

**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

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

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

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025р.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

Зі спеціальності \_\_\_\_\_ 142 «Енергетичне машинобудування», освітньо-  
професійної програми Холодильні техніка та технології  
на тему: Проект овочесховища на 5000 тон в місті Ізяслав

Виконав: здобувач Видута Ярослав 4 курсу, групи ХМ-4-4  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник: Іващенко Наталія Вікторівна

\_\_\_\_\_ (прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_ (підпис)

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

Здобувач \_\_\_\_\_

(підпис)

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

Кафедра теплоенергетики та холодильної техніки

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 142 Енергетичне машинобудування

(код і назва)

Освітньо-професійна програма Холодильні техніка та технології

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ТЕХТ

проф. Петренко В.П.

“10” квітня 2025 року

## **ЗАВДАННЯ**

### **НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА**

Видути Ярослава Олександровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи План овочесховища місткістю 5200 т. у м. Ізяслав.

керівник роботи к.т.н., доц. Іващенко Н.В.

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від 10.04.2025 року № 218-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 05.06.2025 року

3. Вихідні дані до роботи Для сировини передбачено 2 камери, для консервів 3 камери, теплоізоляція холодильних камер – ППУ. Система охолодження фреонова безпосередня.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Розробка технологічної схеми холодильного оброблення продукції на підприємстві 2. Розрахунок тривалості холодильного оброблення продукції 3. Техніко-економічне обґрунтування прийнятих технічних рішень 4. Визначення основних розмірів та планування холодильника 5. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника 6. Розрахунок теплонадходжень до охолоджених приміщень 7. Визначення теплового навантаження на обладнання камер та компресор 8. Вибір структури системи охолодження та типу холодильної установки 9. Вибір розрахункового робочого режиму, побудова циклу та розрахунок холодильної машини 10. Вибір теплообмінних апаратів (випарник, конденсатор) 11. Розрахунок та вибір теплообмінного обладнання холодильних камер 12. Розрахунок та вибір допоміжного обладнання

13. Визначення гідравлічного опору 14. Вибір насосів та вентиляторів 15. Розрахунок техніко-економічних показників 16. Охорона праці 17. Список використаної літератури

5. Перелік графічного матеріалу

1. План будівлі

2. Гідравлічна схема 3. Розріз будівлі

6. Консультанти розділів роботи



## Анотація

У цьому дипломному проекті розглянуто проектування овочесховища, місткістю 5000 тон, в м.Іязслав де зберігається картопля, капуста, морква і буряк

У роботі виконано: технологічна схема обробки продукції, технолого-економічне обґрунтування, визначення будівельних площ камер холодильника, вибір будівельних та ізоляційних метаріалів, розрахунок ізоляції, тепловий розрахунок, вибір та обґрунтування системи охолодження, розрахунок та підбір основного і допоміжного обладнання, опис схеми установки, охорона праці

Результатом є розроблений, функціональний план овочесховища, що відповідає сучасним вимогам по зберіганні продукції

Пояснювальна записка містить технічні розрахунки, а графічна частина представлена такими матеріалами (формат А1):

- План і розріз холодильника
- Гідравлічна схема

Усі розрахунки та креслення виконано завдяки використанню комп'ютерних програм: ``Mirosoft Office 2016``, ``Compas 3-D``

**Ключові слова:** охолодження, холодильник, зберігання овочів, холодильна система, охорона праці, економічна ефективність

00.КР 142.008.03.ПЗ

Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

## Abstract

This diploma project considers the design of a vegetable storage facility with a capacity of 5000 tons, located in the city of Izyaslav, where potatoes, cabbage, carrots, and beets are stored.

The project includes: technological scheme for processing products, techno-economic justification, determination of the building areas of the refrigerator chambers, selection of building and insulation materials, calculation of insulation, thermal calculation, selection and justification of the cooling system, calculation and selection of main and auxiliary equipment, description of the installation scheme, labor protection.

The result is a developed, functional plan for a vegetable storage facility that meets modern requirements for product storage.

The explanatory note includes technical calculations, and the graphic part is presented in the following materials (A1 format):

- Plan and section of the refrigerator

-Hydraulic scheme

All calculations and drawings were made using computer programs: ``Microsoft Office 2016``, ``Compas 3-D``

***Keywords: cooling, refrigerator, vegetable storage, refrigeration system, occupational safety, economic efficiency***

					00.KP 142.008.03.ПЗ	1
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## ЗМІСТ

Вступ.....	5
1.Технологічна схема оброблення продукції.....	6
2.Технолого-економічне обґрунтування.....	7
3.Виначення будівельних площ камер та складання плану холодильника.....	7
4.Вибір будівельних конструкцій та ізоляційних матеріалів.....	12
5.Розрахунок ізоляції.....	14
6.Тепловий розрахунок.....	19
7.Вибір та обґрунтування способу та системи охолодження.....	37
8.Розрахунок та підбір основного обладнання.....	38
9.Розрахунок та підбір допоміжного обладнання.....	52
10.Опис схеми холодильної установки.....	55
11.Розрахунок технічно-економічних показників.....	56
12.Охорона праці.....	60
13.Список використаних джерел.....	61

					<b>00.КР 142.008.03.ПЗ</b>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Проект овочесховища, місткістю 5000 т у місті.Ізяслав	<i>літера.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Разробив</i>		<i>Видута Я</i>					2	63
<i>Перевірів</i>		<i>Іващенко Н</i>				<b>НУХТ-ХМ-4-4</b>		
<i>Т.контр</i>								
<i>Затв</i>		<i>Петренко В</i>						

## 1.ВСТУП

Система зберігання сільськогосподарської продукції, зокрема овочів, є важливою складовою продовольчої безпеки регіонів України. В умовах нестабільного клімату, зростаючих витрат на логістику та потреби в збереженні якості продукції протягом тривалого часу, створення ефективного овочесховища є актуальним завданням для багатьох населених пунктів, зокрема міста Ізяслав.

Аналіз сучасного стану технічних рішень у сфері овочесховищ показує наявність широкого спектра підходів до зберігання продукції — від простих складів до високотехнологічних споруд з автоматизованими системами мікроклімату. Водночас для малих міст, таких як Ізяслав, особливо важливо знайти економічно обґрунтоване рішення, яке б відповідало сучасним санітарним, будівельним та технологічним нормам.

Метою даного дипломного проекту є розробка технічно й економічно доцільного плану овочесховища для міста Ізяслав з урахуванням потреб громади, сезонних обсягів продукції, вимог до зберігання та сучасних нормативних документів.

У проекті обґрунтовано вибір типу сховища, виконано розрахунки об'ємів зберігання, енергетичних потреб, визначено необхідне технологічне обладнання. Проект враховує директивні матеріали з проектування та експлуатації сховищ, потреби місцевого сільськогосподарського виробництва та вимоги чинного законодавства у сфері зберігання харчової продукції.

					00.КР 142.008.03.ПЗ	
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1.ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ОБРОБЛЕННЯ ПРОДУКЦІЇ

## Зберігання в умовах активного вентиляювання

Активне вентиляювання – це примусова періодична подача повітря с визначеною температурою, вологістю і швидкістю в масу продукта. При активному вентиляюванні, задача полягає не в вентиляції приміщення, а в продуванні через продукцію повітря

Відповідно до загальновизнаної на сьогодні технології активного вентиляювання, весь процес зберігання овочів поділяють на три періоди: перший (підготовчий), протягом якого продукцію доводять до стійкого в зберіганні стану; другий (охолодження) - час, необхідний для доведення температури в насипу овочів до оптимальної; третій (зберігання) - найтриваліший період, протягом якого підтримують на оптимальних рівнях температуру продукції та відносну вологість повітря. Фізичні та біологічні аспекти позитивної дії активного вентиляювання під час зберігання овочів розглянемо головним чином на прикладі картоплі, яка є найбільш підходящим об'єктом для цього методу зберігання.

**Перший етап** підготовчого періоду, що здійснюється за допомогою активного вентиляювання, - це обсушування бульб, якщо на зберігання надійшла мокра картопля. Значення цього процесу в збереженості продукції дуже велике, оскільки на сухій тургесцентній непошкодженій поверхні овочів осередки мікробіологічного псування майже не виникають. Осушку проводять протягом 2-3 днів за безперервної подачі в насип овочів сухого повітря. Практика показує, що для обсушування поверхні овочів можна подавати в насип повітря навіть з нижчою температурою (в порівнянні з продукцією) при повному початковому насиченні його водяними парами. У цьому випадку осушуючий ефект пояснюється збільшенням вологомісткості вентиляційного повітря при його проходженні через насип в результаті його нагрівання.

**Другий етап** 1 підготовчого періоду - лікувальний, займає 7-15 сут. Оптимальна температура на цьому етапі зберігання: для картоплі 12-18°C, для коренеплодів 7-13 (якщо коренеплоди надходять на зберігання з температурою нижче 7 °С, їх одразу охолоджують до оптимальної температури зберігання). На етапі залечування механічних пошкоджень у насип картоплі або овочів повітря подають періодично 4-6 разів на добу по 20-30 хв через рівні проміжки часу зі швидкістю 0,12-0,5 м/с. Режими

Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР 142.008.03.ПЗ	

вентиляції уточнюються з урахуванням стану надходжених овочів і, зокрема, інтенсивності їх біологічного тепловиділення.

Овочі, особливо картопля, які мають стеблеве (а не кореневе) походження, володіють дуже важливою біологічною особливістю - здатністю відновлювати покривні тканини в місцях механічних пошкоджень, завдяки чому вдається запобігти розвитку фітопатогенні хвороб.

Коли ці всі етапи завершаться, наступить основний етап зберігання, де картопля буде зберігатися за температури  $-1^{\circ}\text{C}$ , капуста -  $0^{\circ}\text{C}$ , а морква і буряк -  $1^{\circ}\text{C}$

№ пор.	Назва камери	Температура, $^{\circ}\text{C}$	Відносна вологість, %	Циркуляція повітря	Тривалість зберігання (процесу)	Допоміжні заходи
1	Зберігання картоплі	-1	90	Примусова	6	Вентиляція
2	Зберігання капусти	0	95	Примусова	5	Вентиляція
3	Зберігання капусти	0	95	Примусова	5	Вентиляція
4	Зберігання моркви	1	95	Примусова	4	Вентиляція
5	Зберігання моркви	1	95	Примусова	4	Вентиляція
2	Зберігання буряка	1	95	Примусова	4	Вентиляція

## 2.ТЕХНОЛОГО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

У проєкті застосовується фреон R410, завдяки численним перевагам:

- висока енергоефективність
- екологічність
- велика робоча ефективність
- широке поширення

Тип компресорів – гвинтовий, це забезпечує високу надійність і стабільність, що дозволить краще підтримувати необхідні температури

Охолодження здійснюється за допомогою системи з активною вентиляцією. Це підвищить ефективність охолодження та забезпечить гарну якість зберігання продукції

На кожен камеру передбачено по два повітроохолодники

Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	00.KP 142.008.03.ПЗ	

Конденсатор кожухотрубний, отже потребує системи водопостачання

### 3.ВИЗНАЧЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ПЛОЩ ТА СКЛАДАННЯ ПЛАНУ ХОЛОДИЛЬНИКА

3.1 Будівельна площа камер зберігання без підвісних шляхів визначається за формулою 7.2 (2) ст.38:

$$F_{\text{буд.к.зб}} = B_k / (q_v h_{\text{гр}} \beta_f)$$

Де  $q_v$  - норма навантаження на 1 м<sup>3</sup> вантажного об'єму камери, т/м<sup>3</sup>; приймається по додатку 11 (2) ст.218

$h_{\text{гр}}$  - вантажна висота штабеля, м; приймається по додатку 11 (2) ст.39;

$\beta_f$  - коефіцієнт використання будівельної площі камери, приймається по додатку 11 (2) ст.39

КЗ картоплі:

$$F_{\text{буд.к.зб}} = \frac{1300}{0,50 \cdot 5,5 \cdot 0,85} = 618$$

КЗ капусти:

$$F_{\text{буд.к.зб}} = \frac{1300}{0,30 \cdot 5,5 \cdot 0,85} = 1020$$

КЗ моркви:

$$F_{\text{буд.к.зб}} = \frac{1300}{0,36 \cdot 5,5 \cdot 0,85} = 874$$

КЗ буряка:

$$F_{\text{буд.к.зб}} = \frac{1300}{0,46 \cdot 5,5 \cdot 0,85} = 510$$

3.2 Приймається сітка колон 6м x 18

					00.КР 142.008.03.ПЗ	
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3 Площа одного будівельного прямокутника становить  $f = 6 \cdot 18 = 108\text{м}^2$

3.4 Розрахункова кількість будівельних прямокутників визначається за формулою:

$$n_p = F_{\text{буд}}/f, \text{ шт}$$

КЗ картоплі:

$$n_p = \frac{618}{108} = 6 \text{ шт}$$

КЗ капусти:

$$n_p = \frac{1020}{108} = 10 \text{ шт}$$

КЗ моркви:

$$n_p = \frac{874}{108} = 8 \text{ шт}$$

КЗ буряка:

$$n_p = \frac{510}{108} = 5 \text{ шт}$$

3.5 Приймаємо дійсну кількість будівельних прямокутників:  $n_p$

3.6 Загальна площа камер зберігання:

$$F_{\text{к.з}} = F_{\text{буд.к.зб1}} + F_{\text{буд.к.зб2}} + F_{\text{буд.к.зб3}} + F_{\text{буд.к.зб4}}$$

$$F_{\text{к.з}} = 618 + 1020 + 874 + 510 = 3022 \text{ м}^2$$

3.7 Площа основних допоміжних приміщень:

$$F_{\text{доп}} = 0,35 \cdot F_{\text{к.з}} = 0,35 \cdot 3022 = 1057 \text{ м}^2$$

3.8 Розраховуємо площу основного холодильного склада по формулі: (1)

7.1, ст 41:

$$F_{\text{х.с}} = F_{\text{к.з}} + F_{\text{всп}}, \text{ м}^2$$

					<i>00.КР 142.008.03.ПЗ</i>	
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{x.c} = 3022 + 1057 = 4079 \text{ м}^2$$

3.9 Площа машинного відділення:

$$F_{m.o} = 0,1 \cdot F_{x.c} = 0,1 \cdot 4079 = 407,9 \text{ м}^2 \text{ (5 прямокутників)}$$

3.10 Площа службових приміщень:

$$F_{cl} = 0,3 \cdot F_{x.c} = 0,3 \cdot 4079 = 1223 \text{ (11 прямокутників)}$$

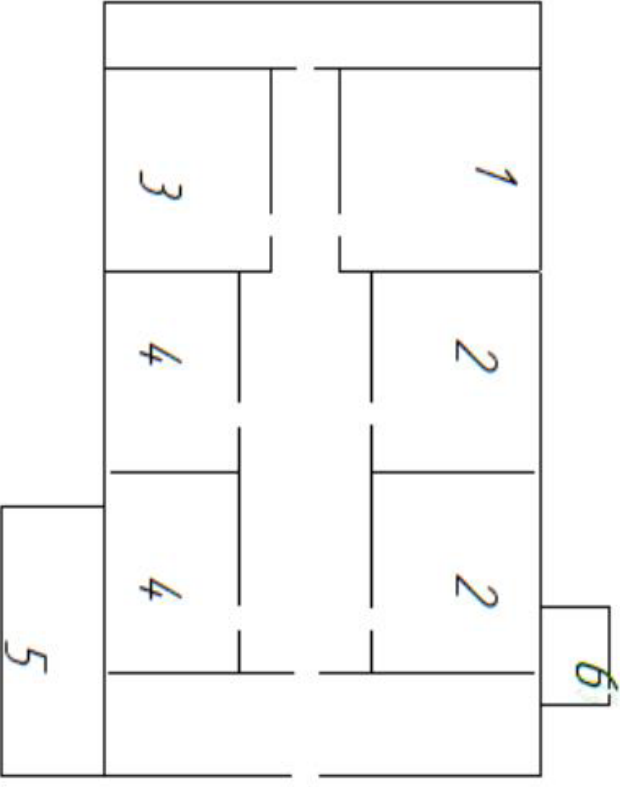
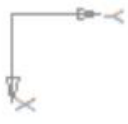
Всі розрахунки заносяться в таблицю 1.1 і 1.2 і по розрахунковим даним складається план холодильника

Таблиця 1.1 – Розрахунок місткості камер холодильника

<i>Продукт</i>	<i>Добове надходжен ня</i> $M_{доб}$	<i>Термін зберігання</i>	<i>Місткість камери <math>V_k</math>,</i> <i>т</i>
<i>Картопля</i>	<i>17</i>	<i>1</i>	<i>1300</i>
<i>Капуста</i>	<i>17</i>	<i>3</i>	<i>650</i>
<i>Морква</i>	<i>17</i>	<i>20</i>	<i>650</i>
<i>Буряк</i>	<i>17</i>	<i>40</i>	<i>1300</i>

Таблиця 1.2 – Таблиця розрахунку місткості камер холодильника

<i>Назва камери</i>	$V_k$ <i>m</i>	$M_{\text{доб}}$	$h_{\text{гр}}$	$q_v$ т/м <sup>2</sup>	$n_p$	$n_d$	$V_{\text{к.д.}}$ <i>m</i>
<i>КЗ картопл</i>	1300	17	5,5	108	6	5,7	617
<i>КЗ капусти</i>	650	17	5,5	108	5	4,7	510
<i>КЗ капусти</i>	650	17	5,5	108	5	4,7	510
<i>КЗ моркви</i>	650	17	5,5	108	4	4	436
<i>КЗ моркви</i>	650	17	5,5	108	4	4	436
<i>КЗ буряка</i>	1300	17	5,5	108	5	4,7	510
<i>Будівельна площа камер</i>					38	37,7	3022
<i>Допоміжні приміщення</i>				108	10	9,7	1057
<i>Службові приміщення</i>				108	12	11,3	1223
<i>Машинне відділення</i>				108	4	3,7	407, 9
<i>Площа всього холодильника</i>							4079



- 1- КЗ картонні
- 2-КЗ капусти
- 3-КЗ дуряка
- 4- КЗ моркви
- 5- Службове приміщення
- 6- Машинне відділення

00.KP 142.008.03.ПЗ

Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

## 4.ВИБІР БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ТА ІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Холодильник проєктується одноповерховим і виконується по каркасній схемі із самонесучими стінами. При цьому навантаження від покриття і підвісного обладнання передається на каркас зі збірних елементів (колон, балок і ферм). Самонесучі стіни каркасних споруд спираються на фундаментні балки, а ті — на фундаменти під колони.

Холодильник прибудований з східної сторони до виробничого цеху. Зі західної сторони прибудовані машинне відділення та службове приміщення. З західної сторони передбачена автомобільна платформа. Висота платформи для автомобільного транспорту дорівнює 1200 мм від поверхні навантажувально-розвантажувального майданчика

На холодильнику застосовуються колони перерізом 300×300 мм. Сітка колон приймається 6×18 м.

Зовнішні стіни холодильника — самонесучі, товщина цегляної кладки яких 380 мм, мають теплоізоляцію з внутрішньої сторони. Для захисту теплоізоляції від зволоження застосовується пароізоляція.

Внутрішні стіни, що відокремлюють охолоджувані приміщення від неохолоджуваних (коридори, тамбури, вестибюлі), мають товщину цегляної кладки 250 мм, перегородки — 120 мм. Теплоізоляція перегородок між камерами з різними температурами виконується з боку більш холодного приміщення.

На холодильнику застосовується покриття, яке складається з несучих плит, що спираються на балки. Необхідний нахил покриття — 1,5–2%. Покриття пофарбоване у світлий колір.

Підлога холодильника повинна мати достатню міцність, витримувати навантаження від вантажів і транспортних засобів, бути гігієнічною і безпечною для руху людей та техніки. Тому покриття підлоги виконується монолітним, товщиною 40–50 мм із бетону. Верхній шар плити зміцнюється за допомогою сухих зміцнюючих сумішей (топінгів). У завершенні підлога покривається знепилуючим просоченням.

В якості теплоізоляції застосовуються плити Styrodur C (виробництво «BASF», Німеччина).

Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	00.KP 142.008.03.ПЗ	

Для захисту ґрунту від промерзання під підлогою передбачена бетонна підготовка з електронагрівачами (виробництво «DEVI», Данія).

Для безперешкодного завантаження та розвантаження камер холодильника, вільного переміщення транспортних засобів у камерах встановлені відкатні двері товщиною:

200 мм — для камер охолоджених вантажів та експедиції.

Захистом дверей від механічних пошкоджень служить металева обшивка, яка одночасно є пароізоляцією. Дверні блоки обладнані оглядовими вікнами та запірними пристроями, а дверні блоки низькотемпературних камер — додатково електрообігрівом (ТЕНами) по периметру для запобігання примерзанню та клапанами вирівнювання тиску.

Будівельні конструкції, що використовуються в будівлі холодильника

Зовнішні і внутрішні стіни, перегородки: штукатурка з складним розчином по металевій сітці, пароізоляція, кладка цегляна, штукатурка цементна мішана, теплоізоляція плитна ПСБ-С

Покриття: 15 шарів гідролізу на бітумній мастці, стяжка з бетону по металевій сітці, пароізоляція, плитна теплоізоляція ПСБ-С, залізобетонна плита перекриття

Підлога: монолітне бетонне покриття з важкого бетону, армобетонна стяжка, пароізоляція (1 шар германа), плитна теплоізоляція ПСБ-С, цементно-піщаний розчин, ущільнюючий пісок, бетонна підкладка з електронагрівачем

					<b>00.KP 142.008.03.ПЗ</b>	
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



$$\delta_{\text{із.р}} = 0,05 \cdot \left[ \frac{1}{0,041} - \left( \frac{1}{9} + 0,021 \right) \right] = 0,101 \text{ мм}$$

Приймаємо шар теплоізоляції 110 мм

Внутрішня стіна(+1°C):

$$\delta_{\text{із.р}} = 0,05 \cdot \left[ \frac{1}{0,01} - \left( \frac{1}{9} + 0,20 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,94 \text{ мм}$$

Приймаємо шар теплоізоляції 100 мм

Зовнішня настінна панель(-1°C):

$$\delta_{\text{із.р}} = 0,05 \cdot \left[ \frac{1}{0,52} - \left( \frac{1}{23} + \Sigma \frac{0,04}{0,30} + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,081 \text{ мм}$$

Приймаємо шар теплоізоляції 90 мм

Зовнішня стіна(-1°C):

$$\delta_{\text{із.р}} = 0,05 \cdot \left[ \frac{1}{0,52} - \left( \frac{1}{23} + \Sigma \frac{0,04}{0,98} + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,087 \text{ мм}$$

Внутрішня стіна(-1°C):

$$\delta_{\text{із.р}} = 0,05 \cdot \left[ \frac{1}{0,52} - \left( \frac{1}{9} + \Sigma \frac{0,02}{0,98} + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,074 \text{ мм}$$

Покриття(-1°C):

$$\delta_{\text{із.р}} = 0,05 \cdot \left[ \frac{1}{0,44} - \left( \frac{1}{9} + \Sigma \frac{0,012}{0,3} + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,103 \text{ мм}$$

Підлога(-1°C):

$$\delta_{\text{із.р}} = 0,05 \cdot \left[ \frac{1}{0,44} - \left( \frac{0,04}{1,86} + \frac{1}{23} \right) \right] = 0,107 \text{ мм}$$

5.2 Дійсний коефіцієнт теплопередачі огороження визначається за формулою 2.12 (1) ст.54:

Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР 142.008.03.ПЗ	

$$K_o^A = \frac{1}{\left(\frac{1}{a_{\text{ЗН}}} + \Sigma \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{a_{\text{ВН}}}\right) + \frac{\delta_{\text{із.Д}}}{\lambda_{\text{із}}}}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Зовнішня стіна(+1°C):

$$K_o^A = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + \Sigma \frac{0,04}{0,3} + \frac{1}{9}\right) + \frac{0,120}{9}} = 0,38 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

Внутрішня стіна(+1°C):

$$K_o^A = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + \Sigma \frac{0,2}{0,98} + \frac{1}{9}\right) + \frac{0,100}{0,05}} = 0,01 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

Покриття(+1°C):

$$K_o^A = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + 0,04 + \frac{1}{9}\right) + \frac{0,060}{0,05}} = 0,71 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

Підлога(+1°C):

$$K_o^A = \frac{1}{\left(0,021 + \frac{1}{9}\right) + \frac{0,101}{0,05}} = 0,42 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

Зовнішня стіна(-1°C):

$$K_o^A = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + \Sigma \frac{0,04}{0,30} + \frac{1}{9}\right) + \frac{0,100}{0,05}} = 0,060 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

Внутрішня стіна(-1°C):

$$K_o^A = \frac{1}{\left(\frac{1}{9} + \Sigma \frac{0,2}{0,98} + \frac{1}{8}\right) + \frac{0,100}{0,05}} = 0,52 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

Покриття(-1°C):

$$K_o^A = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + \Sigma \frac{0,012}{0,3} + \frac{1}{9}\right) + \frac{0,110}{0,05}} = 0,52 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

Підлога(-1°C):

Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР 142.008.03.ПЗ

$$K_o^A = \frac{1}{\left(\sum \frac{0,04}{1,86} + \frac{1}{23}\right) + \frac{0,110}{0,05}} = 0,44 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

Всі розрахунки заносяться в таблицю 4.3

Таблиця 4.3 – Зведена таблиця розрахунку ізоляції

Найменування огороження	$t_{\text{кам}}^o$	$K^o$	$\alpha_{\text{зн}}$	$\alpha_{\text{в}}$	$\frac{\partial}{\lambda}$	$\lambda_{\text{із}}$	$\delta_{\text{із}}$	$\delta_{\text{із.р}}$	$K_o^{\partial}$
Зовнішня стіна	-1	0,52	23	9	$\frac{0,020}{0,98}$	0,05	0,87	0,90	0,56
Внутрішня стіна	-1	0,52	23	9	$\frac{0,2}{0,98}$	0,05	0,074	0,080	0,52
Підлога	-1	0,44		9	$\frac{0,04}{1,86}$	0,05	0,107	0,110	0,44
Покриття	-1	0,44	8	8	$\frac{0,012}{0,3}$	0,05	0,103	0,110	0,45
Зовнішня стіна	0	0,46	23	9	$\frac{0,020}{0,98}$	0,05	0,116	0,120	0,38
Внутрішня стіна	0	0,46	23	9	$\frac{0,2}{0,98}$	0,05	0,66	0,70	0,41
Підлога	0	0,37		9	$\frac{0,04}{1,86}$	0,05	0,101	0,110	0,42
Покриття	0	0,37	8	8	$\frac{0,012}{0,04}$	0,05	0,060	0,070	0,71



## 6. ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК

6.1 Навантаження на камерне обладнання визначається як сума всіх теплонадходжень, визначаємо за формулою 9.1 (2) с.55:

$$\Sigma Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 = Q_{\text{обл}}, \text{ Вт}$$

6.2 Теплонадходження через огорожуючі конструкції  $Q_1$  визначається за формулою 9.2(2) с.56:

$$Q_1 = Q_{1T} + Q_{1C}, \text{ Вт}$$

де  $Q_{1T}$  - теплонадходження через стіни, перегородки, покриття і підлогу, Вт

$Q_{1C}$  - теплонадходження від сонячної радіації, Вт

Камера зберігання картоплі:

$$Q_{1(\text{ЗС,ПД})} = 392 + 220 = 591$$

$$Q_{1(\text{ЗС,ЗХ})} = 1317 + 659 = 1976$$

$$Q_{1(\text{ВС})} = 337$$

$$Q_{1(\text{ПК})} = 875 + 597 = 1472$$

$$Q_{1(\text{ПД})} = 856$$

Камера зберігання капусти

$$Q_{1(\text{ЗХ,ПД})} = 311 + 162 = 473$$

$$Q_{1(\text{ЗС,ЗХ})} = 931 + 482 = 1413$$

$$Q_{1(\text{ВС})} = 63$$

$$Q_{1(\text{ПК})} = 1490 + 900 = 2390$$

$$Q_{1(\text{ПД})} = 790$$

Камера зберігання моркви\буряка:

$$Q_{1(\text{ЗС,ПД})} = 300 + 162 = 462$$

$$Q_{1(\text{ЗС,ЗХ})} = 899 + 482 = 1381$$

$$Q_{1(\text{ВС})} = 60$$

					<b>00.КР 142.008.03.ПЗ</b>	
<i>Зм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

$$Q_{1(\text{ПК})} = 2398 + 900 = 3298$$

$$Q_{1(\text{ПД})} = 1271$$

6.2.1 Теплонадходження через стіни, перегородки, покриття і підлогу визначається за формулою 9.3 (2) с.56:

$$Q_{1T} = K_0^{\Delta} \cdot F \cdot (t_{\text{зн}} - t_{\text{вн}}), \text{ В}$$

Камера зберігання картоплі:

$$Q_{1T(\text{ВС})} = K_0^{\Delta} \cdot F \cdot (t_{\text{зн}} - t_{\text{вн}}) = 0,52 \cdot 36 \cdot 0,6 \cdot (29 - (-1)) = 337$$

$$Q_{1T(\text{ЗС})} = 0,52 \cdot 36 \cdot 0,7 \cdot (29 - (-1)) = 392$$

$$Q_{1T(\text{ЗС})} = 0,52 \cdot 120,6 \cdot 0,7 \cdot (29 - (-1)) = 1317$$

$$Q_{1T(\text{ПК})} = 0,45 \cdot 120,6 \cdot 0,6 \cdot (29 - (-1)) = 977,875$$

$$Q_{1T(\text{ПД})} = 0,44 \cdot 108 \cdot 0,6 \cdot (29 - (-1)) = 856$$

Камера зберігання капусти:

$$Q_{1T(\text{ВС})} = 0,41 \cdot 36 \cdot 0,6 \cdot (29 - 0) = 263$$

$$Q_{1T(\text{ЗС, ПД})} = 0,38 \cdot 40,2 \cdot 0,7 \cdot (29 - 0) = 311$$

$$Q_{1T(\text{ЗС})} = 0,38 \cdot 120,6 \cdot 0,7 \cdot (29 - 0) = 931$$

$$Q_{1T(\text{ПК})} = 0,71 \cdot 120,6 \cdot 0,6 \cdot (29 - 0) = 1490$$

$$Q_{1T(\text{ПД})} = 0,42 \cdot 108 \cdot 0,6 \cdot (29 - 0) = 790$$

Камера зберігання моркви\буряка:

$$Q_{1T(\text{ВС})} = 0,41 \cdot 36 \cdot 0,6 \cdot (29 - 1) = 260$$

$$Q_{1T(\text{ЗС, ПД})} = 0,38 \cdot 40,2 \cdot 0,7 \cdot (29 - 1) = 300$$

$$Q_{1T(\text{ЗС})} = 0,38 \cdot 120,6 \cdot 0,7 \cdot (29 - 1) = 899$$

$$Q_{1T(\text{ПК})} = 0,71 \cdot 120,6 \cdot 0,6 \cdot (29 - 1) = 2398$$

$$Q_{1T(\text{ПД})} = 0,42 \cdot 108 \cdot 0,6 \cdot (29 - 1) = 1271$$

Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР 142.008.03.ПЗ	

6.22 Теплонадходження від сонячної радіації визначається за формулою 9.7 (2) с.57 :

$$Q_{1C} = K_0^D \cdot F \cdot \Delta t \text{ } ^\circ C$$

Камера зберігання картоплі:

$$Q_{1C(ЗС,ЗХ)} = 0,56 \cdot 40,2 \cdot 10,5 = 220$$

$$Q_{1C(ЗС,ЗХ)} = 0,56 \cdot 120,6 \cdot 10,5 = 659$$

$$Q_{1C(ПК)} = 0,45 \cdot 120,6 \cdot 10,5 = 597$$

Камера зберігання капусти/моркви/буряка

$$Q_{1C(ЗС,ПД)} = 0,38 \cdot 40,2 \cdot 10,5 = 162$$

$$Q_{1C(ЗС,ЗХ)} = 0,38 \cdot 120,6 \cdot 10,5 = 482$$

$$Q_{1C(ПК)} = 0,71 \cdot 120,6 \cdot 10,5 = 900$$

					<i>00.КР 142.008.03.ПЗ</i>	
<i>Зм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Зведена таблиця теплонадходжень:

Назва камери	Найменування огороження	K	Розміри			F	t	t	t <sub>Δ</sub>	Q <sub>IT</sub>	Q <sub>IC</sub>	Q <sub>i</sub>	
			L	B	H								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
КЗ картли	BC-ПН	0,52	6		6,7	40,2	29	-1			337		337
	ЗС-ПД	0,56	6		6,7	40,2	29		10,5		392	220	591
	ЗС-ЗХ	0,56	18		6,7	120,6	29		10,5		1317	659	1976
	Покриття	0,44	18	6		108	29		10,5		875	597	1472
	Підлога	0,45	18	6		108	-1				865		865
	Всього											10501	
КЗО капусти	BC-ПН	0,25	6		6,7	40,2	29	0			263		263
	ЗС-ПД	0,19	6		6,7	40,2	29		10,5		311	162	473
	ЗС-ЗХ	0,55	18		6,7	120,6	29		10,5		931	482	1413
	Покриття	0,18	18	6		108	29		10,5		1490	900	2390
	Підлога	0,20	18	6		108	0				790		790
	Всього											10658	

Продовження таблиці:

Назва камери	Найменування огороження	К	Розміри			F	t	t			Q <sub>IT</sub>	Q <sub>IC</sub>	Q <sub>i</sub> :
			L	B	H								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
КЗ моркви	ВС-ПН	0,01	6		6,7	40,2	29	1			260		260
	ЗС-ПД	0,38	6		6,7	40,2	29		10,5		300	162	462
	ЗС-ЗХ	0,38	18		6,7	120,6	29		10,5		899	482	1381
	Покриття	0,42	18	6		108	29		10,5		2398	900	3298
	Підлога	0,71	18	6		108	1				1271		1271
	Всього											13290	
КЗО буряка	ВС-ПН	0,01	6		6,7	40,2	29	1			260		260
	ЗС-ПД	0,38	6		6,7	40,2	29		10,5		300	162	462
	ЗС-ЗХ	0,38	18		6,7	120,6	29		10,5		899	482	1381
	Покриття	0,42	18	6		108	29		10,5		2398	900	3298
	Підлога	0,71	18	6		108	0				1271		1271
	Всього											13344	

00.KP 142.008.03.ПЗ

Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

6.3 Теплонадходження від вантажів при холодильній обробці визначається за формулою (2) с.58:

$$Q_2 = Q_{2\text{пр}} + Q_{2\text{т}}$$

де  $Q_{2\text{пр}}$  - теплонадходження від продуктів при холодильній обробці, Вт;

$Q_{2\text{т}}$  - теплонадходження від тари, Вт.

Картоплі:

$$Q_2 = 26759 + 31597 = 58356 \text{ Ват}$$

Капусти:

$$Q_2 = 14756 + 30092 = 44848 \text{ Ват В}$$

Буряка:

$$Q_2 = 14363 + 28587 = 42950 \text{ Ват}$$

Моркви:

$$Q_2 = 14363 + 28587 = 42950 \text{ Ват}$$

6.31 Теплонадходження від продуктів при холодильній обробці визначається за формулою 9.8 (2) с.58:

$$Q_{2\text{пр}} = M_{\text{пр}} \cdot \Delta i \cdot \frac{1000 \cdot 1000}{24 \cdot 3600}, \text{ Вт}$$

Де  $M_{\text{пр}}$  - добове надходження продукту в камеру

$\Delta i$  - різниця питомих ентальпій продукту, які відповідають початковій і кінцевій температурі продукту,  $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$

Картопля – 347 - 211

Морква і буряк 347- 274

Капуста 347- 272

Картопля:

$$Q_{2\text{пр}} = 17 \cdot 136 \cdot \frac{1000 \cdot 1000}{24 \cdot 3600} = 26759$$

					<b>00.КР 142.008.03.ПЗ</b>	
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Капуста:

$$Q_{2\text{пр}} = 17 \cdot 75 \cdot \frac{1000 \cdot 1000}{24 \cdot 3600} = 14756$$

Морква:

$$Q_{2\text{пр}} = 17 \cdot 73 \cdot \frac{1000 \cdot 1000}{24 \cdot 3600} = 14363$$

Буряк:

$$Q_{2\text{пр}} = 17 \cdot 73 \cdot \frac{1000 \cdot 1000}{24 \cdot 3600} = 14363$$

6.32 Теплонадходження від тари визначається за формулою:

9.11 (2) с.59

$$Q_{2m} = M_m \cdot C_m \cdot (t_1 - t_2) \cdot \frac{1000 \cdot 1000}{24 \cdot 3600}$$

де  $M_m$  - добове надходження тари  $\frac{m}{\text{доб}}$

$C_m$  - питома теплоємність тари  $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$

$t_1, t_2$  - початкова і кінцева температура тари

Тара картоплі:

$$\begin{aligned} Q_{2m} &= M_m \cdot C_m \cdot (t_1 - t_2) \cdot \frac{1000 \cdot 1000}{24 \cdot 3600} = \\ &= 260 \cdot 0,5 \cdot (20 - (-1)) \cdot \frac{1000 \cdot 1000}{24 \cdot 3600} = 31\,597 \text{ Вт} \end{aligned}$$

Тара капусти:

$$Q_{2M} = 260 \cdot 0,5 \cdot (20 - 0) \cdot \frac{1000 \cdot 1000}{24 \cdot 3600} = 30092 \text{ Вт}$$

Тара моркви і буряка:

$$Q_{2M} = 260 \cdot 0,5 \cdot (20 - 1) \cdot \frac{1000 \cdot 1000}{24 \cdot 3600} = 28587 \text{ Вт}$$

					<b>00.KP 142.008.03.ПЗ</b>	
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Всі розрахунки заносять в таблицю 4.3

Назва камери	$T_{Bod}$ ; $\frac{m}{Bod}$	$T_m$ ; $\frac{m}{Bod}$	$t_1$ ; 0C	$t_2$ ; 0C	$\square t$ ; 0C	$i_1$ ; $\frac{kJ}{kg}$	$i_2$ ; $\frac{kJ}{kg}$	$\square i$ ; $\frac{kJ}{kg}$	$C_m$ ; $\frac{kJ}{kg}$	$b_2$ hp ; Вт	$b_{2m}$ ; Вт	$b_2$ ; Вт
КЗ картоплі	1300	260	10	-1	9	309	268	41	0,5	6168	1655	7823
КЗ капусти	650	260	4	0	4	287	272	15	0,5	1128	618	1746
КЗ моркви	650	260	6	1	7	274	259	15	0,5	1128	752	1880
КЗ буряка	1300	260	6	1	7	274	259	15	0,5	2256	752	3008
КЗ капусти	650	260	4	0	4	287	272	15	0,5	1128	618	1746
КЗ моркви	650	260	6	1	7	259	274	15	0,5	1128	752	1880

Таблиця 6.3 – Зведена таблиця розрахунку теплонадходжень

					00.KP 142.008.03.ПЗ			
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				

#### 6.4 Теплопритоки від овочів при диханні:

Картопля

$$Q_5 = B_k(0,1q_n + 0,9q_{xp}) = 618(0,1 \cdot 26 + 0,9 \cdot 20) \cdot 10^{-3} = 29$$

Морква

$$Q_5 = 874(0,1 \cdot 44 + 0,9 \cdot 28) \cdot 10^{-3} = 97$$

Буряк

$$Q_5 = 510(0,1 \cdot 60 + 0,9 \cdot 20) \cdot 10^{-3} = 56$$

Капуста

$$Q_5 = 510(0,1 \cdot 60 + 0,9 \cdot 20) \cdot 10^{-3} = 83$$

#### 6.5 Теплопритоки при вентиляції приміщення

6.5.1 Розхід вентиляційного повітря визначається за формулою 9.12(а), с.59:

$$Q_3 = M_{вз}(i_n - i_v)$$

Картопля:

$$Q_3 = 0,10(78 - 8,5) = 6,5$$

Капуста

$$Q_3 = 0,09(78 - 8,5) = 5,8$$

Морква:

$$Q_3 = 0,06(78 - 9) = 4,1$$

Буряк:

$$Q_3 = 0,08(78 - 9) = 5,5$$

де  $M_{вз}$  - масовий розхід вентиляційного повітря кг/сек,  $i_n$ ,  $i_v$  - ентальпії зовнішнього повітря і повітря в камері, кДж/кг

6.52. Масовий розхід вентиляційного повітря визначається за формулою:

$$M_{вз} = \frac{V_k a \rho_v}{24 \cdot 3600}$$

Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

де  $V_k$  - об'єм вентиляційного приміщення,  $\text{м}^3$ ;  $a$  - кратність повітряобміну;  
 $\rho_v$  - густина повітря

густина повітря в камері

Картопля:

$$V_k = 6 \cdot 6,7 \cdot 6 = 241,2 \text{ м}^3$$
$$M_{вз} = \frac{241,2 \cdot 3 \cdot 1,29}{24 \cdot 3600} = 0,10$$

Капуста:

$$V_k = 6 \cdot 6,7 \cdot 5 = 201 \text{ м}^3$$
$$M_{вз} = \frac{201 \cdot 3 \cdot 1,29}{24 \cdot 3600} = 0,09$$
$$M_{вз} = \frac{201 \cdot 3 \cdot 1,29}{24 \cdot 3600} = 0,09$$

Морква:

$$V_k = 6 \cdot 6,7 \cdot 4 = 160,8 \text{ м}^3$$
$$M_{вз} = \frac{160,8 \cdot 3 \cdot 1,20}{24 \cdot 3600} = 0,06$$
$$M_{вз} = \frac{160,8 \cdot 3 \cdot 1,20}{24 \cdot 3600} = 0,06$$

Буряк:

$$V_k = 6 \cdot 6,7 \cdot 5 = 201$$
$$M_{вз} = \frac{201 \cdot 3 \cdot 1,20}{24 \cdot 3600} = 0,08$$

6.6 Експлуатаційні теплонадходження визначаються за формулою 9.18

(2) ст.61:

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

Де  $q_1$  = теплонадходження від освітлення, Вт

$q_2$ - теплонадходження від перебування людей в камері, Вт

$q_3$ - теплонадходження від працюючих електродвигунів, Вт

$q_4$ - теплонадходження від відкривання дверей, Вт

6.61 Теплонадходження від освітлення визначаються за формулою:

$$q_1 = A \cdot F, \text{ Вт}$$

де  $A$  - теплота, що виділяється від джерелом освітлення в одиницю часу

На  $1 \text{ м}^2$  площі підлоги,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$ , приймається по (2) с.60

$F$  - площа камери

Камера зберігання картоплі:

$$q_1 = 2,3 \cdot 618 \cdot 10^{-3} = 1,42$$

Камера зберігання капусти:

$$q_1 = 2,3 \cdot 510 \cdot 10^{-3} = 1,17$$

Камера зберігання моркви:

$$q_1 = 2,3 \cdot 432 \cdot 10^{-3} = 0,93$$

Камера зберігання буряка:

$$q_1 = 2,3 \cdot 510 \cdot 10^{-3} = 1,17$$

6.62 Теплонадходження від перебування людей в камері:

$$q_2 = 350 \cdot n$$

Де 350 - тепловиділення однієї людини при важкій фізичній праці, Вт

$N$  - кількість людей, працюючих в данному приміщенні, чол;

приймається в залежності від площі камери по (2) ст.60;

Камера зберігання картоплі:

$$n_2 = 0,35 \cdot 4 = 1,4 \text{ кВт}$$

Камера зберігання капусти:

$$n_2 = 0,35 \cdot 4 = 1,4 \text{ кВт}$$

Камера зберігання моркви:

$$n_2 = 0,35 \cdot 4 = 1,4 \text{ кВт}$$

Камера зберігання буряка:

$$n_2 = 0,35 \cdot 4 = 1,4 \text{ кВт}$$

6.6.3 Теплонадходження від працюючих електродвигунів визначається за формулою 9.15 (2) ст .60:

$$q_3 = N_e$$

де  $N_e$  - сумарна потудність всіх електродвигунів, кВт, приймається по (2) ст.60;

Камера зберігання картоплі:

$$q_3 = 2$$

Камера зберігання капусти:

$$q_3 = 4$$

Камера зберігання моркви:

$$q_3 = 4$$

Камера зберігання буряка:

$$q_3 = 2$$

6.6.4 Теплонадходження при відкриванні дверей визначаються за формулою 9.17(2) ст. 61:

$$q_4 = K \cdot F$$

де  $K$  - питомий прилив теплоти при відкриванні дверей,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$ ; приймається по таблиці 9.2 (2) ст.61;

Камера зберігання картоплі:

$$q_4 = 4 \cdot 618 = 2472$$

Камера зберігання капусти:

00.КР 142.008.03.ПЗ

Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

$$q_4 = 4 \cdot 510 = 2040$$

Камера зберігання моркви:

$$q_4 = 4 \cdot 432 = 1728$$

Камера зберігання буряка:

$$q_4 = 4 \cdot 510 = 2040$$

Експлуатаційні теплонадходження:

Камера зберігання картоплі:

$$Q_4 = 1420 + 1400 + 2000 + 2472 = 7292 \text{ Вт}$$

Камера зберігання капусти:

$$Q_4 = 1173 + 1400 + 2000 + 2040 = 6613 \text{ Вт}$$

Камера зберігання моркви:

$$Q_4 = 993 + 1400 + 2000 + 1728 = 6121 \text{ Вт}$$

Камера зберігання буряка:

$$Q_4 = 1700 + 1400 + 2000 + 2040 = 7140 \text{ Вт}$$

6.6 Витрата холоду на технологічні потреби визначається за формулою:

$$Q_{mn} = q \cdot M_{\text{доб}}, \text{ кВт}$$

де  $M_{\text{доб}}$  - добове вироблення продукту, т;

$q$  - норма витрати холоду, кВт

Добове вироблення визначається за формулою:

$$M_{\text{доб}} = (u\delta V_k)/365$$

Де  $u$  – кратність вантажообігу, приймаємо -3;  $\delta$  – нерівномірність поступання продуктів, приймаємо як – 1,5;  $V_k$ - вмістимість камер

Картопля:

$$M_{\text{доб}} = \frac{3 * 1,5 * 1300}{365} = 17$$

Капуста:

$$M_{\text{доб}} = \frac{3 * 1,5 * 1300}{365} = 17$$

Морква:

$$M_{\text{доб}} = \frac{3 * 1,5 * 1300}{365} = 17$$

Буряк:

$$M_{\text{доб}} = \frac{3 * 1,5 * 1300}{365} = 17$$

Витрата холоду:

Картопля:

$$Q_{mn} = 30 \cdot 17 = 510$$

Капуста:

$$Q_{mn} = 25 \cdot 17 = 425$$

Морква:

$$Q_{mn} = 40 \cdot 17 = 680$$

Буряк:

$$Q_{mn} = 20 \cdot 17 = 340$$

Всі розрахунки заносяться в таблицю 6.5:

Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

<i>Продукт</i>	$M_{\text{доб}} / \tau / \text{доб}$	<i>Норми витрати холоду на 1 кВт продукту</i>	$Q_{\text{мн}}; \text{кВт}$	<i>Кількість годин роботи за добу</i>	<i>Витрата холоду на кожний продукт; кВт</i>
<i>Картопля</i>	17		510	8	64
<i>Капуста</i>	17		425	8	54
<i>Морква</i>	17		680	8	85
<i>Буряк</i>	17		340	8	44

6.6.1 Визначається витрата холоду на кожний продукт по часу доби на 1 годину формулою:

$$Q = \frac{Q_{\text{мн}}}{\tau}$$

Де  $\tau$  - кількість годин в зміні, приймаємо - 1 зміна(8 годин)

Картопля:

$$Q = \frac{510}{8} = 64$$

Капуста:

$$Q = \frac{425}{8} = 54$$

Морква:

$$Q = \frac{680}{8} = 85$$

Буряк:

$$Q = \frac{349}{8} = 44$$

6.7 Розрахунки всіх теплонадходжень заносяться в зведену таблицю і визначається навантаження на камерне обладнання та компресори

Таблиця 4.5 – Зведених теплонадходжень

Назва камери	t <sub>ка</sub> м; оС	b <sub>1</sub> , Вт		b <sub>2</sub> , Вт		b <sub>3</sub> , Вт		b <sub>4</sub> , Вт		b <sub>mh</sub> , Вт	
		Кам облад	КМ	Кам облад	КМ	Кам облад	КМ	кам. облад	КМ	кам. облад	КМ
КЗ картоплі	-1	5421	4879	58356	29178	6500	6500	7292	5469	77569	46026
КЗ капусти	0	5129	4617	44848	22424	5800	5800	6613	4960	62390	37801
КЗ капусти	0	5129	4617	44848	22424	5800	5800	6613	4960	62390	37801
КЗ моркви	1	6421	5781	42950	21475	4100	4100	6121	4591	59592	35947
КЗ моркви	1	6421	5781	42950	21475	4100	4100	6121	4591	59592	35947
КЗ буряка	1	3056	2751	42950	21475	5500	5500	7140	5355	58646	35081
Технопогічні потреби											228603
Всього											318149

00.КР 142.008.03.ПЗ

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

## 7.ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ СИСТЕМИ СПОСОБУ ОХОЛОДЖЕННЯ

Після визначення теплового навантаження на компресор та камерне обладнання, вибирають систему охолодження, найбільш раціональну для цього об'єкту

Для холодильника в місті Ізяслав, застосовуємо централізовану систему охолодження. Для цієї системи будуємо загальне машинне відділення для всіх компресорів та іншого обладнання, яке буде обслуговувати споживачів холоду

Приймаємо насосно-циркуляційну систему, з подачею фреону в прилади охолодження. Схема буде працювати на температурі кипіння  $-8^{\circ}C$

Централізована система буде з проміжним холодоносієм, а саме з пропіленгліколем

Для камер зберігання обираємо прилади охолодження

В якості приладів охолодження обираємо повітроохолоджувачі, які забезпечать потрібну циркуляцію повітря в камері

Вибираємо тип конденсатора, в залежності від призначення установки, із врахуванням кліматичних умов, а саме кожухотрубні конденсатор

					00.КР.142.008.03.ПЗ	
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## 8. РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ОСНОВНОГО ОБЛАДНАННЯ

8.1 Холодопродуктивність компресорів визначається за формулою 3.16 (1) ст.71:

$$Q_0 = \frac{K \cdot \Sigma Q_{\text{км}}}{b}, \text{ Вт}$$
$$Q_0 = \frac{1,05 \cdot 318149}{0,8} = 417570,5 \text{ Вт}$$

де  $\Sigma Q_{\text{км}}$  - сумарне теплове навантаження на компресори для даної температури кипіння, Вт; приймається по зведеній таблиці теплонадходжень;

K - коефіцієнт, який враховує втрати в трубопроводах і апаратах холодильної установки, приймається в залежності від температури кипіння по (1) ст.71;

b - коофіцієнт робочого часу, приймається по (1) ст. 71

Всі розрахунки заносяться в таблицю 6.1

### 8.2 Робочий режим холодильної установки

8.2.1 Температура кипіння холодильного агента визначається за формулою

(2) ст.71

$$t_0 = t_{\text{кам}} - 7 = (-1) - 7 = -8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

де  $t_{\text{кам}}$  - температура повітря в камері

8.2.2 Температура всмоктування парів холодильного агента визначається за формулами (2) ст. 72:

$$t_{\text{вс}} = t_0 + 8, \text{ } ^\circ\text{C}$$
$$t_{\text{вс}} = -8 + 8 = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

8.2.3 Температура холодоносія, який поступає на конденсатор визначається за формулою

00.KP.142.008.03.ПЗ

Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

(1) с.87:

$$t_{\text{хл}} = t_{\text{м.т}} + 2, \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{хл}} = 29 + 2 = 31 \text{ } ^\circ\text{C}$$

де  $t_{\text{м.т}}$  - температура мокрого термометра,  $^\circ\text{C}$  ; визначається по i-d діаграмі для волого повітря в залежності від розрахункової літньої температури і розрахункової літньої відносної вологості в районі будівництва (додаток 1(2) ст.208)

8.2.4 Температура холодоносія, який виходить з конденсатора визначається за формулою (1) ст.87:

$$t_{\text{хл2}} = t_{\text{хл1}} + \left(\frac{2}{6}\right), \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{хл2}} = t_{\text{хл1}} + \left(\frac{2}{6}\right) = 31 + \left(\frac{2}{6}\right) = 32 \text{ } ^\circ\text{C}$$

8.2.5 Температура конденсації визначається за формулою (1) ст.88:

$$t_{\text{к}} = t_{\text{хл2}} + \left(\frac{3}{5}\right), \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{к}} = t_{\text{хл2}} + \left(\frac{3}{5}\right) = 32 + \left(\frac{3}{5}\right) = 33 \text{ } ^\circ\text{C}$$

8.2.6 Температура переохолодження рідкого холодильного агенту перед регулюючим вентиляем визначається за формулою (1) ст.88;

$$t_{\text{п}} = t_{\text{хл.2}} + (3 \dots 5), \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{п}} = 32 + 3 = 35 \text{ } ^\circ\text{C}$$

8.2.7 Тиск в проміжній посудині визначається за формулою 11.14 (2) ст.77:

$$P_{\text{пр}} = \sqrt{P_{\text{к}} \cdot P_0}, \text{ Мпа}$$

$$P_{\text{пр}} = \sqrt{P_{\text{к}} \cdot P_0} = \sqrt{20 \cdot 6,2} = 11,1 \text{ Мпа}$$

На діаграмі i- lgr по проміжному тиску  $P_{\text{пр}}$  знаходяться температура в проміжній посудині  $t_{\text{пр}}$

00.КР.142.008.03.ПЗ

Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

Розрахунок робочого режиму холодильної установки заноситься в

таблицю 6.2

$t_{\text{кам}}$	$t_0$	$t_{\text{вс}}$	$t_{\text{зн}}$	$\varphi$	$t_{\text{м.т}}$	$t_{\text{вд.1}}$	$t_{\text{к}}$	$t_{\text{п}}$	$P_0$	$P_{\text{к}}$	$P_{\text{пр}} = \sqrt{P_{\text{к}}}$	$t_{\text{пр}}$	$P_{\text{к}}$	$P_{\text{пр}}$	$P_{\text{к}}$
-1	-8	0		54	31	31	33	3	0,62	2,0	1,11	11	2,00	1,11	0,62

Вибір схеми холодильної установки заноситься в таблицю 6.3

Таблиця 6.3 - Таблиця вибору схеми холодильної установки

$t_0$ °C	$P_0$ Mpa	$P_{\text{к}}$ Mpa	$P_{\text{к}}$	Схема холодильної установки	$P_{\text{пр}} = \sqrt{P_{\text{к}} \cdot P_0}$
			$P_0$		
-8	0,62	2,00	1,11	одноступенева	1,11

8.3 По даним температурного режиму будується цикл одноступеневого стискання в діаграмі  $i$ - $\lg p$  та визначаються параметри умовних точок циклів (рис 6.1)

00.KP.142.008.03.ПЗ

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

Таблиця 6.4 – Зведена таблиця параметрів циклу одноступеневого стискання

Режим, °C				$P_0$	$P_{кв}$	$i_1$	$i_1$	$i_2$	$i_3$	$i_3 = i_4$	$V_1$	$V_2$	$V_3$
				кДж	кДж	кДж	кДж	кДж	кДж	кДж	кДж	кДж	$\frac{м^3}{кг}$
$t_0$	$t_k$	$t_{п}$	$t_{вс}$	Мпа	Мпа	кг	кг	кг	кг	кг	$\frac{м^3}{кг}$	$\frac{м^3}{кг}$	$\frac{м^3}{кг}$
-8	33	35	0	0,622	2,00	430	420	4804	250	260	0,04 0	0,015	0,002

00.KP.142.008.03.ПЗ

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

8.4 Тепловий розрахунок та підбір компресорів одноступеневого ступеня.

8.4.1 Холодопродуктивність одного кілограму холодильного агенту визначається за формулою 5.1 (1) ст.95:

$$q_0 = i_1 - i_4, \text{ кДж/кг}$$
$$q_0 = 420 - 260 = 160 \text{ кДж/кг}$$

де  $i_1, i_4$  - ентальпії умовних точок циклу, кДж/кг ; приймаються по таблиці 6.4 розділу 6

8.4.2 Масова витрата пари визначається за формулою 5.2 (1) ст.95 ;

$$M = \frac{Q_0}{q_0}, \text{ кг/с}$$
$$M = \frac{417570,5}{160} = 2,60 \text{ кг/с,}$$

де  $Q_0$  - навантаження на компресор з врахуванням втрат, кВт;

приймається по таблиці 6.1

8.4.3 Дійсна об'ємна подача компресора визначається за формулою 5.3 (1) ст.95:

$$V_d = M \cdot v_1, \text{ м}^3/\text{с}$$
$$V_d = 2609,8 \cdot 0,040 = 0,104 \text{ м}^3/\text{с,}$$

де  $v_1$ - питомий об'єм пари, м<sup>3</sup>/с; приймається по таблиці 6.4 розділу 6.

8.4.4 Теоретична об'ємна подача компресора визначається за формулою 5.4 (1) ст.96;

$$V_m = \frac{V_d}{\lambda}, \text{ м}^3/\text{с}$$
$$V_m = \frac{104,3}{1,11} = 0,94 \text{ м}^3/\text{с,}$$

де  $\lambda$  - коефіцієнт подачі компресора в залежності від ступені стискання  $P_k/P_0$ ,

Типу компресора і холодильного агенту , на якому буде працювати компресор, приймається по графіку на рисунку 5.5 (1) с.97;

					00.KP.142.008.03.ПЗ	
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

8.4.5 Теоретична (адіабатична) потужність компресора визначається за формулою 5.5 (1) с.96:

$$N_T = M \cdot (i_2 - i_1), \text{ кВт}$$

$$N_T = 2,60 \cdot (480 - 430) = 130 \text{ кВт}$$

де  $i_2$ ,  $i_1$  - ентальпії умовних точок циклу, кДж/кг ; приймаються по таблиці 6.4 розділу 6.

8.4.6 Дійсна (індикаторна) потужність компресора визначається за формулою 5.6 (1) ст.96;

$$N_i = \frac{N_m}{\eta_i}, \text{ кВт}$$

$$N_i = \frac{130}{0,8} = 162,5 \text{ кВт}$$

де  $\eta_i$  - індикаторний ККД, приймається по (1) ст.96

8.4.7 Ефективна потужність компресора визначається за формулою 5.6 (1) с.96:

$$N_e = \frac{N_i}{\eta_{\text{мех}}}, \text{ кВт}$$

$$N_e = \frac{162,5}{0,7} = 232,1 \text{ кВт}$$

де  $\eta_{\text{мех}}$  - механічний ККД, приймається по (1) ст.96 або (2) ст.74;

8.4.8 Теплове навантаження на конденсатор визначається за формулою 5.8 (1) ст.96;

$$Q_k = Q_0 + N_i, \text{ кВт}$$

$$Q_k = 417,5 + 232,1 = 649,6 \text{ кВт}$$

Розрахунок та підбір компресорів одноступеневого стискування заносяться в таблицю 6.6, технічні характеристики - в таблицю 6.7

Таблиця 6.6 розрахунку та підбору компресорів одноступеневого стискування

					<b>00.KP.142.008.03.ПЗ</b>	
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

<i>Резим</i>	$q_0$ , кДж	$Q_0$ , кВт	$M$ , кг/с	$V_d$ , м <sup>3</sup> /с	$V_m$ , м <sup>3</sup> /с	Марка компресора	Кількість	$V_m$ , м <sup>3</sup> /с	$N_T$ , кВт	$N_e$ , кВт	$N_i$ , кВт	$Q_k$ , кВт	
-1	160	417,5	2,60	0,104	1,11	0,94	HSK856 1-125-40P	3	0,267	130	162,5	232,1	649,9

Таблиця 6.7 Технічна характеристика одноступеневого компресора

Марка	Тип	Холодопродуктивність	$V_m$ , м <sup>3</sup> /с	Частота обертів	Габаритні розміри			Маса
					L	B	H	
"BIT HZER "	гвинтовий	282	0,113	49	3240	1265	2030	6573

## 8.6 Тепловий розрахунок конденсатора

8.6.1 Площа теплообмінної поверхні визначається за формулою (11.26) ([2] с. 85):

$$F = \frac{\Sigma Q_k}{k \cdot \Theta_M^{\text{лог}}}, \text{ м}^2$$

$$F = \frac{649,6}{1800 \cdot 1,4} = 0,257 \text{ м}^2$$

де:  $\sum Q_k$  — сумарний тепловий потік у конденсатор від усіх груп компресорів, Вт; визначається при тепловому розрахунку компресорів;

$k$  — коефіцієнт теплопередачі конденсатора, приймається залежно від типу конденсатора за таблицю 11.5 ([2] с. 87);

$\Theta$  — середній логарифмічний температурний напір, °С

8.6.2 Середній логарифмічний температурний напір визначається за формулою (11.34) ([2] с. 87):

$$\Theta = \frac{t_{\text{хл.2}} - t_{\text{хл.1}}}{2,31 \lg \frac{t_{\text{к}} - t_{\text{хл.1}}}{t_{\text{к}} - t_{\text{хл.2}}}}$$
$$\Theta = \frac{32 - 31}{2,31 \lg \frac{33 - 31}{33 - 32}} = 1,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

де:  $t_{\text{к}}$  — температура конденсації, °С;

$t_{\text{хл.2}}, t_{\text{хл.1}}$  — температури холодоносія на вході та виході з конденсатора відповідно.

8.6.3 Об'ємна витрата холодоносія на охолодження конденсаторів визначається за формулою 11.36 (2) ст.87:

$$V_{\text{в}} = \frac{\sum Q_k}{C_{\text{в}} \cdot \rho_{\text{в}} \cdot \Delta t_{\text{в}}}, \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$
$$V_{\text{в}} = \frac{649,6}{2,49 \cdot 1036 \cdot 6} = 0,0258 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Де  $\sum Q_k$  - тепловий потік в конденсатор від всіх груп компресорів, кВт;

$C_{\text{в}}$ - питома теплоємність ( $C_{\text{в}} = 2,49 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$ );

$\rho_{\text{в}}$ - густина пропіленгліколя ( $\rho_{\text{в}} = 1036 \text{ кг/м}^3$ );

$\Delta t_{\text{в}}$ - підігрів пропіленгліколя в конденсаторі, °С; приймається по (2) ст.87.

Розрахунок, підбір та технічна характеристика конденсаторів заносяться в таблицю 6.10

					<b>00.КР.142.008.03.ПЗ</b>	
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.10 - Зведена таблиця розрахунку конденсаторів

$\Sigma Q_k$	$k$ , $Вт$ $м^2К$	$\Theta$	$F$	Марка конденсатор	Кількість	$F_{к.д}$ $м^2$	Розміри			Вага, кг
							$D$	$A$	$H$	
649,6	1800	1,4	257, 4	К4803	3	250	368	1780	690	356

Розрахунок, підбір та характеристика насосів заносяться в таблицю 6.11:

Таблиця 6.11 – Зведена таблиця розрахунку насосів

$\Sigma Q_k$ $кВт$	$C_B$ $кДж$ $кг К$	$p_B$	$\Delta t_B$	$V_B$ $м^3с$	Марка насоса	Кількість	Пода ча $\frac{м^3}{с}$	Повни й напір, $м$	Частот а обертан ня; $с^{-1}$
649,6	4,19	100 0	1,1	0,0258	К-100 80160a		2	0,025	26

### 8.7 Розрахунок та підбір повітроохолоджувачів

8.7.1 Площа теплопередаючої поверхні повітроохолоджувачів визначається за формулою 11.26 (2) ст.85:

$$F_{п.о} = \frac{Q_{обл}}{K_{п.о} \cdot \Delta t}, м^2$$

КЗ картоплі:

$$F_{п.о} = \frac{77569}{17,5 \cdot (-7)} = 633,2 м^2$$

КЗ капусти:

$$F_{п.о} = \frac{62390}{17,5 \cdot (-8)} = 509,3 м^2$$

КЗ моркви:

$$F_{п.о} = \frac{59592}{17,5 \cdot (-7)} = 486,4 \text{ м}^2$$

КЗ буряка:

$$F_{п.о} = \frac{58646}{17,5 \cdot (-7)} = 478,7 \text{ м}^2$$

Де  $Q_{к.обл}$  - це теплове навантаження на камерне обладнання для даної камери, Вт; приймається по зведеній таблиці теплонадходжень;

$K_{п.о}$ - коефіцієнт теплопередачі повітроохолоджувача, Вт/(м<sup>2</sup> · К), приймається в залежності від  $t_0$  по (2) ст.92;

$\Delta t$  - різниця температур між киплячим холодильним агентом і температурою повітря в камері, С;

8.7.2 Розрахункова кількість повітроохолоджувачів визначається за формулою:

$$n_p = \frac{F_{п.о}}{f_{п.о}}, \text{ шт}$$

КЗ картоплі:

$$n_p = \frac{633,2}{250} = 2,5$$

Приймаємо три повітроохолодника

КЗ капусти:

$$n_p = \frac{509,3}{250} = 2,03$$

Приймаємо три повітроохолодника

КЗ моркви:

$$n_p = \frac{486,4}{250} = 1,9$$

Приймаємо два повітроохолодника

					00.КР.142.008.03.ПЗ	
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

КЗ буряка:

$$n_p = \frac{478,7}{250} = 1,9$$

Приймаємо два повітрохолодника

де  $f_{п.о}$  - площа теплопередаючої поверхні прийнятого повітрохолоджувача, м<sup>2</sup>;

приймається по таблиці 14.7 (2) ст.128;

8.7.3 Об'ємна подача повітря встановленими вентиляторами визначається за формулою 11.39 (2) ст.92;

$$V_{пов} = \frac{Q_{к.обл}}{\rho_{пов}(i_1 - i_2)}, \text{ м}^3/\text{с}$$

Де  $\rho_{пов}$  - густина повітря, яке виходить з повітрохолоджувача кг/м<sup>3</sup>; знаходиться по діаграмі i-d для вологого повітря;

$i_1 - i_2 = \Delta i$  - різниця ентальпій між повітрям, яке входить в повітрохолоджувач і повітрям, яке виходить з нього, кДж/кг; знаходиться по діаграмі i-d для вологого повітря;

КЗ картоплі:

$$V_{пов} = \frac{77569}{1,29(12 - 5)} = 706,4 \text{ м}^3/\text{с}$$

КЗ капусти:

$$V_{пов} = \frac{62390}{1,29(12 - 5)} = 568,2 \text{ м}^3/\text{с}$$

КЗ моркви:

$$V_{пов} = \frac{59592}{1,29(12 - 5)} = 542,7 \text{ м}^3/\text{с}$$

КЗ буряка:

$$V_{пов} = \frac{58646}{1,29(12 - 5)} = 534,1 \text{ м}^3/\text{с}$$

					00.КР.142.008.03.ПЗ	
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

8.7.4 Об'ємна витрата повітря повітроохолоджувачами для даної камери визначається за формулою:

$$V_{\text{пов.зач}} = V_{1.\text{пов}} \cdot n_{\text{д}}, \text{ м}^3/\text{с}$$

Де  $V_{1.\text{пов}}$  - об'ємна витрата повітря одним повітроохолоджувачем,  $\text{м}^3/\text{с}$ ; приймається по таблиці 14.7 (2) ст.128;

КЗ картоплі:

$$V_{\text{пов.зач}} = 0,65 \cdot 3 = 1,95 \text{ м}^3/\text{с}$$

КЗ капусти:

$$V_{\text{пов.зач}} = 0,65 \cdot 3 = 1,95 \text{ м}^3/\text{с}$$

КЗ моркви:

$$V_{\text{пов.зач}} = 0,65 \cdot 2 = 1,3 \text{ м}^3/\text{с}$$

КЗ буряка:

$$V_{\text{пов.зач}} = 0,65 \cdot 2 = 1,3 \text{ м}^3/\text{с}$$

8.7.5 Місткість повітроохолоджувачів для даної камери визначається за формулою:

$$V_{\text{а.заг}} = V_{\text{а}} \cdot n_{\text{д}}, \text{ м}^3$$

Де  $V_{\text{а}}$  - місткість одного повітроохолоджувача,  $\text{м}^3$ ; приймається по таблиці 14.7 (2) ст.128;

КЗ картоплі:

$$V_{\text{а.заг}} = 150 \cdot 3 = 450 \text{ м}^3$$

КЗ капуста:

$$V_{\text{а.заг}} = 150 \cdot 3 = 450 \text{ м}^3$$

КЗ моркви:

$$V_{\text{а.заг}} = 150 \cdot 2 = 300 \text{ м}^3$$

КЗ буряка:

$$V_{\text{а.заг}} = 150 \cdot 2 = 300 \text{ м}^3$$

					<b>00.КР.142.008.03.ПЗ</b>	
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок, підбір та технічна характеристика повітроохолоджувачів заноситься в таблицю 6.12;

Назва камери	$Q_{к.обл}$	$t_0$	$t_k$	$K_{пов}$ Вт м <sup>2</sup> * л	$t_n$	$t_в$	$i_1$ кД жс кз	$i_2$ кД жс кз	$i$ кД жс кз	$p_{пов}$ кз м <sup>3</sup>	$\phi$ , %	$F_{пов}$ м <sup>2</sup>	Марка	$f_{пов}$ м <sup>2</sup>	$n_p$	$n_d$	$V_{пов}$	$V_{1пов}$	$V_{пов.з}$	$V_a$	$V_{a.заг}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
КЗ картоплі	77569	-8	-1	17,5	2	-2	12	5	7	129	90	633,2	ILT-250	250	2,5	3	706,4	0,65	1,95	150	450
КЗ капусти	62390	-8	0	17,5	2	-2	12	5	7	1,29	90	509,3	ILT-250	250	2,03	3	568,2	0,65	1,95	150	450
КЗ капусти	62390	-8	0	17,5	2	-2	12	5	7	1,29	90	509,3	ILT-250	250	2,03	3	568,2	0,65	1,95	150	450
КЗ моркви	59592	-8	1	17,5	2	-2	12	5	7	1,29	90	486,4	ILT-250	250	1,9	2	542,7	0,65	1,3	150	300
КЗ моркви	59592	-8	1	17,5	2	-2	12	5	7	1,29	90	486,4	ILT-250	250	1,9	2	542,7	0,65	1,3	150	300
КЗ буряка	58646	-8	1	17,5	2	-2	12	5	7	1,29	90	478,7	ILT-250	250	1,9	2	534,1	0,65	1,3	150	300

00.КР.142.008.03.ПЗ

Зм Лист № докум. Підпис Дата

## 8.7 Розрахунок і підбір випаровувача

8.7.1 Площа поперечної поверхні випаровувача знаходиться за формулою 11.26 (2) ст.35;

$$F_{\text{вип}} = Q_{\text{вип}}/q_F$$

Де  $Q_{\text{вип}}$  - сумарний тепловий потік в випаровувач, Вт

$q_F$  - щільність теплового потоку Вт/м<sup>2</sup>;

$$F_{\text{вип}} = \frac{318149}{2,5} = 127259,6$$

Всі розрахунки та технічна характеристика випаровувача заносяться в таблицю 6.14

$\Sigma Q_{\text{вип}}$ кВт	$F_{\text{вип}}$ м <sup>2</sup>	Марка випаровувача	Кількіс ть	$F_{\text{вип}}$ м <sup>2</sup>	Розміри мм			Місткіс ть
					L	B	H	
318149	127	SQD2506207- 15-6035	1	127	1843	425	441	0,80

8.7.2 Об'ємна витрата 'льодяної води' на технологічні потреби визначається за формулою 11.36 (2) ст.87 ;

$$V_{\text{в}} = \frac{\Sigma Q_k}{c_p \cdot \rho_p \cdot \Delta t_p}, \text{ м}^3/\text{с}$$

Де  $\Sigma Q_k$  - сумарний потік в випаровувачі;

$c_p$  - питома теплоємність води;

$\rho_p$  - густина води;

$\Delta t$  - охолодження льодяної води в випаровувачі, приймається по (2) ст.87;

$$V_{\text{в}} = \frac{318149}{4,19 \cdot 1000 \cdot 6} = 12,6 \text{ м}^3/\text{с}$$

Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	00.KP.142.008.03.ПЗ			

$\Sigma Q_{тр}$ кВт	$c_p$ $\frac{кДж}{кг \cdot К}$	$\rho_p$ $\frac{кг}{м^3}$	$\Delta t$	$V_p$ $\frac{м^3}{с}$	Марка насоса	К- кі с т ь	Подач а, м	Повни й напір	Частота обертання
821,6	4,19	10 00	6	0,0126	E150-125	2	0,028	29	48

## 9. РОЗРАХУНОК І ПІДБІР І ОСНОВНОГО ОБЛАДНАННЯ

### 9.1 Розрахунок та підбір трубопроводів

9.1.1 Внутрішній діаметр трубопроводів визначається за формулою 7.2 (1) ст.170:

$$d_{вн} = 1,3 \sqrt{\frac{V}{\varpi}}, \text{ м}$$

Де  $\varpi$  - розрахункове значення швидкості руху середовища в трубопроводі, м/с;  
приймається по таблиці 7.4 (1) с.172;

$V$  - кількість речовини, яка протікає по трубі, м/с.

Нагнітальний:

$$d_{вн} = 1,3 \sqrt{\frac{V}{\varpi}} = 1,3 \sqrt{\frac{0,040}{20}} = 0,058 \text{ м}$$

Всмоктувальний:

$$d_{вн} = 1,3 \sqrt{\frac{V}{\varpi}} = 1,3 \sqrt{\frac{0,040}{10}} = 0,082 \text{ м}$$

9.1.2 Кількість речовини яка протікає по трубопроводу визначається за формулою:

Одноступеневе стискання:

Всмоктування:  $V = M \cdot v_1$ , м/с

$$V = 0,917 \cdot 0,040 = 0,036 \text{ м/с}$$

Нагнітання:  $V = M \cdot v_2$ , м/с

$$V = 0,917 \cdot 0,015 = 0,013 \text{ м/с}$$

Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.03.ПЗ	

Розрахунок та підбір трубопроводів заноситься в таблицю 7.6

Таблиця 7.6 – Таблиця розрахунку та підбору трубопроводів

Трубопрові δ	$t_0$	$M$ , кг с	$v_1$ м <sup>3</sup> кг	$v_2$ м <sup>3</sup> кг	$V_p$ м <sup>3</sup> с	ω м с	$d_{BH}$ м	$D$ мм
Всмоктуюч ий	-	0,9 17	0,0 40		0,404	10	0,08 2	100
Нагнітальн ий	8	0,9 17		0,01 3	0,128	20	0,05 8	60

9.2 Розрахунок та підбір насосів визначається за формулою (3) ст.166:

$$V_a = M \cdot V_p \cdot a, \text{ м}^3/\text{с}$$

Де  $M$  - масова витрата холодильного агента, кг/с

$V_p$  - питомий об'єм рідкого холодильного агента; м<sup>3</sup>/кг;

$a$  - кратність циркуляції холодильного агента

$$V_a = 0,917 \cdot 0,00169 \cdot 20 = 0,0310 \text{ м}^3/\text{кг}$$

Розрахунок, підбір та характеристика насосів заноситься в таблицю 7.7

Таблиця 7.7 – Розрахунок та підбір насосів

Реж им	$M_p$ кг с	$V_p$ м <sup>3</sup> кг	$a$	$V_{ам}$ м <sup>3</sup> год	Марка насосу	Кільк ість	Подача, м <sup>3</sup> /с	Напір, м
-8	0,917	0,00169	20	0,0310	E200-1500	2	0,048	49

9.3 Підбір масловідокремлювача

Підбір масловідокремлювача проводиться по загальному нагнітальному трубопроводу і підбирається один масловідокремлювач, фірми Vitzher, марки QA4188

Технічна характеристика масловідокремлювача заноситься в таблицю 7.8

Таблиця 7.8 – Технічна характеристика масловідокремлювача

Марка	Розміри, мм			Місткість, м <sup>3</sup>	Маса, кг
	<i>D</i> х <i>S</i>	<i>H</i>	<i>d</i> <sub>1</sub>		
QA4188	400	1060	140	0,400	95

#### 9.4 Підбір маслзбірника

Для випуску масла з масловідокремлювача та мастиловідстійників, всіх апаратів і випуску його на зовні підбирається один загальний маслзбірник марки 60 МЗС

Технічна характеристика маслзбірника заноситься в таблицю 7.9

Таблиця 7.9 – Технічна характеристика маслзбірника

Марка	Розміри, мм			Місткість, м <sup>3</sup>	Маса, кг
	<i>D</i> х <i>S</i>	<i>B</i>	<i>H</i>		
60 МЗС	325х9	650	1280	0,06	85

## 10. ОПИС СХЕМИ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

По проекту холодильної установки передбачається насосно-циркуляційна система з проміжним холодоносієм, і розрахована на температуру кипіння  $-8^{\circ}\text{C}$

Цикл починається в компресорі, де пари холодоагенту, які вийшли з повітрохолодників, засмоктуються та стискаються до високого тиску і температури. Внаслідок цього процесу пар перетворюється на перегріту пару.

Стиснута пара подається до конденсаторів. Тут холодоагент віддає тепло в навколишнє середовище, конденсується і перетворюється з пари на рідину.

Перед входом у конденсатор встановлений ТРВ, який обмежує надходження холодоагенту та забезпечує сталу температуру конденсації. Цей ТРВ також дає змогу уникнути гідрударів або "залиття" теплообмінника.

Після конденсації рідкий холодоагент знов проходить через другий ТРВ — перед випарником, де відбувається розширення до низького тиску. У результаті цього холодоагент частково випаровується, різко охолоджується

У випарниках холодоагент повністю випаровується, поглинаючи теплоту з робочого середовища. В процесі цього теплообміну середовище охолоджується, а холодоагент знову перетворюється на пару низького тиску.

Пара холодоагенту з випарників подається назад у компресори — і цикл повторюється.

## 11. РОЗРАХУК ТЕХНІЧО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

### Замовна специфікація на обладнання

Замовна специфікація на обладнання холодильної установки зведено до таблиця

#### 13.1. Замовна специфікація на обладнання

Таблиця 13.1 - Замовна специфікація на обладнання холодильної установки.

№ п/п	Назва обладнання	Виробник	Ціна, тис. грн. шт.	Вартість упаковки та транспортування, тис. грн	Кіл-сть, шт	Вартість, тис. грн.
1	Компресор	Bitzher	150	20	3	170
2	Конденсатор	Bitzher	500	30	1	530
3	Повітроохолоджувачі	Thermokey	200	10	12	420
4	Масловіддільник	Bitzher	4	1	1	15
5	Маслозбірник	ALCO Controls	2	1	1	3
6	Система трубопроводів, арматури та автоматизації	-	30%	0	1	1178
<b>Разом</b>						2316

#### 13.2. Визначення кількості виробленого холоду

Час роботи обладнання при максимальному навантаженні 5400 годин на рік.

Кількість виробленого приведенного холоду за рік буде складати

$$Q \sum = \frac{Q_0 * k * n}{4,178} = \frac{282 * 1,1 * 5400}{4,178} = 400928 \text{ кВт}$$

Де  $k$  - коефіцієнт врахування втрат в трубопроводах та апаратах

$Q_0$  - холодопродуктивність компресора в робочих умовах, кВт

$n$  - час роботи одного компресора, год.

Статті витрат

### 13.3 Витрати на оплату електроенергії

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

Річне споживання електроенергії визначається за формулою:

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

де  $N_e$  - номінальна потужність двигуна, кВт;  $K_c$  - коефіцієнт використання (0,7);  $n$  - час роботи обладнання при робочих умовах, год.

Перелік електроприводів, їх характеристика та розрахунок витрат електроенергії зведено до таблиці 13.2.

Таблиця 13.2 – перелік електроприводів, їх характеристика та розрахунок витрат електроенергії

№ п/п	Назва обладнання	Робоча потужність, кВт	Кількість, шт	Час роботи, год	Спожита електроенергія кВт*год
1.	Компресор	26,4	3	1200	95040
4.	Насоси конденсатора	4.4	10	3000	12000
5.	Двигуни вентиляторів повітроохолодників	0.4	4	3000	4800

Компресор:

$$w = 264000 * 0,7 * 1200 = 22176 \text{ кВт}$$

Конденсатор:

$$w = 4,4 * 0,7 * 3000 = 9870 \text{ кВт}$$

Повітроохолодник:

$$w = 0,4 * 0,7 * 3000 = 840 \text{ кВт}$$

Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

00.KP.142.008.03.ПЗ

Разом річна витрата електроенергії 212268 кВт\*год

Тариф оплати електроенергії складає 1,017 грн. за кВт\*год. Тоді витрати на оплату електроенергії складатиме  $212268 * 8.0178 = 1701$  тис. грн.

#### 13.4. Витрати на поповнення системи холодоагентом

Ці витрати знаходяться у прямій залежності від продуктивності компресорів. Норма витрати холодоагенту на охолодження з проміжним охолодженням складає 1,8 кг

Витрати на поповнення системи холодоагентом, за умов вартості холодоагенту 400 грн/кг будуть складати:

$$V_a = (200 * 1,8) * 400 = 144 \text{ тис. грн.}$$

#### 13.5. Витрати на поповнення системи мастилом

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

Річна потреба в мастилі визначається за формулою

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

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

Для гвинтових компресорів  $g = 0.002$  кг/год, а нормативний час складає 2700

$$\text{год. } M = \sum (0,002 * 6 * 5400) \frac{5400}{2700} = 129 \text{ кг}$$

Витрати на поповнення системи мастилом при ціні на мастило 570 грн./кг складатиме

$$V_{\text{маст}} = 129 * 570 = 73 \text{ тис. грн}$$

#### 13.6. Витрати на заробітну плату

Разом з НДС працівники за рік отримують 854 тис. грн

13.10.

Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	00.KP.142.008.03.ПЗ

### 13.10. Амортизація обладнання

$5107 * 0,1 = 231,6$  тис. грн.

### 13.7. Витрати на поточні ремонти

Витрати на поточні ремонти складають 2% від амортизаційних витрат

$V_{\text{поточні}} = 231,6 * 0,02 = 4,6$  тис. грн.

### 13.8. Утримання будівлі

Вартість будівлі визначається 2500 грн. за кожен м2 будівельної площі.

Таким чином вартість будівлі буде складати  $2500 * 4079 = 10197$  тис. грн.

Амортизаційні відрахування на будівлі 2 %

$10197 * 0,02 = 203$  тис. грн.

### 13.9 Цехові витрати

Калькуляція цехових витрат зведена до таблиці 13.3.

Таблиця 13.3 – Собівартість одиниці виробленого холоду.

Статті витрат	Значення показників, тис. грн.
Електроенергія	1701
Масило	129
Холодоагент	144
Оплата праці	854
Амортизація	232
Поточні ремонти	5
Утримання будівлі	203
<b>Разом</b>	<b>3552</b>

Амортизаційні відрахування на обладнання становлять 10%

### 13.11 Визначення собівартості одиниці виробленого холоду

Собівартість холоду:  $C = 1205000 / 279918 = 4,3$  грн/кВт\*год.

## 12. ОХОРОНА ПРАЦІ

Експлуатація промислових холодильно-компресорних установок належить до категорії технічно складних і потенційно небезпечних виробничих процесів. Наявність високого тиску в системі, хімічно активних і холодоагентів, електричних вузлів та рухомих механізмів створює підвищений ризик для обслуговуючого персоналу. Саме тому дотримання вимог охорони праці є ключовим чинником безпечної та ефективної роботи обладнання.

Одним з основних джерел небезпеки в холодильних установках є сам холодоагент. Його витік може спричинити обмороження відкритих ділянок шкіри, токсичне ураження дихальних шляхів або створення вибухонебезпечного середовища (для певних типів фреонів). Для мінімізації ризиків всі роботи з холодоагентом повинні проводитись у приміщеннях з ефективною вентиляцією, із застосуванням засобів індивідуального захисту — захисних рукавиць, окулярів, фартухів, а також спеціальних інструментів, призначених для роботи під тиском. В обов'язковому порядку проводиться перевірка герметичності системи та відсутності витоків після кожного технічного обслуговування.

Ще одним важливим чинником є електробезпека. Усі вузли холодильної установки — компресори, насоси, вентилятори, системи автоматики — працюють від електромережі та можуть бути джерелом ураження струмом. Обслуговування електрообладнання допускається виключно кваліфікованими працівниками з відповідною групою електробезпеки. Перед початком будь-яких ремонтних робіт обов'язково здійснюється повне знеструмлення обладнання, перевірка відсутності напруги та встановлення попереджувальних знаків. Усі електричні кабелі мають бути справними, з якісною ізоляцією та відповідним заземленням.

Система охолодження працює під тиском, тому ще одним критичним чинником є гідравлічна безпека. Контури холодоагенту, трубопроводи, теплообмінники та арматура мають витримувати робочий тиск без ризику руйнування. Використання сертифікованих комплектуючих, справних запобіжних клапанів і регулярна перевірка тиску в системі — це обов'язкові умови безпечної експлуатації. Обслуговуючому персоналу заборонено розкривати вузли або трубопроводи без попереднього зниження тиску до нуля.

00.КР.142.008.03.ПЗ

Також у складі холодильної установки використовуються хімічні речовини — мастила, теплоносії, іноді антикорозійні добавки. Всі речовини мають зберігатися у спеціально відведених приміщеннях з температурним і протипожежним контролем. Кожна ємність повинна мати маркування, а на об'єкті обов'язково повинні бути наявні паспорти безпеки (MSDS) для кожного виду хімікату. Роботи з ними виконуються лише з використанням захисних засобів і відповідного інструменту.

Пожежна безпека при роботі з холодильною установкою забезпечується наявністю справних вогнегасників (переважно вуглекислотних або порошкових), вивішеними на видимих місцях інструкціями з евакуації та навчанням персоналу діям при виникненні пожежі.

					00.КР.142.008.03.ПЗ	
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

### 13.СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Пилипенко О. Ю., Францішко А. П. Холодильні установки : метод. рекомендації до проведення практ. занять для здобувачів освітнього ступ. «Бакалавр» спец. 142 «Енергетичне машинобудування», освітньо-професійної програми «Холодильні техніка та технології» ден. та заоч. форм навч. Київ : НУХТ, 2021. 58 с. (№ 33.124-15.06.2021)

2. Морозюк Т. В. Теория холодильных машин и тепловых насосов : учеб. Одесса : Студия Негоциант, 2006. 712 с.

3. Технологія незбираномолочних продуктів : навч. посібник / Т. А. Скорченко та ін. Вінниця : Нова книга, 2005. 264 с.

4. Тітлов, О.С. Холодильне обладнання підприємств харчової промисловості : навч. посібник / О.С. Тітлов, С.Ф. Горикін. – Львів: Новий Світ-2000, 2021. – 286 с.

5. Хмельнюк М. Г., Подмазко О. С. Холодильні установки спеціального призначення : підручник. Херсон : Грінь Д.С., 2013. 488 с.

6. Домарецький В. А., Остапчук М. В., Українець А. І. Технологія харчових продуктів : підручник. Київ : НУХТ, 2003. 572 с.

7. Масліков М.М. Холодильна технологія харчових продуктів. – К.: НУХТ, 2007.– 335 с.

8. Засядько Я. І., Іващенко Н. В., Францішко А. П. Холодильні установки: метод. рекомендації до використання програмного забезпечення CoolPack в практичних розрахунках для здоб. освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» освіт.-проф. програми «Холодильна техніка та технології» ден. та заоч. форм навчання. К. : НУХТ, 2019. 78 с.

9. Проектування холодильних установок і систем: метод. рекомендації до викон. курсового проекту на тему: “Проект будівлі холодильника” для здобувачів освітнього ступеня “Магістр” спеціальності 142 “Енергетичне машинобудування” освітньо-професійної програми “Холодильні техніка та технології” денної та заоч. форм навчання / уклад. О.Ю. Пилипенко. – К.: НУХТ, 2021. – 57 с. (№ 33.103-04.03.2021)

10. Мнацаканов, Г.К. Основи проектування холодильників : навч. пос. / Г.К. Мнацаканов. – Одеса.: ОДАХ, 2004. – 71 с.

11. Хмельнюк, М.Г. Проектування холодильників для зберігання плодоовочевої продукції : підручник / М.Г. Хмельнюк, В.П. Кочетов, А.В. Форсюк; під загальною редакцією М.Г. Хмельнюк. – Херсон.: ФОП Грінь Д.С., 2015. – 162 с.

12. Семенюк, Д.П. Холодильне обладнання / Д.П. Семенюк, О.В. Петренко. – Коломия.: Світ книг, 2021. - 633 с.

00.КР.142.008.03.ПЗ