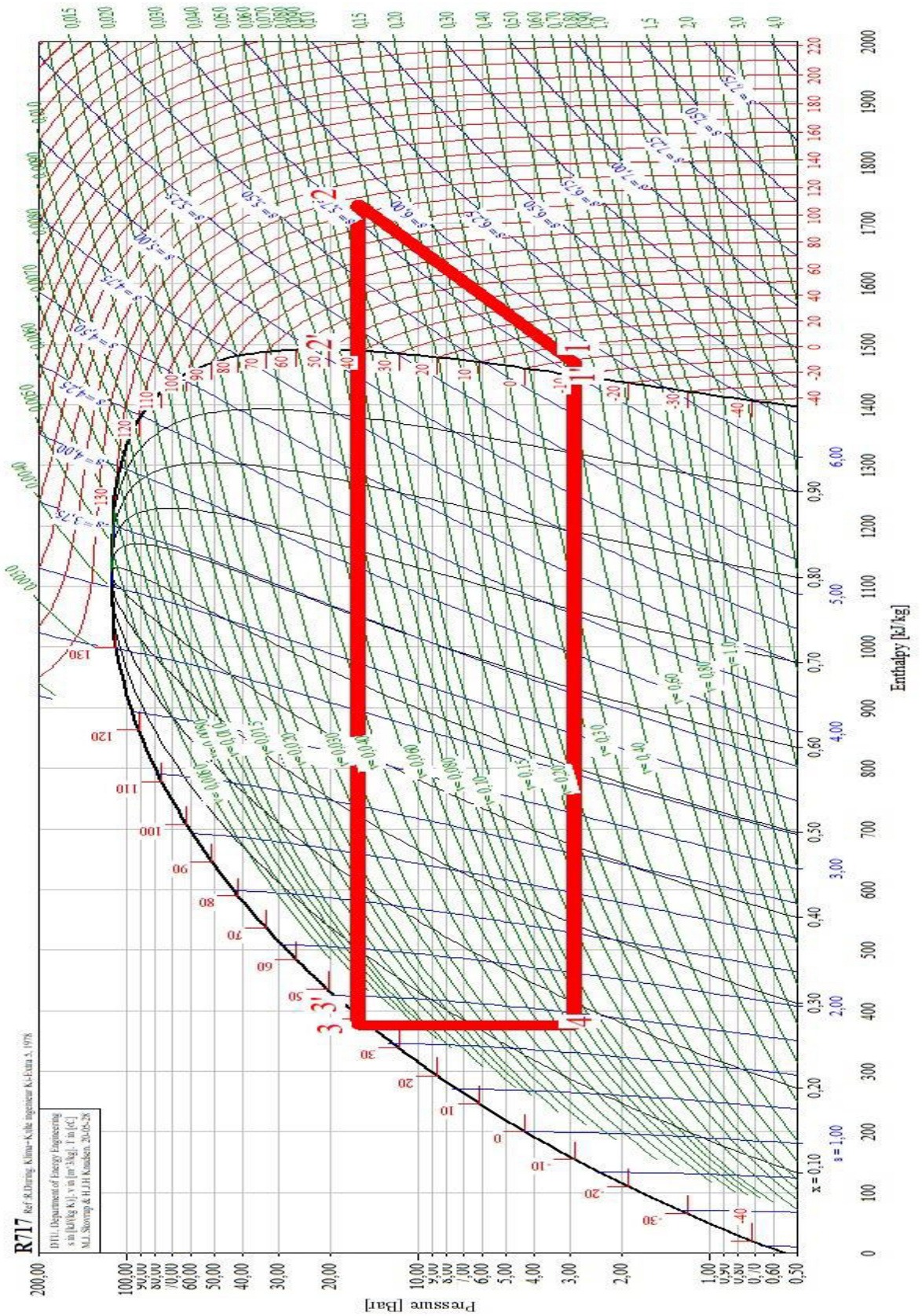
Температура переохолодження:

$$t_{\text{п}} = t_{\text{к}} - (2 \div 3)^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{п}} = 41 - 3 = 38^\circ\text{C}$$

Будуємо цикл в P-h діаграмі для R717. Значення параметрів холодильного агенту у вузлових точках циклу заносимо у таблицю 7.1.

					00.БП.14.142.008.00230-кс	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



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

00.БП.14.142.008.00230-кс

Арк.

Таблиця 7.1

№ точки	1'	1	2	2'	3'	3	4
t, °C	-10	-2	125	41	41	38	-10
P, МПа	2,91	2,91	15,99	15,99	15,99	15,99	2,91
i, кДж/кг	1449	1469	1731	1491	392	377	377
v, м <sup>3</sup> /кг	0,42	0,43	0,115	0,081	-	-	-

Визначаємо основні параметри теоретичного циклу та потрібну об'ємну продуктивність (подачу) компресора.

Питома масова холодопродуктивність аміаку (в кДж/кг)

$$q_0 = i_{1'} - i_4$$

$$q_0 = 1449 - 377 = 1072 \text{кДж/кг}$$

Знаходимо питому теоретичну (адіабатну) роботу компресора за формулою 11.2 [1]:

$$l_T = i_2 - i_1 = 1731 - 1469 = 262 \text{кДж/кг}$$

Знаходимо питоме теплове навантаження на конденсатор за формулою 11.3 [1]:

$$q_k = i_2 - i_3 = 1731 - 377 = 1354 \text{кДж/кг}$$

Необхідна масова витрата циркулюючого аміаку (в кг/с)

$$G_T = \frac{Q_{от}}{q_0} = \frac{405,8}{1072} = 0,38 \text{кг/с}$$

де  $Q_{от}$  – необхідна холодопродуктивність компресора.

Необхідна теоретична об'ємна продуктивність компресора  $V_T$  (в м<sup>3</sup>/с)

$$V_T = \frac{G_T \cdot v_1}{\lambda} = \frac{0,38 \cdot 0,43}{0,8} = 0,204 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 734,4 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

де  $v_1$  – питомий об'єм всмоктуючого пару, м<sup>3</sup>/кг (точка 1 циклу);

$\lambda$  – коефіцієнт подачі компресора, визначається в залежності від відношення тисків  $p_k/p_0$ .

						00.БП.14.142.008.00230-кс	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$\frac{P_k}{P_0} = \frac{13,5}{2,91} = 4,63; \quad \lambda = 0,8 \text{ (рис.11.2 [1])}$$

Характеристики обраного компресорного агрегату наведено в таблиці 7.2.

Таблиця 7.2

Марка компресорного агрегату	Розмірність	GRASSO DX LR 800 compact
Теоретична об'ємна продуктивність компресора	м <sup>3</sup> /год	860
Потужність електричного двигуна	кВт	250
Частота обертання	об/хв	2940
Габаритні розміри	довжина	мм
	ширина	мм
	висота	мм
Вага	кг	8241

На основі отриманого значення  $V_T$  підбираємо холодильний агрегат (чилер GRASSO DX LR 800 compact), де об'ємна продуктивність компресора  $V_{км} = 860 \text{ м}^3/\text{год}$ . Також беремо ще один резервний холодильний агрегат.

Розраховуємо дійсну сумарну масову витрату холодоагенту за формулою:

$$G_{км} = \frac{\lambda \cdot V_{км}}{v_1} = \frac{0,8 \cdot 860}{0,43} = 0,444 \text{ кг/с}$$

Розраховуємо сумарну холодопродуктивність компресорів за формулою:

					00.БП.14.142.008.00230-кс	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_0 = G_{\text{км}} \cdot q_0 = 0.444 \cdot 1072 = 476 \text{ кВт}$$

Розраховуємо сумарну теоретичну (адіабатну) потужність компресорів:

$$N_T = G_{\text{км}} \cdot l_T = 0.444 \cdot 262 = 116 \text{ кВт}$$

Індикаторна потужність компресорів:

$$N_i = \frac{N_T}{\eta_i} = \frac{116}{0.85} = 136.5 \text{ кВт}$$

де  $\eta_i$  – індикаторний ККД.

Потужність на валу компресора (ефективна потужність):

$$N_e = \frac{N_i}{\eta_{\text{мех}}} = \frac{136.5}{0.9} = 151.6 \text{ кВт}$$

де  $\eta_{\text{мех}}$  – механічний ККД компресора

Електрична потужність компресора:

$$N_{\text{ел}} = \frac{N_e}{\eta_{\text{ел}}} = \frac{151.6}{0.87} = 174.3 \text{ кВт}$$

де  $\eta_{\text{ел}}$  – ККД електродвигуна.

Номінальна потужність електродвигуна, що входить в комплект холодильного агрегату GRASSO DX LR 800 compact складає 250 кВт, тобто агрегат підібраний з достатнім запасом потужності.

Теплове навантаження на конденсатор в теоретичному циклі:

$$Q_k = G_{\text{км}} \cdot (i_2 - i_{3'}) = 0.444 \cdot (1731 - 392) = 594.5 \text{ кВт}$$

Дійсне навантаження на конденсатор:

$$Q_{\text{к.д.}} = Q_0 + N_i = 476 + 136.5 = 612.5 \text{ кВт}$$

							00.БП.14.142.008.00230-кс	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

## 8. Вибір теплообмінних апаратів

### 8.1. Розрахунок і вибір конденсатора аміачної холодильної машини.

Знаходимо розрахункову площу теплопередачі поверхні конденсатора за формулою (11.26[1]):

$$F_k = \frac{Q_{кд}}{q_F}$$

Де  $Q_{кд}$  – дійсне теплове навантаження на конденсатор, кВт;

$q_F$  – густина теплового потоку у конденсаторах з повітряним охолодженням, Вт/м<sup>2</sup>, (табл.11.5[1]);

$$F_k = \frac{Q_{кд}}{q_F} = \frac{615,5 * 1000}{250} = 2462 \text{ м}^2$$

В склад холодильного агрегату входить конденсатор з площею поверхні теплообміну, яка відповідає розрахунковій.

Об'ємна витрата повітря на охолодження конденсатора розраховується за формулою:

$$V_{п} = \frac{Q_{к.д.}}{c_{п} \cdot \rho_{п} \cdot \Delta t_{п}} = \frac{2462}{1,0 \cdot 1,15 \cdot 6} = 356,8 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

### 8.2. Розрахунок і вибір випарника аміачної холодильної машини

Знаходимо розрахункову площу теплопередачі поверхні випарника за формулою 11.26 [1]:

$$F_B = \frac{Q_B}{k_B \cdot \theta_m}$$

де  $Q_B$  – теплове навантаження на випарник, кВт

$k_B$  – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м<sup>2</sup>\*К)

$\theta_m$  – розрахункова різниця температур.

					00.БП.14.142.008.00230-кс			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Пашко А.В.				Вибір теплообмінних апаратів	Літ.	Лист	Листів
Перевірів	Форсюк А.В.							
Реценз.								
Н. Контр.								
Затвердив								
						НУХТ каф. ТЕХТ гр. ХМ-4-5		

$$\theta_m^{\text{лог}} = \frac{t_{s1} - t_{s2}}{2,3 \lg \frac{t_{s1} - t_0}{t_{s2} - t_0}} = \frac{-5 - (-9)}{2,3 \lg \frac{-5 - (-10)}{-9 - (-10)}} = 2,48^\circ\text{C}$$

$$F_{\text{в.р}} = \frac{Q_{\text{в}}}{k_{\text{в}} \cdot \theta_m} = \frac{476 * 1000}{770 * 2,48} = 249,3 \text{ м}^2$$

В склад холодильного агрегату входить випарник з площею поверхні теплообміну , яка відповідає розрахунковій.

					00.БП.14.142.008.00230-кс	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

В камерах холодильника встановлюємо повітреохолодники.

Поверхню теплопередачі повітроохолоджувача розраховуємо за формулою 11.26 [1]:

$$F_{\Pi} = \frac{\Sigma Q_{\text{обл}}}{k \cdot \theta_m}$$

де  $\Sigma Q_{\text{обл}}$  – теплове навантаження на камерне обладнання, кВт;

$\theta_m$  – температурний напір, °С;

$k$  – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м<sup>2</sup>\*К).

Для прикладу знаходимо площу повітроохолодника для камери №3

$$F_{\Pi} = \frac{\Sigma Q_{\text{обл}}}{k \cdot \theta_m} = \frac{64085}{28 \cdot 4} = 572 \text{ м}^2$$

Вибираю повітроохолодник **Gunter GHN 2 080.2D/24-AND50** з площею теплообміну 369 м<sup>2</sup>

Технічні характеристики **Gunter GHN 2 080.2D/24-AND50**:

- площа теплообмінної поверхні – 369 м<sup>2</sup>;
- об'ємний потік – 17,3 м<sup>3</sup>/с;
- об'ємна витрата повітря – 35940 м<sup>3</sup>/год;
- відстань між ребрами – 7 мм;
- об'єм труб – 55,5 л;
- маса – 424 кг.

Інші розрахунки зводимо до таблиці 9.1

Загальна площа поверхні теплопередачі повітроохолодника  
рівна:

					00.БП.14.142.008.00230-кс			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Пашко А.В.				Розрахунок та вибір теплообмінного обладнання холодильних камер	Літ.	Лист	Листів
Керівник	Форсюк А.В.							
Реценз.								
Н. Контр.								
Затвердив								
						НУХТ каф. ТЕХТ гр. ХМ-4-5		

$$\sum F_{\text{по}_3} = n \cdot F_{\text{по}} = 2 \cdot 369 = 738 \text{ м}^2$$

Перевіряємо чи достатня об'ємна подача встановлених вентиляторів:

$$V_{\text{п}} = \frac{Q_{\text{обл}}}{\rho_{\text{п}}(i_1 - i_2)}$$

де  $\rho_{\text{п}}$  – густина повітря, що виходить з повітроохолодника кг/м<sup>3</sup>;

$(i_1 - i_2)$  – різниця ентальпії повітря, що входить та виходить з повітроохолоджувача, Дж/кг.

$$V_{\text{п}} = \frac{64085}{1,305(10718 - 1669)} = 5,43 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Як бачимо вибраний повітроохолодник задовольняє вимоги.

**Таблиця 9.1. Розрахунок повітроохолодників**

Розрахунок камерного обладнання									
Назва приміщення	t <sub>кам</sub> °C	Δt.по °C	k Вт/м <sup>2</sup> К	Q <sub>обл</sub> Вт	F <sub>по</sub> м <sup>2</sup>	Повітроохолодник			V <sub>п</sub> , м <sup>3</sup> /с
						Марка	F, м <sup>2</sup>	шт	
№1,2 Попереднього охолодження	3	4	28,0	173290	1547	GHN 080.2D/24-AND50	369	5	14,67
№3 Зберігання картоплі	4	4	28,0	64085	572	GHN 080.2D/24-AND50	369	2	5,43
№4 Зберігання картоплі	4	4	28,0	66256	592	GHN 080.2D/24-AND50	369	2	5,61
№5 Зберігання яблук	2	4	28,0	77128	689	GHN 080.2D/24-AND50	369	2	6,53
№6 Зберігання яблук	2	4	28,0	75696	676	GHN 080.2D/24-AND50	369	2	6,41
№7 Зберігання цибулі	0	4	28,0	58482	522	GHN 080.2D/24-AND50	369	2	4,95

					00.БП.14.142.008.00230-кс				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

## 10. Вибір допоміжного обладнання.

### 10.1 Допоміжне обладнання для аміачної системи з проміжним теплоносієм.

#### Теплообмінник для підігріву теплоносія

З пункту 5, в таблиці 5.1(а) розраховане сумарне навантаження на обладнання взимку  $\Sigma Q_{\text{обл}} = 70,771$  кВт. Звідси

$$Q_0 = \frac{k \cdot \Sigma Q_{\text{обл}}}{b} = \frac{1,1 \cdot 70,771}{0,9} = 86,5 \text{ кВт}$$

Знаходимо розрахункову площу теплопередачі поверхні теплообмінника за формулою (11.26[1]):

$$F_{\text{то}} = \frac{Q_0}{k \cdot \theta_m} = \frac{86,5 \cdot 1000}{2400 \cdot 4} = 8,2 \text{ м}^2$$

де  $k$  – коефіцієнт теплопередачі теплообмінника, Вт/(м<sup>2</sup>·К)

Підбираємо теплообмінник **КСк-2-3** згідно з рекомендацій. Площа поверхні теплообміну - 9.9 м<sup>2</sup>, число ходів по теплоносію - 4 м<sup>2</sup>.

#### Розширювальний бак

Його встановлюють для компенсації зміни об'єму теплоносія, випуску повітря з системи, а також для підтримання в системі стабільного тиску.

Об'єм розширювального баку для теплоносія  $V_{\text{р.б}}$  (в м<sup>3</sup>) визначаємо за формулою 13.3 [1]:

$$V_{\text{р.б}} = \beta \cdot \Delta t \cdot V_{\text{сист}}$$

де  $\beta$  – коефіцієнт об'ємного розширення теплоносія = 0,0006 , 1/°С;

$\Delta t$  – максимально можлива зміна температури теплоносія, °С;

$V_{\text{сист}}$  – об'єм розсільної системи, м<sup>3</sup>.

$$V_{\text{сист}} = \sum V_i$$

де  $\Sigma V_i$  – сума об'ємів окремих елементів (труб, апаратів та інше)

					00.БП.14.142.008.00230-кс			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Пашко А.В.				Вибір допоміжного обладнання	Літ.	Лист	Листів
Перевірів	Форсюк А.В.							
Реценз.								
Н. Контр.								
Затвердив								
						НУХТ каф. ТЕХТ гр. ХМ-4-5		

$$V_{p.6} = 0,0006 \cdot 2 \cdot 718,8 = 0,86 \text{ м}^3$$

					00.БП.14.142.008.00230-кв	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 11. Визначення діаметрів трубопроводів, гідравлічних втрат у мережах

**Розрахунок діаметрів трубопроводів для пропіленгліколевого контуру.**

Окремі частини холодильної машини з'єднуються між собою трубопроводами.

Внутрішній діаметр круглої труби знаходимо за формулою 16.3 [1]:

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

Розрахункові швидкості  $\omega$  – наведені в табл. 16.1. [1].

Об'ємна витрата теплоносія через камери:

$$V = \frac{Q_{\text{кам.обл}}}{\rho \cdot c \cdot \Delta t} = \frac{514,9}{1,045 \cdot 10^3 \cdot 3,72 \cdot 4} = 33,11 \cdot 10^{-3} \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 33,11 \frac{\text{л}}{\text{с}}$$

### 11.1 Всмоктувальний трубопровід перед насосом:

$$V = 33,11 \frac{\text{л}}{\text{с}} = 0,0331 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \quad \omega = 1,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0331}{3,14 \cdot 1,2}} = 0,187$$

Приймаємо трубу  $d_y = 200 \text{ мм}$

### 11.2 Нагнітальний трубопровід після насосу:

$$V = 33,11 \frac{\text{л}}{\text{с}} = 0,0331 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \quad \omega = 1,86 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0331}{3,14 \cdot 1,86}} = 0,150$$

Приймаємо трубу  $d_y = 150 \text{ мм}$

					00.БП.14.142.008.00230-кс			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Пашко А.В.				Визначення діаметрів трубопроводів, гідравлічних втрат у мережах	Літ.	Лист	Листів
Перевірів	Форсюк А.В.							
Реценз.								
Н. Контр.								
Затвердив								
						НУХТ каф. ТЕХТ гр. ХМ-4-5		

## Розрахунок аміачних трубопроводів

$\omega_{\text{вс}} = 15 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  – швидкість парів аміаку на всмоктуванні (табл. 16.3[1]);

$\omega_{\text{н}} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  – швидкість парів аміаку на нагнітанні (табл. 16.3[1]);

**11.3** Діаметр всмоктувального трубопроводу компресора розраховується за формулою 16.3[1]:

$$d_{\text{вс}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,238}{3,14 \cdot 15}} = 0,142\text{м}$$

Приймаємо сталю безшовну трубу  $d_y = 150$  мм, внутрішній діаметр  $d_{\text{в}} = 150$  мм, зовнішній діаметр  $d_3 = 159$  (табл.16.4[1]).

**11.4** Діаметр нагнітального трубопроводу компресора розраховується за формулою 16.3[1]:

$$d_{\text{н}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,238}{3,14 \cdot 20}} = 0,123\text{м}$$

Приймаємо сталю безшовну трубу  $d_y = 125$  мм, внутрішній діаметр  $d_{\text{в}} = 125$  мм, зовнішній діаметр  $d_3 = 133$  (табл.16.4[1]).

**11.5** Діаметр нагнітального трубопроводу подачі парів на конденсатори розраховується за формулою 16.3[1]:

$$d_{\text{н}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,238}{3,14 \cdot 20}} = 0,123\text{м}$$

Приймаємо сталю безшовну трубу  $d_y = 125$  мм, внутрішній діаметр  $d_{\text{в}} = 125$  мм, зовнішній діаметр  $d_3 = 133$  (табл.16.4[1]).

**11.6** Трубопровід подавання аміаку на повітреохолодники, прийнявши кратність циркуляції 4:

					00.БП.14.142.008.00230-кс	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\rho_a = 658 \text{ кг/м}^3$  – густина рідкого аміаку при температурі кипіння

$t_0 = -10^\circ\text{C}$ ;

$\omega_a = 0,7 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  – швидкість рідкого аміаку після конденсатора (табл. 16.3[1]);

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,444}{3,14 \cdot 0,7}} = 0,07 \text{ м}$$

Приймаємо сталю безшовну трубу  $d_y = 70 \text{ мм}$ , внутрішній діаметр  $d_{\text{в}} = 69 \text{ мм}$ , зовнішній діаметр  $d_3 = 76$  (табл.16.4[1]).

### 11.7. Визначення гідравлічних втрат у трубопроводах.

Метою гідравлічного розрахунку є визначення втрат тиску  $\Delta P$ , зумовлених гідравлічними опорами, що виникають при русі робочого середовища в трубах та теплообмінних апаратах. Значення величини  $\Delta P$  необхідні для вибору раціональних конструктивних характеристик апаратів та оптимізації їх режимів роботи.

Коли по системі рухається розсол, виникають втрати тиску: на тертя з стінками труби  $\Delta p_{\text{тр}}$  та в місцевих опорах  $\Delta p_{\text{м.с}}$  (повороти, засувки, зміна перерізу труб та інше).

Визначимо втрати тиску в трубопроводі до повітроохолодника, який розміщений в камері попереднього охолодження плодів.

Повна втрата тиску на ділянці трубопроводу:

$$\Delta p_i = \Delta p_{\text{тр}} + \Delta p_{\text{м.с}}$$

$$\Delta p_{\text{тр}} = \frac{\lambda_{\text{тр}}}{d} \cdot \frac{\rho \cdot \omega^2}{2} \cdot l$$

де  $\lambda_{\text{тр}}$  – коефіцієнт тертя (безрозмірна величина), значення якого залежить від шорсткості труби та режиму течії (ламінарний, турбулентний), котрий, в свою чергу, характеризується числом  $Re$ .

$$Re = \frac{\omega \cdot d_{\text{вн}} \cdot \rho}{\mu}$$

					00.БП.14.142.008.00230-кс	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $\mu$  – динамічна в'язкість рідини, Па\*с; значення  $\mu$  в залежності від густини та температури рідини наведені в табл. 16,5 [1];

$l$  – довжина труби, м;

Коефіцієнт тертя:

$$\lambda_{\text{тр}} = 0,11 \left( \frac{k}{d_{\text{вн}}} + \frac{64}{Re} \right)^{0.25}$$

де  $k$  – шорсткість труб, для сталевих труб в розсільній системі  $k = 0,5$  мм.

$$Re = \frac{0,7 \cdot 0,069 \cdot 1045}{7 \cdot 10^{-3}} = 7211$$

$$\lambda_{\text{тр}} = 0,11 \left( \frac{0,5}{69} + \frac{64}{7211} \right)^{0.25} = 0,039$$

Втрата тиску від тертя на довжині 1 м:

$$\Delta p_{\text{тр}} = R = \frac{0,039}{0,069} \cdot \frac{1045 \cdot 0,7^2}{2} = 144 \frac{\text{Па}}{\text{м}}$$

Втрати тиску від тертя на довжині  $l = 10,4$  м:

$$\Delta p_{\text{тр}} = Rl = 144 \cdot 10,4 = 1,498 \text{кПа}$$

Втрати тиску в місцевих опорах визначаємо за формулою 16.7 [1]:

$$\Delta p_{\text{м.с}} = \sum \xi_{\text{м}} \cdot \frac{\rho \cdot \omega^2}{2}$$

де  $\xi_{\text{м}}$  – коефіцієнт місцевого опору;

В даній схемі (двотрубна магістральна) маємо: вхід з посудини в трубу, фільтр рідинний, вентиль соленоїдний, 2 запірних вентиля, вихід з посудини в трубу .

$$\Delta p_{\text{м.с}} = (2 \cdot 0,5 + 3 \cdot 7 + 1 \cdot 5) \cdot \frac{1045 \cdot 0,7^2}{2} = 15,258 \text{кПа}$$

Сумарна втрата тиску на ділянці №1

$$\Delta p_i = 1,498 + 15,258 = 16,756 \text{кПа}$$

Аналогічно визначаємо втрати тиску на інших ділянках.

									00.БП.14.142.008.00230-кв	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

## 12. Вибір насосів.

### 12.1. Підбір насосу для системи з теплоносієм.

Об'ємна витрата теплоносія  $V$  складає 66,22 л/с.

Визначаємо необхідний напір насосу для замкненої системи за формулою 16.13[1]:

$$H = \frac{\Delta p_{\text{вс}}}{\rho g} + \frac{\Delta p_{\text{н}}}{\rho g}$$
$$H = \frac{129,9 \cdot 10^3}{1030 \cdot 9,81} = 12,85 \text{ м}$$

Приймаємо насос 2 насоси К160/30а по одному для холодного та теплового теплоносія. З характеристиками об'ємна подача – 38,89 л/с, напір – 28м. Потужність електродвигуна, 22 кВт.

					00.БП.14.142.008.00230-кс		
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розробив</i>	<i>Пашико А.В.</i>				<i>Вибір насосів</i>		
<i>Перевірів</i>	<i>Форсюк А.В.</i>						
<i>Реценз.</i>					<i>Літ.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Н. Контр.</i>					<i>НУХТ каф. ТЕХТ гр. ХМ-4-5</i>		
<i>Затвердив</i>							

### 13. Техніко-економічні показники

Основним техніко-економічним показником виробництва є собівартість одиниці холоду. Щоб визначити собівартість, необхідно знайти кількість холоду, що виробляється холодильною установкою, витрати на використання енергії, виробничі витрати, витрати на оплату праці персоналу, визначити амортизаційні відрахування.

#### 13.1. Визначення кількості виробленого холоду:

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

де  $K_{\text{п}}$  – перевідний коефіцієнт, що враховує нерівноцінність витрат на виробництво холоду при різних температурах кипіння (для  $-10^{\circ}\text{C} - 0,76$ );

Для температури кипіння  $t_0 = -10^{\circ}\text{C}$  виробництво холоду в умовних одиницях (4187 кДж)

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

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

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

$n$  – час роботи компресора в кс (приймаємо по табл. 16.2 [2]);

Для температури  $-10^{\circ}\text{C}$ :

$$Q_{\text{роб}} = \frac{405,8 \cdot 19440}{4,187} = 1884106 \text{ кВт}$$

$$Q = 1884106 \cdot 0,76 = 1431920 \text{ кВт}$$

#### 13.2. Визначення витрат на електроенергію:

Розраховують витрати на електроенергію для приводу компресорів, насосів та вентиляторів.

Річне споживання електроенергії холодильної установи розраховують:

$$W = \sum N_{\text{ел}} \cdot K_{\text{с}} \cdot n$$

					00.БП.14.142.008.00230-кс			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Пашко А.В.				Техніко-економічні показники	Літ.	Лист	Листів
Перевірів	Форсюк А.В.							
Реценз.								
Н. Контр.								
Затвердив								
						НУХТ каф. ТЕХТ гр. ХМ-4-5		

де  $K_c$  – коефіцієнт попиту,

$\sum N_n$  - номінальна потужність встановленого електродвигуна, кВт,

$n$  – час роботи обладнання при відповідних режимах роботи, год.

Приймається з таблиці 16.2[1] і становлять: для компресорів 5400; для вентиляторів - 3000, для насосів – 3000.

№ п/п	Найменування обладнання	К-сть	$P_n$ , кВт	Разом, кВт	Рік, кВт·год
1	Чилер GRASSO DX LR 800 compact	1	250	250	1215121
2	Насос К160/30а	2	22	44	118811
3	Повітроохолодник Gunter GHN 2 080.2D/24-AND50	15	2,69	40,35	108955
4	Освітлення	1	8,8	8,8	23760
	<b>Річна витрата електроенергії</b>				1466647

$$W_p = 1466647 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Середня вартість 1 кВт\*год  $c_{ел} = 2$  грн/ (кВт\*год)

Визначаємо витрати коштів на споживання електроенергії за проектними розрахунками:

$$B_{ел,р} = W_p \cdot c_{ел} = 1466,647 \cdot 2 = 2933,294 \text{ тис. грн}$$

### **13.3. Визначення витрат на поповнення системи холодильним агентом:**

Норма витрати аміаку на поповнення системи на 1 кВт холодопродуктивності при охолодженні з проміжним теплоносієм за рік складає 1,8 кг. За сумарної холодопродуктивності 405,8 кВт витрата аміаку складатиме 730,44 кг.

Вартість 1 кг аміаку складає 4 грн, отже витрати на поповнення системи холодильним агентом становитимуть 2,9 тис. грн за рік.

										00.БП.14.142.008.00230-кв	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

### 13.4. Визначення витрат на мастило:

Річну потребу в мастилі  $M$  (в кг в рік) на відновлення виносу мастила з компресорів визначаємо за формулою 16,5 [2]:

$$M = \Sigma(g_m \cdot z \cdot n) \frac{n}{n_1}$$

де  $g_m$  – витрата масла на 1 циліндр, кг/год;

$z$  – кількість циліндрів;

$n$  – число годин роботи компресора в рік;

$n_1$  – нормативний час, через який масло потрібно змінити, год.

$$M = (0,01 \cdot 8 \cdot 5400) \frac{5400}{5400} = 432 \text{ кг}$$

Вартість 1 кг мастила складає 150 грн, отже витрати на поповнення системи мастилом становитимуть 64,8 тис. грн за рік.

### 13.5. Визначення витрат на заробітну платню:

За нормативами приймаємо таку кількість працюючих: начальник цеху, 2 механіка, 4 машиніста та 1 слюсар.

Фонд основної заробітної платні апарату управління та виробничого персоналу:

№	Посада	Розряд	Тарифна ставка, грн	Чисельність, чол.	Місячний фонд, грн	Річний фонд, грн
1	Начальник цеху	–	3000	1	3000	36000
2	Механік	–	2000	2	4000	48000
3	Машиніст	III	1800	2	3600	43200
4	Машиніст	IV	2100	2	4200	50400
5	Слюсар	–	1900	1	1900	22800
<b>Разом</b>				<b>8</b>	<b>16700</b>	<b>200400</b>

Отже, фонд оплати праці становитиме 200,4 тис. грн за рік.

										00.БП.14.142.008.00230-кв	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							



$$V_{\text{буд}} = 0,6 \cdot V$$

$$V_{\text{буд}} = 0,6 \cdot 4916,4 = 2949,84 \text{ тис. грн.}$$

$$V_{\text{обл}} = 0,4 \cdot V$$

$$V_{\text{обл}} = 0,4 \cdot 4916,4 = 1956,56 \text{ тис. грн.}$$

Норми амортизаційних відрахувань для основного обладнання та будівель приймається як мінімальний корисний термін експлуатації. Згідно податкового кодексу України – 5 років для обладнання та 20 років для будівель. Отже:

витрати на амортизацію будівель складають:

$$A_{\text{буд}} = \frac{V_{\text{буд}}}{20}$$

$$A_{\text{буд}} = \frac{2949,84}{20} = 147,492 \text{ тис. грн.}$$

витрати на амортизацію основного обладнання складають:

$$A_{\text{обл}} = \frac{V_{\text{обл}}}{5}$$

$$A_{\text{обл}} = \frac{1956,56}{5} = 391,312 \text{ тис. грн.}$$

Загальна сума амортизаційних витрат:

$$A = A_{\text{буд}} + A_{\text{обл}} = 147,492 + 391,312 = 538,804 \text{ тис. грн.}$$

### 13.7. Визначення інших видів витрат:

До цих витрат належать пускові витрати, витрати на утримання та експлуатацію обладнання, цехові витрати.

Витрати на поточний ремонт обладнання приймаємо у розмірі 20% від амортизаційних витрат на обладнання :

$$V_{\text{i.рем.}} = A_{\text{обл}} \cdot 0,2 = 391,312 \cdot 0,2 = 78,26 \text{ тис. грн.}$$

Пускові витрати приймаю у розмірі 2% від вартості обладнання:

$$V_{\text{i.пуск.}} = A_{\text{обл}} \cdot 0,02 = 391,312 \cdot 0,02 = 7,82 \text{ тис. грн.}$$

Інші витрати приймаємо у розмірі 3% від загальної суми амортизаційних відрахувань:

$$V_{\text{i.ін.}} = A \cdot 0,03 = 538,804 \cdot 0,03 = 16,16 \text{ тис. грн.}$$

Загальна сума інших витрат складає 102,24 тис. грн.

### 13.8. Визначення собівартості холоду:

Результати розрахунків, які були проведені у попередніх пунктах розділу зводимо у таблицю собівартості виробництва штучного холоду:

					00.БП.14.142.008.00230-кв	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Стаття витрат	Сума витрат, тис.грн.
Електроенергія	2933,294
Поповнення холодильним агентом	2,9
Поповнення мастила	64,8
Заробітна платня	289,9
Амортизаційні відрахування	538,804
Інші витрати	102,24
Всього	3931,938

Собівартість одиниці виробленого холоду дорівнює сума витрат розділено на кількість виробленого холоду(Q), та складає 2,74 грн/ум.од.

					00.БП.14.142.008.00230-кс	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 14. Охорона праці

### Вступ

Плодоовочева база місткістю 2500 т. у м. Київ побудована за новітніми стандартами. Для збереження та охолодження плодів в камерах використовується аміачна холодильна машина з проміжним теплоносієм пропіленгліколем. Це дозволяє сконцентрувати весь аміак в машинному відділенні. В машинному відділенні розташований холодильний агрегат **GRASSO DX LR 800 compact**, який є джерелом ряду шкідливих та небезпечних виробничих факторів, що безпосередньо впливають на обслуговуючий персонал. В машинному відділенні розташований пункт керування та кімната в механіка.

### Шкідливі та небезпечні фактори при роботі машинного відділення

#### Шкідливими виробничими факторами є:

- високий рівень шуму та вібрації на робочому місці;
- загазованість повітря;
- недостатній рівень освітленості робочої зони;

#### До небезпечних виробничих факторів при обслуговуванні аміачного агрегату належить:

- порушення вимог безпеки до розміщення робочих місць, обладнання і технологічних майданчиків;
- незахищені рухомі елементи обладнання;
- наявність посудин, що працюють під тиском;
- небезпечний рівень напруги в електричному колі;
- статична електрика, атмосферна електрика.

### Повітря робочої зони

					00.БП.14.142.008.00230-кс			
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив	Пашко А.В.				Охорона праці	Літ.	Лист	Листів
Перевірив	Форсюк А.В.							
Реценз.								
Н. Контр.								
Затвердив								
						НУХТ каф. ТЕХТ гр. ХМ-4-5		

## Мікроклімат

Санітарно-гігієнічні норми параметрів повітря в робочій зоні закритих виробничих приміщень регламентується ДСН 3.3.6.042-99.

### Вимоги до параметрів мікроклімату:

Мікрокліматичні умови виробничих приміщень характеризуються такими показниками:

- температура повітря,
- відносна вологість повітря,
- швидкість руху повітря,
- інтенсивність інфрачервоного опромінення,
- температура поверхні.

За ступенем впливу на тепловий стан людини умови мікроклімату розділяють на:

- оптимальні;
- допустимі.

Для робочої зони виробничих приміщень ці умови встановлюють для того, щоб враховувати важкість виконуваної роботи та періоду року. При одночасному виконанні в робочій зоні робіт різної категорії важкості, рівні показників мікроклімату треба встановлювати з урахуванням тієї робочої зони, де чисельність працівників є найбільшою.

Санітарні норми мікроклімату в ПУ повинні забезпечувати оптимальні параметри для категорій робіт легка – Іб, що приведені в табл.15.1, а в машинному відділенні – допустимі параметри для категорій робіт середньої тяжкості – Пб .табл.15.2.

					00.БП.14.142.008.00230-кс	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 15.1. Санітарні норми мікроклімату ПУ

Період року	Температура повітря, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний ( $t_3 < 10^0\text{C}$ )	21-23	40-60	0,1
Теплий ( $t_3 \geq 10^0\text{C}$ )	22-24	40-60	0,2

Таблиця 15.2. Санітарні норми мікроклімату у машинному відділенні

Період року	Температура повітря, °С		Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
	Верхня межа	Нижня межа		
Холодний ( $t_3 < 10^0\text{C}$ )	23	13	$\leq 75$	$\leq 0,4$
Теплий ( $t_3 \geq 10^0\text{C}$ )	29	15	70 (при 25 °С)	0,5-0,2

### Шкідливі гази і пара у повітрі робочої зони

Через концентрацію газу в повітрі можна визначити його кількісну характеристику. Через те, що загазованість повітря в першу чергу визначає шкідливу дію газу на людський організм, нормативна документація установлює гранично допустиму концентрацію (ГДК) газу, мг/м<sup>3</sup>.

Шкідливі речовини поділяють на чотири класи :

- 1-ий – надзвичайно небезпечні (ГДК до 0.1 мг/м<sup>3</sup>);
- 2-ий – високо небезпечні (ГДК 0.1...1 мг/м<sup>3</sup>);
- 3-ій – помірено небезпечні (ГДК 1.1...10 мг/м<sup>3</sup>);
- 4-ий – мало небезпечні (ГДК більше 10 мг/м<sup>3</sup>).

						00.БП.14.142.008.00230-кс	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Безперервний контроль за вмістом шкідливих речовин у повітрі робочої зони встановлюється для речовин 1-го класу небезпеки; періодичний контроль встановлюється для речовин 2,3,4-ого класів.

Система припливно-витяжної вентиляції машинного відділення забезпечує наступну кратність повітрообміну за годину:

- ✓ приплив — розраховується, але не менше 2;
- ✓ витяжка — розраховується, але не менше 3.

### Розрахунок обсягу повітря на вентиляцію

Розраховуємо необхідну кількість вентиляційного повітря  $L$ , м<sup>3</sup>/год, визначаємо за формулою:

$$L = \frac{1000 \cdot G}{(C_2 - C_1)}$$

де  $G$  – інтенсивність виділення газів, г/год;

$C_2$ ,  $C_1$  – концентрації шкідливих газів, в повітрі що надходить та виходить, мг/м<sup>3</sup>.

$$L = \frac{1000 \cdot 20}{20 - 0,02} = 1001 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

Визначаємо кратність повітрообміну  $n$  в приміщенні, год<sup>-1</sup>

$$n = \frac{L}{V} = \frac{1001}{1608} = 0,622 \text{ год}^{-1}$$

Приймаємо кратність припливного повітря рівною 2.

### Шум та вібрація на робочому місці

Джерелами шуму на виробництві є коливання, що виникають при зіткненні, терті, ковзанні твердих тіл обладнання, витіканні рідини та газів, при роботі верстатів, інструментів ручного застосування, електричних машин і тому подібне. В машинному відділенні це компресорний агрегат та його двигун, а також рух аміаку по трубопроводах з дуже великою швидкістю.

Серед численних проявів несприятливого впливу шуму на людський організм виділяють такі:

- погіршення слуху;

					00.БП.14.142.008.00230-кс	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- зниження розбірливості мови;
- розвиток вломлення;
- порушення сну;
- пришвидшення серцебиття.

Для машинного відділення допустимий рівень шуму на робочих місцях, не повинен перевищувати норм, які наведені у ДСН 3.3.6.037-99 «Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» сягають 78...82дБ для машинного відділення, на ПУ—50...55 дБ.

Для цього використовують спеціальні прилади для вимірювання шуму – шумоміри. Мікрофон шумоміра розташовують на висоті 1,5 м, на відстані 0,5 – 1м від обладнання (при дослідженні рівня шуму в кабінах мікрофон встановлюють у її центрі).

Основними джерелами вібрації в машинному відділенні є:

- ✓ компресори;
- ✓ насоси.

Технологічна вібрація в машинному відділенні не повинна перевищувати межі гранично допустимого значення, яке складає 92 дБ (ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації).

Щоб зменшити рівень вібрації у машинному відділенні застосовуються віброізолюючі фундаменти. Масу фундаменту підібрано так, щоб амплітуда коливань не перевищувала 0,2 мм.

### **Освітлення в машинному відділенні**

Рівень освітлення в приміщенні машинного відділення відповідає ДБН В.2.5-28-2006. Освітлення в приміщенні природне та штучне.

В машинному відділенні природне двостороннє освітлення при якому нормується мінімальне значення  $e_{\text{мін}}=0,2\%$ . Штучне ж освітлення забезпечується газорозрядними лампами. Для машинного відділення загальний рівень освітлення становить 100 лк.

					00.БП.14.142.008.00230-кв	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Світильники аварійного освітлення у виробничих будівлях і зонах роботи на відкритому просторі мають живлення від різних незалежних джерел. Їх рівень складає не менше 8 лк.

### **Розрахунок системи загального освітлення в машинному відділені**

Розміри приміщення: довжина  $a = 18$  м, ширина  $b = 12$  м, висота  $H = 6$  м.

Приміщення має світлове фарбування: коефіцієнт відбиття  $\rho_{\text{стелі}} = 70\%$ ,  
 $\rho_{\text{стін}} = 50\%$ .

Висота робочих поверхонь  $h_p = 1,0$  м. Для освітлення прийнято світильники типу ПВЛП-2 (з двома лампами), які підвішуються до стелі  $h_c = 0$  м

Мінімальна освітленість за нормами  $E = 150$  лк.

Визначаємо висоту підвісу світильників над підлогою:

$$h_0 = H - h_c = 6,0 - 0 = 6\text{ м}$$

Для світильників загального освітлення з люмінесцентними лампами мінімальна висота підвісу над підлогою відповідно до СНиП II-4-79 повинна бути 2,6-4 м, коли у світильнику менше 4-х ламп, 3,2-4,5 – при 4-х і більше ламп.

Висота підвісу світильника над робочою поверхнею дорівнює:

$$h = h_0 - h_p = 6,0 - 1,0 = 5\text{ м}$$

Рівномірність освітлення досягається при відповідному співвідношенні відстані між світильниками  $L$  і висоти їх підвісу  $h$ . Визначаємо рекомендовану відстань між світильниками:

$$L = 1,2 \cdot h = 1,2 \cdot 5,0 = 6\text{ м}$$

Показник приміщення і становить:

$$\varphi = \frac{a \cdot b}{h(a + b)} = \frac{18 \cdot 12}{5(18 + 12)} = 1,44$$

При  $\varphi = 1,44$ ,  $\rho_{\text{стелі}} = 70\%$ ,  $\rho_{\text{стін}} = 50\%$ . для світильників ПВЛП-2 коефіцієнт використання дорівнює  $\eta = 0,57$ .

					00.БП.14.142.008.00230-кс	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначимо необхідну кількість світильників, для забезпечення необхідної нормативної освітленості робочих поверхонь, якщо в кожному світильнику встановлено по дві лампи ЛБ-40, а світловий потік однієї лами становить  $\Phi_{л} = 3200\text{лм}$ ,  $E$  - нормована освітленість, лк;  $S$  - площа приміщення, яка освітлюється,  $\text{м}^2$ ;  $K_3$  - коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в результаті забруднення та старіння ламп;  $Z$  - коефіцієнт нерівномірності освітлення ( $Z = 1,1$  для люмінесцентних ламп).

$$N = \frac{E \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{2 \cdot \Phi_{л} \cdot \eta} = \frac{150 \cdot 216 \cdot 1,3 \cdot 1,1}{2 \cdot 3200 \cdot 0,57} = 12,7$$

Приймаємо до встановлення 14 світильників. Світильники розміщуємо в два ряди через 1.5 м.

Визначимо сумарну електричну потужність усіх світильників, встановлених в приміщенні:

$$\Sigma L_{\text{св}} = P_{л} \cdot N \cdot n = 40 \cdot 14 \cdot 2 = 1120 \text{ Вт}$$

### **Техніка безпеки.**

Вимоги техніки безпеки регламентує нормативний документ галузі, та ГОСТ 12.2.003-91. ССБТ. “Оборудование производственное. Общие требования безопасности”.

Обслуговування аміачних холодильних машин виконуються спеціалістами, які мають свідоцтво про те, що вони закінчили спеціальний навчальний заклад (ЗВО, ПТУ та курси): для машиністів – це експлуатація холодильних машин та установок, для слюсарів з КВП та автоматиці – автоматизація холодильних машин та установок. Перед тим, як вони почнуть працювати, повинні пройти медичний огляд, бажано щоб кожен спеціаліст мав певний стаж роботи з холодильним обладнанням.

Також перед самостійним керуванням, обслуговуванням аміачних холодильних обладнань, машиніст повинен пройти стажування, термін якого не повинен складати менше 1 місяця. На стажуванні він отримає всі навички та знання щодо обслуговування конкретного обладнання, яке він в

						00.БП.14.142.008.00230-кс	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

майбутньому буде обслуговувати. Коли людина закінчує стажування, обов'язково проходить перевірку знань.

Інструктаж по охороні праці обов'язковий для всіх працівників, , не залежно від їх стажу та кваліфікації.

Один раз на рік комісією на підприємстві проводиться перевірка знань по інструкції, як обслуговується аміачна холодильна установка, інструкції з техніки безпеки, інструкції з експлуатації обладнання. Також проводяться практичні дії з надання першої невідкладної медичної допомоги.

В машинному віділенні (обов'язково на видному місці) розташовані наступні інструкції:

- по обладнанні і експлуатації аміачних холодильних установок;
- експлуатації холодильної системи (охлаодного обладнання);
- обслуговування контрольно-вимірювальних приладів і автоматики;
- пожежної безпеки;
- охороні праці;
- річні і місячні графіки планово-попереджувальних ремонтів;
- схеми аміачних, рідинних, масляних і водяних трубопроводів із пронумерованою (у них і відповідно в натурі) запірною арматурою і приладами автоматики (затверджені головним інженером);
- покажчики перебування засобів індивідуального захисту;
- номери телефонів швидкої допомоги, пожежної команди, диспетчера електромережі, штабу цивільної оборони, міліції, найближчої військової частини, начальника компресорного цеху (домашній телефон);
- номери телефонів і адреса організації, що обслуговують автоматизовану холодильну установку.

Ззовні, біля виходів з машинного віділення, на стінах розташовані кнопки аварійного відключення. Ці кнопки слугують аварійним відключенням

					00.БП.14.142.008.00230-кв	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електричного живлення обладнання та ввімкненням аварійної вентиляції , сирени та аварійного освітлення.

В машинному відділенні є аптечка, в якій міститься 1-2% розчин лимонної кислоти; 2-4% розчин борної кислоти; 1% розчин новокаїну; кодеїн; марлеві серветки; етиловий спирт; бинти; вата; йод.

На обладнанні, яке розташоване в машинному відділенні встановлено наступні контрольно -вимірювальні прилади:

- ✓ на посудинах що працюють під тиском встановлюються манометри,
- ✓ на нагнітальному і всмоктувальному трубопроводах кожного компресора встановлено гільзи для термометрів (на відстані від 250 мм від запірних вентилів) з кожухами для захисту термометрів від механічного пошкодження.

На підприємствах у встановленому порядку, назначають особу, на яку покладається відповідальність за справність та безпечну експлуатацію систем, які працюють під тиском.

Посудини, які працюють під тиском, належать до об'єктів з підвищеною небезпекою, тому коли їх виготовляють та експлуатують необхідно дотримуватись вимог ДНАОП 0.00-1.07-94 «Правила будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском».

Трубопроводи періодично підлягають для зовнішніх оглядів, а також для гідравлічних випробовувань. При зовнішніх оглядах перевіряють стан зварних та фланцевих з'єднань, сальників, перевіряють нахили, прогини та міцність несучих опор та конструкцій. При гідравлічних випробовуваннях перевіряють трубопровід на його герметичність та міцність. Тому, якщо під час гідравлічного випробовування тиск у трубопроводі не змінився(не впав), а на зварних швах, фланцевих з'єднаннях, не виявлено тріщин, розривів та витоків, то результат випробування вважають задовільним.

					00.БП.14.142.008.00230-кв	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## **Заходи з електробезпеки**

Електрообладнання компресорного цеха відповідають вимогам ПВЕ “Правила влаштування електроустановок”, ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ “Электробезопасность. Защитное заземление, зануление”, ДНАОП 1.1.101.01-97 “Правила безпечної експлуатації електроустановок”, а також діючих стандартів безпеки праці та інших нормативних документів.

Безпечною напругою, відповідно існуючим правилам, вважається напруга електромережі не вище 40 В. Але при небезпечних умовах роботи (в середині металевих ємкостей, в вологих приміщеннях і т. п.) безпечним вважається напруга не вище 12 В.

Основними шляхами захисту людини від ураження струмом є:

1. правильне влаштування та експлуатація електричного обладнання, пускових механізмів та струмоведучих частин;
2. наявність захисних пристроїв;
3. наявність блокувальних та сигналізуючих приладів, попереджувальних плакатів та написів;
4. знання правил безпеки при застосуванні електричного струму, вміння користуватися індивідуальними захисними засобами.

### **Заходи і засоби забезпечення електробезпеки на підприємстві:**

1. Недоступність струмопровідних частин від випадкового дотикання, блокування (захисні огороження, безпечне розміщення струмопровідних частин, наявність знаків безпеки).
2. Надійна ізоляція (опір ізоляції у силових і освітлювальних електричних установках становить 12 МОм).
3. Заземлення електричного обладнання.
4. Організаційні методи (регулярний медичний огляд, інструктаж, перевірка інструментів, контроль при виконанні робіт, наряд допуску перед роботами).

					00.БП.14.142.008.00230-кс	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



середовища нижче максимально припустимого, тобто забезпечення пожежної безпеки технологічних процесів устаткування, електроустановок, систем опалення й вентиляції.

**Система пожежного захисту включає:**

- наявність у приміщенні машинного відділення двох евакуаційних виходів, причому двері повинні відчинятися у бік виходу;
- застосування в машинному відділенні будівельних матеріалів не нижче ІІ;
- наявність системи оповіщення про пожежу;
- наявність аварійного відключення обладнання;
- забезпечення первинними засобами пожежогасіння: двома лопатами, сокирами, металевим багром; пожежним щитом з азбестовим полотном, ящиком з піском; повітряно-пінні вогнегасники ОВП-5 – 1шт, порошкові вогнегасники ОПС-10 – 1шт.
- наявність плану евакуації.

**Висновок**

В даному розділі мною були описані технологічні та санітарні норми та стандарти щодо машинного відділення розташованого в м. Київ. А саме, аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів при роботі відділення, були описані заходи з електробезпеки, пожежо- та вибухобезпеки. Також розглянули вимоги при монтажі, експлуатації, профілактиці та обслуговуванні технічного обладнання, яке розташоване в машинному відділенні.

										00.БП.14.142.008.00230-кс	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

## Література

1. Б.К. Явнель. Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1989. – 223 с., ил. – (Учебники и учеб. пособия для техникумов).
2. Б.К. Явнель. Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха. – 1-е изд. – М.: Агропромиздат, 1972. – 348 с., ил. – (Учебники и учеб. пособия для техникумов).
3. Н.Д. Кочетков. Холодильная техника. – “Машиностроение”, Москва, 1966.
4. И.Г. Чумак, Д.Г. Никульшина. Холодильные установки. – Проектирование: Учеб. Пособие для вузов. – К.: Выща шк.. Головное изд-во, 1988. – 280 с.
5. Курылёв Е.С., Герасимов Н.А. Холодильные установки. Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Холодильные и компрессорные машины и установки». - Л.: Машиностроение, 1980. - 622 с.
6. Тепловые и конструктивные расчеты холодильных машин: Учебное пособие / Под ред. Кошкина Н.Н. – Л.: Машиностроение, 1976.- 464с.
7. Ужанский В.С. Автоматизация холодильных машин и установок.– М.: Пищевая пром-сть, 1973.
8. Б.П. Якшаров, И.В. Смирнова. Справочник механика по холодильным установкам. – Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд-ние. 1989. – 312 с., ил.
9. “Правила устройства и безопасной эксплуатации аммиачных холодильных установок”, М., 1991.
10. Ю.С.Крылов, И.П.Пирог и др.. Проектирование холодильников. – М.: Пищевая промышленность. 1972. – 312 с.

					00.БП.14.142.008.00230-кс		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Пашко А.В.				Література		
Перевішив	Форсюк А.В.						
Реценз.							
Н. Контр.							
Затвердив							
					Літ.	Лист	Листів
					НУХТ каф. ТЕХТ гр. ХМ-4-5		