

Міністерство освіти і науки України
Одеський національний технологічний університет
Кафедра холодильних установок і кондиціонування повітря



**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

на тему Проект камер зберігання місткістю 1800 т. для холодильника
м'ясокомбіната

(назва кваліфікаційної роботи згідно наказу ОНТУ)

Здобувача Громов Д.К.
(прізвище, ініціали)

4 курсу ЕНск-141а групи
Керівник доц. Подмазко О.С.
(посада, прізвище та ініціали)

Консультанти: доц. каф. ХУ і КП Подмазко О.С.
доц. каф. ХУ і КП Піщанська Н.О.
(посада, прізвище та ініціали)

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від _____р, протокол № __

Завідувач кафедри ХУ і КП _____ Михайло ХМЕЛЬНЮК
(назва кафедри) (підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Одеса – 2024 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Низькотемпературної техніки та інженерної механіки
Кафедра Холодильних установок і кондиціонування повітря
Ступінь вищої освіти Бакалавр
Спеціальність 142 «Енергетичне машинобудування»
Освітня програма Холодильні машини, установки і кондиціонування повітря

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри М.Г. Хмельнюк

«1» березня 2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Громову Денису Костянтинівичу

1. Тема роботи Проект камер зберігання місткістю 1800 т. для холодильника м'ясокомбіната

Затверджена наказом університету від 31.08.2023 р. наказ № 487-03

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 30.05.2024 р.

3. Вихідні дані роботи: м. Одеса; місткість холодильника 1800 тон; розрахункова літня температура 32 °С; температури кипіння: $t_0 = -5; -15; -30$ °С, температура конденсації $t_k = 40$ °С; холодильний агент - аміак; використати оребрені батареї.

4. Перелік питань, які потрібно розробити: ВСТУП. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ. РОЗРАХУНКИ: БУДІВЕЛЬНИХ ПЛОЩ, ТА ПІДБІР ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНОЇ КОНСТРУКЦІЇ, ТЕПЛО ПРИЛИВІВ У КАМЕРИ, ТА ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛООВОГО НАВАНТАЖЕННЯ ДЛЯ ПІДБОРУ КАМЕРНОГО УСТАТКУВАННЯ ТА КОМПРЕСОРІВ ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ ТА ПІДБІР КОМПРЕСОРІВ. ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК БАТАРЕЙ. РОЗРАХУНОК МАГІСТРАЛЬНИХ ТРУБОПРОВІДІВ. ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ. ОХОРОНА ПРАЦІ. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ПРОЕКТУ СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ СПЕЦИФІКАЦІЯ

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

План камер зберігання м'яса. Розрізи по камерам зберігання м'яса. Розводка магістральних трубопроводів по камерам зберігання м'яса. Схема холодильної установки

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Піщанська Н.О., доц. ХУ і КП	17.03.2024р.	15.05.2024 р.
Цивільний захист	Піщанська Н.О., доц. ХУ і КП	17.03.2024р.	15.05.2024 р.
Економічна частина	Піщанська Н.О., доц. ХУ і КП	17.03.2024р.	15.05.2024 р.

7. Дата видачі завдання

01.02.2024 р.

Керівник

Подмазко Олександр Степанович

Завдання прийняв до виконання

Громов Денис Костянтинович

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	ВСТУП. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ. РОЗРАХУНКИ: БУДІВЕЛЬНИХ ПЛОЩ, ТА ПІДБІР ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНОЇ КОНСТРУКЦІЇ, ТЕПЛО ПРИЛИВІВ У КАМЕРИ	25.03.2024	виконано
2	ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛООВОГО НАВАНТАЖЕННЯ ДЛЯ ПІДБОРУ КАМЕРНОГО УСТАТКУВАННЯ ТА КОМПРЕСОРІВ ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ ТА ПІДБІР КОМПРЕСОРІВ	01.04.2024	виконано
3	ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК БАТАРЕЙ. РОЗРАХУНОК МАГІСТРАЛЬНИХ ТРУБОПРОВІДІВ	15.04.2024	виконано
5	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ПРОЕКТУ. СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ. СПЕЦИФІКАЦІЯ	30.05.2024	виконано

Здобувач-дипломник _____ Громов Денис Костянтинович

Керівник роботи _____ Подмазко Олександр Степанович

Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web- ресурсах ОНТУ. Підтверджую, що в кваліфікаційній робот відсутні порушення норм академічної доброчесності.

Здобувач-дипломник _____

Громов Денис Костянтинович

АНОТАЦІЯ

Бакалавр ЕНск-141а групи Громов Денис Костянтинович

Керівник: доцент, кандидат технічних наук Подмазко О.С.

Проектований холодильник по місткості камер зберігання відноситься до середніх холодильників (1800 т.), по продуктивності він відноситься також до середніх холодильників (100 т. в добу).

Проектований холодильник є одноповерховим. Це обумовлено тим, що будівельні конструкції одноповерхового холодильника легші (а отже, дешевше), оскільки він не несе навантаження від укладених вантажів. В дипломній роботі проведені розрахунки: будівельних площ; ізоляційних конструкцій; теплового навантаження; холодильних циклів та компресорів; приборів охолодження та магістральних трубопроводів. Виконана графічна частина по камерам зберігання. В дипломній роботі також були розглянуті питання, пов'язані з охороною праці, цивільним захистом та економікою.

Кількість ілюстрацій - 23, таблиць - 28, стр. ДР –85

Ключові слова: будівельні площі; ізоляційні конструкції; теплове навантаження; холодильні цикли, компресор, прибори охолодження, магістральні трубопроводи

					ДР: Проект камер зберігання місткістю 1800 т. для холодильника			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Громов Д.К.</i>				<i>Розрахунково- пояснювальна записка</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Подмазко О.С.</i>						4	74
<i>Реценз.</i>						<i>ОНТУ гр. ЕНск-141а</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>								

ABSTRACT

Bachelor of ENsk-141a group Gromov Denys Kostiantynovych

Supervisor: associate professor, candidate of technical sciences Podmazko O.S.

In terms of storage chamber capacity, the designed refrigerator belongs to medium-sized refrigerators (1,800 tons), and in terms of productivity, it also belongs to medium-sized refrigerators (100 tons per day).

The designed refrigerator is single-story. This is due to the fact that the building structures of a single-story refrigerator are lighter (and therefore cheaper), since it does not bear the load of stacked loads. In the thesis, calculations were made: building areas; insulating structures; heat load; refrigeration cycles and compressors; cooling devices and main pipelines. The graphic part of the storage chambers has been completed. Issues related to labor protection, civil protection and economy were also considered in the thesis.

Number of illustrations - 23, tables - 28, pages DR -85

Keywords: construction areas; insulating structures; heat load; refrigeration cycles, compressor, cooling devices, main pipelines

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП.....	7
1 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	10
2 РОЗРАХУНОК БУДІВЕЛЬНИХ ПЛОЩ	11
3 РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНОЇ КОНСТРУКЦІЇ	14
4 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОПРИЛИВІВ У КАМЕРИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛООВОГО НАВАНТАЖЕННЯ ДЛЯ ПІДБОРУ КАМЕРНОГО УСТАТКУВАННЯ ТА КОМПРЕСОРІВ	42
5 ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ ТА ПІДБІР КОМПРЕСОРІВ	48
6 ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК БАТАРЕЙ	57
7 РОЗРАХУНОК МАГІСТРАЛЬНИХ ТРУБОПРОВОДІВ	65
8 ЦИВІЛЬНА ЗАХИСТ.....	67
9 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	73
10 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ПРОЕКТУ.....	78
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	84

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

ВСТУП

М'ясо є важливою частиною раціону людей, тому вкрай важливо не лише виробляти велику кількість високоякісних м'ясних продуктів, але й переконатися, що вони потрапляють до споживачів у хорошому стані. Переробна промисловість м'ясної промисловості спрямована на задоволення потреб населення в якісних м'ясних продуктах, розширення асортименту доступної продукції та забезпечення її легкої доступності для споживачів. Забезпечення населення України продуктами харчування є головною метою їх соціального розвитку.

Переробна промисловість відіграє ключову роль у збільшенні виробництва, покращенні якості та пропонуванні ширшого асортименту продуктів, які потрібні споживачам, і водночас є ефективними. Виробництво м'яса є особливо важливим, оскільки воно забезпечує необхідні поживні речовини для організму.

Харчова промисловість в Україні швидко розвивається та має доступ до передових технологій та обладнання. Вони використовують безперервні процеси та механізують багато трудомістких завдань. Вони також переходять від використання ручних машин до автоматизованих виробничих ліній, і вони мають автоматизовані системи для управління та контролю виробництва. Завдяки природним ресурсам і клімату України вони можуть не тільки задовольнити потреби свого народу в продовольстві, але й експортувати продукти харчування в інші країни. Тільки м'ясна промисловість виробляє понад 700 найменувань харчової та технічної продукції.

Основним завданням переробної промисловості м'ясної галузі є задоволення потреб населення у високоякісних м'ясних продуктах, розширення асортименту продукції та впровадження ресурсозаощаджувальних технологій, спрямованих на здешевлення продукції та вирішення проблеми збалансованого харчування людей. Тому необхідне створення безупинного холодильного ланцюга, що складається з окремих ланок, які забезпечують умови для безупинної

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

холодильної обробки і збереження швидкопсууючих продуктів на шляху від місць виробництва до місць споживання.

Аналіз існуючих методів післязабійної обробки і зберігання м'яса, виконаний в роботі, свідчить про те, що вживання штучного холоду у даній галузі альтернативи не має.

Потрібно відзначити, що система зберігання сільськогосподарської продукції відрізняється від холодильних систем інших галузей сезонною періодичністю і змінною динамікою надходження вантажів.

У зв'язку з вищесказаним можна відзначити, що вживання холодильних технологій зберігання сільськогосподарської продукції є безальтернативним способом зменшення енергетичних втрат і негативної техногенної дії на довкілля, а також захисту населення від харчового і енергетичного дефіциту.

Очевидно, що вживання холодильних технологій доцільне лише в тих випадках, коли зменшення екологічного збитку від втрат продукції не супроводжується таким зростанням негативної дії виробництва холоду на довкілля, при якому його вживання стає даремним і навіть шкідливим.

Перспективу використання різних методів холодильної технології слід оцінювати, виходячи з можливості економії продуктів харчування, забезпечення високоякісними продуктами населення, що збільшується, в умовах обмеженості сільськогосподарських земель, води, енергії, необхідних для інтенсифікації сільського господарства. За даними Міжнародного Інституту Холоду (MIX) створення безперервного холодильного ланцюга дозволяє заощадити до 30% найбільш цінних продуктів тваринництва і рослинництва, які зараз безповоротно втрачаються.

В даний час зусилля багатьох учених направлені на розробку сучасних систем, що охолоджують, апаратів і пристроїв, що дозволяють підвищити ефективність безперервного холодильного ланцюга. У роботах відмічено, що запобігання втратам продуктів при використанні холоду – це зрештою збереження їх якості,

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

економія праці, енергії, палива, води і інших ресурсів, зменшення забруднення природного середовища, зниження антропогенного навантаження на екосистеми.

Як відомо, в основі м'ясопереробки очолююче місце займає «холод»: це і камери охолодження, камери схову, камери заморожування, переробні цехи, в яких теж необхідно підтримувати певні кліматичні умови, не кажучи про камери дозрівання і плиткові установки заморожування блокового м'яса.

Зупинимося трохи на заморожуванні м'яса, і тут теж можуть бути різні підходи в рішенні цього питання, і всі вони мають право на життя.

Основним критерієм якості заморожування є швидкість утворення кристалів льоду з вологи, що знаходиться в клітках продукту. Чим швидкість заморожування вища, тим менше вологи буде виділено з клітки в міжклітинний простір, а, отже, менше мікроелементів буде виведено з цією вологою, при швидкому заморожуванні вітаміни і мікроелементи не вилучаються з клітинної рідини. Окрім цього, розміри кристалів льоду при швидкому заморожуванні менші, ніж при повільній, що значно впливає на якість і зовнішній вигляд продукту.

Для заморожування м'яса в тушах використовуються холодильні камери, процес заморожування буває одно- або двофазним. Перевага однофазного заморожування полягає в тому, що продукт при цьому не втрачає у вазі, і зберігаються всі корисні споживчі властивості. Але витрати на електроенергію при цьому зростають, ніж при двофазному заморожуванні. Тут право вибору виробника, для інформації: в розвинених країнах застосовується, в основному, однофазне заморожування м'яса.

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Проектований холодильник по місткості камер зберігання відноситься до середніх холодильників (1800 т.), по продуктивності він відноситься також до середніх холодильників (100 т. в добу).

Проектований холодильник є одноповерховим. Це обумовлено тим, що будівельні конструкції одноповерхового холодильника легші (а отже, дешевше), оскільки він не несе навантаження від укладених вантажів. З цієї ж причини холодильник може бути побудований в два-три рази швидше. Важливим достоїнством одноповерхового холодильника є широка можливість комплексної механізації вантажних робіт, внаслідок чого не лише полегшується праця робітників, але і значно зменшуються витрати ручної праці і вартість проведення вантажних робіт.

Камери заморожування і охолодження м'яса обладнані повітроохолоджувачами ВОГ-230. Повітроохолоджувачі розміщуються над фальшивою стелею холодильних камер. Поверхня охолодження батареї 230 м². Оскільки всі камери обладнані цими повітроохолоджувачами, то це дозволяє полегшити ремонт цих повітроохолоджувачів, що істотно понизить вартість ремонту.

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

2 РОЗРАХУНОК БУДІВЕЛЬНИХ ПЛОЩ

2.1 Розрахунок площ холодильника

2.1.1. Вантажний об'єм камер холодильника (камер зберігання)

$$V_{ван} = \frac{G}{g_v} \quad (2.1)$$

де $G = 1800$ – ємність, т;

$g_v = 0.35$ т/м³ – норма завантаження (вибираємо по таблиці згідно того, який продукт міститься в камерах)

$$V_{ван} = \frac{G}{g_v} = \frac{1800}{0.35} = 5143 \text{ м}^3$$

2.1.2. Вантажна площа холодильника

$$F_{ван} = \frac{V_{ван}}{h_{ван}} \quad (2.2)$$

$h_{ван}$ – вантажна висота штабеля, вибираємо з розрахованої висоти приміщення з врахуванням батарей.

$$F_{ван} = \frac{V_{ван}}{h_{ван}} = \frac{5143}{5.5} = 1019 \text{ м}^2$$

2.1.3. Будівельна площа холодильника

$$F_{б\gamma\delta} = \frac{F_{ван}}{\beta_F} \quad (2.3)$$

де $\beta_F = 0,7$ – коефіцієнт використання будівельної площі, що враховує відступ від стін, колон, устаткування, проходи і відстані між штабелями в камері.

$$F_{б\gamma\delta} = \frac{F_{ван}}{\beta_F} = \frac{1019}{0.7} = 1456 \text{ м}^2$$

2.1.4. Кількість будівельних прямокутників

$$n = \frac{F_{б\gamma\delta}}{f} \quad (2.4)$$

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

f – будівельна площа одного прямокутника, м²; $f = 6 \cdot 12 = 72$ м²

$$n = \frac{F_{\text{овд}}}{f} = \frac{1456}{72} = 20.5$$

Вибираємо 6 камер схову з наступними площами:

Камера зберігання мороженого м'яса №5 – 4 будівельних прямокутника – 288 м²

Камера зберігання мороженого м'яса №16 – 2 будівельних прямокутника – 144 м²

Камера зберігання мороженого м'яса №14 – 6 будівельних прямокутників – 432 м²

Камера зберігання мороженого м'яса №17 – 7,5 будівельних прямокутника – 540 м²

Камера зберігання кишок №15 – 1 будівельний прямокутник – 72 м²

Камера №7 (Експедиція) – 0,5 будівельних прямокутників – 36 м²

2.2. Розрахунок площ камер термообробки

Термообробці продукти підлягають на підвісних коліях.

2.2.1. Необхідна довжина підвісної колії

$$L = \frac{G}{g_L} \quad (2.5)$$

де $G = 17.5$ – ємність, т;

$g_L = 0.25$ т/м – норма завантаження на метр підвісної колії, т/м

$$L = \frac{G}{g_L} = \frac{17.5}{0.25} = 70 \text{ м}$$

2.2.2. Кількість будівельних прямокутників

$$n = \frac{L}{l} \quad (2.6)$$

де l – довжина підвісної колії у одному будівельному прямокутнику, м.

З сіткою колон 6×12 м – $l = 72$ м²

$$n = \frac{L}{l} = \frac{70}{70} = 1 \quad (2.7)$$

2.2.2. Будівельна площа камери

$$F_{\text{овд}} = n \cdot f$$

де $f = 72$ – площа одного будівельного прямокутника, м²

$$F_{\text{овд}} = n \cdot f = 1 \cdot 72 = 72 \text{ м}^2$$

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Камери: №1, 2, 3, 4, 4а, 8, 9, 10, 11, 12, 13 мають одну і ту ж ємність 17,5 т., отже, як видно з розрахунку, кожна з них займає площу, рівну одному будівельному прямокутнику 72 м².

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

3 РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНОЇ КОНСТРУКЦІЇ

3.1. Визначаємо товщину ізоляційних шарів камери охолодження м'яса №1.

Температура повітря всередині камери $t_k = -3^{\circ}C$.

Розрахункову літню температуру зовнішнього повітря для міста приймаємо рівною $t_p = 33^{\circ}C$.

Всі ці температури необхідні для розрахунку теплоізоляційного шару.

Зовнішня стіна.

$t_k = -3^{\circ}C$, циркуляція повітря в камері помірна;

$k = 0.34 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – нормативний коефіцієнт теплопередачі зовнішньої стіни;

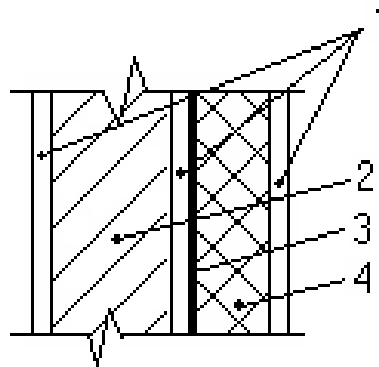
$\alpha_3 = 23,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_3} = 0.043 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та відповідний

термічний опір для зовнішньої поверхні стіни;

$\alpha_{\text{вн}} = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} = 0.11 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та відповідний

термічний опір для внутрішньої поверхні стіни.

Конструкція зовнішньої стіни холодильника (мал. 3.1)



Мал. 3.1

№ шару	Найменування та матеріал шару	Товщина матеріалів δ_i , м	Коефіцієнт теплопровідності λ_i , $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$
1	Штукатурка	0.02	0.88
2	Цегляний мур	0.38	0.82

						Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3	Пароізоляція з гідроізолу	0.004	0.35
4	Теплоізоляція з ПСБ-С	–	0.047

Необхідна товщина ізоляційного шару:

$$\delta_{із}^{номр} = \lambda_{із} \cdot \left[\frac{1}{k} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн}} \right) \right] \quad (3.1)$$

$$\delta_{із}^{номр} = 0.047 \cdot \left[\frac{1}{0.34} - \left(0.043 + 3 \cdot \frac{0.02}{0.88} + \frac{0.38}{0.82} + \frac{0.004}{0.35} + 0.11 \right) \right] = 0.101 \text{ м.}$$

Приймаємо товщину ізоляційного шару з двох шарів плит ПСБ-С по 50 мм.

Розрахуємо дійсний коефіцієнт теплопередачі:

$$k = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн}} \right) + \frac{\delta_{із,0}}{\lambda_{із}}} \quad (3.2)$$

$$k_0 = \frac{1}{\left(\frac{1}{23.3} + 3 \cdot \frac{0.02}{0.88} + \frac{0.38}{0.82} + \frac{0.004}{0.35} + \frac{1}{9} \right) + \frac{0.1}{0.047}} = 0.34 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Внутрішня стінка.

$t_k = -3^0 \text{C}$, циркуляція повітря в камері помірна;

$k = 0.54 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – нормативний коефіцієнт теплопередачі внутрішньої стіни;

$\alpha_3 = 23,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_3} = 0.043 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та відповідний

термічний опір для зовнішньої поверхні стіни;

$\alpha_{вн} = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_{вн}} = 0.11 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та відповідний

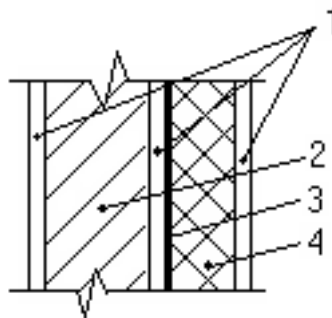
термічний опір для внутрішньої поверхні стіни.

Конструкція внутрішньої

стіни холодильника (мал.

3.2)

Мал. 3.2



№ шару	Найменування та матеріал шару	Товщина матеріалів δ_i , м	Коефіцієнт теплопровідності λ_i , Вт/(м·К)
1	Штукатурка	0.02	0.88
2	Цегляний мур	0.125	0.82
3	Пароізоляція з гідроізолу	0.004	0.35
4	Теплоізоляція з пінобетону	–	0.15

Необхідна товщина ізоляційного шару:

$$\delta_{iz}^{номр} = 0.15 \cdot \left[\frac{1}{0.54} - \left(0.043 + 3 \cdot \frac{0.02}{0.88} + \frac{0.125}{0.82} + \frac{0.004}{0.35} + 0.11 \right) \right] = 0.194 \text{ м.}$$

Приймаємо товщину ізоляційного шару з одного шару пінобетону, рівного 200 мм.

Розрахуємо дійсний коефіцієнт теплопередачі:

$$\frac{1}{\left(0.043 + 3 \cdot \frac{0.02}{0.88} + \frac{0.125}{0.82} + \frac{0.004}{0.35} + 0.11 \right) + \frac{0.2}{0.15}} = 0.52 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

Перегородка.

$k = 0.35 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$ – нормативний коефіцієнт теплопередачі перегородки;

$\alpha_3 = 23,3 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$, $\frac{1}{\alpha_3} = 0.043 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та відповідний

термічний опір для перегородки;

$\alpha_{вн} = 9 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$, $\frac{1}{\alpha_{вн}} = 0.11 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та відповідний

термічний опір для внутрішньої сторони перегородки.

Конструкція перегородки (мал. 3.2)

№ шару	Найменування та матеріал шару	Товщина матеріалів δ_i , м	Коефіцієнт теплопровідності λ_i , Вт/(м·К)
1	Штукатурка	0.02	0.88
2	Цегляний мур	0.125	0.82

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

3	Пароізоляція з гідроізолу	0.004	0.35
4	Теплоізоляція з пінобетону	–	0.15

Необхідна товщина ізоляційного шару:

$$\delta_{із}^{номр} = 0.15 \cdot \left[\frac{1}{0.35} - \left(0.043 + 3 \cdot \frac{0.02}{0.88} + \frac{0.125}{0.82} + \frac{0.004}{0.35} + 0.11 \right) \right] = 0.37 \text{ м.}$$

Приймаємо ізоляцію перегородки 400 мм з двох шарів пінобетонних блоків товщиною по 200 мм.

Розрахуємо дійсний коефіцієнт теплопередачі:

$$\frac{1}{\left(0.043 + 3 \cdot \frac{0.02}{0.88} + \frac{0.125}{0.82} + \frac{0.004}{0.35} + 0.11 \right) + \frac{0.4}{0.15}} = 0.33 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Підлога.

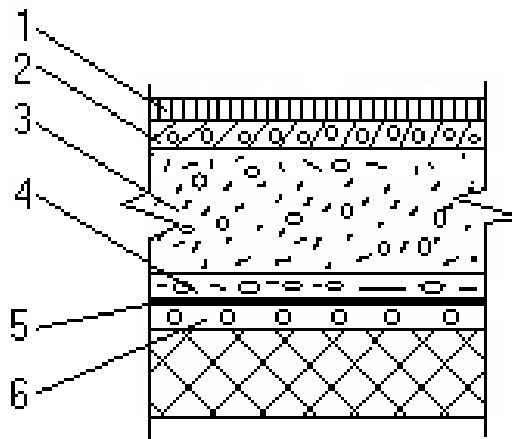
$k = 0.48 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – нормативний коефіцієнт теплопередачі підлоги;

$\alpha_3 = 0 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – коефіцієнт тепловіддачі від ґрунту до конструкції підлоги;

$\alpha_{вн} = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_{вн}} = 0.11 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та відповідний

термічний опір від поверхні підлоги до повітря.

Конструкція підлоги холодильника (мал. 3.3)



Мал. 3.3

№ шару	Найменування та матеріал шару	Товщина матеріалів δ_i , м	Коефіцієнт теплопровідності λ_i , Вт/(м·К)

1	Чиста підлога з мозаїчних плит	0.055	1.4
2	Бетонна підготовка з електричними підігрівачами	0.1	1.4
3	Теплоізоляція з керамзитового гравію	–	0.18
4	Бетонна підготовка	0.1	1.4
5	Гідроізоляція	0.001	0.15
6	Бетонна підготовка по ущільненому ґрунту з щебінкою	–	–

Необхідна товщина ізоляційного шару:

$$\delta_{из}^{номр} = 0.18 \cdot \left[\frac{1}{0.48} - \left(\frac{0.055 + 0.1 + 0.1}{1.4} + 0.11 \right) \right] = 0.26 \text{ м.}$$

$$k_0 = 0.48 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Покрівля.

$k = 0.3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – нормативний коефіцієнт теплопередачі підлоги.

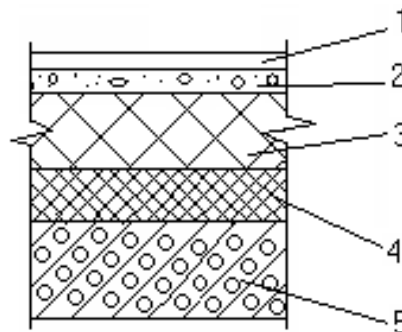
$\alpha_3 = 23,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_3} = 0.043 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та відповідний

термічний опір для покрівлі.

$\alpha_{вн} = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_{вн}} = 0.11 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та відповідний

термічний опір для внутрішньої сторони покрівлі.

Конструкція покрівлі (мал. 3.4)



Мал. 3.4

№	Найменування та матеріал шару	Товщина	Коефіцієнт
---	-------------------------------	---------	------------

Зм.	Арк.	№ докум.	Піппіс	Дата	КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
						18

шару		матеріалів $\delta_i, \text{м}$	теплопровідності $\lambda_i, \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$
1	5 шарів гідроізолю на гарячій бітумній мастиці	0.012	0.35
2	Стяжка з бетону	0.03	1.4
3	Плиткова теплоізоляція (пінопласт полістирольний марки ПСБ-С)	–	0.047
4	Плиткова теплоізоляція (жорсткі мінералові плити, два шара)	0.1	0.085
5	Залізобетонна плита покрівлі	0.16	1.5

Необхідна товщина ізоляційного шару:

$$\delta_{iz}^{номр} = 0.047 \cdot \left[\frac{1}{0.3} - \left(0.043 + \frac{0.012}{0.35} + \frac{0.03}{1.4} + \frac{0.1}{0.085} + \frac{0.16}{1.5} + 0.11 \right) \right] = 0.15 \text{ м.}$$

Приймаємо товщину ізоляційного шару з трьох шарів плит ПСБ-С по 50 мм.

$$k_o = 0.3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

3.2. Визначаємо товщини ізоляційних шарів камери зберігання охолодженого м'яса №2.

Температура повітря всередині камери $t_k = -1^{\circ}\text{C}$.

Розрахункова літня температура зовнішнього повітря дорівнює $t_p = 33^{\circ}\text{C}$.

Зовнішня стіна.

$$t_k = -1^{\circ}\text{C}$$

$k = 0.42 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – нормативний коефіцієнт теплопередачі зовнішньої стіни;

$\alpha_3 = 23,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_3} = 0.043 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та відповідний

термічний опір для зовнішньої поверхні стіни;

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

$\alpha_{\text{вн}} = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} = 0.125 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та відповідний термічний опір для внутрішньої поверхні стіни.

Конструкція зовнішньої стіни холодильника (мал. 3.1)

№ шару	Найменування та матеріал шару	Товщина матеріалів δ_i , м	Коефіцієнт теплопровідності λ_i , $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$
1	Штукатурка	0.02	0.88
2	Цегляний мур	0.38	0.82
3	Пароізоляція	0.004	0.35
4	Теплоізоляція з ПСБ-С	–	0.047

Необхідна товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{\text{із}}^{\text{норм}} = 0.047 \cdot \left[\frac{1}{0.42} - \left(0.043 + 3 \cdot \frac{0.02}{0.88} + \frac{0.38}{0.82} + \frac{0.004}{0.35} + 0.125 \right) \right] = 0.078 \text{ м.}$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 100 мм з двох шарів ПСБ-С по 50 мм.

Розрахуємо дійсний коефіцієнт теплопередачі: $\frac{1}{\left(0.043 + 3 \cdot \frac{0.02}{0.88} + \frac{0.38}{0.82} + \frac{0.004}{0.35} + 0.125 \right) + \frac{0.1}{0.047}} = 0.35 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

Внутрішня стінка.

$k = 0.57 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – нормативний коефіцієнт теплопередачі внутрішньої стіни;

$\alpha_3 = 23,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_3} = 0.043 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та відповідний

термічний опір для внутрішньої стіни;

$\alpha_{\text{вн}} = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} = 0.125 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та відповідний

термічний опір для внутрішньої поверхні.

Конструкція внутрішньої стіни холодильника (мал. 3.2)

№	Найменування та матеріал	Товщина	Коефіцієнт
---	--------------------------	---------	------------

						КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			20

шару	шару	матеріалів δ_i , м	теплопровідності $\lambda_i, \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$
1	Штукатурка	0.02	0.88
2	Цегляний мур	0.125	0.82
3	Пароізоляція з гідроізолу	0.004	0.35
4	Теплоізоляція з пінобетону	–	0.15

Необхідна товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{iz}^{norm} = 0.15 \cdot \left[\frac{1}{0.57} - \left(0.043 + 3 \cdot \left(\frac{0.02}{0.88} + \frac{0.125}{0.82} + \frac{0.004}{0.35} + 0.125 \right) \right) \right] = 0.19 \text{ м.}$$

Приймаємо ізоляцію внутрішньої стіни 200 мм з одного шару пінобетонних блоків товщиною 200 мм.

$$\text{Дійсний коефіцієнт теплопередачі } k = \frac{1}{\left(\frac{0.043}{0.88} + \frac{0.125}{0.82} + \frac{0.004}{0.35} + 0.125 \right) + \frac{0.2}{0.15}} = 0.54 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Покрівля.

$k = 0.34 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – нормативний коефіцієнт теплопередачі покрівлі;

$\alpha_3 = 23,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_3} = 0.043 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та відповідний

термічний опір для покрівлі;

$\alpha_{вн} = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_{вн}} = 0.125 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та відповідний

термічний опір для внутрішньої сторони покрівлі.

Конструкція покрівлі (мал. 3.4)

№ шару	Найменування та матеріал шару	Товщина матеріалів δ_i , м	Коефіцієнт теплопровідності $\lambda_i, \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$
1	5 шарів гідроізолу на гарячій бітумній мастиці	0.012	0.35
2	Стяжка з бетону	0.03	1.4

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

3	Плиткова теплоізоляція (пінопласт полістирольний марки ПСБ-С)	–	0.047
4	Плиткова теплоізоляція (жорсткі мінералові плити, два шара)	0.1	0.085
5	Залізобетонна плита покрівлі	0.16	1.5

Необхідна товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{iz}^{номп} = 0.047 \cdot \left[\frac{1}{0.34} - \left(0.043 + \frac{0.012}{0.35} + \frac{0.03}{1.4} + \frac{0.1}{0.085} + \frac{0.16}{1.5} + 0.125 \right) \right] = 0.105 \text{ м.}$$

Приймаємо товщину ізоляції покрівлі 100 мм.

Дійсний коефіцієнт теплопередачі:

$$\frac{1}{\left(0.043 + \frac{0.012}{0.35} + \frac{0.03}{1.4} + \frac{0.1}{0.085} + \frac{0.16}{1.5} + 0.125 \right) + \frac{0.1}{0.047}} = 0.36 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

3.3. Камера охолодження субпродуктів №3.

Температура повітря всередині камери $t_k = -1^{\circ}\text{C}$.

Розрахункова літня температура зовнішнього повітря дорівнює $t_p = 33^{\circ}\text{C}$.

Зовнішня стіна.

$k = 0.42 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – нормативний коефіцієнт теплопередачі зовнішньої стіни;
 $\alpha_3 = 23,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_3} = 0.043 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та відповідний

термічний опір для зовнішньої стіни;

$\alpha_{вн} = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_{вн}} = 0.11 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та відповідний

термічний опір для внутрішньої сторони.

Конструкція зовнішньої стіни холодильника (мал. 3.1)

№ шару	Найменування та матеріал шару	Товщина матеріалів δ_i , м	Коефіцієнт теплопровідності λ_i , $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$
1	Штукатурка	0.02	0.88

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

2	Цегляний мур	0.38	0.82
3	Пароізоляція	0.004	0.35
4	Теплоізоляція з ПСБ-С	–	0.047

Необхідна товщина ізоляційного шару:

$$\delta_{is}^{nomp} = 0.047 \cdot \left[\frac{1}{0.42} - \left(0.043 + 3 \cdot \frac{0.02}{0.88} + \frac{0.38}{0.82} + \frac{0.004}{0.35} + 0.11 \right) \right] = 0.089 \text{ м.}$$

Приймаємо товщину ізоляційного шару 100 мм з двох шарів плит ПСБ-С по 50 мм.

Розрахуємо дійсний коефіцієнт теплопередачі:

$$\frac{1}{\left(0.043 + 3 \cdot \frac{0.02}{0.88} + \frac{0.38}{0.82} + \frac{0.004}{0.35} + 0.11 \right) + \frac{0.1}{0.047}} = 0.34 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Внутрішня стіна.

$k = 0.57 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – нормативний коефіцієнт теплопередачі внутрішньої стіни;

$\alpha_3 = 23,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_3} = 0.043 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та відповідний

термічний опір для внутрішньої стіни;

$\alpha_{вн} = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_{вн}} = 0.11 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та відповідний

термічний опір для внутрішньої поверхні.

Конструкція внутрішньої стіни холодильника (мал. 3.2)

№ шару	Найменування та матеріал шару	Товщина матеріалів δ_i , м	Коефіцієнт теплопровідності λ_i , Вт/(м·К)
1	Штукатурка	0.02	0.88
2	Цегляний мур	0.125	0.82
3	Пароізоляція з гідроізолу	0.004	0.35
4	Теплоізоляція з пінобетону	–	0.15

Необхідна товщина ізоляційного шару:

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

$$\delta_{із}^{номр} = 0.15 \cdot \left[\frac{1}{0.57} - \left(0.043 + 3 \cdot \frac{0.02}{0.88} + \frac{0.125}{0.82} + \frac{0.004}{0.35} + 0.11 \right) \right] = 0.19 \text{ м.}$$

Приймаємо товщину ізоляції внутрішньої стіни 200 мм з одного шару пінобетонних блоків товщиною 200 мм.

Розрахуємо дійсний коефіцієнт теплопередачі: $\frac{1}{\left(0.043 + 3 \cdot \frac{0.02}{0.88} + \frac{0.125}{0.82} + \frac{0.004}{0.35} + 0.11 \right) + \frac{0.2}{0.15}} = 0.54 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

Покрівля.

$k = 0.34 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – нормативний коефіцієнт теплопередачі покрівлі;

$\alpha_з = 23,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_з} = 0.043 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та відповідний

термічний опір для покрівлі;

$\alpha_{вн} = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_{вн}} = 0.11 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та відповідний

термічний опір для внутрішньої сторони покрівлі.

Конструкція покрівлі (мал. 3.4)

№ шару	Найменування та матеріал шару	Товщина матеріалів δ_i , м	Коефіцієнт теплопровідності λ_i , Вт/(м·К)
1	5 шарів гідроізола на гарячій бітумній мастиці	0.012	0.35
2	Стяжка з бетону	0.03	1.4
3	Плиткова теплоізоляція (пінопласт полістирольний марки ПСБ-С)	–	0.047
4	Плиткова теплоізоляція (жорсткі мінералові плити, два шара)	0.1	0.085
5	Залізобетонна плита покрівлі	0.16	1.5

Необхідна товщина ізоляційного шару:

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

$$\delta_{із}^{номп} = 0.047 \cdot \left[\frac{1}{0.34} - \left(0.043 + \frac{0.012}{0.35} + \frac{0.03}{1.4} + \frac{0.1}{0.085} + \frac{0.16}{1.5} + 0.11 \right) \right] = 0.112 \text{ м.}$$

Приймаємо товщину ізоляції покрівлі 100 мм.

Розрахуємо дійсний коефіцієнт теплопередачі:

$$k_d = \frac{1}{\left(0.043 + \frac{0.012}{0.35} + \frac{0.03}{1.4} + \frac{0.1}{0.085} + \frac{0.16}{1.5} + 0.11 \right) + \frac{0.1}{0.047}} = 0.28 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

3.4. Камера заморозування

субпродуктів №4.

Температура повітря всередині камери $t_k = -30^\circ \text{C}$.

Зовнішня стіна.

$t_k = -30^\circ \text{C}$, циркуляція повітря у камері інтенсивна.

$k = 0.21 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – нормативний коефіцієнт теплопередачі зовнішньої стіни;

$\alpha_3 = 23,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_3} = 0.043 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та

відповідний термічний опір для зовнішньої стіни;

$\alpha_{вн} = 10.5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_{вн}} = 0.095 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та

відповідний термічний опір для внутрішньої сторони.

Конструкція зовнішньої стіни (мал. 3.1)

№ шару	Найменування та матеріал шару	Товщина матеріалів $\delta_i, \text{м}$	Коефіцієнт теплопровідності $\lambda_i, \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$
1	Штукатурка	0.02	0.88
2	Цегляний мур	0.38	0.82
3	Пароізоляція з гідроізолу	0.004	0.35
4	Теплоізоляція з ПСБ-С	–	0.047

Необхідна товщина ізоляційного шару:

$$\delta_{із}^{номп} = 0.047 \cdot \left[\frac{1}{0.21} - \left(0.043 + 3 \cdot \frac{0.02}{0.88} + \frac{0.38}{0.82} + \frac{0.004}{0.35} + 0.095 \right) \right] = 0.19 \text{ м.}$$

						Арк.
					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо товщину ізоляційного шару 200 мм з чотирьох шарів плит ПСБ-С по 50 мм.

Розрахуємо дійсний коефіцієнт теплопередачі: $0.2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

$$\left(0.043 + 3 \cdot \frac{0.02}{0.88} + \frac{0.38}{0.82} + \frac{0.004}{0.35} + 0.095 \right) + \frac{0.2}{0.047}$$

Внутрішня стіна.

$k = 0.21 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – нормативний коефіцієнт теплопередачі внутрішньої стіни;

$\alpha_3 = 23,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_3} = 0.043 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та відповідний

термічний опір для внутрішньої стіни;

$\alpha_{\text{вн}} = 10.5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} = 0.095 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та

відповідний термічний опір для внутрішньої поверхні.

Конструкція внутрішньої стіни холодильника (мал. 3.2)

№ шару	Найменування та матеріал шару	Товщина матеріалів $\delta_i, \text{ м}$	Коефіцієнт теплопровідності $\lambda_i, \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$
1	Штукатурка	0.02	0.88
2	Цегляний мур	0.125	0.82
3	Пароізоляція з гідроізолу	0.004	0.35
4	Теплоізоляція з пінобетону	–	0.15

Необхідна товщина ізоляційного шару:

$$\delta_{\text{із}}^{\text{норм}} = 0.15 \cdot \left[\frac{1}{0.21} - \left(0.043 + 3 \cdot \frac{0.02}{0.88} + \frac{0.125}{0.82} + \frac{0.004}{0.35} + 0.095 \right) \right] = 0.41 \text{ м.}$$

Приймаємо товщину ізоляційного шару 400 мм з двох шарів пінобетону по 200 мм.

Розрахуємо дійсний коефіцієнт теплопередачі: $0.22 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

$$\left(0.043 + 3 \cdot \frac{0.02}{0.88} + \frac{0.125}{0.82} + \frac{0.004}{0.35} + 0.095 \right) + \frac{0.4}{0.15}$$

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Перегородка.

$k = 0.46 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – нормативний коефіцієнт теплопередачі перегородки;

$\alpha_3 = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_3} = 0.11 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та відповідний

термічний опір для перегородки;

$\alpha_{\text{вн}} = 10.5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} = 0.095 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та

відповідний термічний опір для внутрішньої сторони перегородки.

Конструкція перегородки (мал. 3.2)

№ шару	Найменування та матеріал шару	Товщина матеріалів δ_i , м	Коефіцієнт теплопровідності $\lambda_i, \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$
1	Штукатурка цементна	0.02	0.88
2	Цегляний мур	0.125	0.82
3	Пароізоляція з гідроізолу	0.004	0.35
4	Теплоізоляція з пінобетону	–	0.15

Необхідна товщина ізоляційного шару:

$$\delta_{\text{із}}^{\text{норм}} = 0.15 \cdot \left[\frac{1}{0.46} - \left(0.11 + 3 \cdot \frac{0.02}{0.88} + \frac{0.125}{0.82} + \frac{0.004}{0.35} + 0.095 \right) \right] = 0.31 \text{ м.}$$

Приймаємо ізоляцію перегородки 400 мм з двох шарів пінобетонних блоків товщиною 200 мм.

Розрахуємо дійсний коефіцієнт теплопередачі:

$$\frac{1}{\left(0.11 + 3 \cdot \frac{0.02}{0.88} + \frac{0.125}{0.82} + \frac{0.004}{0.35} + 0.095 \right) + \frac{0.4}{0.15}} = 0.35 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Підлога.

$k = 0.23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – нормативний коефіцієнт теплопередачі підлоги;

$\alpha_3 = 0 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – коефіцієнт тепловіддачі від ґрунту до конструкції підлоги;

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\alpha_{\text{вн}} = 10.5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} = 0.095 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та відповідний термічний опір від поверні підлоги до повітря.

Конструкція підлоги (мал. 3.3)

№ шару	Найменування та матеріал шару	Товщина матеріалів $\delta_i, \text{м}$	Коефіцієнт теплопровідності $\lambda_i, \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$
1	Чиста підлога з мозаїчних плит	0.055	1.4
2	Бетонна підготовка з електродігрівачами	0.1	1.4
3	Теплоізоляція з керамзитового гравію	–	0.18
4	Бетонна підготовка	0.1	1.4
5	Гідроізоляція	0.001	0.15
6	Бетонна підготовка по ущільненому ґрунту з щебінкою	–	–

Необхідна товщина ізоляційного шару:

$$\delta_{\text{із}}^{\text{норм}} = 0.18 \cdot \left[\frac{1}{0.23} - \left(\frac{0.055 + 0.1 + 0.1}{1.4} + 0.095 \right) \right] = 0.74 \text{ м.}$$

$$k_{\text{о}} = 0.23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Покрівля.

$k = 0.2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – нормативний коефіцієнт теплопередачі покрівлі;

$\alpha_3 = 23.3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_3} = 0.043 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та відповідний

термічний опір для покрівлі;

$\alpha_{\text{вн}} = 10.5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} = 0.095 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та

відповідний термічний опір для внутрішньої сторони покрівлі.

Конструкція покрівлі (мал. 3.4)

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

№ шару	Найменування та матеріал шару	Товщина матеріалів $\delta_i, \text{м}$	Коефіцієнт теплопровідності $\lambda_i, \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$
1	5 шарів гідроізоли на гарячій бітумній мастиці	0.012	0.35
2	Стяжка з бетону	0.03	1.4
3	Плиткова теплоізоляція (пінопласт полістирольний марки ПСБ-С)	–	0.047
4	Плиткова теплоізоляція (жорсткі мінералові плити, два шара)	0.1	0.085
5	Залізобетонна плита покрівлі	0.16	1.5

Необхідна товщина ізоляційного шару:

$$\delta_{iz}^{номп} = 0.047 \cdot \left[\frac{1}{0.2} - \left(0.043 + \frac{0.012}{0.35} + \frac{0.03}{1.4} + \frac{0.1}{0.085} + \frac{0.16}{1.5} + 0.095 \right) \right] = 0.17 \text{ м.}$$

Приймаємо товщину ізоляційного шару з чотирьох шарів плит ПСБ-С по 50 мм.

Розрахунок дійсного коефіцієнта теплопередачі:

$$\frac{1}{\left(0.043 + \frac{0.012}{0.35} + \frac{0.03}{1.4} + \frac{0.1}{0.085} + \frac{0.16}{1.5} + 0.095 \right) + \frac{0.2}{0.047}} = 0.17 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

3.5. Камера заморожування субпродуктів №4а.

$t_k = -30^\circ \text{C}$, циркуляція повітря в камері інтенсивна.

$t_p = 33^\circ \text{C}$.

Усі умови в камері відповідають умовам в камері №4. Тому і ізоляційні конструкції приймаємо аналогічні.

3.6. Камера зберігання мороженого м'яса №5.

Температура повітря всередині камери $t_k = -20^\circ \text{C}$.

Розрахункова літня температура зовнішнього повітря дорівнює $t_p = 33^\circ \text{C}$.

Зовнішня стіна.

$t_k = -20^\circ \text{C}$, без примусової циркуляції повітря.

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

$k = 0.23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – нормативний коефіцієнт теплопередачі зовнішньої стіни;
 $\alpha_3 = 23,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_3} = 0.043 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та відповідний

термічний опір для зовнішньої стіни;
 $\alpha_{\text{вн}} = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} = 0.125 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та відповідний

термічний опір для внутрішньої сторони.

Конструкція зовнішньої стіни (мал. 3.1)

№ шару	Найменування та матеріал шару	Товщина матеріалів δ_i , м	Коефіцієнт теплопровідності λ_i , Вт/(м·К)
1	Штукатурка	0.02	0.88
2	Цегляний мур	0.38	0.82
3	Пароізоляція з гідроізолю	0.004	0.35
4	Теплоізоляція з ПСБ-С	–	0.047

Необхідна товщина ізоляційного шару:
 $\delta_{\text{із}}^{\text{норм}} = 0.047 \cdot \left[\frac{1}{0.23} - \left(0.043 + 3 \cdot \frac{0.02}{0.88} + \frac{0.38}{0.82} + \frac{0.004}{0.35} + 0.125 \right) \right] = 0.16$ м.

Приймаємо товщину ізоляційного шару 200 мм з чотирьох шарів плит ПСБ-С по 50 мм.

Розрахуємо дійсний коефіцієнт теплопередачі:
 $\frac{1}{\alpha_3} = 0.043 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$
 $\left(0.043 + 3 \cdot \frac{0.02}{0.88} + \frac{0.38}{0.82} + \frac{0.004}{0.35} + 0.125 \right) + \frac{0.2}{0.047}$

Перегородка.

$k = 0.4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – нормативний коефіцієнт теплопередачі перегородки;
 $\alpha_3 = 23.3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_3} = 0.043 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та відповідний

термічний опір для перегородки;

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\alpha_{\text{вн}} = 6.5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}), \quad \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} = 0.15 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт} \quad - \text{ коефіцієнт тепловіддачі та відповідний}$$

термічний опір для внутрішньої сторони перегородки.

Конструкція перегородки (мал. 3.2)

№ шару	Найменування та матеріал шару	Товщина матеріалів $\delta_i, \text{ м}$	Коефіцієнт теплопровідності $\lambda_i, \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$
1	Штукатурка цегляна	0.02	0.88
2	Цегляний мур	0.125	0.82
3	Пароізоляція з гідроізолю	0.004	0.35
4	Теплоізоляція з пінобетону	–	0.15

Необхідна товщина ізоляційного шару:

$$\delta_{\text{из}}^{\text{нр}} = 0.15 \cdot \left[\frac{1}{0.4} - \left(0.043 + 3 \cdot \frac{0.02}{0.88} + \frac{0.125}{0.82} + \frac{0.004}{0.35} + 0.15 \right) \right] = 0.33 \text{ м.}$$

Приймаємо ізоляцію перегородки 400 мм з двох шарів пінобетонних блоків товщиною по 200 мм.

Розрахуємо дійсний коефіцієнт теплопередачі:

$$\frac{1}{\left(0.043 + 3 \cdot \frac{0.02}{0.88} + \frac{0.125}{0.82} + \frac{0.004}{0.35} + 0.15 \right) + \frac{0.4}{0.15}} = 0.35 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Підлога.

$k = 0.29 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – нормативний коефіцієнт теплопередачі підлоги;

$\alpha_3 = 0 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – коефіцієнт тепловіддачі від ґрунту до конструкції підлоги;

$$\alpha_{\text{вн}} = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}), \quad \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} = 0.125 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт} \quad - \text{ коефіцієнт тепловіддачі та відповідний}$$

термічний опір від поверхні підлоги до повітря.

Конструкція підлоги холодильника (мал. 3.3)

№ шару	Найменування та матеріал шару	Товщина матеріалів $\delta_i, \text{ м}$	Коефіцієнт теплопровідності $\lambda_i, \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$
--------	-------------------------------	--	---

						КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			31

1	Чиста підлога з мозаїчних плит	0.055	1.4
2	Бетонна підготовка з електродігрівачами	0.1	1.4
3	Теплоізоляція з керамзитового гравію	–	0.18
4	Бетонна підготовка	0.1	1.4
5	Гідроізоляція	0.001	0.15
6	Бетонна підготовка по ущільненому ґрунту з щебінкою	–	–

Необхідна товщина ізоляційного шару:

$$\delta_{из}^{норм} = 0.18 \cdot \left[\frac{1}{0.29} - \left(\frac{0.055 + 0.1 + 0.1}{1.4} + 0.125 \right) \right] = 0.55$$

$$k_0 = 0.29 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Покрівля.

$k = 0.21 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – нормативний коефіцієнт теплопередачі покрівлі;

$\alpha_3 = 23,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_3} = 0.043 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та відповідний

термічний опір для покрівлі;

$\alpha_{вн} = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_{вн}} = 0.125 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та відповідний

термічний опір для внутрішньої сторони покрівлі.

Конструкція покрівлі (мал. 3.4)

№ шару	Найменування та матеріал шару	Товщина матеріалів δ_i , м	Коефіцієнт теплопровідності λ_i , Вт/(м·К)
1	5 шарів гідроізоли на гарячій бітумній мастиці	0.012	0.35
2	Стяжка з бетону	0.03	1.4
3	Плиткова теплоізоляція	–	0.047

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

	(пінопласт полістирольний марки ПСБ-С)		
4	Плиткова теплоізоляція (жорсткі мінералові плити, два шара)	0.1	0.085
5	Залізобетонна плита покрівлі	0.16	1.5

Необхідна товщина ізоляційного шару:

$$\delta_{is}^{номр} = 0.047 \cdot \left[\frac{1}{0.21} - \left(0.043 + \frac{0.012}{0.35} + \frac{0.03}{1.4} + \frac{0.1}{0.085} + \frac{0.16}{1.5} + 0.125 \right) \right] = 0.15 \text{ м.}$$

Приймаємо товщину ізоляційного шару з трьох шарів плит ПСБ-С по 50 мм.

$$k_o = 0.3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

3.7. Камера приймання неконденсійних вантажів №6

Внутрішня стіна.

$$t_k = -2^\circ \text{C}$$

$k = 0.37 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – нормативний коефіцієнт теплопередачі внутрішньої стіни;

$\alpha_3 = 23,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_3} = 0.043 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та відповідний

термічний опір для внутрішньої стіни;

$\alpha_{вн} = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_{вн}} = 0.125 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та відповідний

термічний опір для внутрішньої поверхні.

Конструкція внутрішньої стіни холодильника (мал. 3.2)

№ шару	Найменування та матеріал шару	Товщина матеріалів δ_i , м	Коефіцієнт теплопровідності λ_i , Вт/(м·К)
1	Штукатурка	0.02	0.88
2	Цегляний мур	0.125	0.82
3	Пароізоляція з гідроізолю	0.004	0.35
4	Теплоізоляція з пінобетону	–	0.15

Необхідна товщина ізоляційного шару:

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

$$\delta_{iz}^{nomp} = 0.15 \cdot \left[\frac{1}{0.37} - \left(0.043 + 3 \cdot \frac{0.02}{0.88} + \frac{0.125}{0.82} + \frac{0.004}{0.35} + 0.125 \right) \right] = 0.35 \text{ м.}$$

Приймаємо товщину ізоляційного шару 400 мм з двох шарів пінобетону по 200 мм.

$$R_0 = \frac{1}{\left(0.043 + 3 \cdot \frac{0.02}{0.88} + \frac{0.125}{0.82} + \frac{0.004}{0.35} + 0.125 \right) + \frac{0.4}{0.15}} = 0.32 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Покрівля.

$k = 0.32 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – нормативний коефіцієнт теплопередачі покрівлі;

$\alpha_s = 23,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_s} = 0.043 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та відповідний

термічний опір для покрівлі.

$\alpha_{вн} = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_{вн}} = 0.125 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та відповідний

термічний опір для внутрішньої сторони покрівлі.

Конструкція покрівлі (мал. 3.4)

№ шару	Найменування та матеріал шару	Товщина матеріалів $\delta_i, \text{ м}$	Коефіцієнт теплопровідності $\lambda_i, \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$
1	5 шарів гідроізоли на гарячій бітумній мастиці	0.012	0.35
2	Стяжка з бетону	0.03	1.4
3	Плиткова теплоізоляція (пінопласт полістирольний марки ПСБ-С)	–	0.047
4	Плиткова теплоізоляція (жорсткі мінералові плити, два шара)	0.1	0.085
5	Залізобетонна плита покрівлі	0.16	1.5

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Необхідна товщина ізоляційного шару:

$$\delta_{из}^{номр} = 0.047 \cdot \left[\frac{1}{0.32} - \left(0.043 + \frac{0.012}{0.35} + \frac{0.03}{1.4} + \frac{0.1}{0.085} + \frac{0.16}{1.5} + 0.125 \right) \right] = 0.076 \text{ м.}$$

Приймаємо товщину ізоляції 100 мм з двох шарів плит ПСБ-С по 50 мм.

Розрахуємо дійсний коефіцієнт теплопередачі: $\alpha_3 = 0.27 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

$$\left(0.043 + \frac{0.012}{0.35} + \frac{0.03}{1.4} + \frac{0.1}{0.085} + \frac{0.16}{1.5} + 0.125 \right) + \frac{0.1}{0.047}$$

3.8. Камера підморожування неконденсійних вантажів №7.

$$t_k = -20^\circ \text{C}$$

Перегородка.

$k = 0.4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – нормативний коефіцієнт теплопередачі перегородки;

$\alpha_3 = 23.3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_3} = 0.043 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та відповідний

термічний опір для перегородки;

$\alpha_{вн} = 10.5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_{вн}} = 0.095 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та

відповідний термічний опір для внутрішньої сторони перегородки.

Конструкція перегородки (мал. 3.2)

№ шару	Найменування та матеріал шару	Товщина матеріалів δ_i , м	Коефіцієнт теплопровідності λ_i , Вт/(м·К)
1	Штукатурка цегляна	0.02	0.88
2	Цегляний мур	0.125	0.82
3	Пароізоляція з гідроізолау	0.004	0.35
4	Теплоізоляція з пінобетону	–	0.15

Необхідна товщина ізоляційного шару:

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

$$\delta_{із}^{номр} = 0.15 \cdot \left[\frac{1}{0.4} - \left(0.043 + 3 \cdot \frac{0.02}{0.88} + \frac{0.125}{0.82} + \frac{0.004}{0.35} + 0.095 \right) \right] = 0.34 \text{ м.}$$

Приймаємо ізоляцію перегородки 400 мм з двох шарів пінобетонних блоків товщиною по 200 мм.

Розрахуємо дійсний коефіцієнт теплопередачі $0.33 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

$$\left(0.043 + 3 \cdot \frac{0.02}{0.88} + \frac{0.125}{0.82} + \frac{0.004}{0.35} + 0.095 \right) + \frac{0.4}{0.15}$$

Підлога

$k = 0.29 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – нормативний коефіцієнт теплопередачі підлоги.

$\alpha_з = 0 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – коефіцієнт тепловіддачі від ґрунту до конструкції підлоги.

$\alpha_{вн} = 10.5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_{вн}} = 0.095 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ коефіцієнт тепловіддачі та відповідний

термічний опір від поверхні підлоги до повітря.

Конструкція підлоги холодильника (мал. 3.3)

№ шару	Найменування та матеріал шару	Товщина матеріалів δ_i , м	Коефіцієнт теплопровідності λ_i , $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$
1	Чиста підлога з мозаїчних плит	0.055	1.4
2	Бетонна підготовка з електродігрівачами	0.1	1.4
3	Теплоізоляція з керамзитового гравію	–	0.18
4	Бетонна підготовка	0.1	1.4
5	Гідроізоляція	0.001	0.15
6	Бетонна підготовка по ущільненому ґрунту з щебінкою	–	–

Необхідна товщина ізоляційного шару:

$$\delta_{із}^{номр} = 0.18 \cdot \left[\frac{1}{0.29} - \left(\frac{0.055 + 0.1 + 0.1}{1.4} + 0.095 \right) \right] = 0.57 \text{ м.}$$

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

$$k_0 = 0.29 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Покрівля.

$k = 0.21 \cdot \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – нормативний коефіцієнт теплопередачі для покрівлі;

$\alpha_3 = 23,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_3} = 0.043 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та відповідний

термічний опір для покрівлі.

$\alpha_{\text{вн}} = 10.5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} = 0.095 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та

відповідний термічний опір для внутрішньої сторони покрівлі.

Конструкція покрівлі (мал. 3.4)

№ шару	Найменування та матеріал шару	Товщина матеріалів δ_i , м	Коефіцієнт теплопровідності λ_i , Вт/(м·К)
1	5 шарів гідроізолю на гарячій бітумній мастиці	0.012	0.35
2	Стяжка з бетону	0.03	1.4
3	Плиткова теплоізоляція (пінопласт полістирольний марки ПСБ-С)	–	0.047
4	Плиткова теплоізоляція (жорсткі мінералові плити, два шара)	0.1	0.085
5	Залізобетонна плита покрівлі	0.16	1.5

Необхідна товщина ізоляційного шару:

$$\delta_{\text{із}}^{\text{норм}} = 0.047 \cdot \left[\frac{1}{0.21} - \left(0.043 + \frac{0.012}{0.35} + \frac{0.03}{1.4} + \frac{0.1}{0.085} + \frac{0.16}{1.5} + 0.095 \right) \right] = 0.152 \text{ м.}$$

Приймаємо товщину ізоляційного шару з трьох шарів типу ПСБ-С по 50 мм.

$$\left(0.043 + \frac{0.012}{0.35} + \frac{0.03}{1.4} + \frac{0.1}{0.085} + \frac{0.16}{1.5} + 0.095 \right) + \frac{0.15}{0.047}$$

3.9. Камери заморожування м'яса: №8, 9, 10, 11, 12, 13.

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Всі ці умови в цих камерах та їх параметри цілком відповідають умовам та параметрам камери заморожування субпродуктів №4. Таким чином, ізоляційні конструкції та їх товщини в цих камерах приймаємо аналогічними ізоляційним конструкціям та їх товщина камери заморожування субпродуктів №4.

3.10. Камери зберігання м'яса: №14, 16, 17.

Ці камери цілком аналогічні камері зберігання м'яса №5, тому ізоляційні конструкції та їх товщини приймаємо такі ж самі, що і в камері №5.

3.11. Камера схову кишок №15.

$$t_k = -4^{\circ}C$$

Зовнішня стіна.

$k = 0.46 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – нормативний коефіцієнт теплопередачі зовнішньої стіни;

$\alpha_3 = 23,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_3} = 0.043 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та відповідний

термічний опір для зовнішньої стіни;

$\alpha_{\text{вн}} = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} = 0.125 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та відповідний

термічний опір для внутрішньої поверхні.

Конструкція зовнішньої стіни (мал. 3.1)

№ шару	Найменування та матеріал шару	Товщина матеріалів δ_i , м	Коефіцієнт теплопровідності λ_i , Вт/(м·К)
1	Штукатурка	0.02	0.88
2	Цегляний мур	0.38	0.82
3	Пароізоляція з гідроізолю	0.004	0.35
4	Теплоізоляція з ПСБ-С	–	0.047

Необхідна товщина ізоляційного шару:

$$\delta_{\text{із}}^{\text{ном}} = 0.047 \cdot \left[\frac{1}{0.46} - \left(0.043 + 3 \cdot \frac{0.02}{0.88} + \frac{0.38}{0.82} + \frac{0.004}{0.35} + 0.125 \right) \right] = 0.06 \text{ м.}$$

Приймаємо товщину ізоляції 100 мм з двох шарів ПСБ-С по 50 мм.

Розрахуємо дійсний коефіцієнт теплопередачі:

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

$$k_o = \frac{1}{\left(0.043 + 3 \cdot \frac{0.02}{0.88} + \frac{0.38}{0.82} + \frac{0.004}{0.35} + 0.125\right) + \frac{0.1}{0.047}} = 0.33 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Внутрішня стіна.

$k = 0.7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – нормативний коефіцієнт теплопередачі внутрішньої стіни;

$\alpha_3 = 23,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_3} = 0.043 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та відповідний

термічний опір для внутрішньої стіни;

$\alpha_{\text{вн}} = 6.5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} = 0.15 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та відповідний

термічний опір для внутрішньої поверхні.

Конструкція внутрішньої стіни холодильника (мал. 3.2)

№ шару	Найменування та матеріал шарів	Товщина матеріалів $\delta_i, \text{ м}$	Коефіцієнт теплопровідності $\lambda_i, \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$
1	Штукатурка	0.02	0.88
2	Цегляний мур	0.125	0.82
3	Пароізоляція з гідроізолю	0.004	0.35
4	Теплоізоляція з пінобетону	–	0.15

Необхідна товщина ізоляційного шару:

$$\delta_{\text{із}}^{\text{норм}} = 0.15 \cdot \left[\frac{1}{0.7} - \left(0.043 + 3 \cdot \frac{0.02}{0.88} + \frac{0.125}{0.82} + \frac{0.004}{0.35} + 0.15 \right) \right] = 0.18 \text{ м.}$$

Приймаємо товщину ізоляційного шару з одного шару пінобетону товщиною 200

мм. $k_o = \frac{1}{\left(0.043 + 3 \cdot \frac{0.02}{0.88} + \frac{0.125}{0.82} + \frac{0.004}{0.35} + 0.15\right) + \frac{0.2}{0.15}} = 0.64 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

Покрівля.

$k = 0.41 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – нормативний коефіцієнт теплопередачі покрівлі;

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

$\alpha_3 = 23,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_3} = 0.043 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та відповідний

термічний опір для покрівлі;

$\alpha_{\text{вн}} = 6.5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} = 0.15 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та відповідний

термічний опір для внутрішньої сторони покрівлі.

Конструкція покрівлі (мал. 3.4)

№ шару	Найменування та матеріал шару	Товщина матеріалу δ_i , м	Коефіцієнт теплопровідності λ_i , Вт/(м·К)
1	5 шарів гідроізолю на гарячій бітумній мастиці	0.012	0.35
2	Стяжка з бетону	0.03	1.4
3	Плиткова теплоізоляція (пінопласт полістирольний марки ПСБ-С)	–	0.047
4	Плиткова теплоізоляція (жорсткі мінералові плити, два шара)	0.1	0.085
5	Залізобетонна плита покрівлі	0.16	1.5

Необхідна товщина ізоляційного шару:

$$\delta_{\text{із}}^{\text{норм}} = 0.047 \cdot \left[\frac{1}{0.41} - \left(0.043 + \frac{0.012}{0.35} + \frac{0.03}{1.4} + \frac{0.1}{0.085} + \frac{0.16}{1.5} + 0.15 \right) \right] = 0.047 \text{ м.}$$

Приймаємо товщину ізоляції з одного шару ПСБ-С $\frac{1}{\left(0.043 + \frac{0.012}{0.35} + \frac{0.03}{1.4} + \frac{0.1}{0.085} + \frac{0.16}{1.5} + 0.15 \right) + \frac{0.05}{0.047}} = 0.4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

3.12. Експедиція, камера №18.

$$t_{\text{к}} = -12^{\circ}\text{C}$$

Зовнішня стіна.

$k = 0.58 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – нормативний коефіцієнт теплопередачі зовнішньої стіни;

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

$\alpha_3 = 23,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_3} = 0.043 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та відповідний

термічний опір для зовнішньої стіни;

$\alpha_{\text{вн}} = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} = 0.125 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ – коефіцієнт тепловіддачі та відповідний

термічний опір для внутрішньої поверхні.

Конструкція зовнішньої стіни (мал. 3.1)

№ шару	Найменування та матеріал шару	Товщина матеріалу δ_i , м	Коефіцієнт теплопровідності λ_i , Вт/(м·К)
1	Штукатурка	0.02	0.88
2	Цегляний мур	0.38	0.82
3	Пароізоляція з гідроізолу	0.004	0.35
4	Теплоізоляція з ПСБ-С	–	0.047

Необхідна товщина ізоляційного шару:

$$\delta_{\text{із}}^{\text{норм}} = 0.047 \cdot \left[\frac{1}{0.58} - \left(0.043 + 3 \cdot \frac{0.02}{0.88} + \frac{0.38}{0.82} + \frac{0.004}{0.35} + 0.125 \right) \right] = 0.048 \text{ м.}$$

Приймаємо товщину ізоляції 50 мм з одного шару ПСБ-С товщиною 50 мм.

$$k_{\delta} = 0.58 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

4 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОПРИЛИВІВ У КАМЕРИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛООВОГО НАВАНТАЖЕННЯ ДЛЯ ПІДБОРУ КАМЕРНОГО УСТАТКУВАННЯ ТА КОМПРЕСОРИВ

Розрахунок тепло приливів у камеру охолодження м'яса №1.

Визначаємо тепло приливи в камеру. Ємкість камери – 17.5 т., підлога з електропідігрівачем. Камера займає один будівельний квадрат з сіткою 6×12 м.

Добове надходження м'яса у даному випадку відповідає ємності камери. Для камер схову добове надходження м'яса відповідає 6% от ємності камер.

Температура м'яса, що надходить, 35 °С, температура повітря в камері – -3 °С.

При визначенні теплового навантаження враховують наступні тепло приливи:

- через захисні конструкції приміщення Q_1 ;
- від продуктів при їх охолодженні Q_2 ;
- з зовнішнім повітрям при вентиляції приміщення Q_3 ;
- від різноманітних джерел при експлуатації камер Q_4 ;
- від фруктів у процесі «дихання» для життєдіяльності клітин Q_5 .

Навантаження на камерне устаткування визначають як суму всіх тепло приливів у дану камеру, тому що устаткування повинно забезпечити відведення теплоти при самих несприятливих умовах.

$$\sum Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5.$$

4.1 Тепло приливи через захисні конструкції.

$$Q_1 = Q_{1m} + Q_{1c} \quad (4.1)$$

Q_{1m} – тепло приливи, викликані наявністю різницею температур зовні огороження та всередині приміщення, що охолоджується;

Q_{1c} – тепло приливи, викликані дією сонячної радіації.

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

4.1.1 Тепло приливи через стіни, перегородки, покрівлі та підлоги Q_{1m} (кВт)

$$Q_{1m} = K^{\circ} \cdot F \cdot \theta \cdot 10^{-3} = K^{\circ} \cdot F \cdot (t_n - t_e) \cdot 10^{-3} \quad (4.2)$$

де K° – дійсний коефіцієнт теплопередачі огороження, що визначається при розрахунку товщини ізоляційного шару, $Bm/(m^2 \cdot K)$;

F – розрахункова площа поверхонь огороження, m^2 ;

θ – розрахункова різниця температуррасчетная разность температур;

$t_n = 33^{\circ}C$ – розрахункова зовнішня температура повітря;

$t_e = -3^{\circ}C$ – розрахункова температура повітря в камері.

4.1.2 Тепло приливи від сонячної радіації крізь зовнішні стіни та покриття холодильника Q_{1c} (кВт).

$$Q_{1c} = K^{\circ} \cdot F \cdot \Delta t_c \cdot 10^3 \quad (4.3)$$

K° – дійсний коефіцієнт теплопередачі огороження, $Bm/(m^2 \cdot K)$;

F – розрахункова площа поверхонь огороження, опромінюваного сонцем, m^2 ;

Δt_c – надлишкова різниця температур, що характеризує дію сонячної радіації у літній період, $^{\circ}C$.

Кількість теплоти від сонячної радіації залежить від зони розташування холодильника, характеру поверхні та орієнтації її по сторонам горизонту.

Δt_c – стіна західна = $10.2^{\circ}C$;

Δt_c – покрівля = $18.5^{\circ}C$;

K° беремо з попередньої глави.

4.1.3 По вище приведеним формулам визначаємо тепло приливи для кожного огороження камери окремо, які показані в таблиці (4.1).

Таблиця 4.1

Огороження	Розрахунок тепло приливів Q_1 (кВт)
Стіна зовнішня західна	$Q_{1m} = 0.34 \cdot 72 \cdot (33 - (-3)) \cdot 10^{-3} = 0.881$ $Q_{1c} = 0.34 \cdot 72 \cdot 10.2 \cdot 10^{-3} = 0.250$
Стіна зовнішня північна	$Q_{1m} = 0.34 \cdot 36 \cdot (33 - (-3)) \cdot 10^{-3} = 0.441$
Перегородка	$Q_{1m} = 0.33 \cdot 69.7 \cdot (-1 - (-3)) \cdot 10^{-3} = 0.046$

Стіна внутрішня	$Q_{1m} = 0.52 \cdot 33.7 \cdot 25.2 \cdot 10^{-3} = 0.442$
Покрівля	$Q_{1m} = 0.26 \cdot 72 \cdot (33 - (-3)) \cdot 10^{-3} = 0.674$ $Q_{1c} = 0.26 \cdot 72 \cdot 18.5 \cdot 10^{-3} = 0.346$
Підлога (має обігрівач)	$Q_{1m} = 0.43 \cdot 72 \cdot (2 - (-3)) \cdot 10^{-3} = 0.155$

Знаючи з яких стін (зовнішніх та внутрішніх), а також орієнтацію камери, ми визначаємо для неї Q_1 .

$$\Sigma Q_1 = 0.881 + 0.250 + 0.441 + 0.046 + 0.442 + 0.674 + 0.346 + 0.155 = 3.23 \text{ кВт}$$

4.2 Тепло приливи від вантажів.

При холодильній обробці, тобто охолодженні, кожний кг продукту виділяє тепло у кількості $g = \Delta i (\text{кДж/кг}), (Q_{2np})$.

Тепло приливи $Q_2 (\text{кВт})$ від вантажів визначаємо згідно формули:

$$Q_{2np} = G_{np} \cdot \Delta i \cdot \frac{10^3}{\tau \cdot 3600} \quad (4.4)$$

G_{np} – добове надходження продуктів, т/добу; $G_{np} = 17.5$ т/добу;

$\tau = 12$ – час термічної обробки, година;

Δi – різниця питомих ентальпій продукту, що відповідає початковій та кінцевій температурам продукту, кДж/кг ;

при температурі завантаження = 35 °С $i_n = 345 \text{ кДж/кг}$

при температурі продукту, що випускається, = 4 °С $i_k = 245 \text{ кДж/кг}$

При цьому припускаємо, що продукт надходить в камеру рівномірно на протязі доби:

$$Q_2 = \frac{17.5 \cdot (345 - 245)}{12 \cdot 3600} \cdot 10^3 = 40.51 \text{ кВт}$$

4.3 Тепло приливи при вентиляції приміщення.

$Q_3 = 0 \text{ кВт}$, тому що тепло приливи від зовнішнього повітря при вентиляції слід враховувати тільки при проектуванні спеціалізованих холодильників та камер схову фруктів.

4.4 Експлуатаційні тепло приливи.

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Ці тепло приливи виникають внаслідок освітлювання камер, перебування в них людей, роботи електродвигунів та відкривання дверей.

4.4.1 Тепло приливи від освітлювання g_1 (кВт) розраховуємо по формулі:

$$g_1 = A \cdot F \cdot 10^{-3} \quad (4.5)$$

де A – тепло, що виділяється джерелами освітлювання в одиницю часу на m^2 площі підлоги, з урахуванням коефіцієнта одночасності включення; $A = 4.5 \text{ Вт} / m^2$;

F – площа камери, $F = 6 \cdot 12 = 72 m^2$;

$$g_1 = 4.5 \cdot 72 \cdot 10^{-3} = 0.323 \text{ кВт}$$

4.4.2 Тепло приливи від перебування людей g_2 , кВт

$$g_2 = 0.23 \cdot n \quad (4.6)$$

0.23 – тепловиділення однієї людини при помірній фізичній роботі;

n – кількість людей, працюючих у даному приміщенні, $n = 2$

$$g_2 = 0.23 \cdot 2 = 0.46 \text{ кВт}$$

4.4.3 Тепло приливи від працюючих електродвигунів g_3 визначаємо по формулі:

$$g_3 = N_E \quad (4.7)$$

N_E – сумарна потужність електродвигунів

$$g_3 = 12 \text{ кВт}$$

4.4.4 Тепло приливи від відкривання дверей g_4 (кВт) розраховуємо по формулі:

$$g_4 = \kappa \cdot F \cdot 10^{-3} \quad (4.8)$$

κ – питомий прилив тепла при відкриванні дверей, віднесений до $1 m^2$ площі підлоги, $\kappa = 7 \text{ Вт} / m^2$;

F – площа камери, $F = 72 m^2$;

$$g_4 = 7 \cdot 72 \cdot 10^{-3} = 0.504 \text{ кВт}$$

Експлуатаційні тепло приливи визначаємо як суму тепло приливів окремих видів:

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_4 = g_1 + g_2 + g_3 + g_4$$

$$Q_4 = 0.324 + 0.460 + 12 + 0.504 = 13.288 \text{ кВт}$$

Аналогічним чином розраховуємо тепло приливи і в інших камерах холодильника. Отримані значення тепло приливів заносимо у зведену таблицю (4.2) тепло приливів по кожній камері окремо.

Таблиця 4.2

Приміщення	$Q_1, \text{кВт}$	$Q_2, \text{кВт}$	$Q_4, \text{кВт}$	$\Sigma Q, \text{кВт}$
Камера охолодження м'яса №1	3.2	40.5	13.3	57
Камера зберігання охолодженого м'яса №2	1.9	3	0.9	5.8
Охолодження субпродуктів №3	1.9	20.3	9.3	31.5
Замороження субпродуктів №4	3.3	41.4	9.2	43.9
Замороження субпродуктів №4а	3.3	41.4	9.2	43.9
Камера зберігання мороженого м'яса №5	9.6	9	1.7	20.3
Приймання неконденсійних вантажів №6	1	0.4	1.3	2.7
Підморожування неконденсійних вантажів №7	2	3.4	0.8	6.2
Заморожування м'яса №8	4.5	69	17.4	90.9
Заморожування м'яса №9	3	69	17.4	89.4
Заморожування м'яса №10	11	69	21.7	101.7
Заморожування м'яса №11	4	69	17.2	90.2
Заморожування м'яса №12	2.8	69	17.2	89
Заморожування м'яса №13	4.6	69	21.7	95.3
Камера зберігання мороженого м'яса №14	13.6	13.5	2.5	29.6
Камера зберігання мороженого кишок №15	1.6	1	1.2	3.8
Камера зберігання мороженого м'яса №16	4.9	6	1.1	12
Камера зберігання мороженого м'яса №17	21.3	15	2.9	39.2
Експедиція №18	1.2	0.8	2.5	4.5
$\Sigma Q_{\text{заг}}$				856.9

4.5. Визначення навантаження для підбору компресора.

Навантаження на компресори, працюючих при температурі кипіння $t_0 = -40$:

$$\Sigma Q_{-40} = \Sigma Q_1 + \Sigma Q_2 + 0.7 \cdot \Sigma Q_4 = 36.5 + 496.8 + 0.7 \cdot 131 = 625 \text{ кВт.}$$

Навантаження на компресори, працюючих при температурі кипіння $t_0 = -40$:

$$\Sigma Q_{-30} = \Sigma Q_1 + 0.6 \cdot \Sigma Q_2 + 0.7 \cdot \Sigma Q_4 = 51.4 + 0.6 \cdot 46.9 + 0.7 \cdot 9 = 85.84 \text{ кВт.}$$

Навантаження на компресори, працюючих при температурі кипіння $t_0 = -40$:

$$\Sigma Q_{-12} = \Sigma Q_1 + 0.6 \cdot \Sigma Q_2 + 0.7 \cdot \Sigma Q_4 = 9.6 + 0.6 \cdot 65.2 + 0.7 \cdot 26 = 66.92 \text{ кВт.}$$

Розрахункова (необхідна) холодовидатність для підбору компресорів:

$$Q_{0(-40)} = 1.1 \cdot \Sigma Q_{\text{км}} = 1.1 \cdot 625 = 688 \text{ кВт;}$$

$$Q_{0(-30)} = 1.07 \cdot \Sigma Q_{\text{км}} = 1.07 \cdot 85.84 = 92 \text{ кВт;}$$

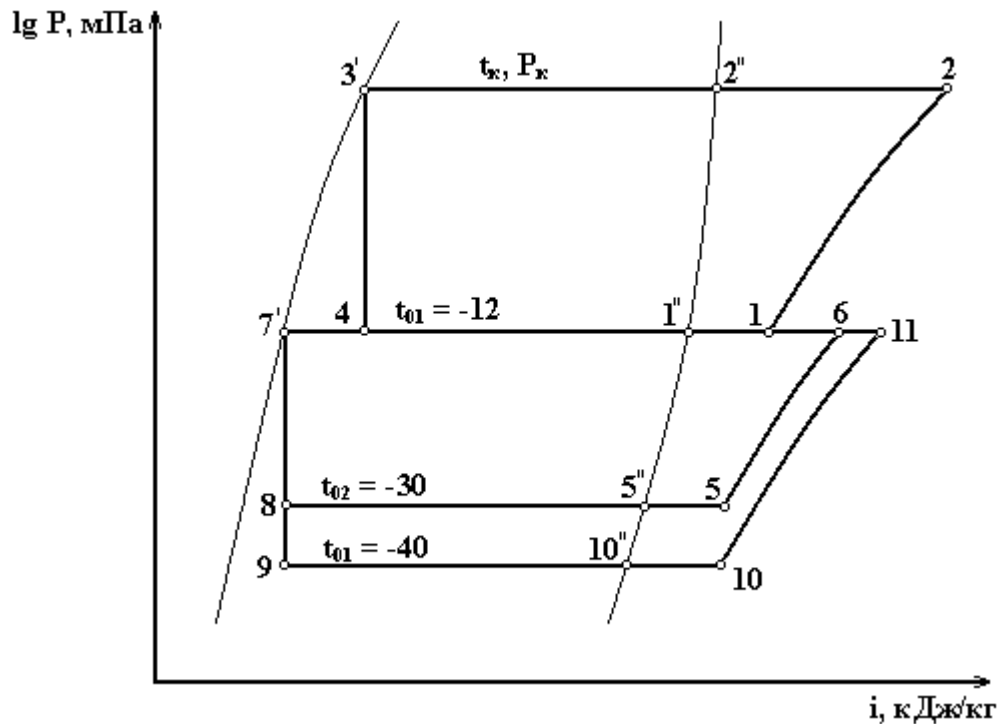
$$Q_{0(-12)} = 1.05 \cdot \Sigma Q_{\text{км}} = 1.05 \cdot 66.92 = 70 \text{ кВт.}$$

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

• температура та тиск конденсації:
 $t_k = t_n + 7 = 33 + 7 = 40 \text{ }^\circ\text{C}$; $P_k = 15 \text{ МПа}$.

5.1 Тепловий розрахунок.

Цикл установки:



Мал. 5.2 Схема циклу в діаграмі $\lg P - i$.

За допомогою діаграми параметри в вузлових точках циклу. Значення температури, тиску, ентальпії та питомого об'єму у характерних точках приведені у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1.

Зведена таблиця параметрів в вузлових точках циклу

	1	1''	2	2''	3'	4	5	5''	6	7'
P, МПа	0.3	0.3	1.5	1.5	1.5	0.3	0.126	0.126	0.3	0.3
t, °C	-2	-12	140	40	40	-12	-20	-30	38	-12
i, кДж/кг	1700	1673	1975	1715	605	605	1675	1650	1780	370
V, м ³ /кг	0.478	-	-	-	-	-	1.05	-	-	-

$$t_{ec} = t_0 + \Delta t, \quad \Delta t = 10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Продовження таблиці 5.1

Зведена таблиця параметрів в вузлових точках циклу

	7'	8	9	10	10''	11
P, МПа	0.3	0.126	0.075	0.075	0.075	0.3
t, °C	-12	-30	-40	-30	-40	60
i, кДж/кг	370	370	370	1660	1635	1825
V, м ³ /кг	-	-	-	1.7	-	-

$$t_{ec} = t_0 + \Delta t, \quad \Delta t = 10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Визначаємо основні параметри теоретичного циклу та необхідну об'ємну продуктивність компресорів.

1. Питома масова холодовидатність:

$$q_{0(-40)} = i_{10}'' - i_9 = 1635 - 370 = 1265 \text{ кДж/кг};$$

$$q_{0(-30)} = i_5'' - i_8 = 1650 - 370 = 1280 \text{ кДж/кг};$$

$$q_{0(-12)} = i_1'' - i_4 = 1673 - 605 = 1068 \text{ кДж/кг}.$$

2. Питома об'ємна холодовидатність:

$$q_{v(-40)} = \frac{q_{0(-40)}}{V_{10}} = \frac{1265}{1.7} = 744 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3};$$

$$q_{v(-30)} = \frac{q_{0(-30)}}{V_5} = \frac{1280}{1.05} = 1219 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3};$$

$$q_{v(-12)} = \frac{q_{0(-12)}}{V_1} = \frac{1068}{0.478} = 2234 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}.$$

3. Питома адиабатна робота компресору:

$$l_{a(-40)} = i_{11} - i_{10} = 1825 - 1660 = 165 \text{ кДж/кг};$$

$$l_{a(-30)} = i_6 - i_5 = 1780 - 1675 = 105 \text{ кДж/кг};$$

$$l_{a(-12)} = i_2 - i_1 = 1975 - 1700 = 275 \text{ кДж/кг}.$$

4. Масова витрата циркулюючого агента, яку треба відводити від циркуляційних ресиверів:

$$G_{a(-40)} = \frac{Q_{0(-40)}}{q_{0(-40)}} = \frac{688}{1265} = 0.544 \text{ кг/с};$$

$$G_{a(-30)} = \frac{Q_{0(-30)}}{q_{0(-30)}} = \frac{92}{1280} = 0.0719 \text{ кг/с};$$

$$G_{a(-12)} = \frac{Q_{0(-12)}}{q_{0(-12)}} = \frac{70}{1068} = 0.0655 \text{ кг/с};$$

5. Необхідна сумарна масова витрата холодоагенту у компресорі СВД:

$$G_{a1} = G_{a(-40)} \cdot \frac{i_{11} - i_7'}{i_1'' - i_4} + G_{a(-30)} \cdot \frac{i_6 - i_7'}{i_1'' - i_4} + G_{a(-12)} \text{ кг/с}$$

$$G_{a1} = 0.544 \cdot \frac{1825 - 370}{1673 - 605} + 0.0719 \cdot \frac{1780 - 370}{1673 - 605} + 0.0655 = 0.902 \text{ кг/с}$$

6. Для визначення необхідної об'ємної продуктивності компресору знайдемо коефіцієнт подачі:

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

$$\lambda = \lambda_c \cdot \lambda_w'$$

де λ_c – коефіцієнт, враховуючий мертвий простір компресору;

λ_w' – коефіцієнт, враховуючий об'ємні втрати;

$$\lambda_c = \frac{1 - c \left[\left(\frac{P_{k(np)}}{P_0} \right)^{\frac{1}{m}} - 1 \right]}{1}$$

де c – відносна величина мертвого простору, $c = 0.03$ для аміаку;

m – показник політропи розширювання з мертвого простору, $m = 1$;

$$\lambda_w' = \frac{T_o}{T_{k(np)}}$$

при $t_0 = -40$ °C:

$$\lambda_w' = \frac{233}{261} = 0.893,$$

$$\lambda_c = \frac{1 - 0.03 \cdot \left[\left(\frac{0.3}{0.075} \right) - 1 \right]}{1} = 0.88,$$

$$\lambda = 0.88 \cdot 0.893 = 0.786;$$

при $t_0 = -30$ °C:

$$\lambda_w' = \frac{243}{261} = 0.931,$$

$$\lambda_c = \frac{1 - 0.03 \cdot \left[\left(\frac{0.3}{0.126} \right) - 1 \right]}{1} = 0.96,$$

$$\lambda = 0.96 \cdot 0.931 = 0.894.$$

при $t_0 = -12$ °C:

$$\lambda_w' = \frac{261}{313} = 0.834,$$

$$\lambda_c = \frac{1 - 0.03 \cdot \left[\left(\frac{1.5}{0.3} \right) - 1 \right]}{1} = 0.88,$$

$$\lambda = 0.88 \cdot 0.834 = 0.734.$$

7. Необхідна продуктивність компресорів:

$$V_T = \frac{G_a \cdot V}{\lambda} \text{ м}^3/\text{с};$$

$$V_{T(-40)} = \frac{0.544 \cdot 1.7}{0.786} = 1.177 \text{ м}^3/\text{с};$$

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_{T(-30)} = \frac{0.0719 \cdot 1.05}{0.894} = 0.084 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$V_{T(-12)} = \frac{0.902 \cdot 0.478}{0.734} = 0.587 \text{ м}^3/\text{с}.$$

По значенню $V_{h,тр,г}$ вибираємо для температури кипіння $t_0 = -40 \text{ }^\circ\text{C}$ три непрямотечійних поршневих компресора марки SABROE SMC-188, середньої холодовидатності на стандартному режимі: $Q_0 = 965 \text{ кВт}$; $N_e = 270 \text{ кВт}$; з сумарним об'ємом, що описаний поршнями, $\Sigma V_{h,км} = 3 \cdot 0.475 = 1.425 \text{ м}^3/\text{с}$. Для ступені високого тиску при температурі кипіння $t_0 = -12 \text{ }^\circ\text{C}$ – два компресора марки SABROE SMC-188 з сумарним об'ємом, що описаний поршнями, $\Sigma V_{h,км} = 2 \cdot 0.475 = 0.95 \text{ м}^3/\text{с}$. Для температури кипіння $t_0 = -30 \text{ }^\circ\text{C}$ – один непрямотечійний поршневий компресор марки SABROE SMC-106L, середньої холодовидатності на стандартному режимі: $Q_0 = 247 \text{ кВт}$; $N_e = 65.8 \text{ кВт}$; з сумарним об'ємом, що описаний поршнями, $V_{h,км} = 0.118 \text{ м}^3/\text{с}$

Щоб забезпечити постійну видатність, нам прийдеться безперервно експлуатувати данні агрегати. Щоб не трапилось перерви, ставимо компресор марки SABROE SMC-188, який допоможе нам без втрати видатності полагодити зламаний компресор чи зробити його дрібний ремонт.

8. Дійсна масова витрата:

$$\Sigma G_{км(-40)} = \frac{\lambda_{(-40)} \Sigma V_{h,км(-40)}}{V_{10}} = \frac{0.786 \cdot 1.425}{1.7} = 0.659 \text{ кг/с};$$

$$\Sigma G_{км(-30)} = \frac{\lambda_{(-30)} \Sigma V_{h,км(-30)}}{V_{10}} = \frac{0.894 \cdot 0.118}{1.05} = 0.100 \text{ кг/с};$$

$$\Sigma G_{км(СВД)} = \frac{\lambda_{(-12)} \Sigma V_{h,км(-12)}}{V_1} = \frac{0.734 \cdot 0.95}{0.478} = 1.459 \text{ кг/с}.$$

9. Сумарна теоретична потужність:

$$\Sigma N_{T(-40)} = \Sigma G_{км(-40)} \cdot I_{a(-40)} = 0.659 \cdot 165 = 108.7 \text{ кВт};$$

$$\Sigma N_{T(-30)} = \Sigma G_{км(-30)} \cdot I_{a(-30)} = 0.100 \cdot 105 = 10.5 \text{ кВт};$$

$$\Sigma N_{T(СВД)} = \Sigma G_{км(СВД)} \cdot I_{a(-12)} = 1.459 \cdot 275 = 401.2 \text{ кВт}.$$

10. Індикаторна потужність компресора. Приймаємо $\eta_i = 0.75$ – індикаторний К.К.Д. компресору.

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15					

$$N_{i(-40)} = \frac{N_{T(-40)}}{\eta_i} = \frac{108.7}{0.75} = 144.9 \text{ кВт};$$

$$N_{i(-30)} = \frac{N_{T(-30)}}{\eta_i} = \frac{10.5}{0.75} = 14 \text{ кВт};$$

$$N_{i(\text{СВД})} = \frac{N_{T(\text{СВД})}}{\eta_i} = \frac{401.2}{0.75} = 534.9 \text{ кВт}.$$

11. Ефективна потужність компресору:

$$N_I = N_i + N_{\text{тр}} \text{ кВт};$$

$$N_{\text{тр}} = \Sigma V_{\text{h.км}} \cdot p_{\text{тр}}$$

$p_{\text{тр}}$ – середній тиск третьових парів, $p_{\text{тр}} = 60$ кПа;

$$N_{I(-40)} = 144.9 + 1.425 \cdot 60 = 230.4 \text{ кВт};$$

$$N_{I(-30)} = 14 + 0.118 \cdot 60 = 21.1 \text{ кВт};$$

$$N_{I(\text{СВД})} = 534.9 + 0.95 \cdot 60 = 591.9 \text{ кВт}.$$

12. Загальна потужність, споживана електродвигунами компресора з сіті.

$$N_{\Sigma(-40)} = \frac{N_{I(-40)}}{\eta_{\text{ел.дв}}} = \frac{230.4}{0.9} = 256 \text{ кВт};$$

$$N_{\Sigma(-30)} = \frac{N_{I(-30)}}{\eta_{\text{ел.дв}}} = \frac{21.1}{0.9} = 23.4 \text{ кВт};$$

$$N_{\Sigma(\text{СВД})} = \frac{N_{I(\text{СВД})}}{\eta_{\text{ел.дв}}} = \frac{591.9}{0.9} = 657.7 \text{ кВт};$$

де $\eta_{\text{ел.дв}}$ – К.К.Д. електродвигуна, $\eta_{\text{ел.дв}} = 0.9$.

13. Розраховуємо навантаження на конденсатор, у відповідності з нею підбираємо тип конденсатора для холодильної установки.

Теплове навантаження на конденсатор у теоретичному циклі:

$$Q_K = \Sigma G_{\text{км}(\text{СВД})} \cdot q_k = 1.459 \cdot (1975 - 605) = 1998.8 \text{ кВт}$$

14. Дійсна холодовидатність компресорів:

$$Q_{0(-40)} = \Sigma Q_{0m(-40)} \cdot \frac{\Sigma V_{\text{h.км}(-40)}}{V_{\text{h.m}(-40)}} = 688 \cdot \frac{1.425}{1.177} = 833 \text{ кВт}$$

$$Q_{0(-30)} = \Sigma Q_{0m(-30)} \cdot \frac{\Sigma V_{\text{h.км}(-30)}}{V_{\text{h.m}(-30)}} = 92 \cdot \frac{0.118}{0.084} = 129 \text{ кВт}$$

$$Q_{0(-12)} = \Sigma Q_{0m(-12)} \cdot \frac{\Sigma V_{\text{h.км}(-12)}}{V_{\text{h.m}(-12)}} = 70 \cdot \frac{0.95}{0.587} = 113 \text{ кВт}$$

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

15. Дійсне теплове навантаження на конденсатор:

$$Q_{\text{кд}} = Q_{0(-40)} + Q_{0(-30)} + Q_{0(-12)} + N_{i(-40)} + N_{i(-30)} + N_{i(-12)} \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{кд}} = 833 + 129 + 113 + 144.9 + 14 + 534.9 = 1768.8 \text{ кВт}.$$

16. Середній коефіцієнт робочого часу компресорів:

$$\epsilon = \frac{\sum V_m}{\sum V_{\text{км}}} = \frac{1.177 + 0.084 + 0.587}{1.425 + 0.118 + 0.95} = 0.74$$

17. Необхідна площа тепло передаючої поверхні конденсатора:

$$F = \frac{Q_{\text{кд}}}{q_F} = \frac{1768.8}{4} = 442.2 \text{ м}^2$$

Підбираємо кожухотрубний конденсатор марки КТГ – 500, площею тепло передаючої поверхні 500 м² .

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК БАТАРЕЙ

Вихідні дані:

- діаметр труби: $d = 32 \times 2.25$ мм;
- крок ребер: $S_p = 35.7$ мм;
- товщина ребер: $\delta = 1$ мм;
- висота ребер: $h_p = 40$ мм;
- кількість ребер на одному погонному метрі труби – 28, ребро з витої стрічки;
- температура у камері: $t_k = -20$ °С;
- температура кипіння: $t_0 = -30$ °С;
- відносна вологість повітря: $\varphi = 95$ %.

Коефіцієнт оребрення теплообмінної поверхні без урахування товщини теплообмінної поверхні без урахування товщини інею, що осів:

$$\rho = \frac{F_{mp} + F_p}{F_{вн}} \quad (6.1)$$

Зовнішня поверхня ребристого елемента:

$$F_p = 2\sqrt{\pi \cdot D^2 + S_p^2} \cdot h_p = 2 \cdot \sqrt{3.14 \cdot (0.112)^2 + 0.0357^2} \cdot 0.04 = 0.016 \text{ м}^2$$

Зовнішня поверхня міжреберної відстані труби:

$$F_{mp} = \pi \cdot d_{mp} \cdot S_p = 3.14 \cdot 0.032 \cdot 0.0357 = 0.00358 \text{ м}^2$$

Внутрішня поверхня труби ребристого елемента:

$$F_{вн} = \pi \cdot d_{вн} \cdot S_p = 3.14 \cdot 0.0275 \cdot 0.0357 = 3.08 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

$$\rho = \frac{0.016 + 0.00358}{0.00308} = 6.35$$

Температура кипіння холодильного агента:

$$t_0 = t_k - (7 \div 10) = -20 - 10 = -30 \text{ °С}$$

Температура поверхні інею:

$$t_{p.e.} = t_0 + (0.5 \div 3) = -30 + 1 = -29 \text{ °С}$$

Визначальна температура:

$$t_m = 0.5 \cdot (t_k + t_{p.e.}) = 0.5 \cdot (-20 - 29) = -24.5 \text{ °С}$$

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Фізичні параметри повітря при $t_m = -24,5$ °C:

- $\nu_B = 10.999 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 / \text{с}$ – кінематична в'язкість;
- $\lambda_B = 2.208 \cdot 10^{-2} \text{ Вт} / (\text{м} \cdot \text{К})$ – коефіцієнт теплопроводности;
- $\mu_B = 19,05 \cdot 10^{-6} \text{ Па}$;
- Число Прандтля: $Pr = 0.7223$.

Визначальний розмір: $l_m = D + 2 \cdot \delta_{in} = 0.112 + 2 \cdot 0.005 = 0.122 \text{ м}$

Коефіцієнт об'ємного розширювання:

$$\beta = \frac{1}{273 + t_m} = \frac{1}{273 + 24.5} = 0.004$$

Число Грасгофа:

$$Gr = \frac{g \cdot l_m^3}{\nu_B^2} \cdot \beta \cdot (t_k - t_{p.e.}) \quad (6.2)$$

$$Gr = \frac{9.8 \cdot 0.122^3}{(10.999 \cdot 10^{-6})^2} \cdot 0.004 \cdot 9 = 5.3 \cdot 10^6$$

$$Gr \cdot Pr = 5.3 \cdot 10^6 \cdot 0.7223 = 3847985$$

Число Нусельта:

$$Nu = c \cdot (Gr \cdot Pr)^n \quad (6.3)$$

$c = 0.54$; $n = 0.25$

$$Nu = 0.54 \cdot (3847985)^{0.25} = 23.9$$

Конвективний коефіцієнт тепловіддачі:

$$\alpha_k = \frac{Nu \cdot \lambda}{l_m} = \frac{23.9 \cdot 2.208 \cdot 10^{-2}}{0.122} = 4.3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad (6.4)$$

Коефіцієнт тепловіддачі шляхом радіації:

$$\alpha_r = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \psi \cdot C_0 \cdot \frac{(0.01 \cdot T_k)^4 - (0.01 \cdot T_{p.e.})^4}{t_k - t_{p.e.}} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad (6.5)$$

де $\varepsilon_l = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2$ – приведена степінь чорноти;

ψ – загальний коефіцієнт опромінення.

$$\alpha_r = 0.82 \cdot 0.91 \cdot 0.36 \cdot 5.67 \cdot \frac{(0.01 \cdot 253)^4 - (0.01 \cdot 244)^4}{-20 + 29} = 0.94 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Коефіцієнт волого відділення:

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

$$\xi = 1 + \frac{\varphi_{\kappa} \cdot d_{\kappa}'' - d''}{t_{\kappa} - t_{p.e.}} \cdot \frac{r - i_w}{Cp'} \quad (6.6)$$

де $r = 2835$ кДж / кг – питома теплота фазового переходу;

$i_w = 2.1 \cdot t_{p.e.} = 2.1 \cdot (-29) = -60.9$ кДж / кг – ентальпія інею;

Cp' – теплоємність вологого повітря:

$$Cp' = C_c + d_{\kappa} \cdot 1.87 = 1.006 + 1.87 \cdot 6.1 \cdot 10^{-4} = 1.01 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$\xi = 1 + \frac{0.95 \cdot 6.41 \cdot 10^{-4} - 2.58 \cdot 10^{-4}}{-20 + 29} \cdot \frac{2835 + 60.9}{1.01} = 1.12$$

Коефіцієнт тепловіддачі з урахуванням волого відділення та радіації:

$$\alpha_{p.e.} = \alpha_{\kappa} \cdot \xi + \alpha_{\lambda} = 4.3 \cdot 1.12 + 0.94 = 5.756 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad (6.7)$$

Повний приведений коефіцієнт тепловіддачі з урахуванням термічного опору шару інею:

$$\frac{1}{\alpha_{p.e.}} + \frac{\delta_{in}}{\lambda_{in}} = \frac{1}{5.756} + \frac{0.005}{0.17} = 4.9 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad (6.8)$$

Умовна висота ребра:

$$h' = h_p \cdot \left[1 + 0.0805 \cdot \lg \left(\frac{D + 2 \cdot \delta_{in}}{d_s + 2 \cdot \delta_{in}} \right) \right] \text{ м} \quad (6.9)$$

$$h' = 0.04 \cdot \left[1 + 0.0805 \cdot \lg \left(\frac{0.112 + 0.01}{0.032 + 0.01} \right) \right] = 0.0549 \text{ м}$$

Безрозмірний комплекс:

$$mh' = h' \sqrt{\frac{2 \cdot \alpha_{p.e.}}{\lambda_p \cdot \delta_p}} = 0.0549 \sqrt{\frac{2 \cdot 4.9}{1 \cdot 10^{-3} \cdot 46}} = 0.8 \quad (6.10)$$

Коефіцієнт ефективності ребра:

$$E = \frac{th(mh')}{mh'} = \frac{0.664}{0.8} = 0.83 \quad (6.11)$$

Умовний коефіцієнт тепловіддачі, віднесений до всієї поверхні без інею:

$$\alpha_{np} = \alpha_{p.e.} \left(\frac{F_p}{F_{p.e.}} \cdot E + \frac{F_{mp}}{F_{p.e.}} \right) = 4.9 \cdot \left(\frac{0.016}{0.0196} \cdot 0.83 + \frac{0.00358}{0.0196} \right) = 4.1 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad (6.12)$$

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Щільність теплового потоку, віднесена до внутрішньої поверхні труби:

$$q_{\text{вн.}} = \alpha_{\text{нр}} \cdot (t_{\text{к}} - t_{\text{п.е.}}) \cdot \rho = 4.1 \cdot (-20 + 29) \cdot 6.35 = 243.3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \quad (6.13)$$

Коефіцієнт тепловіддачі зі сторони холодоагенту:

$$\alpha_a = (103.2 + 0.19 \cdot t_0) \cdot q_{\text{вн.}}^{0.25} = (103.2 + 0.19 \cdot (-30)) \cdot 243.3^{0.25} = 381.5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

(7.14)

Щільність теплового потоку, віднесена до поверхні інею:

$$q_{F_n} = \kappa_3 \cdot (t_{\text{к}} - t_0) \text{ Вт/м}^2 \quad (6.15)$$

Коефіцієнт теплопровідності:

$$\frac{1}{\alpha_{\text{нр}}} + \frac{1}{\alpha_0} = \frac{1}{4.1} + \frac{1}{381.5} = 3.8 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad (6.16)$$

$$q_{F_n} = 3.8 \cdot (-20 + 30) = 38 \text{ Вт/м}^2$$

Відносна похибка дійсного температурного напору:

$$\frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\Delta t_2} \cdot 100\% \leq 5\% \quad (6.17)$$

$$\Delta t_2 = \frac{q_{F_n}}{\alpha_{\text{нр}}} = \frac{38}{4.1} = 9.3 \quad ; \quad \Delta t_1 = t_{\text{к}} - t_{\text{п.е.}} = 9$$

$$\frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\Delta t_2} \cdot 100 = \frac{9 - 9.3}{9.3} \cdot 100\% = 3.2\%$$

Підбір батарей.

Підбір батарей для камер зберігання м'яса.

Камера №5

Площа батарей

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t} = \frac{20300}{3.8 \cdot 10} = 497 \text{ м}^2 \quad (6.18)$$

Площа пристінної батареї:

$$F_{\text{пр.б}} = L_{\text{ол}} \cdot p \text{ м}^2 \quad (6.19)$$

де $L_{\text{ол}}$ – загальна довжина пристінної батареї:

p – поверхня одного погонного метру оребреної труби:

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L_{o1} = L_1 \cdot m_1 \text{ м} \quad (6.20)$$

де $L_1 = 22$ м – довжина однієї труби,

$m_1 = 6$ – кількість труб,

$$L_{o1} = 22 \cdot 6 = 132 \text{ м}$$

$$F_{np.б} = 132 \cdot 0.76 = 100 \text{ м}^2$$

Площа стельової батареї:

$$F_{n.б} = F - F_{np.б} = 497 - 100 = 397 \text{ м}^2$$

Довжина однієї труби $L_2 = 10$ м.

Загальна кількість труб стельових батарей:

$$m_2 = \frac{F_{n.б.}}{L_2 \cdot p} = \frac{397}{10 \cdot 0.76} = 52$$

Вибираємо 4 штуки з 13 труб стельових батарей та 1 пристінну батарею з 6 труб.

Камера №14.

Площа батарей:

$$F = \frac{29600}{3.8 \cdot 10} = 536 \text{ м}^2$$

Площа пристінної батареї:

$$F_{np.б} = 120 \cdot 0.76 = 91 \text{ м}^2$$

$L_1 = 20$ м, $m_1 = 6$

$$L_{o1} = 20 \cdot 6 = 120 \text{ м}$$

Площа стельової батареї:

$$F_{n.б} = 536 - 91 = 445 \text{ м}^2$$

Довжина однієї труби $L_2 = 16$ м.

Загальна кількість труб стельових батарей:

$$m_2 = \frac{445}{16 \cdot 0.76} = 36$$

Вибираємо 3,5 штуки стельових батарей з 8 труб і 1 пристінну батарею з 6 труб.

Камера №16.

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Площа батарей:

$$F = \frac{12000}{3.8 \cdot 10} = 273 \text{ м}^2$$

Площа пристінної батареї:

$$F_{np.б} = 120 \cdot 0.76 = 91 \text{ м}^2$$

$L_1 = 20 \text{ м}$, $m_1 = 6$

$$L_{o1} = 20 \cdot 6 = 120 \text{ м}$$

Площа стельової батареї:

$$F_{n.б} = 273 - 91 = 182 \text{ м}^2$$

Довжина однієї труби стельової батареї $L_2 = 10 \text{ м}$.

Загальна кількість труб стельових батарей:

$$m_2 = \frac{182}{10 \cdot 0.76} = 24$$

Вибираємо 4 штуки стельових батарей з 6 труб і 1 пристінну батарею з 6 труб.

Камера №17.

Площа батарей:

$$F = \frac{39200}{3.8 \cdot 10} = 984 \text{ м}^2$$

Площа пристінної батареї:

$$F_{np.б} = 452 \cdot 0.76 = 328 \text{ м}^2$$

$L_1 = 72 \text{ м}$ (батарея розташована біля двох зовнішніх стін), $m_1 = 6$.

$$L_{o1} = 72 \cdot 6 = 452 \text{ м}$$

Площа стельової батареї:

$$F_{n.б} = 984 - 328 = 656 \text{ м}^2$$

Довжина однієї труби стельової батареї $L_2 = 28 \text{ м}$.

Загальна кількість труб стельових батарей:

$$m_2 = \frac{656}{28 \cdot 0.76} = 30$$

Вибираємо 3 штуки стельових батарей з 10 труб і 1 штуку пристінну батарею з 6 труб.

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підбір батарей для камер схову охолодженого м'яса, приймання неконденсійних вантажів, експедиції, схову кишок.

Камера №2.

Площа батарей:

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t} = \frac{5800}{7 \cdot 11} = 74 \text{ м}^2$$

k – коефіцієнт тепловіддачі, приймаємо рівним $7 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Площа пристінної батареї:

$$F_{np.б} = 24 \cdot 0.76 = 18 \text{ м}^2$$

$L_1 = 4 \text{ м}$, $m_1 = 6$

$$L_{ol} = 4 \cdot 6 = 24 \text{ м}$$

Площа стельової батареї:

$$F_{n.б} = 74 - 18 = 56 \text{ м}^2$$

Довжина однієї труби стельової батареї $L_2 = 10 \text{ м}$.

Загальна кількість труб стельових батарей:

$$m_2 = \frac{56}{10 \cdot 0.76} = 6$$

Вибираємо одну стельову батарею з 6 труб і одну пристінну батарею з 6 труб.

Камера №6.

Площа батарей:

$$F = \frac{2700}{7 \cdot 10} = 29 \text{ м}^2$$

Площа пристінної батареї:

$L_1 = 4 \text{ м}$, $m_1 = 6$

$$L_{ol} = 4 \cdot 6 = 24 \text{ м}$$

$$F_{np.б} = 24 \cdot 0.76 = 18 \text{ м}^2$$

Вибираємо одну пристінну батарею з 6 труб.

Камера №15.

Площа батарей:

$$F = \frac{3800}{7 \cdot 16} = 36 \text{ м}^2$$

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Площа пристінної батареї:

$$L_1 = 14 \text{ м}, m_1 = 6$$

$$L_{o1} = 14 \cdot 6 = 84 \text{ м}$$

$$F_{np.б} = 84 \cdot 0.76 = 64 \text{ м}^2$$

Вибираємо дві пристінні батареї довжиною 10 м и 4 м з 6 труб.

Камера №18

Площа батарей:

$$F = \frac{4500}{7 \cdot 24} = 26 \text{ м}^2$$

$$L_{o1} = 4 \cdot 6 = 24 \text{ м}$$

$$F_{np.б} = 24 \cdot 0.76 = 18 \text{ м}^2$$

Вибираємо одну пристінну батарею з 6 труб.

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

7 РОЗРАХУНОК МАГІСТРАЛЬНИХ ТРУБОПРОВОДІВ

Для температури кипіння $t_0 = -30 \text{ }^\circ\text{C}$.

Масова витрата повітря:

$$G_a = \frac{\Sigma Q_0 \cdot n}{r} \text{ кг/с} \quad (7.1)$$

де $\Sigma Q = 129$ – загальне навантаження, кВт;

$n = 3 \dots 5$ – кратність циркуляції;

$r = 1359$ кДж – прихована теплота пароутворення для даної температури;

$$G_{a1} = \frac{129 \cdot 5}{1359} = 0.475 \text{ кг/с}$$

Об'ємна витрата рідкого агента:

$$V_1^{\text{н}} = \frac{G_{a1}}{\rho'} \text{ м}^3/\text{с} \quad (7.2)$$

де $\rho' = 678 \text{ кг/м}^3$ – щільність агента;

$$V_1^{\text{н}} = \frac{0.475}{678} = 7 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$$

Діаметр нагнітального трубопроводу:

$$d_1^{\text{н}} = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{V_1^{\text{н}}}{\omega_{\text{н}}}} \text{ м} \quad (7.3)$$

де $\omega_{\text{н}} = 0.5 \dots 1.25 \text{ м/с}$ – швидкість рідини;

$$d_1^{\text{н}} = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{7 \cdot 10^{-4}}{0.55}} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

Об'ємна витрата парів агента:

$$V_1^{\text{вс}} = \frac{G_{a1}}{\rho''} = \frac{0.475}{1.04} = 0.46 \text{ м}^3/\text{с}$$

Діаметр всмоктувального трубопроводу:

$$d_1^{\text{вс}} = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{V_1^{\text{вс}}}{\omega_{\text{вс}}}} = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{0.46}{20}} = 17 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

де $\omega_{\text{вс}} = 10 \dots 25 \text{ м/с}$ – швидкість пару.

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Для температури кипіння $t_0 = -12 \text{ }^\circ\text{C}$.

Масова витрата повітря:

$$G_{a2} = \frac{113 \cdot 5}{1302} = 0.434 \text{ кг/с}$$

Об'ємна витрата рідкого агента:

$$V_2^H = \frac{0.434}{654} = 6.6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$$

Діаметр нагнітального трубопроводу:

$$d_2^H = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{6.6 \cdot 10^{-4}}{0.55}} = 3.9 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

Об'ємна витрата парів агента:

$$V_2^{ec} = \frac{0.434}{2.2} = 0.197 \text{ м}^3/\text{с}$$

Діаметр всмоктувального трубопроводу:

$$d_2^{ec} = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{V_1^{ec}}{\omega_{ec}}} = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{0.197}{20}} = 0.11 \text{ м}$$

Для температури кипіння $t_0 = -40 \text{ }^\circ\text{C}$.

Масова витрата повітря:

$$G_{a2} = \frac{833 \cdot 5}{1302} = 3.2 \text{ кг/с}$$

Об'ємна витрата рідкого агента:

$$V_2^H = \frac{3.2}{654} = 4.9 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$$

Діаметр нагнітального трубопроводу:

$$d_2^H = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{4.9 \cdot 10^{-3}}{0.55}} = 0.1 \text{ м}$$

Об'ємна витрата парів агента:

$$V_2^{ec} = \frac{3.2}{2.2} = 1.45 \text{ м}^3/\text{с}$$

Діаметр всмоктувального трубопроводу:

$$d_2^{ec} = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{V_1^{ec}}{\omega_{ec}}} = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{1.45}{20}} = 0.3 \text{ м}$$

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

8 ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

Розробка організації оповіщення робітників та службовців м'ясокомбіната завдяки сигналам цивільної оборони.

Оповіщення – основний засіб, що забезпечує безперервне управління підготовкою і проведенням заходів ЦЗ. Для забезпечення безперервного керівництва ЦЗ в кожній ланці управління завчасно створюється система зв'язку ЦЗ, яка повністю розгортається при переведенні цивільної оборони з мирного положення на можливість НС.

Вважається, що своєчасне оповіщення населення і можливість укриття його за 10-15 хв. після сповіщення, дозволить понизити втрати людей при раптовій НС МІВВ з 85 % до 4-7 %. Тому захист населення від НС навіть за наявності достатньої кількості притулків і укриттів залежатиме від добре організованої системи оповіщення, організація якої покладається на штаби цивільної оборони.

Оповіщення організовується для своєчасного доведення до органів цивільної оборони, формувань і населення сигналів, розпоряджень та інформацій цивільної оборони про евакуацію, повітряний напад, радіаційну небезпеку, хімічне і бактеріологічне (біологічне) зараження, загрозу затоплення та ін.

Ці сигнали і розпорядження доводяться до штабів цивільної оборони об'єктів централізовано. Терміни доведення їх мають первинне значення. Скорочення термінів сповіщення досягається позачерговим використанням всіх видів зв'язку, телебаченням і радіомовленням, вживанням спеціальної апаратури і засобів для подачі звукових і світлових сигналів.

Пристрої автоматичного контролю і сигналізації розрізняють:

- за призначенням: на інформаційні, застережливі, аварійні і відповідні;
- за способом спрацьовування: на автоматичні і напівавтоматичні;

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
						67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- по характеру сигналу: на звукові, світлові, колірні, знакові і комбіновані;
- по характеру подачі сигналу: на постійні і пульсуючі.

Ці пристрої надають інформацію о небезпеці.

Всі сигнали передаються по каналах зв'язку і радіотрансляційних мережах, а також через місцеві радіомовні станції. Одночасно передаються вказівки про порядок дій населення і формувань, час підходу зараженого повітря і вигляд отруйливих речовин.

Сигнали, що подаються вищим штабом, дублюються всіма підлеглими штабами.

З метою своєчасного попередження робітників і службовців м'ясокомбінату про виникнення безпосередньої небезпеки НС і необхідності вживання заходів захисту встановлені наступні сигнали оповіщення цивільної оборони:

- "Повітряна тривога";
- "Відбій повітряної тривоги";
- "Радіаційна небезпека";
- "Хімічна тривога".

Сигнал "Повітряна тривога" подається для всього населення. Він попереджує про безпосередню небезпеку ураження противником даного міста (району). По радіотрансляційній мережі передається текст: "Увага! Увага! Громадяни! Повітряна тривога! Повітряна тривога!" Одночасно з цим сигнал дублюється звуком сирен, гудками заводів і транспортних засобів. На об'єкті сигнал дублюватиметься всіма, наявними в їх розпорядженні засобами. Тривалість сигналу 2-3 хвилини.

По цьому сигналу м'ясокомбінат припиняє роботу, робітники і службовці ховаються в захисних спорудах. Робітники і службовці припиняють роботу відповідно до встановленої інструкції і вказівок адміністрації, що виключають виникнення аварій. Там, де по технологічному

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

процесу або вимогам безпеки не можна зупинити виробництво, залишаються чергові, для яких будуються індивідуальні притулки.

Сигнал "Повітряна тривога" може застати людей в будь-якому місці і в найнесподіваніший час. У всіх випадках слід діяти швидко, але спокійно, упевнено і без паніки. Строге дотримання правил поведінки по цьому сигналу значно скорочують втрати людей.

Сигнал "Відбій повітряної тривоги" передається органами цивільної оборони. По радіотрансляційній мережі передається текст: "Увага! Увага! Громадяни! Відбій повітряної тривоги! Відбій повітряної тривоги!". По цьому сигналу робітники і службовці повертаються на свої робочі місця і приступають до роботи.

У містах (районах), по яких противник завдав ударів зброєю масового ураження, для тих людей, що ховаються, передається інформація про обстановку, що склалася поза укриттями, про приймальні заходи по ліквідації наслідків нападу, режимах поведінки населення та інша необхідна інформація для подальших дій тих, що ховаються.

Сигнал "Радіаційна небезпека" подається в районах, у напрямку до яких рухається радіоактивна хмара, що утворилася при вибуху ядерного боєприпасу.

По сигналу "Радіаційна небезпека" необхідно надіти респіратор, протипилову тканинну маску або ватяно-марлеву пов'язку, а при їх відсутності узяти підготовлений запас продуктів, індивідуальні засоби медичного захисту, предмети першої необхідності і піти в притулок, протирадіаційне або просте укриття.

Сигнал "Хімічна тривога" подається при загрозі або безпосередньому виявленні хімічного або бактеріологічного зараження. По цьому сигналу необхідно швидко надіти протигаз, а у разі потреби – і засоби захисту шкіри, і при першій же нагоді сховатися в захисній споруді.

Якщо захисної споруди поблизу не виявиться, то від поразки аерозолями отруйливих речовин і бактерійних засобів можна сховатися в житлових, виробничих або підсобних приміщеннях.

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

Необхідно бути дуже уважними і строго виконувати розпорядження органів цивільної оборони. Про те, що небезпека нападу противника минула, і про порядок подальших дій розпорядження поступить по тих же каналах зв'язку, що і сигнал оповіщення.

Основний спосіб сповіщення населення про :С – зміст мовної інформації. Основним способом сповіщення робітників і службовців про виникнення небезпеки і порядок дій є передача повідомлення засобами радіо, звукові і світлові сигнали.

При аварії на хімічному об'єкті зміст інформації повинен бути наступним: "Увага! Говорить штаб цивільної оборони. Громадяни! Виникла аварія на м'ясокомбінаті з викидом сильнодіючої ядовитої речовини – аміаку. Робітникам та службовцям негайно залишити свої місця та сховатися у безпечній зоні. Надалі діяти у відповідності з нашими вказівками".

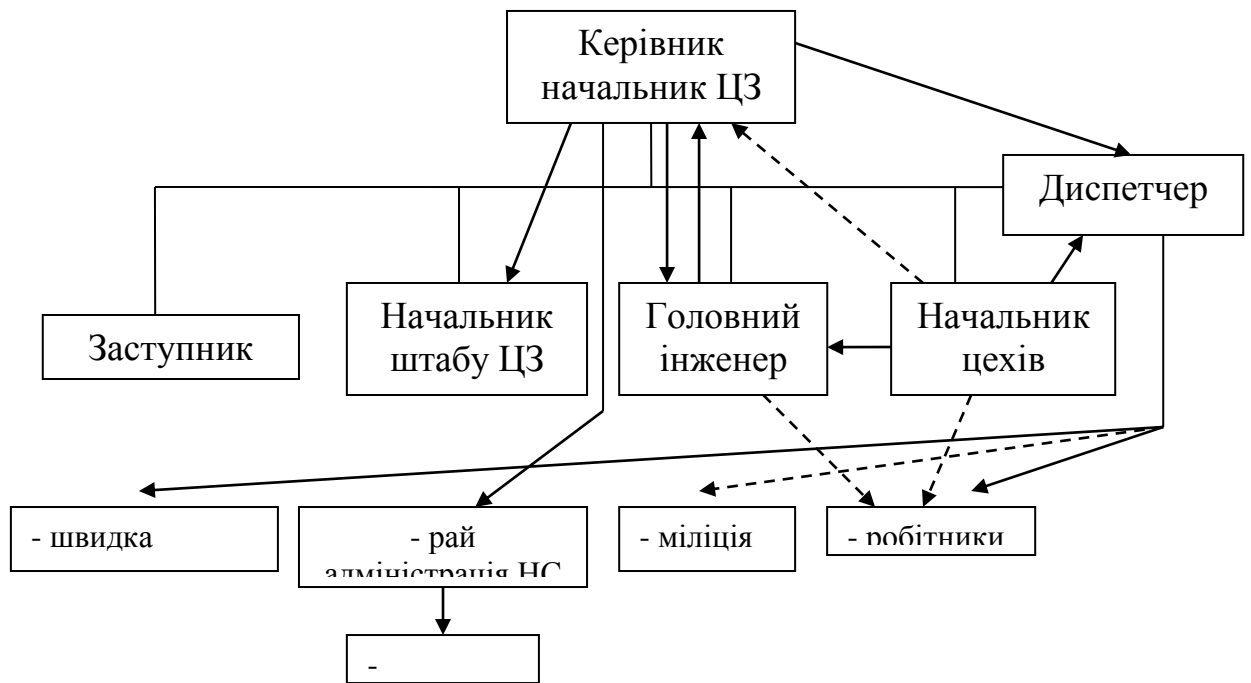
Приблизно такі ж повідомлення будуть передані у випадку загрози інших аварій, катастроф та стихійних лих.

Дуже важливо одразу уточнити місце найближчого сховища (сховищ) та шляхи підходу до нього. Якщо поблизу нема захисних споруд, потрібно негайно приступити до будівництва найпростішого сховища чи заглиблених приміщень.

Необхідно привести у готовність засоби індивідуального захисту, в готовність засоби індивідуального захисту, пристосувати підручні засоби, достати аптечку.

Необхідно підготувати усе найнеобхідніше на випадок евакуації.

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Мал. 8.1 Схема оповіщення при аварії у цеху у робочий час

Опис схеми оповіщення. При аварії на робітничому цеху, начальник цехів повідомляє об аварії диспетчеру, головному інженеру чи відразу керівнику підприємства, який є також начальником ЦЗ. Головний інженер передає інформацію щодо виникнення НС керівнику. У свою чергу, керівник підприємства оцінює степінь небезпечності НС для персоналу та населення. Оцінив ситуацію, керівник ЦЗ повідомляє об аварії диспетчеру, начальнику ЦЗ, головному інженеру, райадміністрації НС (по телефону 077). Диспетчер викликає швидку допомогу, міліцію (при необхідності), а також оповіщає робітників через гучномовний зв'язок. Також об аварії робітників можуть оповістити головний інженер та начальник цехів. Якщо при НС склалася загроза не тільки робочому персоналу, а і населенню, то оповіщення населення є задачею райадміністрації НС.

Виконаємо розрахунок запобіжного клапана. Клапан підбирається по величині площі перетину клапана, яка дорівнює найменшій площі перетину в проточній частині – F:

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

$$F = \frac{G}{\alpha \cdot \beta \cdot \sqrt{2 \cdot \rho \cdot (p_1 - p_2)}} \quad (8.1)$$

де: G – масова витрата газу через запобіжний клапан, $G = 0,694$ кг/с;

$\alpha = 0,75$ – коефіцієнт витрати газу для даної конструкції клапану;

p_1 і p_2 – максимальний абсолютний тиск перед клапаном і за ним, Па,
 p_1 приймається на 15 % більш розрахованого, тому для проектованої
установки $p_1 = 1,3 \cdot 10^6$ Па; p_2 приймається рівним атмосферному ($0,1 \cdot 10^6$
Па), тому що газ при виході з клапану буде потрапляти безпосередньо в
атмосферу;

ρ – щільність середи при тиску p_1 і температурі перед клапаном,
 $\rho = 11,4$ кг/м³;

β – коефіцієнт розширювання виті калнього струменя, приймаємо
рівним $\beta = 0,46$.

$$F = \frac{0,694}{0,75 \cdot 0,46 \cdot \sqrt{2 \cdot 11,4 \cdot (1,3 \cdot 10^6 - 0,1 \cdot 10^6)}} = 3,846 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 = 384,6 \text{ мм}^2$$

звідкіля:

$$D_{кл} = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3,846 \cdot 10^{-4}}{3,14}} = 2,2 \cdot 10^{-2} \text{ м} \quad (8.2)$$

Відповідно до виконаного розрахунку вибираємо запобіжний клапан з
діаметром вхідного патрубку 25 мм.

						Арк.
					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9 ОХОРОНА ПРАЦІ

Приміщення машинного відділення холодильнику по вибухобезпечності відносяться до категорії А. Машинне відділення відповідно до вимог розміщується в одноповерховому приміщенні. Захисні конструкції містять легкоскидні конструкції.

Машинне відділення відокремлене від інших приміщень неспальними стінами і перекриттями.

Машинне відділення має два входи, максимально віддалені один від одного, з яких один безпосередньо назовні. Двері відкриваються у бік виходу.

Для екстреної зупинки компресора і іншого устаткування зовні машинного відділення поряд з виходом встановлюється аварійний вимикач, який знеструмлює устаткування. При цьому передбачено автоматичне включення аварійної вентиляції.

Окрім робочого освітлення приміщення машинного відділення має аварійне освітлення від незалежного джерела струму, яке включається при відключенні основного джерела освітлення.

Машинне відділення обладнане припливно-витяжною вентиляцією, розраховану на наступну кратність обміну повітря в годину: приплив – 2, витяг – 3.

Окрім цього, машинне відділення має аварійну вентиляцію (витяжну), розраховану на восьмикратний обмін повітря в годину. При цьому використання аварійної вентиляції в якості робочої не припустимо. Справність аварійної вентиляції перевіряється щоденно.

Запобігання накопиченню в повітрі приміщення шкідливих речовин, а також створення заданих метеорологічних умов, у виробничому приміщенні забезпечується вентиляцією. Вона досягається видаленням з приміщення забрудненого повітря (витяжна вентиляція) і подачею в нього свіжого повітря (припливна вентиляція). У загальному випадку ці кількості повітря мають бути рівні. Можливості вентиляції по відведенню тепла з приміщення обмежені температурою зовнішнього повітря. За способом

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

переміщення повітря розрізняють природну і штучну вентиляцію, а так само змішану.

Для проектованої установки необхідний пристрій аварійної вентиляції, оскільки можливе раптове надходження у повітря великих кількостей шкідливих речовин (при витoku хладагента).

Визначимо потрібну продуктивність припливного вентилятора:

$$V_{en} = \frac{V_{mb} \cdot n_e}{3600} \text{ м}^3/\text{с} \quad (9.3)$$

де V_{mb} – внутрішній об'єм машинного відділення (м^3);

$n_e = 2$ – кратність циркуляції припливної вентиляції.

$$V_{en} = \frac{V_{mb} \cdot n_e}{3600} = \frac{12 \cdot 12 \cdot 6 \cdot 2}{3600} = 0.5 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$V_{en} = 1800 \text{ м}^3/\text{г}$$

Потужність електродвигуна вентилятора визначається по формулі:

$$N = \frac{k \cdot V_{en} \cdot H}{\eta} \text{ кВт} \quad (9.4)$$

де H – аеродинамічний опір, змінюється у межах $200 \div 500$ Па. Для розрахунків приймаємо $H = 300$ Па.

$$\eta = 0.5,$$

$$k = 1.5.$$

$$N = \frac{k \cdot V_{en} \cdot H}{\eta} = \frac{1.5 \cdot 0.5 \cdot 300}{0.5} = 450 \text{ Вт}$$

Визначимо необхідну продуктивність витяжного вентилятора:

$$V_{eg} = \frac{V_{mb} \cdot n_e}{3600} = \frac{12 \cdot 12 \cdot 6 \cdot 3}{3600} = 0.75 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$V_{eg} = 2700 \text{ м}^3/\text{г}$$

$$N = \frac{k \cdot V_{eg} \cdot H}{\eta} = \frac{1.5 \cdot 0.75 \cdot 500}{0.5} = 1100 \text{ Вт}$$

Визначимо необхідну продуктивність аварійного вентилятора:

$$V_{ea} = \frac{V_{mb} \cdot n_e}{3600} = \frac{12 \cdot 12 \cdot 6 \cdot 8}{3600} = 1.92 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$V_{ea} = 6920 \text{ м}^3/\text{г}$$

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
						74
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N = \frac{k \cdot V_{\text{ва}} \cdot H}{\eta} = \frac{1.3 \cdot 1.92 \cdot 800}{0.8} = 2500 \text{ Вт}$$

Однією з вимог охорони праці, для забезпечення безпечної роботи у виробничому приміщенні, є відповідне виробниче освітлення. Правильно спроектоване і виконане освітлення на будь-якому підприємстві забезпечує можливість правильної виробничої діяльності.

Холодильні камери відносяться до складських приміщень. Природне освітлення в камерах відсутнє. Застосовується загальне штучне освітлення. Для початку розрахунку необхідно виробити вибір джерел світла, типа світильників, систему освітлення. Для штучного освітлення в камерах застосовують лампи розжарювання.

Розрахунок ведемо методом світлового потоку:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot k \cdot z}{N \cdot \eta} \text{ лм} \quad (9.5)$$

де E_n – мінімальне нормоване освітлення, приймаємо $E_n = 20$ лк;

S – площа приміщення, $S = 72$ м²;

k – коефіцієнт запасу, враховуючий старіння ламп, $k = 1.3$;

z – коефіцієнт мінімального освітлення, $z = 1.2$;

N – кількість світильників у приміщенні, $N = 4$;

η – коефіцієнт використання світлового потоку ламп, який залежить від К.К.Д. та кривої розподілення сили світла світильника, коефіцієнта відображення стелі (ρ_n) і стін (ρ_c), висоти почепу світильника і розмірів приміщення. Значення коефіцієнту η визначаємо по таблицям у залежності від коефіцієнтів відображення стелі і стін і показника приміщення і, що визначається зі співвідношення:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A + B)} \quad (9.6)$$

де A – довжина машинного відділення, $A = 12$ м;

B – ширина машинного відділення, $B = 6$ м;

H_p – висота світильників над розрахованою поверхнею $H_p = 2.5$ м;

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
						75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$i = \frac{72}{2.5 \cdot (12 + 6)} = 1.6$$

Тоді приймаємо $\eta = 0.37$.

$$\Phi = \frac{20 \cdot 72 \cdot 1.2 \cdot 1.3}{4 \cdot 0.37} = 1518 \text{ лм}$$

Відповідно до виконаного розрахунку вибираємо лампу БК-100 зі світловим потоком 1630 лм.

Для безпеки робочого персоналу необхідно забезпечити електробезпеку устаткування. Електробезпека – це система організаційних і технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливої і небезпечної дії електричного струму, електричної дуги і електромагнітного поля.

Приміщення машинного відділення і холодильна камера по мірі безпеки ураження електричним струмом відносяться до приміщень з підвищеною безпекою. Відносна вологість холодильної камери досягає 95%, а в машинному відділенні є струмопровідні підлоги і досить щільно розташовано технологічне устаткування.

До основних технічних засобів, що забезпечують безпеку робіт в електроустановках, відносять: захисне заземлення, занулення, вирівнювання потенціалів, захисне відключення, електричне розділення мережі, вживання малої напруги, обгороджування і блокування, ізоляцію струмопровідних частин, вживання підвищеної частоти, електрозахисні засоби.

Найчастіше використовують захисне заземлення. Захисним заземленням називають навмісне електричне з'єднання із землею або її еквівалентом металевих струмонепровідних частин, які можуть виявитися під напругою. Воно призначене для усунення ураження електричним струмом у разі дотику до струмонепровідним металевим частинам електроустановки, що виявилися під напругою.

Граничний допустимий опір заземлення в електроустановках з напругою до 1000 В не повинний перевищувати 4 Ом у будь-який час року ($R \leq 4 \text{ Ом}$). При цьому струм, що проходить через тіло людини, $< 0.05 \text{ А}$.

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
						76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибираємо тип і геометричні розміри заземлень: контурне – $l = 2\text{ м}$;
 $d = 40\text{ мм}$. Відстань між вертикальними заземленнями вибираємо рівною $L = 1\text{ м}$.

Визначаємо розрахунковий питомий опір ґрунту:

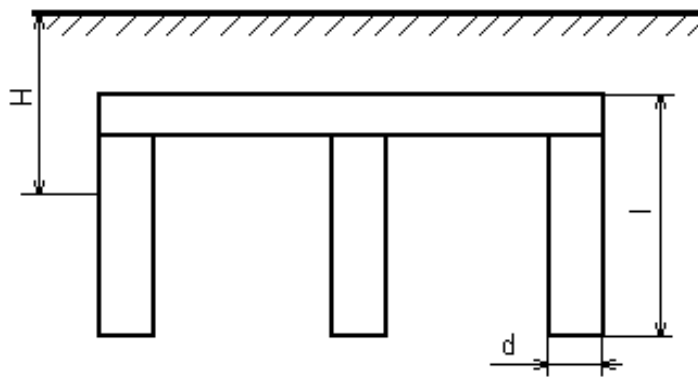
$$\rho_{розр} = \rho_{фіз.} \cdot \psi \quad (9.7)$$

де $\rho_{фіз.} = 2 \cdot 10^2\text{ Ом}$ – питомий опір ґрунту;

$\psi = 1.5$ – кліматичний коефіцієнт.

$$\rho_{розр} = 2 \cdot 10^2 \cdot 1.5 = 3 \cdot 10^2\text{ Ом} \cdot \text{м}$$

– опір одного вертикального заземлення з урахуванням опору ґрунта.



Мал. 9.1

$$R_{стр.} = \frac{\rho_{розр.}}{2 \cdot \pi \cdot l} \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot H + l}{4 \cdot H - l} \right) \text{ Ом} \quad (9.8)$$

де $d = 40\text{ мм}$, $l = 2\text{ м}$, $H = 1/2 = 1\text{ м}$

$$R_{стр.} = \frac{3 \cdot 10^2}{2 \cdot \pi \cdot 2} \left(\ln \frac{2 \cdot 2}{0.04} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 + 2}{4 - 2} \right) = 232.3 \text{ Ом}$$

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

10 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ПРОЕКТУ

У розділі економічних розрахунків і маркетингового аналізу представлені наступні пункти:

- розрахунок капітальних вкладень;
- розрахунок річних експлуатаційних витрат;
- оцінка економічної ефективності;
- маркетинговий аналіз товару, ринку;
- зведена таблиця техніко-економічних показників.

10.1 Економічні розрахунки

Метою цього розділу є техніко-економічна оцінка пропонуємого до будівництва об'єкту і доказ економічної доцільності пропонованого варіанту.

10.1.1. Розрахунок капітальних вкладень

Капітальні вкладення в холодильний об'єкт (K_x):

$$K_x = K_{уст} + K_{буд} + K_{сп} + K_{ком}$$

де $K_{уст}$, $K_{буд}$, $K_{сп}$, $K_{ком}$ – капітальні вкладення, відповідно, в холодильне устаткування, будівлі, споруди, комунікації.

Розрахункову вартість устаткування складає вартість основного і іншого устаткування, яке приймаємо у розмірі 10% від вартості основного. У сумарну вартість устаткування включаються також витрати на доставку, монтаж, контрольно-вимірювальні прилади, які розраховуються в % від розрахункової вартості устаткування.

Таблиця 10.1 Розрахунок за вартістю устаткування

№	Найменування устаткування	Тип, марка	К-ть, штук	Ціна за одиницю, грн.	Сумарна вартість, грн.
1	Компресорний агрегат	SABROE SMC-188	6	160000	960000

2	Компресорний агрегат	SABROE SMC-106L	1	125000	125000
3	Конденсатор кожухотрубний	КТГ-500	1	93500	93500
4	Лінійний ресивер	РЛД-2Р	1	31500	31500
5	Циркуляційний ресивер	РЦЗ-2Р	2	32000	64000
6	Дренажний ресивер	РЛД-2Р	1	31500	31500
7	Компаундний ресивер	РКЦ-2Р	1	35000	35000
8	Масловіддільник	100М	1	2045	2045
9	Маслозбирач	300 СМ	1	1050	1050
10	Насос циркуляційний аміачний	ЦНГ-70М-2	6	7875	47250
11	Насос відцентровий водяний	1,5К	2	1900	3800
12	Градирня	ГПВ-320	2	33000	66000
13	Повітроохолоджувач	ВОГ-230	32	15500	496000
14	Секції батарей	СК	45	1400	63000
15	Секції батарей	СС	31	2300	71300
ЗАГАЛОМ: сумарна вартість устаткування					2090945
Вартість іншого устаткування 10%					209094,5
ЗАГАЛОМ: розрахункова вартість устаткування					2300039,5

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

Витрати на упакування, транспортування (15 – 20%)		345006
Витрати на монтаж (12 – 20%)		276005
Проектна робота (15%)		345006
ЗАГАЛОМ: загальна вартість устаткування ($K_{уст}$)		3266056,5

10.1.2 Капітальні вкладення в будівництво ($K_{буд}$) розраховуються по формулі:

$$K_{буд} = F \cdot h \cdot C_{буд} = 2268 \cdot 6.1 \cdot 350 + 144 \cdot 6.1 \cdot 150 = 4973940 \text{ грн.}$$

де F – виробнича площа, m^2 ;

$h = 6.1$ – висота виробничого приміщення, м.

$C_{буд}$ – середня вартість $1 m^3$ виробничого приміщення, $C_{буд} = 350$ грн/ m^3 (для камер схову і заморожування) і $C_{буд} = 150$ грн/ m^3 (для компресорного цеху).

Таблиця 10.2 Калькуляція собівартості вироблення холоду

Стаття витрат	Сума, грн.
1. Матеріали	372
2. Електроенергія	1876331
3. Вода	26250
4. Зарплатня з відрахуваннями	232637
5. Амортизація	496496
6. Поточний ремонт	169891
7. Невраховані цехові витрати	188795
ЗАГАЛОМ: (цехова собівартість)	2975772

Розрахунок собівартості одиниці холоду (10^3 кДж) виконуємо по формулі:

$$C'_{1000} = \frac{C}{Q_{ост}} \cdot 10^3 = \frac{2975772}{2.08 \cdot 10^{10}} \cdot 10^3 = 0.143 \text{ грн/т.кДж}$$

10.2.2 Витрати за рік по холодильному складу.

$$C_{х.с.} = C_{з.п.} + C_a + C_{п.р.}$$

$C_{з.п.}$ – витрати по заробітній платі (основна і додаткова з відрахуваннями) працівників;

C_a – амортизація будівлі;

$C_{п.р.}$ – витрати на поточний ремонт будівлі.

10.2.2.1 Розрахунок фонду заробітної плати виробничого персоналу холодильного складу.

Таблиця 10.3 Розрахунок нормативної чисельності виробничого персоналу холодильного складу

№	Професія	Розряд	Чисельність, чол.	Годинний оклад, грн.	Річний фонд заробітної плати, грн.
1	Вантажник		30	73.0	135780

$$C_{з.п.} = P \cdot \Phi \cdot ((1 + a_{од}) \cdot (1 + a_{соц})) = (30 \cdot 13578) \cdot ((1 + 0.2) \cdot (1 + 0.42)) = 694107 \text{ грн}$$

10.2.2.2 Витрати на амортизацію (C_a) розраховуються, виходячи із вартості будівлі, з врахуванням встановлених норм амортизації:

$$C_a = \frac{K_{зд} \cdot H_{зд}}{100} = \frac{4842180 \cdot 5}{100} = 242109 \text{ грн}$$

де $K_{буд}$ – вартість будівлі, грн;

$H_{буд}$ – норма амортизації будівлі, %.

10.2.2.3 Витрати на поточний ремонт ($C_{п.р.}$) можна прийняти у розмірі 5% від вартості будівлі:

$$C_{п.р.} = 4842180 \cdot 0.05 = 242109 \text{ грн}$$

$$C_{х.с.} = 694107 + 242109 + 242109 = 1178325 \text{ грн}$$

10.3 Розрахунок річного економічного ефекту.

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
						81
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Величина економічного ефекту (прибутку) від холодильної обробки і зберігання по кожному виду продукції визначається закупівельною ціною продукції (сировини) і ціною її реалізації після холодильної обробки.

Розраховується по формулі:

$$= \frac{\frac{12710 \cdot 32320 \cdot (1 - 0.035)}{1,2} - (10000 \cdot 32320 + 2975772 + 1178325 + 207705)}{1,3} = 2138132 \text{ грн}$$

(10.15)

де Π – прибуток, грн; C_p – ціна реалізації, грн/т; $V = 32320$ – об'єм продукції, т; $\beta = 0.35$ – норма природного спаду продукції; C_z – закупівельна ціна продукції, грн/т; $C_{\text{цех}} = 2975772$ – витрати по цеху, грн.; $C_{\text{х.с.}} = 1178325$ – витрати по цеху, грн.; $C_n = 207705$ – невиробничі витрати, грн.; $K_{\text{пдв}}$, $K_{\text{пр}}$ – коефіцієнти, що враховують зменшення прибутку залежно від величини податку на додану вартість і податку на прибуток, відповідно.

Економічна ефективність (рентабельність) капітальних вкладень:

$$E_p = \frac{\sum \Pi}{K} = \frac{2138132}{8239997} = 0.26$$

$\Sigma \Pi$ – сумарний прибуток від реалізації всіх видів продукції;

K – капітальні вкладення в холодильне виробництво.

Термін окупності капітальних вкладень (T) визначається по формулі:

$$T = \frac{K}{\sum \Pi} = \frac{8239997}{2138132} = 3.85 \text{ роки}$$

Вважається, що створення об'єкту ефективне в цілому, якщо:

$$E > E_n \quad \text{і} \quad T < T_n$$

де E_n – нормативний коефіцієнт економічної ефективності (0,15)

T_n – нормативний термін окупності капітальних вкладень (5 – 6 років).

10.5 Основні техніко-економічні показники проекту.

Основні техніко-економічні показники, визначені в процесі проектування, зводяться в таблицю.

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
						82
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 10.4 Основні техніко-економічні показники проекту

№	Показник	Проект
1	Холодовидатність, кВт	1075
2	Споживана потужність, кВт·г	1756.5
3	Капітальні вкладення, грн.	8239997
4	Експлуатаційні витрати, грн/рік	2975772
5	Собівартість 1000 кДж холоду, грн.	1.43
6	Прибуток, грн/рік	2138132
7	Термін окупності капітальних вкладень, рік	3.85
8	Рентабельність	0.26

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Подмазко О.С. Штучний холод в енергетичних системах з відновлюваними джерелами енергії [Електронний ресурс] : навч. посіб. / О. С. Подмазко, Н. О. Піщанська ; Одес. нац. технол. ун-т. — Одеса : ОНТУ, 2023. — 184
2. Подмазко О.С. Діагностика та аналіз роботи холодильних установок : конспект лекцій [Електронний ресурс] : з напрямку підгот. “Енергомашинобудування” / О. С. Подмазко, Н. О. Піщанська ; Каф. холодильних установок і кондиціонування повітря. — Одеса : ОНТУ, 2023. —
3. Подмазко О.С. Конспект лекцій по холодильним установкам [Електронний ресурс] / О. С. Подмазко ; Каф. холодильних установок і кондиціонування повітря. — Одеса : ОНАХТ, 2019. — 59 с.
4. Подмазко О.С. Методичні вказівки та примірний розрахунок по курсовому та дипломному проектуванню з дисципліни "Холодильні машини і установки спеціального призначення" [Електронний ресурс] / О. С. Подмазко ; Каф. холодильних установок і кондиціонування повітря. — Одеса : ОНАХТ, 2019. — 34 с.
5. Подмазко О.С. Монтаж та ремонт холодильних установок : конспект лекцій [Електронний ресурс] : з напрямку підгот. “Енергомашинобудування” / О. С. Подмазко ; Каф. холодильних установок і кондиціонування повітря. — Одеса : ОНТУ, 2022.-52 с.
6. Подмазко О.С. Холодильні установки спеціального призначення [Електронний ресурс] : посібник до курсового проектування / О. С. Подмазко ; Каф. холодильних установок і кондиціонування повітря. — Одеса : ОНАХТ, 2019. — 21 с.
7. Подмазко О.С. Холодильні установки спеціального призначення : конспект лекцій [Електронний ресурс] / О. С. Подмазко, Н. О. Піщанська ; Каф. холодильних установок і кондиціонування повітря. — Одеса : ОНТУ, 2023. — 99 с.

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

8. Подмазко О.С. Монтаж і ремонт холодильних установок. Несправності в роботі холодильної установки : метод. вказівки [Електронний ресурс] / О. С. Подмазко, Н. А. Піщанська ; Каф. холодильних установок і кондиціонування повітря. — Одеса : ОНТУ, 2023. — 35 с.
9. Подмазко О.С. Холодильні установки. Системи відводу теплоти конденсації : метод. вказівки [Електронний ресурс] / О. С. Подмазко, Н. А. Піщанська ; Каф. холодильних установок і кондиціонування повітря. — Одеса : ОНТУ, 2023. — 21 с.
10. <https://ua.arbicesourcemachine.com/info>

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.2.15	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85