

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) _____ ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого _____
Кафедра _____ теплоенергетики та холодильної техніки _____

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)
_____ Сергій Блаженко _____
(підпис) (ім'я та прізвище)

« ___ » _____ 2023р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ Валентин Петренко _____
(підпис) (ім'я та прізвище)

« ___ » _____ 2023р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності _____ 142 «Енергетичне машинобудування» _____
(код та назва спеціальності)
освітньо-професійної програми _____ холодильні техніка та технології _____

на тему _____ Проект холодильника забійного цеху продуктивністю 80 _____
т/добу у м. Дніпропетровськ _____

Виконав: здобувач 4 курсу, групи _____ ХМ-4-9н

_____ Сінчук Антон Олексійович _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник _____ Івашенко Наталія Вікторівна _____
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

_____ (ім'я та прізвище) (підпис)

_____ (ім'я та прізвище) (підпис)

Рецензент _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

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

Здобувач _____
(підпис)

Київ - 2023р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) _____ ННІТІ імені акад. І.С. Гулого _____
Кафедра _____ теплоенергетики та холодильної техніки _____
Освітній ступінь _____ бакалавр _____
Спеціальність _____ 142 «Енергетичне машинобудування» _____
(код і назва)
Освітньо-професійна програма _____ Холодильні техніка та технології _____
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач

кафедри _____ ТЕХТ _____

_____ Валентин ПЕТРЕНКО _____
«17» квітня 2023 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

_____ Сінчука Антона Олексійовича _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект холодильника забійного цеху продуктивністю 80 т/добу у м. Дніпропетровськ

керівник роботи доц., к.т.н., Іващенко Н.В. _____,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «14» квітня 2023 року №233-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 07 червня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи Ти продукції що зберігається: заморожена та охолоджена продукція. Тип холодоагенту R717 аміак. Тип системи-централізована, насосно-циркуляційна.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1.Вступ, 2. Розділи холодильної частини проекту, 3. Охорона праці, 3. Економічна частина, 4. Список використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу

1). План та розріз холодильника.

2). Схема холодильної установки.

Анотація

У даному дипломному проекті розраховано та спроектовано холодильник забійного цеху продуктивністю 80 т/добу у м. Дніпропетровськ.

У дипломному проекті виконано підбір необхідного холодильного обладнання та враховані новітні досягнення в об'ємно-планувальних та конструктивних рішеннях холодильників, системах і схемах охолодження холодильних камер та технологічних процесів з метою досягнення максимальної ефективності по витраті електроенергії при роботі холодильної установки та досягненні необхідного ефекту в отриманні штучного холоду при мінімальних капітальних та експлуатаційних затратах.

Наведено розрахунки будівельно-ізоляційних конструкцій, площ камер холодильника, основного та допоміжного обладнання холодильної установки.

Дипломний проект виконаний на ПК, для розрахунків використовувалися такі прикладні програми: CoolPack, «Microsoft Excel» та «Microsoft Word», креслення та схеми виконанні за допомогою програми «AutoCad 2020».

Ключові слова: забійний цех, замороження та охолодження, R717, аміак, насосно-циркуляційна схема, природні холодоагенти.

					00.КР.142.008.006.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проект холодильника забійного цеху продуктивністю 80 т/добу у м. Дніпропетровськ	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.	Сінчук А.О.							
Перевір.	Іващенко Н.В.							
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.	Петренко В.П.					НУХТ, ННІТІ, ТЕХТ		

Зміст

Вступ

1. Техніко-економічне обґрунтування
2. Технологічна схема холодильного оброблення продукції
3. Визначення основних розмірів та планування приміщення холодильника
4. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника
5. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень
6. Розрахунок тривалості заморожування в плитковому апараті
7. Вибір структури системи охолодження та типу холодильної установки.
Вибір розрахункового робочого режиму та тепловий розрахунок холодильної машини
8. Розрахунок та вибір теплообмінних апаратів
9. Розрахунок та вибір теплообмінного обладнання холодильних камер
10. Розрахунок та вибір допоміжного обладнання холодильної установки
11. Визначення гідравлічних втрат у трубопроводах
12. Охорона праці
13. Економічна частина
14. Список використаної літератури

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.KP.142.008.006.ПЗ				

Вступ

Сучасною перспективою м'ясної промисловості є збільшення об'єму виробництва, асортименту, покращення якості м'ясо-продуктів при підвищенні ефективності виробництва. Оскільки м'ясна продукція належить до продуктів харчування які швидко псуються, процес збереження м'яса тісно пов'язаний з використанням холодильної техніки та холодильної технології.

М'ясо це багатий на поживні речовини продукт, отже бурхливий розвиток м'ясної промисловості визначає доцільність проектування і побудови нових підприємств адже існуючі мають ряд суттєвих недоліків. Зокрема маємо значну перевитрату електроенергії при виробництві та споживанні штучного холоду холодильного господарства, що відображається на собівартості продукції. Це призводить до погіршення якості продукту та необхідності пошуку нових технологічних рішень при проектуванні виробничого холодильника із застосуванням сучасних досягнень холодильної техніки.

Головними завданнями при проектуванні холодильника є:

- вибір схеми технічного процесу та визначення погодинного теплового навантаження на технологічне обладнання;
- вибір температурного режиму у камерах для холодильної обробки та зберігання;
- визначення основних розмірів холодильника;
- розробка плану холодильника;
- вибір будівельних та ізоляційних матеріалів;
- вибір та обґрунтування типу системи охолодження;
- вибір системи відводу теплоти конденсації.

При вирішенні цих задач в проектуванні керуються науковими положеннями по зменшенню витрат електроенергії при виробництві штучного холоду.

					00.КР.142.008.006.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Техніко-економічне обґрунтування

Побудова даного підприємства дає змогу накопичувати м'ясо, яке по мірі необхідності відправляється до споживача. Наявність холодильника забійного цеху в такому районі, багатому на фермерські господарства ВРХ та свинини та розташованого поряд з обласним центром, дозволяє уникнути зайвих логістичних витрат, що позитивно відображається на вихідній ціні пропонованої споживачу продукції. Дане підприємство дасть змогу проводити більш ретельний санітарний контроль сировини порівняно з кустарним забоєм худоби, а це в свою чергу впливає на якість кінцевої продукції, що призводить до зростання попиту на неї. Наявність забійного цеху з власним холодильником впливає на збільшення поголів'я, як в господарствах населення, так і в сільськогосподарських підприємствах.

В даному проекті для отримання холоду використовується насосно-циркуляційна схема подачі холодоагента, як найпростіша та надійніша порівняно з подібними схемами, що працюють на аміаку. Даний холодильний агент вибраний з розрахунку його дешевизни, екологічною безпечністю порівняно з фреонами. Схема охолодження обрана безпосередня, що дозволяє зменшити капітальні затрати в порівнянні з використанням проміжного теплоносія, а також зменшуються витрати на спожиту електроенергію. Як теплообмінне обладнання для камер холодильника, обрані повітроохолодники, що дозволяє забезпечити примусову циркуляцію повітря, а отже процес заморожування та охолодження прискорюється. Також порівняно з батарейним охолодженням повітроохолодники більш компактні, а отже займають меншу вантажну площу, менш металоемні при однаковій холодопродуктивності.

					00.КР.142.008.006.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Технологічна схема холодильного оброблення продукції.

Приміщення холодильника знаходиться в місті Дніпропетровськ. Холодозабезпечення здійснюється від власного холодильно-компресорного цеху, де встановлені аміачні холодильні установки. Умовна загальна місткість холодильника 3400т., 75% замороженого м'яса, 25% охолодженого м'яса. Місткість камер зберігання холодильника становлять: камери зберігання замороженого м'яса 2550 т , камери зберігання охолодженого м'яса 850 т.

Заморозка субпродуктів та м'яса в плитковому швидко- морозильному апараті становить 10 т/доб, $t_{поч}=2^{\circ}\text{C}$, кінцева $t_{кінь}=-18^{\circ}\text{C}$.

Заморожене м'ясо приходить з температурою -18°C , а охолоджене з температурою 2°C . Спочатку м'ясо потрапляє до експедиції та вагової з параметрами повітря: $t_g = 0^{\circ}\text{C}$, $\varphi=85\dots90\%$.

Після експедиції та вагової заморожене м'ясо транспортується в камеру зберігання замороженого м'яса з параметрами повітря $t_g = -18^{\circ}\text{C}$, $\varphi=95\%$. Зберігається м'ясо 1 місяць.

Охолоджене м'ясо транспортується до камери зберігання охолодженого м'яса з параметрами повітря $t_g = 2^{\circ}\text{C}$, $\varphi=90\%$. Зберігається до 4 діб.

Все м'ясо зберігається в картонних ящиках і в полімерній плівці, що значно зменшує усушку.

Охолоджене м'ясо яке не було реалізоване протягом 4 діб потрапляє в камеру заморозки де заморожується. Заморожується м'ясо на підвісних коліях, складається в камери зберігання замороженого м'яса. Початкова температура м'яса 2°C , кінцева -18°C .

					00.КР.142.008.006.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Визначення основних розмірів та планування приміщень холодильника

1. Визначення площі основних камер:

У всіх камерах, крім камер зберігання замороженого м'яса, продукт знаходиться на підвісних коліях.

Умовна місткість холодильника:

$$B_y = 40\Pi = 40 \cdot 80 = 3200t$$

Де Π - продуктивність м'ясокомбінату в зміну; 40 - розрахункова кількість змін

2. Розмір сітки колон приймаємо 6x12 м [1, с.40].

3. Висоту приміщення одноповерхового холодильника приймаємо рівною 8 м [1, с.33].

4. Приймаємо, що в охолоджувальному складі повинен бути передбачений прохідний коридор шириною 6 м [1, с.36...38].

5. Визначаємо необхідну площу основних камер (значення $h_{вн}$ — по табл. 7.5) [1, с.39]:

а) камери охолодження та зберігання охолодженого м'яса [1, с.38]:

$$F_{ох.мяс} = \frac{B_k}{q_v \beta} \quad (3.1)$$

де B_k — місткість камер зберігання, т; q_v — норма навантаження на 1 м³ вантажного об'єму камери; β — коефіцієнт використання будівельної площі камери.

$$F_{ох.мяс} = \frac{0,25 * 3200}{0,4 * 0,8} = 2344 \text{ м}^2$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.006.ПЗ				

Кількість будівельних прямокутників знаходимо за формулою [1, с.40]:

$$n = \frac{F_{\text{б\у\д}}}{f_{\text{б\у\д}}} \quad (3.2)$$

де $F_{\text{б\у\д}}$ — будівельна площа камер різноманітного призначення, м²; $f_{\text{б\у\д}}$ — будівельна площа одного прямокутника, м².

$$n = \frac{2344}{72} = 32.5 \quad (\text{приймаємо 33 прямокутника})$$

б) камери зберігання замороженого мяса (1.1)

$$F_{\text{з.зам.мяс}} = \frac{B_{\text{к}}}{q_{\text{в}} h_{\text{вн}} \beta}$$

де $B_{\text{к}}$ — місткість камер зберігання, т; $q_{\text{в}}$ — норма навантаження на 1 м³ вантажного об'єму камери; $h_{\text{вн}}$ — вантажна висота штабеля, м; β — коефіцієнт використання будівельної площі камери.

$$F_{\text{з.зам.мяс}} = \frac{0,75 * 3200}{0,45 * 6 * 0,8} = 1042 \text{ м}^2 \quad (15 \text{ прямокутників})$$

6. Розраховуємо загальну площу основних камер зберігання

$$F_{\text{к.зб}} = 2344 + 1042 = 3386 \text{ м}^2$$

7. Знаходимо площу допоміжних приміщень [4, с.39]:

$$F_{\text{доп}} = 0,35 * 3386 = 1185 \text{ м}^2$$

8. Розраховуємо необхідну площу охолоджувального складу [4, с.38]:

$$F_{\text{ох}} = F_{\text{к.зб}} + F_{\text{доп}} \quad (3.3)$$

$$F_{\text{ох}} = 3386 + 1185 = 4571 \text{ м}^2 \quad (64 \text{ прямокутника})$$

9. Необхідна площа машинного відділення [1, с.42]:

					00.КР.142.008.006.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{м.в} = 0,1 \cdot 4571 = 475 \text{ м}^2 \text{ (7 прямокутників)}$$

10. Необхідна площа службових приміщень [1, с.42]:

$$F_{сл} = 0,3 \cdot 4571 = 1371 \text{ м}^2 \text{ (19 прямокутників).}$$

Автомобільна платформа	III	III	III	III	III	III	IV	IV	IV	IV	VI	Виробництво 	
	I	I	I	I	I	I	I	II	II	II	II		VII
Акумуляторна	Машинне відділення						Побутові приміщення			Склади			

Рис.3.1

I – камера заморозки;

II - камери зберігання мороженого м'яса в напівтушах;

III - камера охолодження м'яса в напівтушах на підвісних коліях;

IV - камери зберігання охолоджених напівтуш на підвісних коліях;

V - експедиція (-12 С°);

VI - експедиція (+12 С°);

VII - дефектні вантажі.

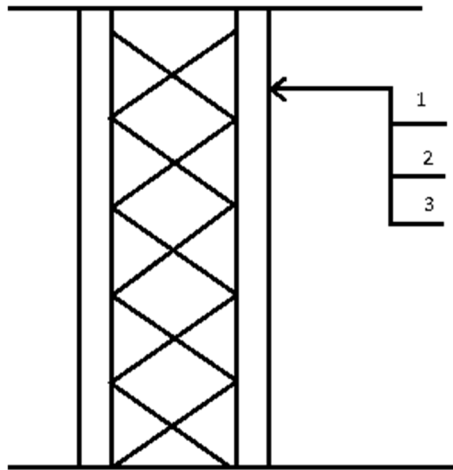
					00.КР.142.008.006.ПЗ				Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

4. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника.

Будівля каркасного типу, сталеві колони і сталеві балки, колони розміром 400x400. Стіни – сендвіч-панелі.

Висота камер від чистої підлоги до низу балки 8 м. Покриття безчердачного типу. Плити перекриття – ребристі, довжиною 6 м та товщиною полки 35 мм.. Підлога — з підігрівом [1, с.20...27]. Для машинного відділення та службових приміщень утеплення підлоги не передбачено.

Стіни в холодильника будуть мати таку конструкцію:



1 - Оцинкований сталевий лист

$$\delta_{мет} = 0,0005 м;$$

$$\lambda_{мет} = 55 \frac{Вт}{м \times К};$$

$$R_{мет} = \frac{\delta_{мет}}{\lambda_{мет}} = 0,013 \frac{м^2 \times К}{Вт};$$

2 - Теплоізоляція із пінополіуретану;

$$\lambda_{із.} = 0,026 \frac{Вт}{м \times К};$$

					00.КР.142.008.006.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 - Оцинкований сталевий лист

$$\delta_{мет.} = 0,0005 м;$$

$$\lambda_{мет.} = 55 \frac{Вт}{м \cdot К};$$

$$R_{мет.} = \frac{\delta_{мет.}}{\lambda_{мет.}} = 0,01 \frac{м^2 \cdot К}{Вт};$$

4.1. Зовнішні стіни

Камери охолодження та зберігання охолодженого м'яса

Температура повітря в камері

$$t_{п} = 2 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Необхідний коефіцієнт теплопередачі для цієї камери становить:

$$k_0^{НБ} = 0,36 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Коефіцієнти тепловіддачі приймаємо за таблицею 8.1 [1, с.47]:

$$\alpha_3 = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}); \quad \alpha_в = 11 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Визначаємо термічні опори окремих шарів будівельної конструкції

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i} \tag{4.1}$$

Коефіцієнти теплопровідності матеріалів цих шарів приймаємо за додатком 3 [1, с.209]. Результати розрахунків заносимо в табл. 4.1.

Підраховуємо сумарний термічний опір всіх шарів, окрім теплоізоляції:

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0,000018 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

Необхідну товщину ізоляційного шару визначаємо за формулою [1, с.49]:

$$\delta_{із}^{НБ} = \lambda_{із} \left[\frac{1}{k_0^{НБ}} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_в} \right) \right] \tag{4.2}$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.006.ПЗ				

$$\delta_{із}^{нб} = 0,026 \cdot \left[\frac{1}{0,36} - \left(\frac{1}{23} + \frac{0.0005}{55} + \frac{0.0005}{55} + \frac{1}{11} \right) \right] = 0,069 \text{ м}$$

Приймаємо товщину ізоляційного шару 70 мм. Оскільки прийнята товщина теплоізоляції не відрізняється від необхідної більше ніж на 10%, то нам не потрібно перераховувати дійсне значення коефіцієнта теплопередачі [1, с.49]:

$$k_0^д = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_з} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_в} \right) + \frac{\delta_{із.д}}{\lambda_{із}}} \quad (4.3)$$

4.2. Стіни між не охолоджуваними приміщеннями, котрі не контактують з зовнішнім повітрям

Камери охолодження та зберігання охолодженого м'яса

Температура повітря в камерах

$$t_{п} = 2 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Необхідний коефіцієнт теплопередачі для цієї камери становить:

$$k_0^{нб} = 0,43 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Коефіцієнти тепловіддачі приймаємо за таблицею 8.1 [1, с.47]:

$$\alpha_з = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}); \quad \alpha_в = 11 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Визначаємо термічні опори окремих шарів будівельної конструкції

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i} \quad (4.4)$$

Коефіцієнти теплопровідності матеріалів цих шарів приймаємо за додатком 3 [1, с.209]. Результати розрахунків заносимо в табл. 5.1.

Підраховуємо сумарний термічний опір всіх шарів, окрім теплоізоляції.

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0,000018 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

Необхідну товщину ізоляційного шару визначаємо за формулою [1, с.49]:

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.KP.142.008.006.ПЗ					

$$\delta_{i3}^{H6} = \lambda_{i3} \left[\frac{1}{k_0^{H6}} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_B} \right) \right] \quad (4.5)$$

$$\delta_{i3}^{H6} = 0,026 \cdot \left[\frac{1}{0,43} - \left(\frac{1}{9} + 0,000018 + \frac{1}{11} \right) \right] = 0,055 \text{ м}$$

Приймаємо товщину ізоляційного шару 60 мм. Оскільки прийнята товщина теплоізоляції відрізняється від необхідної більше ніж на 10 %, то нам необхідно знайти дійсне значення коефіцієнта теплопередачі [1, с.49]:

$$k_0^A = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_B} \right) + \frac{\delta_{i3.д}}{\lambda_{i3}}} \quad (4.6)$$

$$k_0^A = \frac{1}{\left(\frac{1}{9} + 0,000018 + \frac{1}{11} \right) + \frac{0,06}{0,026}} = 0,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Камери замороження м'яса

Температура повітря в камері

$$t_{п} = -28 \text{ }^\circ\text{C};$$

Необхідний коефіцієнт теплопередачі для цієї камери становить:

$$k_0^{H6} = 0,27 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Коефіцієнти тепловіддачі приймаємо за таблицею 8.1 [1, с.47]:

$$\alpha_3 = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}); \quad \alpha_B = 11 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Визначаємо термічні опори окремих шарів будівельної конструкції

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i} \quad (4.7)$$

Коефіцієнти теплопровідності матеріалів цих шарів приймаємо за додатком 3 [1, с.209]. Результати розрахунків заносимо в табл. 5.1.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.KP.142.008.006.ПЗ				

Підраховуємо сумарний термічний опір всіх шарів, окрім теплоізоляції.

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0,000018 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Необхідну товщину ізоляційного шару визначаємо за формулою [1, с.49]:

$$\delta_{\text{із}}^{\text{нб}} = \lambda_{\text{із}} \left[\frac{1}{k_0^{\text{нб}}} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_B} \right) \right] \quad (4.8)$$

$$\delta_{\text{із}}^{\text{нб}} = 0,026 \cdot \left[\frac{1}{0,27} - \left(\frac{1}{9} + 0,00018 + \frac{1}{11} \right) \right] = 0,09 \text{ м}$$

Приймаємо товщину ізоляційного шару 100 мм. Оскільки прийнята товщина теплоізоляції відрізняється від необхідної більше ніж на 10 %, то нам необхідно знайти дійсне значення коефіцієнта теплопередачі [1, с.49]:

$$k_0^{\text{д}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_B} \right) + \frac{\delta_{\text{із.д}}}{\lambda_{\text{із}}}} \quad (4.9)$$

$$k_0^{\text{д}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{9} + 0,000018 + \frac{1}{11} \right) + \frac{0,1}{0,026}} = 0,25 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Камера зберігання замороженого м'яса

Температура повітря в камері

$$t_{\text{п}} = -28 \text{ }^\circ\text{C};$$

Необхідний коефіцієнт теплопередачі для цієї камери становить:

$$k_0^{\text{нб}} = 0,27 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Коефіцієнти тепловіддачі приймаємо за таблицею 8.1 [1, с.47]:

$$\alpha_3 = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}); \quad \alpha_B = 11 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Визначаємо термічні опори окремих шарів будівельної конструкції

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.KP.142.008.006.ПЗ				

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i} \quad (4.10)$$

Коефіцієнти теплопровідності матеріалів цих шарів приймаємо за додатком 3 [1, с.209]. Результати розрахунків заносимо в табл. 5.1. Підраховуємо сумарний термічний опір всіх шарів, окрім теплоізоляції.

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0,000018 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Необхідну товщину ізоляційного шару визначаємо за формулою [1, с.49]:

$$\delta_{із}^{нб} = \lambda_{із} \left[\frac{1}{k_0^{нб}} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_B} \right) \right] \quad (4.11)$$

$$\delta_{із}^{нб} = 0,026 \cdot \left[\frac{1}{0,27} - \left(\frac{1}{9} + 0,000018 + \frac{1}{11} \right) \right] = 0,09 \text{ м}$$

Приймаємо товщину ізоляційного шару 100 мм. Оскільки прийнята товщина теплоізоляції відрізняється від необхідної більше ніж на 10 %, то нам необхідно знайти дійсне значення коефіцієнта теплопередачі [1, с.49]:

$$k_0^д = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_B} \right) + \frac{\delta_{із,д}}{\lambda_{із}}} \quad (4.12)$$

$$k_0^д = \frac{1}{\left(\frac{1}{9} + 0,000018 + \frac{1}{11} \right) + \frac{0,1}{0,026}} = 0,25 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

4.3. Стіни між камерами

Камери охолодження та зберігання охолодженого м'яса

Температура повітря в камері

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.KP.142.008.006.ПЗ				

$$t_{\text{п}} = 2 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Необхідний коефіцієнт теплопередачі для цієї камери становить:

$$k_0^{\text{нб}} = 0,34 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Коефіцієнти тепловіддачі приймаємо за таблицею 8.1 [1, с.47]:

$$\alpha_3 = 11 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}); \quad \alpha_{\text{в}} = 11 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Визначаємо термічні опори окремих шарів будівельної конструкції

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i} \tag{4.13}$$

Коефіцієнти теплопровідності матеріалів цих шарів приймаємо за додатком 3 [1, с.209]. Результати розрахунків заносимо в табл. 5.1.

Підраховуємо сумарний термічний опір всіх шарів, окрім теплоізоляції:

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0,000018 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

Необхідну товщину ізоляційного шару визначаємо за формулою [1, с.49]:

$$\delta_{\text{із}}^{\text{нб}} = \lambda_{\text{із}} \left[\frac{1}{k_0^{\text{нб}}} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} \right) \right] \tag{4.14}$$

$$\delta_{\text{із}}^{\text{нб}} = 0,026 \cdot \left[\frac{1}{0,34} - \left(\frac{1}{11} + \frac{0,0005}{55} + \frac{0,0005}{55} + \frac{1}{11} \right) \right] = 0,072 \text{ м}$$

Приймаємо товщину ізоляційного шару 75 мм. Оскільки прийнята товщина теплоізоляції відрізняється від необхідної більше ніж на 10%, то потрібно перераховувати дійсне значення коефіцієнта теплопередачі [1, с.49]:

$$k_0^{\text{д}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} \right) + \frac{\delta_{\text{із.д}}}{\lambda_{\text{із}}}}$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.KP.142.008.006.ПЗ				

$$k_0^d = \frac{1}{\left(\frac{1}{11} + 0,000018 + \frac{1}{11}\right) + \frac{0,075}{0,026}} = 0,33 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Камери замороження м'яса

Температура повітря в камері

$$t_{\text{п}} = -28 \text{ }^\circ\text{С};$$

Необхідний коефіцієнт теплопередачі для цієї камери становить:

$$k_0^{\text{нб}} = 0,19 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Коефіцієнти тепловіддачі приймаємо за таблицею 8.1 [1, с.47]:

$$\alpha_3 = 11 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}); \quad \alpha_{\text{в}} = 11 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Визначаємо термічні опори окремих шарів будівельної конструкції

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i} \quad (4.15)$$

Коефіцієнти теплопровідності матеріалів цих шарів приймаємо за додатком 3 [1, с.209]. Результати розрахунків заносимо в табл. 5.1.

Підраховуємо сумарний термічний опір всіх шарів, окрім теплоізоляції.

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0,000018 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

Необхідну товщину ізоляційного шару визначаємо за формулою [1, с.49]:

$$\delta_{\text{із}}^{\text{нб}} = \lambda_{\text{із}} \left[\frac{1}{k_0^{\text{нб}}} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} \right) \right] \quad (4.16)$$

$$\delta_{\text{із}}^{\text{нб}} = 0,026 \cdot \left[\frac{1}{0,19} - \left(\frac{1}{11} + 0,000018 + \frac{1}{11} \right) \right] = 0,132 \text{ м}$$

Приймаємо товщину ізоляційного шару 130 мм. Оскільки прийнята товщина теплоізоляції не відрізняється від необхідної більше ніж на 10 %, то приймаємо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.006.ПЗ				

Камера зберігання замороженого м'яса

Температура повітря в камері

$$t_{\text{п}} = -18 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

Необхідний коефіцієнт теплопередачі для цієї камери становить:

$$k_0^{\text{нб}} = 0,19 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Коефіцієнти тепловіддачі приймаємо за таблицею 8.1 [1, с.47]:

$$\alpha_3 = 11 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}); \quad \alpha_{\text{в}} = 11 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Визначаємо термічні опори окремих шарів будівельної конструкції

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i} \quad (4.17)$$

Коефіцієнти теплопровідності матеріалів цих шарів приймаємо за додатком 3 [1, с.209]. Результати розрахунків заносимо в табл. 5.1

Підраховуємо сумарний термічний опір всіх шарів, окрім теплоізоляції.

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0,000018 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

Необхідну товщину ізоляційного шару визначаємо за формулою [1, с.49]:

$$\delta_{\text{із}}^{\text{нб}} = \lambda_{\text{із}} \left[\frac{1}{k_0^{\text{нб}}} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} \right) \right] \quad (4.18)$$

$$\delta_{\text{із}}^{\text{нб}} = 0,026 \cdot \left[\frac{1}{0,19} - \left(\frac{1}{11} + 0,000018 + \frac{1}{11} \right) \right] = 0,132 \text{ м}$$

Приймаємо товщину ізоляційного шару 130 мм. Оскільки прийнята товщина теплоізоляції не відрізняється від необхідної більше ніж на 10 %, то приймаємо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.KP.142.008.006.ПЗ				

4.4. Підлога

Теплоізоляцію підлоги приймемо однаковою для всіх приміщень. В якості розрахункової конструкції приймемо конструкцію підлоги в камерах зберігання замороженого м'яса. В розрахунку враховуємо лише шари, що лежать вище бетонної підготовки з нагрівним приладом. Необхідний коефіцієнт теплопередачі підлоги складає $k_0^{нб} = 0,21 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Коефіцієнти тепловіддачі поверхні підлоги приймемо рівним

$$\alpha_{\text{в}} = 11 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Термічний опір шарів конструкції (крім теплоізоляції)

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 2,34 \text{ м}^2 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}} \quad (4.19)$$

Необхідна товщина шару ізоляції

$$\delta_{\text{із}}^{нб} = 0,05 \cdot \left[\frac{1}{0,21} - \left(2,34 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,113 \text{ м} \quad (4.20)$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 120 мм.

Приймаємо товщину ізоляційного шару 120 мм. Оскільки прийнята товщина теплоізоляції відрізняється від необхідної більше ніж на 10%, то потрібно перераховувати дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$k_0^A = \frac{1}{2,59 + \frac{0,12}{0,05}} = 0,204 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (4.21)$$

4.5. Перекриття

Камери зберігання замороженого мяса

Температура повітря в камерах

$$t_{\text{п}} = -18 \text{ }^\circ\text{С}.$$

Необхідний коефіцієнт теплопередачі для цієї камери становить:

$$k_0^{нб} = 0,20 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.006.ПЗ				

Коефіцієнти тепловіддачі приймаємо за таблицею 8.1 [1, с.47]:

$$\alpha_3 = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}); \quad \alpha_B = 11 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Визначаємо термічні опори окремих шарів будівельної конструкції

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i} \quad (4.22)$$

Коефіцієнти теплопровідності матеріалів цих шарів приймаємо за додатком 3 [1, с.209].

Підраховуємо сумарний термічний опір всіх шарів, окрім теплоізоляції:

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0,023 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

Необхідну товщину ізоляційного шару визначаємо за формулою [1, с.49]:

$$\delta_{із}^{нб} = \lambda_{із} \left[\frac{1}{k_0^{нб}} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_B} \right) \right] \quad (4.23)$$

$$\delta_{із}^{нб} = 0,024 \cdot \left[\frac{1}{0,20} - \left(\frac{1}{23} + 0,169 + \frac{1}{11} \right) \right] = 0,112 \text{ м}$$

Приймаємо товщину ізоляційного шару 120 мм. Оскільки прийнята товщина теплоізоляції відрізняється від необхідної більше ніж на 10 %, то нам необхідно знайти дійсне значення коефіцієнта теплопередачі [1, с.49]:

$$k_0^д = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_B} \right) + \frac{\delta_{із,д}}{\lambda_{із}}} \quad (4.24)$$

$$k_0^д = \frac{1}{0,134 + \frac{0,12}{0,024}} = 0,231 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.KP.142.008.006.ПЗ				

Камера зберігання охолодженого м'яса

Температура повітря в камерах $t_{\text{п}} = 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Необхідний коефіцієнт теплопередачі для цих камер становить:

$$k_0^{\text{нб}} = 0,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої поверхні приймаємо:

$$\alpha_{\text{в}} = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Сумарний термічний опір шарів конструкції

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0,023 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

Необхідну товщину ізоляційного шару визначаємо за формулою (5.2):

$$\delta_{\text{із}}^{\text{нб}} = 0,024 \cdot \left[\frac{1}{0,3} - \left(\frac{1}{23} + 0,023 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,075 \text{ м}$$

Приймаємо товщину ізоляції 80 мм .

Дійсне значення коефіцієнта теплопередачі стіни

$$k_0^{\text{д}} = \frac{1}{0,134 + \frac{0,08}{0,024}} = 0,285 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

					00.КР.142.008.006.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень

5.1. Теплопритоки через огороджувальні конструкції.

Розміри огорожень на плані і площу камер приймаємо по осям колон, висоту стін – на 1.2м вище відмітки низу будівельної балки, тобто 6м, площу дверного отвору в камерах приймаємо 6 м². Для визначення теплопритоків від сонячної радіації приймаємо орієнтацію будівлі холодильника автомобільною платформою на північ. Враховуємо, що стеля зовні світла (тобто $\Delta t_c=14,9^\circ\text{C}$).

Камери замороження (-28°C)

Стіни між не охолоджуваними приміщеннями, котрі не контактують з зовнішнім повітрям (чотири):

$$Q=k \cdot F \cdot \Delta t$$

$$t_3=25^\circ\text{C}; t_b=-28^\circ\text{C}; F=72 \text{ м}^2; k_d=0.25 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$$Q_1=k \cdot F \cdot \Delta t=0.25 \cdot 72 \cdot (25-(-28))=0.954 \text{ кВт}$$

$$Q_{1\text{сум}}=0.954 \cdot 4=3.8 \text{ кВт}$$

Стіни між коридором (п'ять):

$$t_3=30^\circ\text{C}; t_b=-28^\circ\text{C}; F=72 \text{ м}^2; k_d=0.25 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$$Q_1=k \cdot F \cdot 0.7 \cdot \Delta t=0.25 \cdot 72 \cdot 0.7 \cdot (30-(-28))=0.73 \text{ кВт}$$

$$Q_{1\text{сум}}=0.73 \cdot 5=3.65 \text{ кВт}$$

Стіни суміжні з камерами замороження (три):

$$t_3=-28^\circ\text{C}; t_b=-28^\circ\text{C}; F=72 \text{ м}^2; k_d=0.19 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$$Q_1=k \cdot F \cdot \Delta t=0.19 \cdot 72 \cdot (-28-(-28))=0 \text{ кВт}$$

$$Q_{1\text{сум}}=0 \text{ кВт}$$

Стіна суміжна з камерою зберігання замороженого м'яса:

$$t_3=-18^\circ\text{C}; t_b=-28^\circ\text{C}; F=72 \text{ м}^2; k_d=0.19 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$$Q_1=k \cdot F \cdot \Delta t=0.19 \cdot 72 \cdot (-18-(-28))=0.137 \text{ кВт}$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.006.ПЗ				

Стеля (враховуємо також теплоту від сонячної радіації)(чотири):

$$t_3=30\text{ }^\circ\text{C}; t_{c,p}=14.9\text{ }^\circ\text{C}; t_b=-28\text{ }^\circ\text{C}; F=144\text{ м}^2; k_d=0.231\text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$$

$$Q_1=k\cdot F\cdot\Delta t=0.231\cdot 144\cdot(30+14.9-(-28))=2.425\text{ кВт}$$

$$Q_{1\text{сум}}=2.425\cdot 4=9.7\text{ кВт}$$

Підлога (чотири):

$$t_3=1\text{ }^\circ\text{C}; t_b=-28\text{ }^\circ\text{C}; F=144\text{ м}^2; k_d=0.204\text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$$

$$Q_1=k\cdot F\cdot\Delta t=0.204\cdot 144\cdot(1-(-28))=0.91\text{ кВт}$$

$$Q_{1\text{сум}}=0.91\cdot 4=3.64\text{ кВт}$$

$$\sum Q=20.9\text{ кВт}; \text{ та } \sum Q_{1\text{камери}}=5.21\text{ кВт.}$$

А також 2 резервні камери які ми не враховуємо при підбиранні КМ.

$$Q_{1\text{резерв.сум}}=10.486\text{ кВт}$$

Камери зберігання замороженого м'яса (-18)

Стіни між не охолоджуваними приміщеннями, котрі не контактують з зовнішнім повітрям (чотири):

$$t_3=25\text{ }^\circ\text{C}; t_b=-18\text{ }^\circ\text{C}; F=72\text{ м}^2; k_d=0.25\text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$$

$$Q_1=k\cdot F\cdot\Delta t=0.25\cdot 72\cdot(25-(-18))=0.774\text{ кВт}$$

$$Q_{1\text{сум}}=0.774\cdot 4=3.1\text{ кВт}$$

Стіни між коридором (чотири):

$$t_3=30\text{ }^\circ\text{C}; t_b=-18\text{ }^\circ\text{C}; F=72\text{ м}^2; k_d=0.25\text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$$

$$Q_1=k\cdot F\cdot 0.7\cdot\Delta t=0.25\cdot 72\cdot 0.7\cdot(30-(-18))=0.605\text{ кВт}$$

$$Q_{1\text{сум}}=0.605\cdot 4=2.42\text{ кВт}$$

Стіни суміжні з камерами зберігання замороженого м'яса (три):

$$t_3=-18\text{ }^\circ\text{C}; t_b=-18\text{ }^\circ\text{C}; F=72\text{ м}^2; k_d=0.19\text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$$

$$Q_1=k\cdot F\cdot\Delta t=0.19\cdot 72\cdot(-18-(-18))=0\text{ кВт}$$

$$Q_{1\text{сум}}=0\text{ кВт}$$

Стіна суміжна з камерою замороження м'яса:

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.006.ПЗ				

$$t_3 = -28 \text{ }^\circ\text{C}; t_b = -18 \text{ }^\circ\text{C}; F = 72 \text{ м}^2; k_d = 0.19 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$$Q_1 = k \cdot F \cdot \Delta t = 0.19 \cdot 72 \cdot (-28 - (-18)) = -0.137 \text{ кВт}$$

Стеля (враховуємо також теплоту від сонячної радіації)(чотири):

$$t_3 = 30 \text{ }^\circ\text{C}; t_{c.p} = 14.9 \text{ }^\circ\text{C}; t_b = -18 \text{ }^\circ\text{C}; F = 144 \text{ м}^2; k_d = 0.231 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$$Q_1 = k \cdot F \cdot \Delta t = 0.231 \cdot 144 \cdot (30 + 14.9 - (-18)) = 2.092 \text{ кВт}$$

$$Q_{1\text{сум}} = 2.092 \cdot 4 = 8.368 \text{ кВт}$$

Підлога (чотири):

$$t_3 = 1 \text{ }^\circ\text{C}; t_b = -18 \text{ }^\circ\text{C}; F = 144 \text{ м}^2; k_d = 0.204 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$$Q_1 = k \cdot F \cdot \Delta t = 0.204 \cdot 144 \cdot (1 - (-18)) = 0.617 \text{ кВт}$$

$$Q_{1\text{сум}} = 0.617 \cdot 4 = 2.468 \text{ кВт}; \text{ та } \sum Q_{1\text{камери}} = 4.1 \text{ кВт.}$$

А також камера експедиції з температурою в камері $-12 \text{ }^\circ\text{C}$ та камера дефектних вантажів з температурою в камері $-18 \text{ }^\circ\text{C}$ (приймаємо таку ж ізоляцію як і в камерах зберігання замороженого м'яса)

Стіни між не охолоджуваними приміщеннями, котрі не контактують з зовнішнім повітрям (3):

$$Q = k \cdot F \cdot \Delta t$$

$$t_3 = 25 \text{ }^\circ\text{C}; t_b = -18 \text{ }^\circ\text{C}; F = 36 \text{ м}^2; k_d = 0.25 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$$Q_{1\text{ек.деф}} = k \cdot F \cdot \Delta t = 0.25 \cdot 36 \cdot (25 - (-18)) = 0.387 \text{ кВт}$$

$$Q_{1\text{ек.деф.сум}} = 0.387 \cdot 3 = 1.16 \text{ кВт}$$

Стіни між коридором (2):

$$t_3 = 30 \text{ }^\circ\text{C}; t_b = -18 \text{ }^\circ\text{C}; F = 72 \text{ м}^2; k_d = 0.25 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$$Q_1 = k \cdot F \cdot 0.7 \cdot \Delta t = 0.25 \cdot 72 \cdot 0.7 \cdot (30 - (-18)) = 0.605 \text{ кВт}$$

$$Q_{1\text{сум}} = 0.605 \cdot 2 = 1.21 \text{ кВт}$$

Стіни суміжні з камерами зберігання замороженого м'яса :

$$t_3 = -18 \text{ }^\circ\text{C}; t_b = -18 \text{ }^\circ\text{C}; F = 72 \text{ м}^2; k_d = 0.19 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$$Q_{1\text{ек.деф}} = k \cdot F \cdot \Delta t = 0.19 \cdot 72 \cdot (-18 - (-18)) = 0 \text{ кВт}$$

$$Q_{1\text{ек.деф.сум}} = 0 \text{ кВт}$$

					<i>00.KP.142.008.006.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Стеля (враховуємо також теплоту від сонячної радіації):

$$t_3=30\text{ }^\circ\text{C}; t_{c,p}=14.9\text{ }^\circ\text{C}; t_b=-18\text{ }^\circ\text{C}; F=72\text{ м}^2; k_d=0.231\text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$$

$$Q_{1\text{ек.деф}}=k\cdot F\cdot\Delta t=0.231\cdot 72\cdot(30+14.9-(-18))=1.05\text{ кВт}$$

$$Q_{1\text{ек.деф.сум}}=1.05\cdot 2=2.1\text{ кВт}$$

Підлога (чотири):

$$t_3=1\text{ }^\circ\text{C}; t_b=-18\text{ }^\circ\text{C}; F=72\text{ м}^2; k_d=0.204\text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$$

$$Q_{1\text{ек.деф}}=k\cdot F\cdot\Delta t=0.204\cdot 72\cdot(1-(-18))=0.28\text{ кВт}$$

$$Q_{1\text{ек.деф.сум}}=0.28\cdot 2=0.56\text{ кВт}$$

$$\sum Q=21.25\text{ кВт}; \text{ та } \sum Q_{1\text{камери}}=10.62\text{ кВт.}$$

Камери охолодження та зберігання охолодженого м'яса (2°C)

Стіни між коридором (десять,):

$$Q=k\cdot F\cdot 0.7\cdot\Delta t$$

$$t_3=25\text{ }^\circ\text{C}; t_b=0\text{ }^\circ\text{C}; F=144\text{ м}^2; k_d=0.4\text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$$

$$Q_1=k\cdot F\cdot 0.7\cdot\Delta t=0.4\cdot 144\cdot 0.7\cdot(30-2)=1.13\text{ кВт}$$

$$Q_{1\text{сум}}=1.325\cdot 10=11.3\text{ кВт}$$

Стіни котрі контактують із зовнішнім повітрям (вісім):

$$Q=k\cdot F\cdot\Delta t$$

$$t_3=30\text{ }^\circ\text{C}; t_b=0\text{ }^\circ\text{C}; F=144\text{ м}^2; k_d=0.4\text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$$

$$Q_1=k\cdot F\cdot\Delta t=0.4\cdot 144\cdot(30-2)=1.612\text{ кВт}$$

$$Q_{1\text{сум}}=1.612\cdot 8=13\text{ кВт}$$

Стіни між камерами (сім):

$$t_3=2\text{ }^\circ\text{C}; t_b=0\text{ }^\circ\text{C}; F=144\text{ м}^2; k_d=0.33\text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$$

$$Q_1=k\cdot F\cdot\Delta t=0.33\cdot 144\cdot(2-2)=0\text{ кВт}$$

$$Q_{1\text{сум}}=0\text{ кВт}$$

Стеля (враховуємо також теплоту від сонячної радіації)(вісім):

$$t_3=30\text{ }^\circ\text{C}; t_{c,p}=14.9\text{ }^\circ\text{C}; t_b=2\text{ }^\circ\text{C}; F=288\text{ м}^2; k_d=0.285\text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$$

$$Q_1=k\cdot F\cdot\Delta t=0.285\cdot 288\cdot(30+14.9-2)=3.521\text{ кВт}$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.006.ПЗ				

$$Q_{1\text{сум}}=3.521 \cdot 8=28.168 \text{ кВт}$$

Підлога (вісім):

$$t_3=1 \text{ }^\circ\text{C}; t_B=2^\circ\text{C}; F=288 \text{ м}^2; k_d=0.204 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$$Q_1=k \cdot F \cdot \Delta t=0.204 \cdot 288 \cdot (1-2)=0.059 \text{ кВт}$$

$$Q_{1\text{сум}}=0.059 \cdot 8=-0.47 \text{ кВт}$$

$$\sum Q=52 \text{ кВт}; \text{ та } \sum Q_{1\text{камери}}=6.322 \text{ кВт.}$$

А також 2 резервні камери які ми не враховуємо при підбиранні КМ.

$$Q_{1\text{резерв.сум}}=12 \text{ кВт}$$

5.2. Теплопритоки від вантажу.

Розрахунок теплопритоків :

Для камер зберігання добове надходження продукту складає 6% від завантаженості камер. В камерах зберігання температура мороженого м'яса при надходженні -8°C ($h_{\text{п}}=39,4 \text{ кДж/кг}$), а при зберіганні температура вирівнюється з температурою камери, тобто температура продукту кінцева – 18°C ($h_{\text{к}}=0 \text{ кДж/кг}$). Продукт надходить до камери рівномірно на протязі доби, тому для врахування цього приймаю за час обробки 24 години.

Отже, для камер зберігання замороженого м'яса

$$V_{\text{гр}}=F_{\text{кам.}} \cdot \beta \cdot h_{\text{гр}}=144 \cdot 0,8 \cdot 4,8=552,96 \text{ м}^3$$

$$M_{\text{пр}}=0,06 \cdot V_{\text{гр}} \cdot q_v=0,06 \cdot 552,96 \cdot 0,45=25 \text{ т/доб.}$$

$$Q_{2\text{пр}}=M_{\text{пр}} \cdot \Delta h / (24 \cdot 3,6)=59,7 \cdot (39,4-0) / (24 \cdot 3,6)=6,8 \text{ кВт}$$

$$\sum Q_{2\text{пр}}=27,2 \text{ кВт.}$$

Камери замороження:

($t_B=-28^\circ\text{C}$).

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.006.ПЗ				

На замороження надходить партія м'яса, котра повністю займає камеру. Тривалість замороження 27 годин. Температури: початкова +37°C, кінцева -8°C (за табл. 5.3 літ. 1). В такому випадку ентальпії $h_{\text{п}}=359,8$ кДж/кг, $h_{\text{к}}=39,4$ кДж/кг.

$$M_{\text{пр}} = 25 \text{ т/доб.}$$
$$Q_{2\text{пр}} = 55,625 \text{ кВт}$$

$$M_{\text{пр}} = 60 \text{ т/доб.}$$
$$\sum Q_{2\text{пр}} = 222,5 \text{ кВт}$$

Камери зберігання охолоджених напівтуш:

Тривалість охолодження 24 години. Температури, початкова +4°C, кінцева 0°C (за табл. 5.3 літ. 1). В такому випадку ентальпії $h_{\text{п}}=230$ кДж/кг, $h_{\text{к}}=215$ кДж/кг.

$$M_{\text{пр}} = 35 \text{ т/доб.}$$

$$Q_{2\text{пр}} = 6,5 \text{ кВт}$$

$$M_{\text{пр}} = 50 \text{ т/доб.}$$

$$\sum Q_{2\text{пр}} = 13 \text{ кВт}$$

Камери охолодження напівтуш:

На охолодження надходить партія м'яса, котра повністю займає камеру. Тривалість охолодження 24 години. Температури, початкова +37°C, кінцева 4°C (за табл. 5.3 літ. 1). В такому випадку ентальпії $h_{\text{п}}=359,8$ кДж/кг, $h_{\text{к}}=230$ кДж/кг.

$$M_{\text{пр}} = 25 \text{ т/доб.}$$

$$Q_{2\text{пр}} = 34,55 \text{ кВт}$$

$$M_{\text{пр}} = 50 \text{ т/доб.}$$

$$\sum Q_{2\text{пр}} = 69,1 \text{ кВт}$$

Камера зберігання дефектних вантажів:

$$M_{\text{пр}} = 10 \text{ т/доб.}$$

					<i>00.КР.142.008.006.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{2\text{пр}} = 4,6 \text{ кВт}$$

5.3. Експлуатаційні теплопритоки.

Ці теплопритоки виникають внаслідок освітлення камер, перебування в них людей, роботи електродвигунів і відкриття дверей.

Теплопритоки від освітлення.

Розраховуються по формулі: $q_1 = A \cdot F \cdot 10^{-3}$

де A -теплота, що виділяється джерелом освітлення за одиницю часу на 1 м^2 площі підлоги, Вт/ м^2 ; F - площа підлоги, м^2 (для камер замороження та експедиції $A=4,7 \text{ Вт/ м}^2$, для зберігання- $A=2,3 \text{ Вт/ м}^2$)

Камери замороження:

$$q_1 = 4,7 \cdot 576 \cdot 10^{-3} = 2,7 \text{ кВт}$$

Камери зберігання замороженого м'яса:

$$q_1 = 2,3 \cdot 576 \cdot 10^{-3} = 1,3 \text{ кВт}$$

Камери охолодження м'яса:

$$q_1 = 4,7 \cdot 1152 \cdot 10^{-3} = 5,4 \text{ кВт}$$

Камера зберігання охолодженого м'яса:

$$q_1 = 2,3 \cdot 1152 \cdot 10^{-3} = 2,6 \text{ кВт}$$

Камера зберігання дефектних вантажів:

$$q_1 = 4,7 \cdot 72 \cdot 10^{-3} = 0,34 \text{ кВт}$$

Експедиція (-12°C):

$$q_1 = 4,7 \cdot 216 \cdot 10^{-3} = 1,015 \text{ кВт}$$

Експедиція ($+12^\circ\text{C}$):

					<i>00.КР.142.008.006.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$q_1=4,7 \cdot 288 \cdot 10^{-3}=1,35 \text{ кВт}$$

Теплопритоки від перебування людей.

Приймаємо, що для камер, площа котрих 144м^2 , кількість робітників складає по 2 чоловіки; для камер з площею 288м^2 – 4 чоловіки. Тоді для камер з $F=144\text{м}^2$ отримую:

$$q_2=0,35 \cdot n=0,35 \cdot 2=0,7 \text{ кВт}$$

0,35 кВт – тепловиділення від людини при важкій фізичній роботі.

Для площі 288м^2 :

$$q_2=0,35 \cdot n=0,35 \cdot 4=1,4 \text{ кВт}$$

Теплопритоки при відкриванні дверей.

Розраховуються по формулі: $q_4=K \cdot F \cdot 10^{-3}$

де K – питомий приток від відчинення дверей, $\text{Вт}/\text{м}^2$, F - площа підлоги, м^2

Камери замороження.

Приймаємо $K=15 \text{ Вт}/\text{м}^2$

$$q_4=15 \cdot 144=2,16 \text{ кВт}$$

$$\sum q_4=15 \cdot 576 \cdot 10^{-3}=8,6 \text{ кВт}$$

Камери зберігання замороженого м'яса.

Приймаємо $K=8 \text{ Вт}/\text{м}^2$

$$q_4=8 \cdot 144=1,15 \text{ кВт}$$

$$\sum q_4=8 \cdot 576 \cdot 10^{-3}=4,6 \text{ кВт}$$

Камери охолодження.

Приймаємо $K=12 \text{ Вт}/\text{м}^2$

					<i>00.КР.142.008.006.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$q_4=12 \cdot 288=3,45 \text{ кВт}$$

$$q_4=12 \cdot 1152 \cdot 10^{-3}=13,8 \text{ кВт}$$

Камери зберігання охолодженого м'яса.

Приймаємо $K=15 \text{ Вт/м}^2$

$$q_4=15 \cdot 288=4,3 \text{ кВт}$$

$$q_4=15 \cdot 1152 \cdot 10^{-3}=17,3 \text{ кВт}$$

Камера зберігання дефектних вантажів.

Приймаємо $K=12 \text{ Вт/м}^2$

$$q_4=12 \cdot 72 \cdot 10^{-3}=0,86 \text{ кВт}$$

Експедиція(-12°C).

Приймаємо $K=20 \text{ Вт/м}^2$

$$q_4=20 \cdot 216 \cdot 10^{-3}=4,32 \text{ кВт}$$

Експедиція(+12°C).

Приймаємо $K=20 \text{ Вт/м}^2$

$$q_4=20 \cdot 288 \cdot 10^{-3}=5,76 \text{ кВт}$$

Сумарні експлуатаційні теплопритоки при урахуванні нагрівки на компресор

$$Q_{4-28}=0,7 \cdot 14,1=9,87 \text{ кВт}$$

$$Q_{4-18}=0,7 \cdot 16,63=11,6 \text{ кВт}$$

$$Q_{4-0}=0,7 \cdot 57=39,9 \text{ кВт}$$

Температура в камері, °C	Q_1 , кВт	Q_2 , кВт	Q_4 , кВт	ΣQ , кВт
--------------------------	-------------	-------------	-------------	------------------

					<i>00.КР.142.008.006.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

-28	20.9	222.5	14.1	257.5
-18	21.25	31.8	16.63	69.68
0	52	69.1	57	168.1

5.4 Навантаження на компресори:

При температурі кипіння -38 °С: $\sum Q_{км} = Q_1 \cdot 0.9 + Q_2 + Q_4 \cdot 0.7 + 24 \cdot 2 = 303.18$ кВт

При температурі кипіння -28 °С: $\sum Q_{км} = Q_1 \cdot 0.9 + Q_2 + Q_4 \cdot 0.7 = 72.56$ кВт

При температурі кипіння -10 °С: $\sum Q_{км} = Q_1 \cdot 0.9 + Q_2 + Q_4 \cdot 0.7 = 145.8$ кВт

Потрібну холодопродуктивність компресорів у робочих режимах визначається з умови, що компресор протягом доби має короткочасні перерви в роботі. Ці перерви передбачаються для огляду й дрібного профілактичного ремонту. Тривалість роботи компресора в добу встановлюють для великих машин 20-22 год. Коефіцієнт робочого часу складе 0,8 – 0,9.

Тоді робоча холодопродуктивність компресора для кожної окремої температури кипіння визначається по формулі

$$Q_{0,роб} = \frac{k \sum Q_{км}}{b}$$

де k - коефіцієнт, що враховує додаткові теплопритоки через стінки трубопроводів і апаратів, розташованих поза охолоджуваними приміщеннями (для систем з безпосереднім охолодженням 1,05-1,1); $\sum Q_{км}$ - сумарний теплоприток на компресор по окремим температурам кипіння, Вт; b - коефіцієнт робочого часу машини.

Величина $Q_{0,роб}$ і прийнятий режим роботи машини є вихідними даними для теплового розрахунку холодильної машини.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.006.ПЗ				

Навантаження на компресори

- перший температурний режим (-38 °С)

$$Q_{0\text{ роб}} = \frac{303,18 \times 1,1}{0,9} = 370 \text{ кВт.}$$

- другий температурний режим (-28 °С)

$$Q_{0\text{ роб}} = \frac{72,56 \times 1,07}{0,8} = 84 \text{ кВт.}$$

- третій температурний режим (-10 °С)

$$Q_{0\text{ роб}} = \frac{145,8 \times 1,05}{0,8} = 190 \text{ кВт.}$$

					<i>00.КР.142.008.006.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Розрахунок тривалості заморожування в плитковому апараті

Розрахунок тривалості заморожування розраховуємо за формулою Планка (2, ст 165) :

$$\tau_0 = \frac{R\rho qw\omega}{t_{кр} - t_{0.c}} \left(Q \frac{R}{2\lambda_{мор}} + \Phi \frac{1}{\alpha} \right) \quad (6.1)$$

$R=R_3$ – визначальний розмір шматка продукту, м; ρ - густина охолодженого продукту $\text{кг}/\text{м}^3$; q – питома теплота продукту (різниця ентальпій при початковій та кінцевій температурі) $\text{Дж}/\text{кг}$; w – вологовміст продукту, $\text{кг}/\text{кг}$; ω – частка вимороженої води, яку визначають за залежністю (2.4); $t_{кр}$ – кріоскопічна температура продукту, $^{\circ}\text{C}$; $t_{0.c}$ - температура охолодного середовища, $^{\circ}\text{C}$; $\lambda_{мор}$ - коефіцієнт теплопровідності замороженого продукту, $\text{Вт}/(\text{мК})$, який визначають з додаткової літератури; Φ – безрозмірний коефіцієнт, що враховує форму тіла.

Для прямокутного паралелепіпеда з ребрами $2R_1$, $2R_2$, $2R_3$ (причому $R_3 \leq R_2 \leq R_1$; $\beta_1 = \frac{R_1}{R_3} \geq \beta_2 = \frac{R_2}{R_3} \geq 1$)

$$R_3 \leq R_2 \leq R_1 = 105 \leq 1732 \leq 2400$$

$$\beta_1 = \frac{R_1}{R_3} \geq \beta_2 = \frac{R_2}{R_3} \geq 1 = \beta_1 = \frac{2400}{105} \geq \beta_2 = \frac{1732}{105} \geq 1$$

$$\beta_1 = 22,8 \geq \beta_2 = 16,5 \geq 1$$

$$Q = \frac{\beta_1\beta_2}{\beta_1\beta_2 + 0,7\beta_1\beta_2 - 0,15} = \frac{22,8 \cdot 16,5}{22,8 \cdot 16,5 + 0,7 \cdot 22,8 \cdot 16,5} = 0,588 \quad (6.2)$$

$$\Phi = \frac{\beta_1\beta_2}{\beta_1\beta_2 + \beta_1 + \beta_2} = \frac{22,8 \cdot 16,5}{22,8 \cdot 16,5 + 22,8 + 16,5} = 0,905 \quad (6.3)$$

$$\omega = 1 - \frac{t_{кр}}{t_{с.к}} = 1 - \frac{-2}{-18} = 0,88 \quad (6.4)$$

$t_{с.к}$ – середня кінцева температура замороженого продукту, $^{\circ}\text{C}$.

$$\rho = 1020 \text{ кг}/\text{м}^3 \text{ (2, д.1.1)}$$

$$q = h_1 - h_2 = 272,9 - 5 = 268 \text{ кДж}/\text{кг}$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.006.ПЗ				

h_1, h_2 – питома ентальпія відповідно охолодженого та замороженого продукту, кДж/кг (2, д.2)

$$h_1 = 272,9 \text{ кДж/кг } t = 2^\circ\text{C}$$

$$h_2 = 5 \text{ кДж/кг } t = -18^\circ\text{C}$$

$\lambda_{\text{ох}}$ = 0,46 Вт/мк – коефіцієнт теплопровідності охолодженого продукту;

$\lambda_{\text{мор}}$ – коефіцієнт теплопровідності замороженого продукту, Вт/мк;

$$\lambda_{\text{мор}} = \lambda_{\text{ох}} + 0,9\omega = 0,46 + 0,9 \cdot 0,88 = 1,25 \frac{\text{Вт}}{\text{мк}} \quad (6.5)$$

$$w = 70 \% \text{ (2, д.1.1)}$$

Знаходимо коефіцієнт тепловіддачі:

$$\alpha = \frac{\lambda}{\delta} = \frac{15,1}{0,04} = 37,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}} \quad (6.6)$$

λ - коефіцієнт теплопровідності металу, Вт/мк (2, д.1.5);

δ - товщина шару металу, м(2, додаток 1.5).

$$\tau_0 = \frac{0,05 \cdot 1020 \cdot 268000 \cdot 0,7 \cdot 0,88}{-2 - (-35)} \left(0,588 \frac{0,05}{2 \cdot 1,25} + 0,905 \frac{1}{37,5} \right) =$$

$$= 7953 \text{ с} = 2,2 \text{ год}$$

Поправка на ненульову теплоємність замороженої частини:

$$\tau_1 = \frac{\rho c_{\text{мор}} R^2}{\lambda_{\text{мор}}} \frac{1 + \ln \left(1 + \frac{0,65}{Bi^*} \right)}{4 + 2 | k - 1 |} \quad (6.7)$$

$c_{\text{мор}}$ = 1,67 кДж/кгК – питома теплоємність замороженого продукту (2, д.1.1)

$c_{\text{ох}}$ = 3,35 кДж/кгК – питома теплоємність охолодженого продукту (2, д.1.1)

$$k = (1/\Phi) = \left(\frac{1}{0,905} \right) - 1 = 0,1 \quad (6.8)$$

$$Bi = \frac{\alpha \cdot R}{\lambda} = \frac{37,5 \cdot 0,05}{0,46} = 4 \quad (6.9)$$

$$Bi^* = Bi + 1 - k = 4 + 1 - 0,1 = 4,9 \quad (6.10)$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.006.ПЗ				

$$\tau_1 = \frac{1020 \cdot 1670 \cdot 0,05^2}{1,25} \frac{1 + \ln \left(1 + \frac{0,65}{4,9}\right)}{4 + 2 | 0,1 - 1 |} = 660 \text{ с} = 0,18 \text{ год} \quad (6.11)$$

Поправка на поступове виморожування вологи:

$$\tau_2 = \frac{-R^2 \rho q w \omega}{\lambda_{\text{мор}} (t_{\text{кр}} - t_{0.с})} F(Bi, a, k) \quad (6.12)$$

$F(Bi, a, k)$ – безрозмірна функція, величина якої залежить від умов заморожування, форми та кріоскопічної температури продукту.

$k=0$ – для пластини

$$a = \frac{-t_{\text{кр}}}{t_{\text{кр}} - t_{0.с}} = \frac{-(-2)}{-2 - (-40)} = 0,052 \quad (6.13)$$

$F(Bi, a, k) = 0,197$ (2, д.10.1)

$$\tau_2 = \frac{-0,05^2 \cdot 1020 \cdot 268000 \cdot 0,7 \cdot 0,88}{1,25 \cdot (-2 - (-35))} \cdot 0,197 = 1745 \text{ с} = 0,49 \text{ год} \quad (6.14)$$

Поправка на зміну теплопровідності продукту під час заморожування:

$$\tau_3 = \Phi \frac{R^2 \rho q w \omega}{(t_{\text{кр}} - t_{0.с})} \frac{\lambda_{\text{мор}} - \lambda_{\text{ох}}}{\lambda_{\text{мор}}^2} \frac{b(Bi + 2)}{2Bi} \ln \left(1 + \frac{Bi}{b(Bi + 2)}\right) \quad (6.15)$$

$$b = \frac{2\lambda_{\text{ох}} + \lambda_{\text{мор}}}{3\lambda_{\text{ох}}} a = \frac{2 \cdot 0,46 + 1,25}{3 \cdot 0,46} \cdot 0,052 = 0,082 \quad (6.16)$$

$$\tau_3 = 0,905 \cdot \frac{0,05^2 \cdot 1020 \cdot 268000 \cdot 0,7 \cdot 0,88}{(-2 - (-35))} \cdot \frac{1,25 - 0,46}{1,25^2} \cdot \frac{0,082 \cdot (4 + 2)}{2 \cdot 4} \cdot \ln \left(1 + \frac{4}{0,082 \cdot (4 + 2)}\right) = 909 \text{ с} = 0,25 \text{ год}$$

Поправка на початкову температуру тіла:

$$\tau_4 = \Phi c_{\text{ох}} R \rho \frac{t_{\text{поч}} - t_{\text{кр}}}{(t_{\text{кр}} - t_{0.с})} \left[\frac{R}{\lambda_{\text{мор}}} \left(\frac{A \chi_0}{k + 1} \frac{Bi + 2}{Bi} \right)^{-1} + \frac{1}{\alpha} \right] \quad (6.17)$$

$$A = \frac{\lambda_{\text{ох}} q w \omega}{c_{\text{ох}} (t_{\text{кр}} - t_{0.с}) \lambda_{\text{мор}}} = \frac{0,46 \cdot 268000 \cdot 0,7 \cdot 0,88}{3350 \cdot (-2 - (-35)) \cdot 1,25} = 0,477 \quad (6.18)$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.006.ПЗ				

$$\chi_0 = \frac{(k+1)(k+5+2\sqrt{(2k+6)})}{4} = \frac{(0,1+1) \cdot (0,1+5+2\sqrt{2 \cdot 0,1+6})}{4} = 2,7 \quad (6.19)$$

$$\tau_4 = 0,905 \cdot 3350 \cdot 0,05 \cdot 1020 \cdot \frac{2 - (-2)}{(-2 - (-40))} \cdot \left[\frac{0,05}{1,25} \left(\frac{0,477 \cdot 2,7}{0,1+1} \cdot \frac{4+2}{4} \right)^{-1} + \frac{1}{37,7} \right] = 606\text{с} = 0,16\text{год}$$

Остаточна тривалість заморожування субпродуктів становитиме:

$$\tau = \tau_0 + \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4 = 2,2 + 0,18 + 0,49 + 0,25 + 0,16 = 3,28\text{год}$$

Вибір плиткового апарату

Оскільки заморозка субпродуктів у плитковому швидкоморозильному апараті становить 10т/доб, обираємо 3 вертикальних плиткових швидкоморозильних апарата АМПВ-3,5-01. Характеристика апарату наведена в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1

Модель	АМПВ-3,5-01
Габарити, мм	2388x1230x1679
Розмір блока продукту, мм	790x800x100
Кількість плит, шт	15
Разове завантаження, кг	462
Час циклу заморожування, з урахуванням завантаження і розвантаження, год	2,33
рама апарату	Гарячо-оцинкована
Необхідна холодопродуктивність (Ткип = -40С), кВт	24
Необхідну кількість холодоагенту в плитах, літр.:	90

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.006.ПЗ					

7. Вибір структури системи охолодження та типу холодильної установки

В даному проєкті холодильник є великим, місткістю 3400т, з аміачною системою охолодження, то ми застосовуємо централізоване холодопостачання з однією компаудно – циркуляційною системою, яка працює на 3 температури кипіння. Вона складатиметься з 1 компаудного ресивера та 2 циркуляційних. Відповідні температури кипіння $t_{01} = -38^{\circ}\text{C}$, $t_{02} = -28^{\circ}\text{C}$, $t_{03} = -10^{\circ}\text{C}$.

Дана система є безпосереднього охолодження. Вона є економічною оскільки при зниженні різниці температури на 5°C зменшується витрата електроенергії приблизно на 15% .

Недоліком аміачних систем безпосереднього охолодження є велика кількість аміаку, яка знаходиться в трубах і апаратах, велика кількість зеднань, пожежо- та вибухонебезпечна.

Дана система є насосно – циркуляційною. Оскільки при охолодженні 5 – 6 камер і більше потрібна велика кількість регуляторів заповнення (наприклад ТРВ) яке не тільки завищує вартість установки, але і понижує її надійність.

7.1 Вибір розрахункового робочого режиму та тепловий розрахунок холодильної машини

Розрахунковий (робочий) режим ХУ характеризується температурами кипіння t_0 , конденсації t_k , всмоктування $t_{вс}$, і переохолодження $t_{по}$.

При проектуванні ХУ з безпосереднім охолодженням аміачними ХМ t_0 приймають на $5...10^{\circ}\text{C}$ нижче температури повітря в камері:

температура кипіння в камерах охолодження:

$$t_{0ox} = t_{ox} - (5...10)^{\circ}\text{C} = 0 - 10 = -10^{\circ}\text{C}$$

Температура кипіння в камерах зберігання замороженого м'яса.

$$t_{036} = t_{36} - (5...10)^{\circ}\text{C} = -18 - 10 = -28^{\circ}\text{C}$$

Температура кипіння в камерах замороження м'яса.

					00.КР.142.008.006.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

$$t_{0\text{зам}} = t_{\text{зам}} - (5 \dots 10)^\circ\text{C} = -28 - 10 = -38^\circ\text{C}$$

При розрахункових параметрах зовнішнього повітря для смт. Романів ($t_3 = 31^\circ\text{C}$, $\phi_3 = 55\%$), температура зовнішнього повітря по мокрому термометру $t_{m.m} = 25^\circ\text{C}$.

Температуру конденсації вибираємо відповідно до $t_{m.m}$. В зв'язку з тенденцією глобального потепління температура конденсації:

$$t_k = 35^\circ\text{C}$$

Температуру всмоктування парів $t_{\text{вс}}$ приймають:

Для 1-ї ступені 2 ступеневої установки $t_{\text{вс}} = t_0 + (10 \dots 20)^\circ\text{C}$

За діаграмою $\lg p - h$ визначаю тиски котрі відповідають прийнятим температурам:

для температури кипіння в камерах зберігання охолодженого м'яса:

$$p_{0\text{ох}} = 0,3 \text{ МПа},$$

для температури кипіння в камерах зберігання замороженого м'яса:

$$p_{0\text{зб}} = 0,14 \text{ МПа},$$

для температури кипіння в камерах замороження м'яса:

$$p_{0\text{зам}} = 0,08 \text{ МПа},$$

для тиску конденсації: $p_k = 1,39 \text{ МПа}$.

Визначимо, яку машину (одно або двоступеневу) потрібно для кожної температури кипіння:

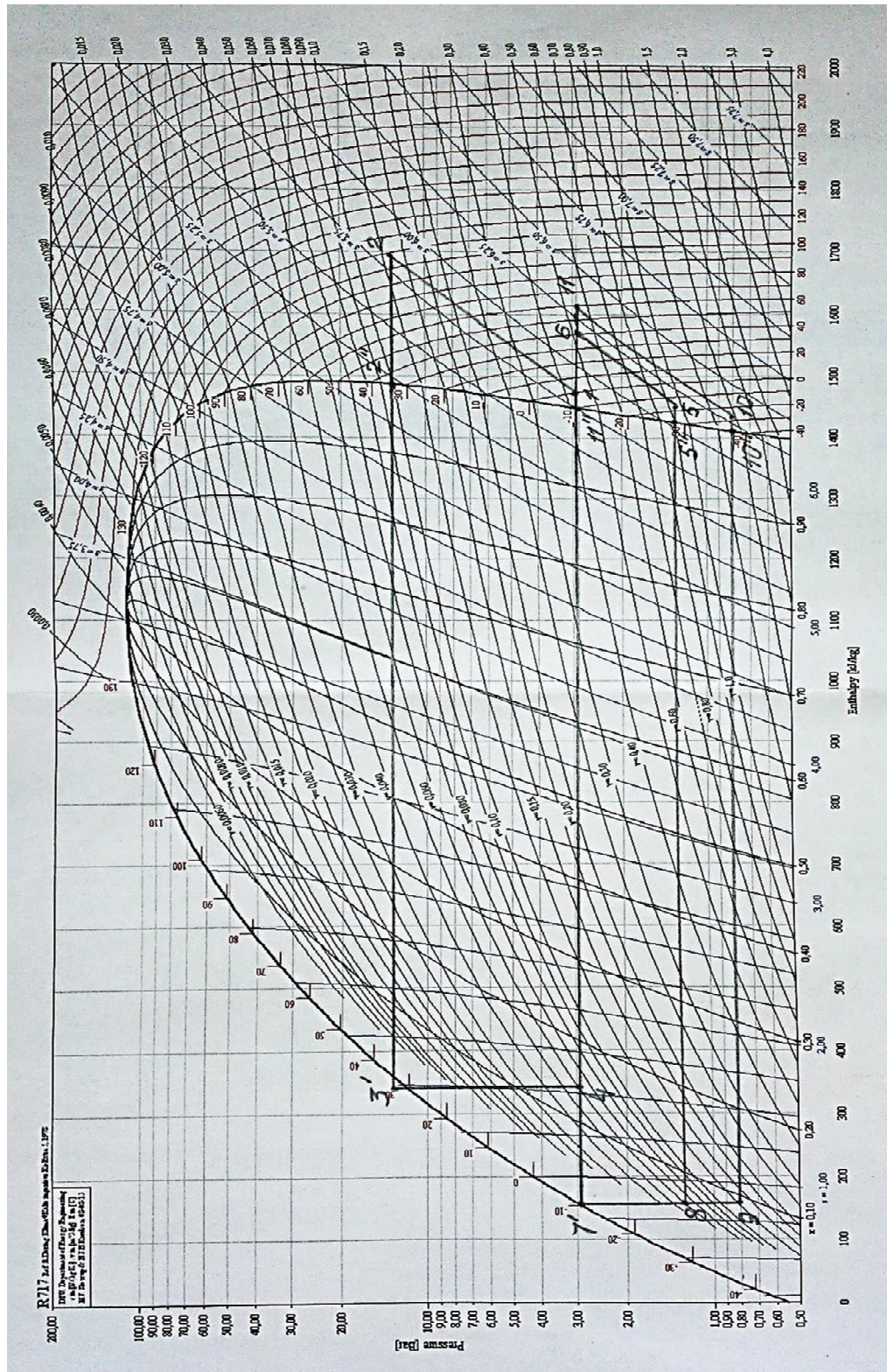
камери зберігання охолодженого м'яса $p_k/p_{0\text{ох}} = 1,39/0,3 = 4,6$ – одноступенева машина

камери зберігання $p_k/p_{0\text{зб}} = 1,39/0,14 = 9,9$ – двоступенева машина

камери замороження $p_k/p_{0\text{зам}} = 1,39/0,08 = 17,4$ – двоступенева машина.

Розрахункову схему холодильної машини зображено на мал. 7.1.

					00.KP.142.008.006.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		



Мал. 7.2

Таблица 7.1

					00.KP.142.008.006.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

№ точки	Температура, °С	Тиск, Бар	Ентальпія, кДж/кг	Питомий об'єм, м³/кг
1	0	3	1480	0,45
1''	-10	3	1450	
2	110	13,9	1700	
2''	35	13,9	1580	
3'	30	13,9	330	
4	-10	3	330	
5	-18	1,4	1460	0,95
5''	-28	1,4	1425	
6	43	3	1570	
7	-10	3	155	
8	-28	1,4	155	
9	-38	0,8	155	
10	-28	0,8	1430	1,45
10''	-38	0,8	1410	
11	60	1,4	1615	

Визначаємо масову витрату холодильного агента, яку потрібно відводити від циркуляційних ресиверів:

$$m' = Q_{0T} / \Delta i \quad (7.1)$$

$$m'_1 = \frac{Q_{01}}{q_{01}} = \frac{190}{1450 - 330} = 0,17 \text{ кг/с}$$

$$m'_2 = \frac{Q_{02}}{q_{02}} = \frac{84}{1425 - 155} = 0,066 \text{ кг/с}$$

$$m'_3 = \frac{Q_{03}}{q_{03}} = \frac{370}{1410 - 155} = 0,29 \text{ кг/с}$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.KP.142.008.006.ПЗ				

$$m_{км1} = m'_1 + m'_2 \cdot \frac{h_6 - h_7}{h_{1''} - h_4} + m'_3 \cdot \frac{h_{11} - h_7}{h_{1''} - h_4} =$$

$$= 0.17 + 0.066 \cdot \frac{1570 - 155}{1450 - 330} + 0.29 \cdot \frac{1615 - 155}{1450 - 330} = 0,66 \text{ кг/с}$$

За мал. 11.2 літ (1) для компресорів індикаторний ККД приймаємо рівним коефіцієнту подачі:

$$\text{при } t_0 = -38^\circ\text{C} \quad p_{np}/p_0 = 0,3/0,08 = 3,75 \quad \lambda_{(-38)} = 0,86$$

$$\text{при } t_0 = -28^\circ\text{C} \quad p_{np}/p_0 = 0,3/0,14 = 2,14 \quad \lambda_{(-28)} = 0,88$$

$$\text{при } t_0 = -10^\circ\text{C} \quad p_k/p_{np} = 1,39/0,3 = 4,6 \quad \lambda_{(-10)} = 0,82$$

Знаходимо реальні точки стиснення :

$$h_{11'} = \frac{h_{11} - h_{10}}{\eta_i} + h_{10} = \frac{1615 - 1430}{0,86} + 1430 = 1645 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$h_{6'} = \frac{h_6 - h_5}{\eta_i} + h_5 = \frac{1570 - 1460}{0,88} + 1460 = 1585 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$h_{2'} = \frac{h_2 - h_1}{\eta_i} + h_1 = \frac{1700 - 1480}{0,82} + 1480 = 1748 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Необхідна продуктивність компресорів:

$$\sum V_m = Mv/\lambda \quad (7.2)$$

$$\sum V_{T(-38)} = 0,3 \cdot \frac{1,45}{0,86} = 0,55 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 1980 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$\sum V_{m(-28)} = 0,066 \cdot \frac{0,95}{0,88} = 0,07 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 252 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$\sum V_{m(-10)} = 0,66 \cdot \frac{0,45}{0,82} = 0,36 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 1296 \text{ м}^3/\text{год}$$

Для роботи на температуру кипіння $t_0 = -38^\circ\text{C}$ приймаємо 4 гвинтові компресори фірми Bitzer марки OSNA8591-K з об'ємною подачею

$V_{км(-38)} = 2020 \text{ м}^3/\text{год}$; для температури кипіння $t_0 = -28^\circ\text{C}$ приймаємо 2

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.006.ПЗ				

компресори фірми Bitzer гвинтові марки OSNA5361-K з подачею $V_{км(-28)}=260$ м³/год, та 1 резервний; для температури кипіння $t_0=-10$ °С, приймаємо три поршневі компресори фірми Gea Grasso марки V 450 з об'ємною подачею $V_{км(-10)}=1350$ м³/год, та один резервний.

Характеристика компресорів в таблиці 7.1,7.2,7,3:

Таблиця 7.1

Модель	OSNA8591-K
Продуктивність	505 м ³ /год
Допустимий діапазон швидкостей	1450-4000хв ⁻¹
Вага	360 кг
Всмоктувальна лінія	DN 100
Нагнітальна лінія	DN 80
Тип мастила для NH ₃	Reniso KC68, SHC 226E
Габаритні розміри	901/571/498

Таблиця 7.2

Модель	OSNA5361-K
Продуктивність	130 м ³ /год
Допустимий діапазон швидкостей	1450-4500хв ⁻¹
Вага	65 кг
Всмоктувальна лінія	DN 50
Нагнітальна лінія	DN 40
Тип мастила	Reniso KC68, SHC 226E
Габаритні розміри	532/461/332

Таблиця 7.3

Модель	V450
Продуктивність	435 м ³ /год
Допустимий діапазон швидкостей	500-1500хв ⁻¹
Кількість циліндрів	6
Вага	751 кг
Габаритні розміри	1076/933/922

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.KP.142.008.006.ПЗ				

Дійсна масова витрата компресорів:

$$\sum M_{км} = \sum \lambda V_{км} / v \quad (7.3)$$
$$\sum M_{км(-38)} = 0,86 \cdot \frac{2020}{1,45 \cdot 3600} = 0,33 \text{ кг/с}$$
$$\sum M_{км(-28)} = 0,88 \cdot \frac{260}{0,95 \cdot 3600} = 0,067 \text{ кг/с}$$
$$\sum M_{км(-10)} = 0,82 \cdot \frac{1350}{0,45 \cdot 3600} = 0,68 \text{ кг/с}$$

Сумарна теоретична потужність:

$$\sum N_T = \sum M_{км} \Delta i \quad (7.4)$$
$$\sum N_{T(-38)} = 0,33 \cdot (1615 - 1430) = 61,05 \text{ кВт}$$
$$\sum N_{T(-28)} = 0,067 \cdot (1570 - 1460) = 7,37 \text{ кВт}$$
$$\sum N_{T(-10)} = 0,68 \cdot (1700 - 1480) = 149,6 \text{ кВт}$$

Електрична потужність ($\eta_{мех}=\eta_{ел}=0,9$):

$$N_e = N_T / \eta_i \eta_{мех} \eta_{ел} \quad (7.5)$$
$$\sum N_{e(-38)} = \frac{61,05}{0,75 \cdot 0,9 \cdot 0,9} = 100,5 \text{ кВт}$$
$$\sum N_{e(-28)} = \frac{7,37}{0,75 \cdot 0,9 \cdot 0,9} = 12,1 \text{ кВт}$$
$$\sum N_{e(-10)} = \frac{149,6}{0,75 \cdot 0,9 \cdot 0,9} = 246,25 \text{ кВт}$$

Індикаторна потужність компресорів: $\eta_i = 0,75$

$$N_i = N_T / \eta_i \quad (7.6)$$
$$\sum N_{i(-38)} = \frac{61,05}{0,75} = 81,4 \text{ кВт}$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.006.ПЗ				

8. Розрахунок та вибір теплообмінних апаратів.

Завдання теплового розрахунку теплообмінних апаратів полягає у визначенні площі поверхні теплопередачі. В основу розрахунків покладено розв'язання рівняння теплопередачі, м²:

$$F = \frac{Q_k}{k\theta_m} = \frac{Q_k}{q_f} \quad (8.1)$$

де Q_k – теплове навантаження конденсатора, кВт; k – коефіцієнт теплопередачі конденсатора, Вт/(м²·К); θ_m – середня логарифмічна різниця температур в апараті, °С; q_f – питомий тепловий потік, Вт/м².

8.1 Розрахунок кожухотрубного конденсатора

Множники, що входять у рівняння теплопередачі, під час розрахунку конденсатора визначаються так:

$Q = Q_k$ - теплове навантаження конденсатора, кВт;

Дійсне теплове навантаження на конденсатор:

$$Q_{к,д} = 954 \text{ кВт}$$

На рис.8.1 показано умовну схему зміни температур холодоагенту та охолодного середовища вздовж поверхні теплопередачі конденсатора. Конденсатор можна умовно поділити на три зони: зняття перегріву пари, конденсації та переохолодження рідини. Як правило, визначають сумарний тепловий потік усіх зон, а теплопередачу розраховують за умовами зони конденсації. З урахуванням цього θ_m , °С, визначають як

$$\theta_m = \frac{t_{охл2} - t_{охл1}}{\ln \frac{t_k - t_{охл1}}{t_k - t_{охл2}}}$$

де $t_{охл1}$, $t_{охл2}$ – температура охолодного середовища на вході та виході з апарата, t_k – температура конденсації.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.006.ПЗ				

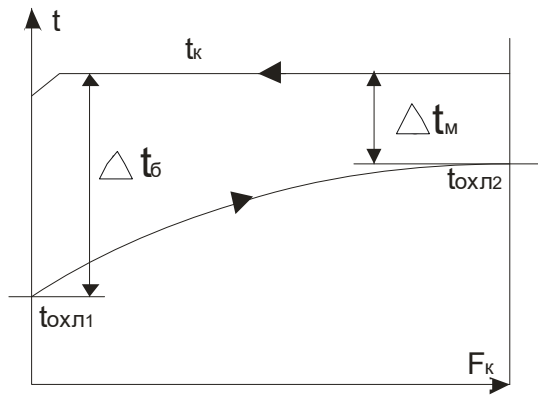


Рис. 8.1. Схема зміни температур у конденсаторі

Температуру охолодного середовища на виході з конденсатора $t_{охл2}$ розраховують за формулою:

$$t_{охл2} = t_{охл1} + \Delta t_{охл},$$

$$t_{охл2} = 24 + 5 = 29^\circ C$$

де $\Delta t_{охл} = (3-5)^\circ C$ – нагрівання охолодного середовища в конденсаторі
 $t_{охл1} = 24^\circ C$

$$\theta_m = \frac{29 - 24}{\ln \frac{35 - 24}{35 - 29}} = 8,2^\circ C$$

$$F = \frac{954 \cdot 1000}{700 \cdot 8.2} = 166 m^2$$

$k = (700 \div 1050) \text{ Вт/м}^2\text{К}$ - для горизонтальних кожухотрубних КД

Підбираємо конденсатор горизонтальний кожухотрубний КТГА-180 - 2 шт.

Розраховуємо об'ємну витрату води для охолодження конденсаторів:

$$V_{охл} = \frac{Q_k}{\rho_{охл} \cdot c_{охл} \cdot (t_{охл2} - t_{охл1})} = \frac{954}{4,19 \cdot 1000 \cdot 5} = 0,045 m^3 / c = 162 m^3 / год$$

Таблиця 8.1

Технічна характеристика горизонтального конденсатора КТГА

Марка	Площа поверхні, м ²	Розміри, мм				Число труб, і	Число ходів, Z	Об'єм міжтрубного простору, м ³	Об'єм трубного простору, м ³	Маса, кг
		діаметр, D _{вн}	довжина, L	ширина, B	висота, H					
180 КТГА	180	1000	5750	1330	1670	614	8	2,5	1,23	6450

Для забезпечення кращої довгострокової роботи встановлюємо систему підготовки води, блочну ХВО компанії ПАТ «Теком», смт Монастирище Черкаської області.

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.006.ПЗ					

8.2 Розрахунок градирні.

Градирню вибирають по необхідній площі поперечного перерізу $F_{н.пер.}$, $м^2$, яку визначають за ф-ю:

$$F_{н.пер.} = \frac{Q_{сп}}{q_F}; \quad (8.2)$$

де $Q_{сп}$ - теплове навантаження на градирню, кВт;

q_F - питоме теплове навантаження на 1 $м^2$ поперечного перерізу насадки в градирні.

Приймаємо $q_F = 40 \text{ кВт} / \text{м}^2$;

Теплову нагрзуку на градирню приймаємо 1,03

$$Q_{сп} = 1,03 \times Q_{к} = 1,03 \times 954 = 983 \text{ кВт};$$

Площа поперечного перерізу градирні за ф-ю:

$$F_{н.пер.} = \frac{Q_{сп}}{q_F} = \frac{983}{40} = 24,6 \text{ м}^2;$$

Беремо дві градирні 2МВГ-24/7 «ВИХРЬ»

Характеристика градирні в таблиці 8.2:

Таблиця 8.2

Діапазон продуктивності градирні по води, $м^3/\text{год}$	50-200
Номінальна продуктивності градирні, $м^3/\text{год}$	140-180
Площа поверхні зрошувача, $м^2$	65
Діапазон регулювання продуктивності, %	40-100
Площа зрошування, $м^2$	12,96
Кількість вентиляторів, шт..	2
Діаметр вентилятора, мм	1500
Частота обертання колеса вентилятора, об/хв.	750
Номінальна потужність електродвигуна, кВт	2x7,5
Напруга /частота мережі, В/Гц	380/50
Вага, кг	125
Габарити градирні, м	2,4x5,4

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.006.ПЗ					

9. Розрахунок та вибір теплообмінного обладнання холодильних камер.

Розрахунок камерного обладнання.

Теплове навантаження на камерне обладнання, рівне сумі теплопритоків в камеру. Прийmemo, що охолодження в усіх камерах здійснюється за допомогою повітроохолодників. (1, с.92)

№7,8,9,10,22; Камери зберігання охолодженого м'яса в напівтушах на підвісних коліях

$$t_{\text{кам}}=0^{\circ}\text{C}.$$

Коефіцієнт теплопередачі – $k = 14 \text{ Вт/м}^2\text{К}$

Температурний напір - $\theta = 8^{\circ}\text{C}$ - різниця між температурою повітря в камері та температурою кипіння холодильного агента $\Delta t = 6...10, ^{\circ}\text{C}$.

$$F = \frac{Q_{\text{заг}}}{k \cdot \theta} = \frac{46200}{14 \cdot 8} = 415 \text{ м}^2;$$

Обираємо по 2 повітроохолодника Guentner GHK.2 на 1 камеру:

Тип	071.2E/26-AND
Площа тепло передаючої поверхні, м ²	213,3
Номинальна потужність, кВт	33,9
Об'ємна витрата повітря, м ³ /год	23120
Довжина струменя повітря, м	35
Споживана потужність, кВт	1,62
Об'єм труб, л	93,5
Вага, кг	868,3
Кількість вентиляторів	2
Діаметр вентилятора, мм	710
Габаритні розміри, мм	3450x1041x906

									Арк.	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.KP.142.008.006.ПЗ					

Перевіряємо чи достатня об'ємна подача встановлених вентиляторів:

$$V_{\text{вз}} = \frac{Q_{\text{об}}}{\rho_{\text{вз}} \cdot (h_1 - h_2)},$$

де $Q_{\text{об}}$ - сумарне теплове навантаження на обладнання, кВт, $\rho_{\text{вз}}$ - густина повітря виходячого з повітроохолодника, кг/м³, $(h_1 - h_2)$ – різниця ентальпій повітря на вході та виході з повітроохолодника.

$$V_{\text{вз}} = \frac{Q_{\text{об}}}{\rho_{\text{вз}} \cdot (h_1 - h_2)} = \frac{46.2}{1.44 \cdot (-12 - (-16))} = 8 \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

$$V_{\text{ном}} = 12,8 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

$$V_{\text{вз}} \leq V_{\text{ном}}$$

№17,18,19,20,24; Камери зберігання замороженого м'яса в напівтушах

$$t_{\text{кам}} = -18^\circ\text{C}.$$

Коефіцієнт теплопередачі – $k = 13 \text{Вт/м}^2\text{К}$

Температурний напір - $\theta = 8^\circ\text{C}$ - різниця між температурою повітря в камері та температурою кипіння холодильного агента $\Delta t = 6...10, ^\circ\text{C}$.

$$F = \frac{Q_{\text{заг}}}{k \cdot \theta} = \frac{14400}{13 \cdot 8} = 138,5 \text{ м}^2;$$

Обираємо по 2 повітроохолодника Guentner GHK.2 на 1 камеру:

Тип	050.2H/16-ANS
Площа тепло передаючої поверхні, м ²	94,1
Номінальна потужність, кВт	9,94
Об'ємна витрата повітря, м ³ /год	6040
Довжина струменя повітря, м	19
Споживана потужність, кВт	0,55
Об'єм труб, л	36,3
Вага, кг	319,3
Кількість вентиляторів	1
Діаметр вентилятора, мм	500
Габаритні розміри, мм	1565x806x864

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.KP.142.008.006.ПЗ				

Перевіряємо чи достатня об'ємна подача встановлених вентиляторів:

$$V_{\text{вз}} = \frac{Q_{\text{об}}}{\rho_{\text{вз}} \cdot (h_1 - h_2)},$$

де $Q_{\text{об}}$ - сумарне теплове навантаження на обладнання, кВт, $\rho_{\text{вз}}$ - густина повітря виходячого з повітроохолодника, кг/м³, $(h_1 - h_2)$ – різниця ентальпій повітря на вході та виході з повітроохолодника.

$$V_{\text{вз}} = \frac{Q_{\text{об}}}{\rho_{\text{вз}} \cdot (h_1 - h_2)} = \frac{14.4}{1.44 \cdot (-12 - (-16))} = 2,5 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

$$V_{\text{ном}} = 3,35 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

$$V_{\text{вз}} \leq V_{\text{ном}}$$

№1,2,3,4,5,6; Камери охолодження м'яса в напівтушах

$$t_{\text{кам}} = 0^\circ\text{C}.$$

$$F = \frac{Q_{\text{заг}}}{k \cdot \theta} = \frac{47500}{14 \cdot 8} = 424,1 \text{ м}^2;$$

Обираємо по 2 повітроохолодника Guentner GHK.2 на 1 камеру:

Тип	071.2E/26-AND
Площа тепло передаючої поверхні, м ²	213,3
Номінальна потужність, кВт	33,9
Об'ємна витрата повітря, м ³ /год	23120
Довжина струменя повітря, м	35
Споживана потужність, кВт	1,62
Об'єм труб, л	93,5
Вага, кг	868,3
Кількість вентиляторів	2
Діаметр вентилятора, мм	710
Габаритні розміри, мм	3450x1041x906

Перевіряємо чи достатня об'ємна подача встановлених вентиляторів:

$$V_{\text{вз}} = \frac{Q_{\text{об}}}{\rho_{\text{вз}} \cdot (h_1 - h_2)}$$

					00.KP.142.008.006.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $Q_{об}$ - сумарне теплове навантаження на обладнання, кВт, $\rho_{вз}$ - густина повітря виходячого з повітроохолодника, кг/м³, $(h_1 - h_2)$ – різниця ентальпій повітря на вході та виході з повітроохолодника.

$$V_{вз} = \frac{Q_{об}}{\rho_{вз} \cdot (h_1 - h_2)} = \frac{47.5}{1.44 \cdot (-12 - (-16))} = 8.24 \cdot \frac{м^3}{с}$$

$$V_{ном} = 12,8 \frac{м^3}{с}$$

$$V_{вз} \leq V_{ном}$$

№11,12,13,14, Камери замороження м'яса

$$t_{кам} = -28^{\circ}C.$$

$$F = \frac{Q_{заг}}{\kappa \cdot \theta} = \frac{66400}{12 \cdot 8} = 692 м^2;$$

Обираємо по 2 повітроохолодника Guentner AGHN на 1 камеру

Тип	080.2H/27-AND/12P.E
Площа тепло передаючої поверхні, м ²	434,2
Номинальна потужність, кВт	36
Об'ємна витрата повітря, м ³ /год	34420
Довжина струменя повітря, м	43
Споживана потужність, кВт	1,4
Об'єм труб, л	93,5
Вага, кг	625
Кількість вентиляторів	2
Діаметр вентилятора, мм	800
Габаритні розміри, мм	3950x1260x975

Перевіряємо чи достатня об'ємна подача встановлених вентиляторів:

$$V_{вз} = \frac{Q_{об}}{\rho_{вз} \cdot (h_1 - h_2)} = \frac{66.4}{1.3 \cdot (14 - 9)} = 10,21 \frac{м^3}{с}$$

$$V_{ном} = 19,12 \frac{м^3}{с}$$

$$V_{вз} \leq V_{ном}$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.KP.142.008.006.ПЗ				

№23 Камера зберігання дефектих вантажів

$$t_{\text{кам}} = -18^{\circ}\text{C}.$$

Коефіцієнт теплопередачі – $k = 13 \text{ Вт/м}^2\text{К}$

Температурний напір - $\theta = 8^{\circ}\text{C}$ - різниця між температурою повітря в камері та температурою кипіння холодильного агента $\Delta t = 6...10, ^{\circ}\text{C}$.

$$F = \frac{Q_{\text{заг}}}{k \cdot \theta} = \frac{15100}{13 \cdot 8} = 145,2 \text{ м}^2;$$

Обираємо 2 повітроохолодника Guentner GHK.2 на 1 камеру:

Тип	050.2H/16-ANS
Площа тепло передаючої поверхні, м ²	94,1
Номинальна потужність, кВт	9,94
Об'ємна витрата повітря, м ³ /год	6040
Довжина струменя повітря, м	19
Споживана потужність, кВт	0,55
Об'єм труб, л	36,3
Вага, кг	319,3
Кількість вентиляторів	1
Діаметр вентилятора, мм	500
Габаритні розміри, мм	1565x806x864

Перевіряємо чи достатня об'ємна подача встановлених вентиляторів:

$$V_{\text{вз}} = \frac{Q_{\text{об}}}{\rho_{\text{вз}} \cdot (h_1 - h_2)},$$

де $Q_{\text{об}}$ - сумарне теплове навантаження на обладнання, кВт, $\rho_{\text{вз}}$ - густина повітря виходячого з повітроохолодника, кг/м³, $(h_1 - h_2)$ – різниця ентальпій повітря на вході та виході з повітроохолодника.

$$V_{\text{вз}} = \frac{Q_{\text{об}}}{\rho_{\text{вз}} \cdot (h_1 - h_2)} = \frac{15.1}{1.44 \cdot (-12 - (-16))} = 2,6 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

$$V_{\text{ном}} = 3,35 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

$$V_{\text{вз}} \leq V_{\text{ном}}$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.KP.142.008.006.ПЗ				

10. Розрахунок та вибір допоміжного обладнання холодильної установки.

10.1. Розрахунок та вибір ресиверів.

10.2. Лінійний ресивер.

Ресивером називається посуд для збору рідкого холодильного агента. Лінійний ресивер встановлюється на стороні високого тиску після конденсатора. Він звільнює від рідини поверхню конденсатора і створює рівномірний потік рідкого холодильного агента до регулюючого вентиля.

Лінійні ресивери підбирають по необхідному геометричному внутрішньому об'єму цих ємностей V (в $м^3$).

Ємність лінійного ресивера в автоматизованих насосоциркуляційних схемах з верхньою подачею аміаку в прилади охолодження:

$$V_{л.р.} = 0,3 \times V_{вин} / 0,5 \times 1,2 = 0,7 \times V_{вин}; \quad (10.1)$$

$$V_{вин.} = 0,187 \times 5 + 0,0726 \times 5 + 0,187 \times 6 + 0,187 \times 4 + 0,0726 = 3,24 м^3;$$

$$V_{л.р.} = 0,7 \times 3,24 = 2,268 м^3 = 2268 л;$$

Для установки приймаємо лінійний ресивер РЛД - 4,0, характеристика в таблиці 10.1

Таблиця 10.1

Марка	РЛД - 4,0
Місткість	4000 л
Внутрішній діаметр, D_y	1200 мм
Габаритні розміри	3800×2000×2700 мм
Вага	1903 кг

10.3. Компаудний циркуляційний ресивер ($t_0 = -10^\circ C$).

Ємність циркуляційного ресивера РДВ в системах з верхньою подачею холодильного агента в прилади охолодження [1]:

$$V_{ц.р.-10} = K \cdot [V_{н.т.} + 0,2 \cdot (V_{по}) + 0,3 \cdot V_{в.т.}] \quad (10.2)$$

де $V_{н.т.}$ – внутрішній об'єм нагнітального трубопроводу аміачного насосу, $м^3$;

$V_{в.т.}$ – внутрішній об'єм трубопроводів поєднаного всмоктування парів та зливу рідини, $м^3$.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.KP.142.008.006.ПЗ				

Підбираємо горизонтальний РД, Відповідно до цього коефіцієнт $k=2,7$. Робоче заповнення ресивера складає 30%.

Визначаємо (приблизний) внутрішній об'єм нагнітального трубопроводу аміачного насосу.

Приймаємо трубопровід від приладів охолодження до циркуляційного ресивера $d_y=80$ мм, а $L_{н.т}=130$ м.

Тоді:

$$V_{н.т}=L_{н.т} \cdot \pi \cdot (d_y)^2 / 4 = 130 \cdot 3,14 \cdot 0,08^2 / 4 = 0,65 \text{ м}^3.$$

Визначаємо (приблизно) внутрішній об'єм трубопроводів поєднаного всмоктування парів та зливу рідини.

Приймаємо, що $V_{в.т} = V_{н.т} = 0,65 \text{ м}^3$.

Визначаємо об'єм повітроохолоджувачів, які обслуговуються даним циркуляційним ресивером: $V_{по} = 1,56 \text{ м}^3$

Тоді місткість ресивера складає:

$K=2,7$

$$V_{ц.р.} = 2,7 \cdot (0,65 + 0,2 \cdot (1,56) + 0,65 \cdot 0,3) = 3,12 \text{ м}^3$$

Приймаємо ресивер РКЦ - 4,0; $V=4000$ л

Характеристика ресивера в таблиці 10.2:

Таблиця 10.2

Марка	РКЦ - 4,0
Місткість	4000 л
Внутрішній діаметр, D_y	1200 мм
Габаритні розміри	3856×2032×2709 мм
Вага	2110 кг

10.4. Циркуляційний ресивер ($t_0 = -28^\circ\text{C}$).

$$V_{цр} = K \cdot (V_{н.т} + 0,2 \cdot V_{по}); \quad (10.3)$$

$$V_{п.о.} = 0,121 \text{ м}^3;$$

					<i>00.KP.142.008.006.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо трубопровід від приладів охолодження до циркуляційного ресивера $d_y=80$ мм, а $L_{н.т}=125$ м.

$$\text{Тоді} \quad V_{н.т}=L_{н.т} \cdot \pi \cdot (d_y)^2/4=125 \cdot 3,14 \cdot 0,08^2/4=0,63\text{м}^3.$$

$$K=2,7$$

$$V_{ц.р.} = 2,7 \cdot (0,63 + 0,2 \cdot 0,121) = 1,76\text{м}^3$$

Приймаємо ресивер РЦЗ - 4,0 $V=2000$ л

Характеристика ресивера в таблиці 10.3:

Таблиця 10.3

Марка	РЦЗ - 4,0
Місткість	2000 л
Внутрішній діаметр, D_y	1000 мм
Габаритні розміри	3270×1630×4150 мм
Вага	1580 кг

Циркуляційний ресивер ($t_0 = -38^\circ\text{C}$).

$$V_{цр} = K \cdot (V_{н.т} + 0,2 \cdot V_{по}); \quad (10.3)$$

$$V_{п.о.} = 0,2\text{м}^3;$$

Приймаємо трубопровід від приладів охолодження до циркуляційного ресивера $d_y=80$ мм, а $L_{н.т}=125$ м.

Тоді

$$V_{н.т}=L_{н.т} \cdot \pi \cdot (d_y)^2/4=125 \cdot 3,14 \cdot 0,08^2/4=0,63\text{м}^3.$$

$$K=2,7$$

$$V_{ц.р.} = 2,7 \cdot (0,63 + 0,2 \cdot 0,2) = 1,8\text{м}^3$$

Приймаємо ресивер РЦЗ - 4,0 $V=2000$ л

Характеристика ресивера в таблиці 10.4:

Таблиця 10.4

Марка	РЦЗ - 4,0
Місткість	2000 л
Внутрішній діаметр, D_y	1000 мм
Габаритні розміри	3270×1630×4150 мм
Вага	1580 кг

Арк.

00.КР.142.008.006.ПЗ

Зм. Арк. № докум. Підпис Дата

10.5. Вибір дренажного ресивера.

Вибір дренажного ресивера здійснюємо з розрахунку, що при умовному заповненні не більше ніж на 80% він вміщував рідкий аміак із будь-якого апарату.

Беремо дренажний ресивер 5РД, характеристика в таблиці 10.5

Таблиця 10.5

Марка	5РД
Місткість	5580 л
Внутрішній діаметр, D _y	1000 мм
Габаритні розміри	5610×2050×1350 мм
Вага	2190 кг

10.5. Вибір мастиловіддільника

Масловіддільники призначені для відділення мастила, яке виноситься з компресорів разом з парами холодильного агента. Масловіддільники підбирають по діаметру нагнітального патрубку компресора.

Всі компресорні агрегати мають штатні мастиловіддільники.

Оскільки в будь-якому мастиловіддільнику мастило уловлюється не повністю, то потрібно ставити дублюючі мастиловіддільники. Ці мастиловіддільники підбирають по умовному діаметру загального нагнітаючого трубопроводу, підбираємо один масловіддільник марки ОА14111А для компресорів на -38°С та на -28°С, Технічні данні наведені в таблиці 12.6, та 12.7

Таблиця 10.6

Модель	ОА14111А
Максимальна заправка мастила	140 л
Об'єм ресивера	385 дм ³
Вага	310 кг

									Арк.	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.006.ПЗ					

10.6. Вибір мастилозбірника

Беремо мастило збірник фірми Oilstar модель TOSA40, характеристика в таблиці 10.8

Таблиця 10.8

Модель	TOSA40
Об'єм	40 л
Тиск	25 бар

10.7. Підбір аміачного насоса.

В насосно циркуляційних схемах установок для перекачування рідкого аміаку використовують герметичні електронасоси. Насос встановлюється якомога ближче до циркуляційного ресивера. Щоб не відбулося википання рідини, необхідно мати надлишковий тиск на вході в насос по відношенню до тиску в циркуляційному ресивері.

Насос для перекачування рідин підбирають по двом основним параметрам: Подачі V (m^3/c) та повному тиску P (в Па), створюючому насосу.

$$H = \frac{\Delta P}{\rho \times g}; \text{ - Потрібний напір насоса (м);}$$

$$V = n_{\text{ц}} \times \frac{M_{\text{км}}}{\rho}; \text{ - Потрібна подача насоса (} m^3 / год \text{);}$$

де, $n_{\text{ц}}$ - кратність циркуляції ;

$$n_{\text{ц}} = 4;$$

Ділянка трубопроводу від циркуляційного ресивера до випарника, що працює на температуру кипіння -38°C .

Потрібний напір насоса:

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.KP.142.008.006.ПЗ				

$$H = \frac{43306}{685 \times 9,81} = 6,4 \text{ м};$$

Потрібна подача насоса:

$$V = n_q \times \frac{m_{\text{км}(-38)}}{\rho_{-38}} = 4 \times \frac{0,3}{685} = 0,0017 \text{ м}^3 / \text{с} = 6,12 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Вибираємо 2 насоси фірми WITT модель HRP5040, 1 резервний.

Характеристика насоса:

Продуктивність	8 м ³ /год
Максимальний напір	35 м
Швидкість обертання	2900 об/хв
Вхідний патрубок	DN 50
Вихідний патрубок	DN 40
Вага	63 кг
Заправка мастила	1,0 л
Потужність електродвигуна	2,2 кВт

Ділянка трубопроводу від циркуляційного ресивера до випарника, що працює на температуру кипіння -28 °С .

Потрібний напір насоса:

$$H = \frac{118621}{672,5 \times 9,81} = 18 \text{ м};$$

Потрібна подача насоса:

$$V = n_q \times \frac{m_{\text{км}(-28)}}{\rho_{-28}} = 4 \times \frac{0,067}{672,5} = 0,001 \text{ м}^3 / \text{с} = 3,6 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Вибираємо 2 насоси фірми WITT модель HRP5040, 1 резервний.

					00.KP.142.008.006.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Характеристика насоса:

Продуктивність	5,2 м ³ /год
Максимальний напір	35 м
Швидкість обертання	2900 об/хв
Вхідний патрубок	DN 50
Вихідний патрубок	DN 40
Вага	63 кг
Заправка мастила	1,0 л
Потужність електродвигуна	2,2 кВт

Ділянка трубопроводу від циркуляційного ресивера до випарника, що працює на температуру кипіння -10°C .

Потрібний напір насоса:

$$H = \frac{147283}{647 \times 9,81} = 23,2 \text{ м};$$

Потрібна подача насоса:

$$V = n_{\text{ц}} \times \frac{m_{\text{км}(-6)}}{\rho_{-6}} = 4 \times \frac{0,68}{647} = 0,0042 \text{ м}^3 / \text{с} = 15,2 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Вибираємо 2 насоси фірми WITT модель HRP8050, 1 резервний.

Характеристика насоса:

Продуктивність	18,2 м ³ /год
Максимальний напір	53 м
Швидкість обертання	1450 об/хв
Вхідний патрубок	DN 80
Вихідний патрубок	DN 50

									Арк.	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.KP.142.008.006.ПЗ					

Вага	98 кг
Заправка мастила	1,5 л
Потужність електродвигуна	4 кВт

10.8. Вибір насоса для перекачування води до кожухотрубного конденсатора

витрата охолоджувальної води на конденсатор :

$$V_{ок} = 0,045 \frac{м^3}{с}, \quad V_{ок} = 162 \frac{м^3}{год}$$

Підбираємо насос Grundfos CR

Технічна характеристика в таблиці:

Максимальна подача насоса, м ³ /год	180
Максимальний напір, м	270
Діапазон частоти обертання, об/хв	1160 - 3500
Електропідключення	3/230
Частота струму, Гц	50
Кількість насосів	2

					00.KP.142.008.006.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Визначення гідравлічних втрат у трубопроводах

Розрухуємо внутрішній діаметр трубопроводів на рідинній лінії при температурі кипіння -38°C .

Розрахункова швидкість на напірній лінії $\omega = 0,3 \div 0,5 \text{ м/с}$.

Приймаємо $\omega = 0,5 \text{ м/с}$.

$$m = \frac{Q_0}{q_0} = \frac{370}{1410 - 155} = 0,29 \text{ кг/с}$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \times m}{\pi \times \rho \times \omega}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,29}{3,14 \times 685 \times 0,5}} = 0,033 \text{ м} ;$$

Приймаємо $d_{\text{вн}} = 33 \text{ мм}$.

Розрахункова швидкість на зворотній лінії $\omega = 0,6 \div 1,2 \text{ м/с}$.

Приймаємо $\omega = 0,9 \text{ м/с}$.

$$\rho = \frac{1}{v} = \frac{1}{0,3} = 3,3 \text{ кг/м}^3$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \times m}{\pi \times \rho \times \omega}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,29}{3,14 \times 3,3 \times 0,9}} = 0,35 \text{ м} ;$$

Приймаємо $d_{\text{вн}} = 150 \text{ мм}$.

Розрухуємо внутрішній діаметр трубопровода на рідинній лінії при температурі кипіння -28°C .

Розрахункова швидкість на напірній лінії $\omega = 0,3 \div 0,5 \text{ м/с}$.

Приймаємо $\omega = 0,5 \text{ м/с}$.

$$m = 0,066 \text{ кг/с}$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \times m}{\pi \times \rho \times \omega}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,066}{3,14 \times 672,5 \times 0,5}} = 0,0158 \text{ м} ;$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.KP.142.008.006.ПЗ				

Приймаємо $d_{\text{вн}} = 15,8 \text{ мм}$.

Розрахункова швидкість на зворотній лінії $\omega = 0,6 \div 1,2 \text{ м/с}$.

Приймаємо $\omega = 0,9 \text{ м/с}$.

$$\rho = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{0,2} = 5 \text{ кг/м}^3$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \times m}{\pi \times \rho \times w}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,066}{3,14 \times 5 \times 0,9}} = 0,136 \text{ м} ;$$

Приймаємо $d_{\text{вн}} = 137 \text{ мм}$.

Розрухуємо внутрішній діаметр трубопровода на рідинній лінії при температурі кипіння -10°C .

Розрахункова швидкість на напірній лінії $\omega = 0,3 \div 0,5 \text{ м/с}$.

Приймаємо $\omega = 0,5 \text{ м/с}$.

$$m = 0,66 \text{ кг/с}$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \times m}{\pi \times \rho \times w}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,66}{3,14 \times 647 \times 0,5}} = 0,05 \text{ м} ;$$

Приймаємо $d_{\text{вн}} = 51 \text{ мм}$.

Розрахункова швидкість на зворотній лінії $\omega = 0,6 \div 1,2 \text{ м/с}$.

Приймаємо $\omega = 0,9 \text{ м/с}$.

$$\rho = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{0,09} = 11 \text{ кг/м}^3$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \times m}{\pi \times \rho \times w}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,66}{3,14 \times 11 \times 0,9}} = 0,291 \text{ м} ;$$

Приймаємо $d_{\text{вн}} = 291 \text{ мм}$.

11.2. Визначення гідравлічних втрат у трубопроводах.

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

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.KP.142.008.006.ПЗ				

Надмірний гідравлічний опір призводить до зменшення тиску всмоктування і відповідно температури кипіння, що зменшує економічність роботи холодильної машини. Для насосно-циркуляційних систем охолодження розрахунок гідравлічних опорів необхідний для визначення характеристики мережі залежно від витрати холодоагента та його розподілення, для підбору насоса і розрахунку потужності привода.

Загальні гідравлічні опори при проходженні в трубі або апараті киплячої рідини (тобто двофазного потоку) складаються з втрат тертя ($\Delta P_{тр}^{\partial\phi}$), місцеві опори ($\Delta P_{м}^{\partial\phi}$).

$$\Delta P^{\partial\phi} = \Delta P_{тр}^{\partial\phi} + \Delta P_{м}^{\partial\phi} .$$

При розрахунку гідравлічних опорів необхідно враховувати режим течії рідини й пари в трубах апаратів, раціонально використовувати існуючий напір як самопливних, так і насосно-циркуляційних систем охолодження.

Насоси, що перекачують рідину при температурах насичення, повинні працювати під зливом, і висота підпору стовпа рідини має компенсувати розрідження при вході в робоче колесо, втрату напору на всмоктувальній трубі, швидкісний напір на вході в робоче колесо, а також кавітаційний запас.

Визначимо втрати тиску в трубопроводі від циркуляційного насосу до камер заморозки $t = -38^{\circ}\text{C}$.

Повна втрата тиску на ділянці трубопроводу:

$$\Delta P_i = \Delta P_{тр} + \Delta P_{м.с.};$$

$$\Delta P_{м.с.} = Z = \sum \xi_m \times \frac{\rho \times \omega^2}{2};$$

зворотний клапан(8 шт) $\xi= 6$

вентиль запірний (29) $\xi= 0,5$

коліно 90° (36 шт.) $\xi= 0,5$

фільтр рідинний(12) $\xi= 6$

вентиль соленоїдний(2 шт) $\xi= 10$

вентиль регулюючий (4) $\xi= 12$

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.KP.142.008.006.ПЗ					

$$\omega = 0,5 \text{ м/с};$$

$$Z = 220,5 \times \frac{685 \times 0,5^2}{2} = 18800 \text{ Па};$$

$$\text{Re} = \frac{\omega \times d_{\text{ен}}}{\nu} = \frac{0,5 \times 0,033}{3,91 \times 10^{-7}} = 42199;$$

$$\lambda_{\text{мп}} = 0,11 \times \left(\frac{k}{d_{\text{ен}}} + \frac{64}{\text{Re}} \right)^{0,25} = 0,11 \times \left(\frac{0,06}{0,033} + \frac{64}{42199} \right)^{0,25} = 0,127;$$

Втрати тиску від тертя по довжині 15,5м:

$$\Delta P_{\text{мп}} = R = \frac{0,127}{0,033} \times \frac{685 \times 0,5^2}{2} \times 15,5 = 5107 \text{ Па};$$

Загальна втрата тиску:

$$\Delta P = 5107 + 42199 = 43306 \text{ Па}.$$

Ділянка трубопроводу від циркуляційного ресивера до випарника, що працює на температуру кипіння -25°C .

зворотний клапан(8 шт) $\xi = 6$

вентиль запірний (24) $\xi = 0,5$

коліно 90° (30 шт.) $\xi = 0,5$

фільтр рідинний(8) $\xi = 6$

вентиль соленоїдний(2 шт) $\xi = 10$

вентиль регулюючий (4) $\xi = 12$

$$\omega = 0,5 \text{ м/с};$$

$$Z = 191 \times \frac{672,5 \times 0,5^2}{2} = 16055 \text{ Па};$$

$$\text{Re} = \frac{\omega \times d_{\text{ен}}}{\nu} = \frac{0,5 \times 0,0158}{3,84 \times 10^{-7}} = 20573;$$

$$\lambda_{\text{мп}} = 0,11 \times \left(\frac{k}{d_{\text{ен}}} + \frac{64}{\text{Re}} \right)^{0,25} = 0,11 \times \left(\frac{0,06}{0,0158} + \frac{64}{20573} \right)^{0,25} = 0,153;$$

Втрати тиску на тертя на ділянці довжиною $l = 126 \text{ м}$:

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.KP.142.008.006.ПЗ				

12.ОХОРОНА ПРАЦІ

Вступ

В даній дипломній роботі розроблено проект холодильника забійного цеху продуктивністю 80 т/добу. В якості робочої зони в проекті розглядається компресорний цех.

Основна небезпека при експлуатації холодильної установки полягає в тому, що при раптовому руйнуванні холодильного обладнання (випарників, конденсаторів, компресорних агрегатів, трубопроводів та ін.), яке супроводжується викидом в атмосферу парів аміаку.

Впровадження сучасного обладнання дозволить зменшити рівень впливу шкідливих та небезпечних факторів на людину, підвищити ступінь безпеки його експлуатації, та таким чином покращити умови праці обслуговуючого персоналу.

В данному проекті приймаємо таке обладнання :

Компресор Bitzer OSNA8511-K – 4шт

Компресор Bitzer OSNA5361-K – 3шт

Компресор GRASSO V450 – 4шт

Умови праці

Шкідливими виробничими факторами при обслуговуванні аміачної холодильної установки є:

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

Небезпечними виробничими факторами при обслуговуванні аміачної холодильної установки є:

- порушення вимог безпеки до розміщення робочих місць, обладнання і

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.KP.142.008.006.ПЗ				

технологічних майданчиків;

- незахищені рухомі елементи обладнання;
- наявність посудин, що працюють під тиском;
- небезпечний рівень напруги в електричному колі;
- статична електрика, атмосферна електрика.

Нормативно-технічна документація на робочому місці

Рівень факторів регламентується нормативно–технічною документацією.

В компресорному цеху його працівниками ведеться добовий журнал роботи холодильної установки. А в машинному відділенні та пункті управління на видному місці затверджені головним інженером інструкції із:

- будови й експлуатації аміачних холодильних установок;
- обслуговування машин, апаратів (посудин), охолоджуючих пристроїв;
- обслуговування контрольно–вимірювальних приладів і пристроїв автоматики;
- пожежної безпеки;
- охорони праці (надання долікарської допомоги при отруєнні аміаком і враженні електрострумом, дії персоналу по ліквідації прориву аміаку і при виникненні аварійної ситуації тощо);

Приведені вище інструкції доведені до кожного машиніста (під розписку):

Також у пункті управління знаходяться:

- річні і місячні графіки проведення планово–попереджувального ремонту;
- схеми аміачних, масляних і водяних трубопроводів із пронумерованою зопірно–регулювальною арматурою і приладами автоматики;
- показники розташування засобів індивідуального захисту (протигази, захисні костюми);
- номери телефонів швидкої допомоги, пожежної команди, диспетчера електромережі, штабу цивільної оборони, міліції, начальника компресорного цеху, старших зміни (домашні телефони);

									Арк.
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.006.ПЗ				

- номери телефонів і адреси організації, що обслуговує автоматичну холодильну установку.

Санітарні вимоги до виробничих приміщень та розташування обладнання

Висота машинних відділень аміачних холодильних установок для холодильників, що будуються, має бути не менше 4,8 м (для реконструйованих – не менше 3,6 м), висота апаратних відділень – не менше 3,6 м (для реконструйованих – не менше 3,0 м) від підлоги до низу несучих конструкцій покриття. Машинні відділення улаштовують з двома виходами, один з яких – безпосередньо на зовні. Допускається улаштування одного виходу з машинних відділень площею не більше 20 м² і додержанням спеціальних вимог.

Машинні і апаратні відділення аміачних холодильних установок розміщують в одноповерхових спорудах, прибудованих до корпусу холодильника або виробничої будівлі, а також в окремих спорудах центральних холодильних станцій при обслуговуванні кількох споживачів холоду.

Дані відділення аміачних холодильних установок відносяться до вибухонебезпечних приміщень класу В-Іб. Розміщення приміщень з постійними робочими місцями, а також побутових і допоміжних приміщень над машинними і апаратними відділеннями аміачних холодильних установок.

Через небезпеку вибуху аміаку загальну площу дверей і вікон у машинних і апаратних відділеннях холодильних установок приймають у розрахунок не менше 0,3 м² на 1 м³ об'єму приміщення.

Машинні і апаратні відділення холодильних установок опалюються водяною парою, або паровою системами. Температура нагрівальних приладів має бути не більше 130 °С.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата	<i>00.КР.142.008.006.ПЗ</i>				

- Температура		
- Відносна вологість, не вище	60%	75 %
- Швидкість руху повітря, не більше	0,2 м/с	0,3 м/с

Система постійнодіючої припливної –витяжної вентиляції машинного та апаратного відділення забезпечує наступну кратність повітрообміну за годину:

Приплив –за розрахунком, але не менше 2;

Аварійна- не менше 8;

Витяжка –за розрахунком, але не менше 3.

Система опалення, опалювальні прилади, теплоносій та його граничні показники температури прийняті згідно до вимог Сніп 2.04.05. –91 “Отопление, вентиляция и кондиционирование”.

Шум

Допустимий рівень шуму в машинному відділенні та на робочому місці в ПУ не перевищує встановлених норм (ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму,ультразвуку та інфразвуку») : в машинному відділенні – 78 ...80 дБ, в ПУ –50 ...55 дБ.

Основними джерелами шуму в холодильних установках є комресор, насоси та їх електродвигуни, а також рух холодильного по трубопроводам з великою швидкістю.

Для зниження шуму в ПУ застосовуються будівельні конструкції із звукоізоляцією стін.

Вібрація

Рівень вібрації на робочих місцях не перевищує гранично допустимої величини. Общие требования”,ДСН 3.3.6.039-99.Державні санітарні норми

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.006.ПЗ				

виробничої загальної та локальної вібрації. Общие требования .: у машинному відділенні –85...88 дБ, в ПУ –75...77 дБ.

Зменшення загальної вібрації від роботи компресорів досягається за рахунок:

- не жорсткого кріплення до конструкцій будівлі трубопроводів, які приєднуються до холодильної машини;
- встановлення компресорів на спеціальних фундаментальних плитах, відокремлених від несучих конструкцій будівлі;
- встановлення компресорів на амортизатори.

Освітлення: природне і штучне

Рівень освітленості в приміщенні машинного відділення та ПУ відповідає вимогам ДБН В.2.5-28-2006. «Природне і штучне освітлення».

У машинному відділенні й ПУ присутнє як природне, так і штучне освітлення. Природне освітлення здійснюється через односторонні бічні прорізи. КПО у машинному відділенні становить 0,2% , у ПУ –0,2 %.

Робоче освітлення повинно забезпечувати освітленість робочих поверхонь машин і апаратів не менше 75лк при використанні ламп розжарювання і не менше 150лк при використанні люмінесцентних ламп. Освітленість приладів контролю має бути не менше 300лк. Рівень аварійного освітлення не менше 5 лк.

Вимоги техніки безпеки при монтажі, експлуатації, профілактиці і ремонті технологічного обладнання та засобів контролю й управління.

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

До самостійного обслуговування холодильних установок допускаються особи віком від 18 років , які пройшли медогляд, мають посвідчення на право

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.006.ПЗ				

роботи, а також кваліфікаційну групу з електробезпеки не нижче третьої. До обслуговування аміачних холодильних установок допускаються особи, які пройшли стажування, терміном не менше 1 місяця, і відповідну перевірку знань.

Допуск до стажування і самостійної роботи здійснюється розпорядженням по підприємству.

Допускається обслуговування холодильної установки одним машиністом в зміну, якщо по умовам технологічного процесу споживача холоду можливе тимчасове припинення постачання холоду з вимкненням холодильної установки. В протилежному випадку холодильну установку повинні обслуговувати не менше двох машиністів в зміну.

Інструктаж по охороні праці обов'язковий для всіх, хто поступив на роботу і працюючих, не залежно від їх стажу і кваліфікації.

Обслуговуючий персонал аміачних холодильних установок забезпечують індивідуальними засобами захисту і медикаментами для надання першої долікарняної допомоги. Для індивідуального захисту обслуговуючого персоналу відносяться: фільтруючі протигази з фільтруючою коробкою сірого кольору, газонепроникні універсальні рятівні гідрокостюми типу УРГК, гумові рукавиці і чоботи, захисні окуляри, ізолюючі дихальні апарати. Шафи для зберігання протигазів і дихальних апаратів встановлюють біля виходу з машинного відділення холодильної установки.

Періодичну перевірку знань персоналом інструкцій по обслуговуванню холодильної установки, техніці безпеки, по експлуатації обладнання і практичним діям по наданню до лікарської допомоги проводять не рідше одного разу в 12 місяців комісією, яка складається із спеціалістів по холодильній техніці, електротехніці, приборах автоматики і техніці безпеки. Перевірку знань по техніці безпеки у керуючих і інженерно-технічних робітників здійснюють у відповідності з "Положенням про порядок перевірки знань правил і норм по охороні праці керуючих, інженерно-технічних робітників і спеціалістів".

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.006.ПЗ				

Інструкції доведені до персоналу, що обслуговує холодильну установку (під розписку), і вивішені на видному місці.

На адміністрацію підприємства покладається відповідальність за проведення навчання і інструктажу робочих і службовців.

При об'ємній концентрації у повітрі понад 11% і наявності відкритого полум'я аміак горить. Аміачно-повітряна суміш вибухає при кількості аміаку в повітрі 16... 26,8% . При нагріванні межа вибуховості цієї суміші підвищується до 14,5... 29,5% .Наявність аміаку відчувається при кількості його в повітрі 0,35мг/м³ . Гранично допустима концентрація аміаку в повітрі -20мг/м³ .Через токсичність і вибухонебезпечність аміаку холодильні установки з цим холодоагентом відносяться до обладнання з підвищеною безпекою.

Справність автоматичних приладів захисту аміачних компресорів перевіряють не менше одного разу на місяць, справність захисних реле рівня на апаратах – один раз за 10 днів. Місця витікання аміаку визначають за допомогою смуг паперу, які просочують хімічним індикаторами. При наявності в повітрі аміаку смуги червоніють. Для виявлення в повітрі парів аміаку використовують газоаналізатори інфрачервоного поглинання типу ГП. На аміачних холодильних установках, щільність конденсаторів і випарників перевіряють не рідше одного разу на місяць шляхом визначення наявності аміаку в охолоджуваній воді або розсолі з допомогою реактиву Несслера.

Для надання долі карської допомоги в машинному відділенні є в наявності аптечка; в якій міститься:

нашатирний спирт;

валерянові каплі;

двовуглекислу соду, бинти, вата, марлеві салфетки, мазь Вишневського;

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.006.ПЗ				

Заходи з електробезпеки

Компресорне відділення та ПУ відносяться до приміщень з підвищеною небезпекою (ДНАОП 00.0 –1.32. –01.Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок).

Електроустановки, що експлуатуються, відповідають вимогам ДНАОП 00.0 –1.32 –01, ДНАОП 0.00. –1.21 –98 “Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів,” а також діючим стандартам безпеки праці та іншим нормативним документам.

У приміщенні компресорного цеху електропроводка, кабельні лінії та виконання електроустаткування мають ступінь захисту оболонок –IP –44 (ДНАОП 00.0 –1.32 –01).

Безпечна експлуатація електрообладнання досягається такими заходами та засобами:

–недоступність струмоведучих частин досягається за допомогою огорож, закритих щитів, розташуванням на недоступній висоті;

надійною ізоляцією струмоведучих частин, опір якої повинен становити не менше 0,5 Ом;

–електрообладнання у виробничому приміщенні та щиті управління у ПУ мають захисне заземлення із ізольованою нейтралі типу IT. Опір заземлюючого пристрою не перевищує 4 Ом;

–в якості допоміжного заходу захисту повинне застосовуватися захисне відключення.

Холодильник і машинне відділення має пристрій захисту від блискавки – блискавковідвід по 2 категорії у відповідності з вимогами РД 34.21.122 – 87.”Инструкция по защите от молнии зданий и сооружений”.

Заходи з пожежо- та вибухобезпеки

Відповідно до норм технологічного проектування ОНТП 24 –86 машинне відділення відноситься до вибухо – та пожежонебезпечної категорії

									Арк.
Зм.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.006.ПЗ				

Б, або до вибухонебезпечних приміщень класу В –1б згідно з ПУЕ "Определение категорий и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности". В процесі експлуатації холодильної установки робітники дотримуються вимог "Типові правила пожежної безпеки для промислових підприємств", ГОСТ12.1.004 –85.ССБТ."Пожарная безопасность. Общие требования", ДНАОП 0.01 –1.01 –5."Правила пожежної безпеки в Україні".

Пожежна безпека на підприємстві включає в себе систему запобігання вибуху і пожежі та систему пожежного захисту.

Відповідальність за пожежну безпеку в холодильно –компресорному цеху покладена на начальника цеху, а змінах на начальника зміни або старшого машиніста.

Окрім обов'язкового для всіх працівників ввідного протипожежного інструктажу, а потім інструктажу на робочому місці, працівники машинного відділення проходять ще пожежно –технічний мінімум 1 раз на рік з наступною здачею заліку.

Система запобігання пожежі і вибуху передбачає:

- наявність в огорожуючих конструкціях будівлі машинного відділення, легко скидних елементів (вікна, двері);
- надійне приєднання провідників від обладнання до заземлюючого контуру без іскріння;
- використання засобів захисту від атмосферної електрики;
- застосування аварійного та витяжного вентиляторів машинного відділення у іскро -, а їх електродвигунів –у вибухозахищеному виконанні; припливного вентилятору –у звичайному, а його електродвигуна –в закритому виконанні;
- наявність протипожежних інструкцій, атестацій обслуговуючого персоналу;
- роботу на електрообладнанні без перевантажень;
- дотримання правил пожежної безпеки при виконанні вогняних робіт;
- заборону куріння на робочих місцях.

Система пожежного захисту включає:

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.006.ПЗ				

- наявність у приміщенні машинного відділення двох евакуаційних виходів, причому двері повинні відчинятися у бік виходу;
- застосування в машинному відділенні будівельних матеріалів не нижче 2 ступеня вогнестійкості (СНиП 2.11.02. –87, СНиП 2.01.02 – 85.”Противопожарные нормы”;
- наявність системи оповіщення про пожежу;
- наявність аварійного відключення обладнання;
- забезпечення первинними засобами пожежегасіння пожежним щитом : двома лопатами, сокирами, ломами, металевим багром; азбестовим полотном, ящиком з піском; повітряно –пінні вогнегасники ВПП –5 –1 шт.; порошкові вогнегасники ВП –4(3) –1 шт.

Обладнання щита пломбується. Щит пофарбовано у білий колір з червоною каймою по краях шириною 40 мм. Пожежний інструмент вогнегасники, ящик пофарбовано в червоний колір, металеві частини сокир, лопат, багра, і ломів –в чорний.

ПУ виконаний з будівельних матеріалів не нижче 2 ступеня вогнестійкості та оснащений порошковим вогнегасником ВП –4(3).

Надання першої медичної допомоги.

Перша допомога при отруєнні аміаком.

При отруєнні парою аміаку потерпілий повинен бути виведений на свіже повітря або в чисте тепле приміщення. При необхідності терміново застосовувати штучне дихання. Необхідно звільнити потерпілого від стискаючого дихання одягу, замінити брудний одяг і надати йому повний спокій. Провести інгаляцію теплою парою, яка містить 1-2% розчин лимонної кислоти (з чайника крізь паперову трубку). Напоїти міцним солодким чаєм або 3%-им розчином молочної кислоти. У випадках отруєння вдихати кисень на протязі 30-45 хв., зігрівати потерпілого (обкласти грілками). У випадку глибокого сну і можливого зниження

					<i>00.КР.142.008.006.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

больової чутливості слід бути обережним, щоб не визвати опіків. За наявності явищ роз'ятрювання необхідно полоскати ніс, горло 2%-им розчином соди або водою. Незалежно від стану постраждалого він повинен бути направлений до лікаря. У випадку появи задухи, кашлю постраждалий повинен транспортуватися в лежачому положенні.

При попаданні аміаку в очі необхідно промити їх великою кількістю чистої води. Після цього треба, до огляду лікаря, одягти темні захисні окуляри. Не дозволяється забинтовувати очі і накладати на них пов'язку.

При попаданні на шкіру аміаку, який викликав опік, необхідно спочатку направити на вражену поверхню міцний струмінь чистої води. Після цього пошкоджену кінцівку занурити в теплу воду (35-40°C) на 5-10 хвилин або у випадку пошкодження більшої поверхні тіла зробити загальну ванну. Після ванни висушити шкіру, прикладаючи рушник, який добре вбирає воду (розтирання забороняється). Накласти після цього на пошкоджену ділянку шкіри мазеву пов'язку або змастити її маззю Вишневського чи пеніциліновою маззю. За відсутності мазі використовувати вершкове (несолене) масло або олію.

Надання першої допомоги при ураженні електричним струмом.

При ураженні електричним струмом необхідно негайно звільнити потерпілого від дії електричного струму, відключивши електроустановку від джерела живлення, а при неможливості відключення - відтягнути його від струмоведучих частин за одяг або застосувавши підручний ізоляційний матеріал.

При відсутності у потерпілого дихання і пульсу необхідно робити йому штучне дихання і непрямий (зовнішній) масаж серця, звернувши увагу на зіниці. Розширені зіниці свідчать про різке погіршення кровообігу мозку. При такому стані необхідно негайно приступити до оживлення потерпілого і викликати "швидку медичну допомогу".

Перша допомога при пораненні.

					<i>00.KP.142.008.006.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Для надання першої допомоги при пораненні необхідно розкрити індивідуальний пакет, накласти стерильний перев'язочний матеріал, що міститься у ньому, на рану і зав'язати її бинтом.

Якщо індивідуального пакету якимсь чином не буде, то для перев'язки необхідно використати чисту носову хустинку, чисту полотняну ганчірку тощо. На те місце ганчірки, що приходиться безпосередньо на рану, бажано накапати декілька капель настойки йоду, щоб одержати пляму розміром більше рани, а після цього накласти ганчірку на рану. Особливо важливо застосовувати настойку йоду зазначеним чином при забруднених ранах.

Перша допомога при переломах, вивихах, ударах.

При переломах і вивихах кінцівок необхідно пошкоджену кінцівку укріпити шиною, фанерною пластинкою, палицею, картоном або іншим подібним предметом. Пошкоджену руку можна також підвісити за допомогою перев'язки або хустки до шиї і прибинтувати до тулуба.

При передбачуваному переломі черепа (несвідомий стан після удару голови, кровотеча з вух або роту) необхідно прикласти до голови холодний предмет (грілку з льодом або снігом, чи холодною водою) або зробити холодну примочку.

При підозрінні перелому хребта необхідно потерпілого покласти на дошку, не підіймаючи його, чи повернути потерпілого на живіт обличчям униз, наглядаючи при цьому, щоб тулуб не перегинався, з метою уникнення ушкодження спинного мозку.

При переломі ребер, ознакою якого є біль при диханні, кашлю, чханні, рухах, необхідно туго забинтувати груди чи стягнути їх рушником під час видиху.

Надання першої допомоги при теплових опіках.

При опіках вогнем, парою, гарячими предметами ні в якому разі не можна відкривати бульбашки, які утворюються, та перев'язувати опіки бинтом.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.006.ПЗ				

При опіках першого ступеня (почервоніння) обпечене місце обробляють ватою, змоченою етиловим спиртом.

При опіках другого ступеня (пухирі) обпечене місце обробляють спиртом, 3%-им марганцевим розчином або 5%-им розчином таніну.

При опіках третього ступеня (зруйнування шкіряної тканини) накривають рану стерильною пов'язкою та викликають лікаря.

Перша допомога при кровотечі.

Для того, щоб зупинити кровотечу, необхідно:

- підняти поранену кінцівку вгору;

- кровоточиву рану закрити перев'язочним матеріалом (із пакета), складеним у клубочок, придавити її зверху, не торкаючись самої рани, потримати на протязі 4-5 хвилин; якщо кровотеча зупинилася, то не знімаючи накладеного матеріалу, поверх нього покласти ще одну подушечку з іншого пакета чи кусок вати і забинтувати поранене місце (з деяким натиском);

- при сильній кровотечі, яку не можна зупинити пов'язкою, застосовується здавлювання кровоносних судин, які живлять поранену область, при допомозі

- згинання кінцівок в суглобах, а також пальцями, джгутом або закруткою. При великій кровотечі необхідно терміново викликати лікаря.

При виникненні пожежі приступити до гасіння наявними засобами пожежегасіння; при необхідності викликати пожежну частину.

Виконувати всі вказівки керівника по усуненню аварійної ситуації.

Інструкція по приготуванню індикаторного паперу для визначення місця витікання аміаку:

1. Індикатор високої чутливості.

Беруть 0,1 г фенолроту, кладуть у фарфорову чашечку чи кристалізатор і додають 100 мл спирту-ректифікату і 20 мл чистого гліцерину, перемішують скляною паличкою до повного розчину.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.006.ПЗ				

Фільтрувальний папір, нарізаний смугами 10x1,5 см, оброблюють приготвленим розчином фенолрота і сушать на повітрі.

Висушені смуги зберігають в парафіновому папері.

2. Індикатор середньої чутливості.

Приготовляють 1%-ий спиртовий розчин фенолфталеїну і просочують їм смуги фільтрувального паперу.

За наявності аміаку фарбування індикатора змінюється на червоне.

					00.КР.142.008.006.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13. Техніко-економічні показники

Вхідні дані

Підраховуємо проектне споживання електроенергії холодильним обладнанням компресорного цеху і камерним обладнанням, всі розрахунки заносимо до табл. 13.1.

Річна потреба в електроенергії визначається за формулою:

$$W = \sum N_{ел} \cdot K_g \cdot n .$$

де $N_{ел}$ - номінальна потужність встановлених електродвигунів;

K_g - коефіцієнт використання (для насосів і компресорів приймається 0,7).

Таблиця 13.1. Річна потреба обладнання в електроенергії

Назва обладнання	Кільк.	Споживан. електродв., кВт	Час роботи протягом року, год	Річна потреба в електроен. кВт*год
Компресор Bitzer OSNA8591-K	4	25	5200	378000
Компресор Bitzer OSNA5361-K	3	18	5200	204120
Компресор Gea Grasso V 450	4	62	5200	937440
Guentner GHK.2	22	1,62	6000	213840
Guentner GHK.2	12	0,55	6000	39600
Guentner AGHN	8	1,4	6000	67200
Насос аміачний WITT HRP5040	4	2.2	6000	52800
Насос аміачний WITT HRP8050	2	4	6000	48000
Водяний насос Grundfos CR	2	15	8760	262800
Сумарна витрата електроенергії кВт*год				2203800

Розрахунок капітальних витрат

Визначаємо капітальні витрати на реалізацію проекту:

$$K = V_{пр} + V_{буд} + V_{обл} - V_{д-Л},$$

де $V_{пр}$ - витрати на проектні роботи (4-5% загальної кошторисної вартості об'єкта;

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.006.ПЗ				

$V_{\text{буд}}$ - витрати на будівельні роботи;

$V_{\text{обл}}$ - витрати на придбання обладнання;

$V_{\text{т.з}}$ - транспортно-заготівельні витрати (транспортні 4-5% , заготівельні 1-1,25% від вартості обладнання);

Таблиця 14.2. Витрати на придбання обладнання

№	Найменування обладнання	Кількість, шт	Витрата на одиницю обладнання, тис. грн.		Загальна вартість, тис. грн
			Ціна обладнання	Монтаж обладнання	
1	Компресор Bitzer OSNA8591-K	4	605	50	2620
2	Компресор Bitzer OSNA5361-K	3	190	20	630
3	Компресор Gea Grasso V 450	4	160	30	760
4	Guentner GHK.2	22	250	5	5610
5	Guentner GHK.2	12	100	4	1248
6	Guentner AGHN	8	400	10	3280
Сумарна вартість обладнання тис.грн					14148

Визначаємо витрати на проектні роботи в розмірі 5% від кошторисної вартості будівель холодильника і компресорного цеху та вартості обладнання, його транспортування і монтажу:

$$V_{\text{н.р.}} = 0.05 \cdot \sum V_{\text{обл}} = 0.05 \cdot 14148 = 707.4 \text{ тис. грн.}$$

Розраховуємо інші витрати в розмірі 1,5% від загальних витрат:

$$V_{\text{ін}} = 0.015 \cdot \sum V_{\text{обл}} = 0.015 \cdot 14148 = 213 \text{ тис. грн.}$$

Загальна сума капітальних затрат становитиме:

$$K = V_{\text{н.р.}} + \sum V_{\text{обл}} + V_{\text{ін}} = 707.4 + 14148 + 213 = 15068.4 \text{ тис. грн.}$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.006.ПЗ				

Виробництво і використання енергії

Річне споживання електроенергії холодильником та компресорним відділенням холодильника становить $E_p = 1\,840\,200$ кВт*год. Ціна за 1 кВт*год електроенергії становить $C_{ел}=1.9$ грн/кВт*год з ПДВ. Визначаємо витрати на споживання електричної енергії за проектними розрахунками:

$$B_{ел.р} = E_p \cdot C_{ел} = 2203800 \cdot 1.9 = 4187.22 \text{ тис. грн.}$$

Визначення витрат на воду

При розрахунку витрат води береться до уваги лише вода яка береться для поповнення системи. Вода поповнюється із міської системи. Витрати для поповнення системи кожного з підібраних конденсаторів складає (2-3% від загальної витрати) 4.86 м³/год. Враховую час роботи конденсаторів 8760 год.

$$G_{вод} = g \cdot T = 4.86 \cdot 8760 = 42573.6 \text{ м}^3.$$

Приймаю вартість 1 метра кубічного води 7 грн.

$$B_{вод} = 42573.6 \cdot 7 = 298 \text{ тис. грн.}$$

Визначення витрат на поповнення холодильного агенту

Норма витрати аміаку залежить від встановленої потужності компресора.

Норма витрати аміаку на 1 кВт встановленої потужності холоду становить для безпосереднього охолодження 3.1 кг. Вартість 1 кг аміаку 30 грн, з доставкою.

$$G_{аміаку} = 3.1 \cdot (190 + 84 + 370) \cdot 30 = 60 \text{ тис. грн.}$$

Витрати на мастило

Винос мастила для компресорів складає $0,01 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$,

За рік винос мастила складатиме 108 кг

Вартість 1 кг мастила складає 140 грн, отже витрати на поповнення системи мастилом становитимуть 15.12 тис. грн за рік.

					<i>00.КР.142.008.006.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

Розрахунок витрати на оплату праці

Фонд основної заробітної плати робітників компресорного цеху наведено в табл. 13.3.

Таблиця 13.3. Фонд заробітної плати робітників.

№	Професія	Розряд	Тарифна ставка, грн/год	Чисельність, чол.	Місячний фонд	Річний фонд, грн..
1	Машиніст ХУ	III	20	4	3600	172800
2	Машиніст ХУ	IV	22	4	3960	190080
3	Слюсар ремонтник	V	24	2	4320	103680
4	Електромеханік	V	24	1	4320	51840
Разом				10	13 920	518400

Визначаємо додатковий фонд заробітної плати за формулою:

$$\Phi ЗП_{\text{доп}} = \Phi ЗП_{\text{осн}} \cdot Д = 518400 \times 0.15 = 77.76 \text{ тис. грн.}$$

де Д - прийнятий коефіцієнт доплат (приймаємо Д = 15%).

Розраховуємо повний фонд заробітної плати за формулою:

$$\Phi ЗП_{\text{пр}} = \Phi ЗП_{\text{осн}} + \Phi ЗП_{\text{доп}} = 518.4 + 77.76 = 596.16 \text{ тис. грн.}$$

Визначаємо нарахування на заробітну плату за формулою:

$$НЗП_{\text{доп}} = \Phi ЗП_{\text{пр}} \cdot В = 596.16 \cdot 0.3717 = 221.6 \text{ тис. грн.}$$

де В - коефіцієнт нарахувань на заробітну плату (В=37,17%)

Витрату на оплату праці визначаємо за формулою:

$$В ОП_p = \Phi ЗП_{\text{пр}} + НЗП_{\text{доп}} = 596.16 + 221.6 = 817.76 \text{ тис. грн.}$$

Фонд основної заробітної плати апарату управління наведено в табл. 13.4.

					00.КР.142.008.006.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 13.4. Фонд заробітної плати апарату управління

№	Професі	Посадовий оклад грн.	Чисельність, чол	Місячний фонд	Річний фонд, грн..
1	Інженер - механік	14500	1	14500	174 000

Визначаємо додатковий фонд заробітної плати апарату управління за формулою:

$$\Phi ЗП_{\text{уд}} = \Phi ЗП_{\text{осн}} \times Д = 174 \times 0.15 = 26.1 \text{ тис.грн.}$$

де Д - прийнятий коефіцієнт доплат (приймаємо Д = 15%).

Розраховуємо повний фонд заробітної плати апарату управління за формулою:

$$\Phi ЗП_{\text{пу}} = \Phi ЗП_{\text{осн}} + \Phi ЗП_{\text{уд}} = 54 + 8.1 = 62.1 \text{ тис. грн.}$$

Визначаємо нарахування на заробітну плату за формулою:

$$НЗП_{\text{пу}} = \Phi ЗП_{\text{пу}} \times В = 62.1 \times 0.37 = 23.1 \text{ тис. грн.}$$

де В - коефіцієнт нарахувань на заробітну плату (В=37,17%).

Витрату на оплату праці визначаємо за формулою:

$$В ОП_{\text{у}} = \Phi ЗП_{\text{пу}} + НЗП_{\text{пу}} = 62.1 + 23.1 = 85.2 \text{ тис. грн.}$$

Загальні витрати на оплату праці по компресорному цеху визначаємо за формулою:

$$В ОП_{\text{заг}} = В ОП_{\text{р}} + В ОП_{\text{у}} = 817.76 + 85.2 = 903 \text{ тис. грн.}$$

Визначення амортизаційних відрахувань

Стаття амортизаційних відрахувань розраховується як елемент собівартості.

Приймаємо норми амортизаційних відрахувань:

- для основного обладнання - 10% від вартості обладнання;

Витрати на амортизацію основного технологічного обладнання:

для обладнання:

$$А_{\text{обл}} = \sum B_{\text{обл}} \cdot 10\% = 14148 \cdot 10\% = 1414.8 \text{ тис. грн.}$$

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.006.ПЗ					

Визначення інших видів витрат

До інших витрат відносяться пускові витрати, витрати на утримання та експлуатацію обладнання, цехові витрати, які розраховуються як окремі статті.

Витрати на поточний ремонт обладнання приймаємо 14% від амортизаційних відрахувань на обладнання:

$$B_{i.рем} = A_{обл} \cdot 14\% = 1414.8 \cdot 14\% = 198.1 \text{ тис. грн.}$$

Пускові витрати приймаємо 2% від вартості обладнання:

$$B_{i.пуск} = \sum B_{обл} \cdot 2\% = 14148 \cdot 2\% = 283 \text{ тис. грн.}$$

Інші витрати приймаємо 3% від загальної суми амортизаційних відрахувань:

$$B_{i.ін} = \sum A \cdot 3\% = 1414.8 \cdot 3\% = 42.44 \text{ тис. грн.}$$

Загальна сума інших витрат складає:

$$\sum B_{i.} = B_{i.рем} + B_{i.пуск} + B_{i.ін} = 198.1 + 283 + 24.44 = 523.54 \text{ тис. грн.}$$

Визначення основних показників економічної ефективності проекту

Результати розрахунків проведених у попередніх пунктах розділу зводимо у таблицю собівартості енергії (табл. 14.).

Таблиця 14 Собівартість

№	Статі витрат	Проект, тис. грн.
1	Електроенергія	4187.22
2	Оплата праці	903
3	Амортизація	1414.8
4	Інші витрати	523.54
5	Витрати води	298
6	Витрати холодоагенту	60
7	Витрати масла	15.12
Разом		7401.68

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.006.ПЗ				

Визначимо кількість виробленого холоду в умовних одиницях:

$$Q_{роб} = \frac{K \cdot Q_0 \cdot n}{4.187};$$

де K -поправочний коефіцієнт що враховує температуру кипіння;

Q_0 - холодопродуктивність *кВт*;

n – кількість годин роботи компресора за рік.

Температура кипіння -38 °С:

$$Q_{роб} = \frac{K \cdot Q_0 \cdot n}{4.187} = \frac{2 \cdot 370 \cdot 5200}{4.187} = 919035 .$$

Температура кипіння -28 °С:

$$Q_{роб} = \frac{K \cdot Q_0 \cdot n}{4.187} = \frac{1.5 \cdot 84 \cdot 5200}{4.187} = 156484 .$$

Температура кипіння -10 °С:

$$Q_{роб} = \frac{K \cdot Q_0 \cdot n}{4.187} = \frac{0.76 \cdot 190 \cdot 5200}{4.187} = 179336 .$$

Загальна витрата холоду в умовних одиницях:

$$\sum Q_{роб} = 919035 + 156484 + 179336 = 1254855 .$$

Вартість умовної одиниці холоду складає:

$$B_{ум} = \frac{B}{Q} = \frac{7401.68 \cdot 1000}{1254855} = 6 \text{ грн} .$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.КР.142.008.006.ПЗ				

Список використаної літератури

1. Явнель Б. К. Курсове і дипломне проектування холодильних установок і систем кондиціонування повітря – 3-е вид., перероб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1989. – 223 с.; – (Учебники и учебные пособия для техникумов).
2. Масліков М.М. Холодильна технологія харчових продуктів: Навч. Посіб. – К.: НУХТ, 2007. – 335с.
3. Теоретичні основи холодильної техніки: Метод. Вказівки до вивчення дисципліни та виконання розрах. Роботи для студентів спец. 6.090500 «холодильні машини і установки» ден. та заоч. форм навчання /Уклад.: А.В.Форсюк.-К.: НУХТ, 2003. – 32с.
4. Холодильні машини: Підруч. /Під ред. Н.Н.Кошкина. – М.: Пищевая промышленность, 1973.- 510с.
5. Горбатов В. М. Проектирование предприятий м'ясний промисленности. – М.: Пищевая промышленность 1978, -374с.
6. Антилова Л. В., Іліна Н.М та ін. Проектування технологічних процесів на підприємствах м'ясної промисловості. М.: Колос С, 2003. 320с.

					00.КР.142.008.006.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

