

**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)

(підпис) (прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 20 ____ р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

(підпис) (прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 20 ____ р.

**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 розподільчого холодильника місткістю 3500 т. у м. Запоріжжя

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ХМ-4-10ск

Струсь Богдан Олегович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник Грищенко Роман Володимирович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент

(прізвище та ініціали)

(підпис)

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

Здобувач _____

(підпис)

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого

Кафедра теплоенергетики та холодильної техніки

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 142 Енергетичне машинобудування
(код і назва)

Освітньо-професійна програма Холодильні техніка та технології

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач

кафедри _____

“ _____ ” _____ 2021 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Струсь Богдан Олегович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект розподільчого холодильника місткістю 3500 т. у м. Запоріжжя

керівник роботи асист. Грищенко Роман Володимирович,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ 30 ” 05 2021 року №227-кв

2. Строк подання здобувачем роботи _____

3. Вихідні дані до роботи _____

Холодоагент: R717

Тип продукту: заморожене м'ясо, заморожені субпродукти, охолоджені консерви

Ізоляційний матеріал: ПСБ-С

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____

1). Технолог. схема оброблення продукції. _____

2). Розрахунок холодильної частини проекту _____

3). Техніко економічні показники _____

4). Охорона праці _____

5. Перелік графічного матеріалу

1. План та розріз будівлі холодильника _____

2. Схема холодильної установки _____

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання _____ 08 квітня 2021р. _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання на дипломний проект	08.04-13.04	виконано
2	Виконання холодильної частини ДП	14.04-18.05	виконано
3	Вибір обладнання холодильної установки	19.05-20.05	виконано
4	Оформлення креслень та ПЗ	21.05-31.05	виконано
5	Здача готової роботи	01.06.2021р.	виконано

Здобувач _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

Струсь Б.О. _____
(прізвище та ініціали)

Грищенко Р.В. _____
(прізвище та ініціали)

Анотація

Тема дипломного проекту: «Проект розподільчого холодильника місткістю 3500 т у м. Запоріжжя». Мною було спроектовано холодильну установку на три температури кипіння з насосно-циркуляційною схемою подачі холодильного агенту у прилади охолодження. Підібрано основне та допоміжне обладнання для функціонування установки та забезпечення заданих температурних параметрів у камерах зберігання заморожених та охолоджених продуктів.

У якості холодильного агенту обрано аміак. Схема охолодження – безпосередня. Температурний режим у камерах зберігання та камерах заморожування досягається завдяки 6-ти поршнеvim компресорам німецької фірми Gea Grasso. У якості теплообмінного обладнання: конденсатор – кожухотрубний. Вода, що подається для охолодження конденсатора, охолоджується завдяки встановленню градирні іспанської фірми Decsa. У камерах зберігання та замороження встановлено повітроохолодники фірми Guntner.

Проведено розрахунок будівельних та ізоляційних конструкцій холодильника, економічних показників, основного та допоміжного обладнання, приміщення, та ізоляції. Проект має розділ охорони праці та розрахунок економічної ефективності, де визначено собівартість одиниці виробленого холоду.

Пояснювальна записка включає в себе розрахунки, а графічна частина складається з плану та розрізу холодильника (формат А1) та схеми трубопроводів холодильної установки (формат А1).

Для розрахунків використано наступні прикладні програми: “Microsoft Office 2010”, креслення та схеми виконанні за допомогою програми “КОМПАС-3D V14”.

					<i>00.БКР.142.008.019.БК</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Струсь Б.О.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Лист.</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Грищенко Р.В.</i>					
<i>Реценз.</i>					<i>Анотація</i>		
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>					
					<i>ХМ-4-10ск</i>		

Ключові слова: розподільчий холодильник місткістю 3500 т у м.
Запоріжжя, аміак, компресор Gea Grasso, кожухотрубний конденсатор,
повітроохолодники Guntner.

					00.БКР.142.008.019.БК	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зміст

1. Технологічна схема холодильного оброблення продукції.....	
2. Техніко-економічне обґрунтування.....	
3. Визначення основних розмірів і планування приміщень холодильника.....	
4. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника.....	
5. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень.....	
6. Визначення навантаження на теплообмінне обладнання камер та компресори...	
7. Вибір розрахункового робочого режиму та тепловий розрахунок холодильної машини.....	
8. Розрахунок та вибір тепломасообмінних апаратів (випарники, конденсатор, повітроохолодники, градирня).....	
9. Розрахунок і вибір теплообмінного обладнання холодильних камер.....	
10. Розрахунок діаметрів трубопроводів та вибір насосів	
11. Техніко-економічні показники проекту.....	
12. Охорона праці.....	
Список використаної літератури.....	

										Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.БКР.142.008.019.БК					

1. Технологічна схема холодильного оброблення продукції

Розподільчі холодильники призначені для зберігання продукції в приміській зоні міст та їх подальшої реалізації через об'єкти торгівлі споживачам. В таких холодильниках не використовують ніяких технологічних процесів, які пов'язані з переробкою продуктів. Як максимум – замороження продукції, яка надходить на розподільчий холодильник при невідповідній температурі.

Розподільчий холодильник знаходиться у м. Запоріжжя. Загальна місткість холодильника 3500 т, серед яких: субпродукти в блоках – 1125 т, яловичина в напівтушах – 1150, консерви – 1225 т.

Продукція в холодильник доставляється автомобільним транспортом з забійних цехів м'ясокомбінатів або інших підприємств у попереню замороженому вигляді. Розвантаження виконується за допомогою карів.

Холодозабезпечення здійснюється від власного холодильно-компресорного цеху, де встановлені аміачні холодильні установки.

					<i>00.БКР.142.008.019.БК</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Струсь Б.О.</i>			<i>Технологічна схема холодильного оброблення продукції</i>	<i>Літ.</i>	<i>Лист.</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Грищенко Р.В.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>						
						<i>ХМ-4-10ск</i>		

2. Техніко-економічне обґрунтування

При розробці схеми забезпечення холодом підприємства було прийнято рішення використовуватися ступеневе дроселювання аміаку, що дає змогу значно знизити паровміст в потоці після дроселювання для низьких температур. Як наслідок, отримуємо значне знижує об'єму пари, яку необхідно стиснуть компресором нижнього ступеня.

Також при проектуванні холодильної установки прийнято встановлення горизонтального компаундного ресивера. Перевагою такого ресивера є велика площа поверхні «дзеркала» аміаку, що забезпечує менш швидку зміну рівня рідкого аміаку в порівнянні з вертикальним ресивером, що дає більш стабільну роботу холодильної установки. Однак в якості циркуляційних ресиверів обрано вертикальні ресивера, перевагою яких є можливість їх одночасного використання їх як віддільників рідини.

Зберігання продукції в камерах зберігання відбувається за допомогою повітроохолодників. Проведення відтайки повітроохолодників відбувається парами аміаку (на відміну від електротенів), що значно економить експлуатаційні витрати на використання електроенергії.

					<i>00.БКР.142.008.019.БК</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Струсь Б.О.</i>			<i>Техніко-економічне обґрунтування</i>	<i>Літ.</i>	<i>Лист.</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Грищенко Р.В.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>						
						<i>ХМ-4-10ск</i>		

3.Визначення основних розмірів та планування приміщень

ХОЛОДИЛЬНИКА

- 1) Мною прийнято розмір сітки колон 6х12 м.
- 2) Приймаю, що в охолоджуваному складі повинен бути передбачений один наскрізний коридор.
- 3) Визначаю основну площу камер зберігання заморожених продуктів:
 - а) субпродукти в блоках:

$$q_v = 0,6 \frac{т}{м^3}$$

$$F_{к.зб.суб} = \frac{B_k}{q_v \cdot h_{сп} \cdot \beta} = \frac{1125}{0,6 \cdot 5,5 \cdot 0,8} = 426,136 м^2;$$

Знаходжу кількість будівельних прямокутників камер:

$$n = \frac{F_{к.зб.}}{f}$$

де f – будівельна площа одного прямокутника;

$$f = 6 \cdot 12 = 72 м^2$$

$$n = \frac{426,136}{72} = 5,918 \text{ (приймаємо 6 прямокутника)}$$

б) яловичина в напівтушах:

$$q_v = 0,35 \frac{т}{м^3}$$

$$F_{к.зб.ялов} = \frac{B_k}{q_v \cdot h_{сп} \cdot \beta};$$

де B_k – місткість камери зберігання, т;

q_v – норма навантаження на $1 м^3$ вантажного об'єму камери, $т/м^3$;

$h_{сп}$ – вантажна висота штабеля, м;

β – коефіцієнт використання будівельної площі камер;

$$F_{к.зб.ялов} = \frac{1150}{0,35 \cdot 4,8 \cdot 0,8} = 855,65 м^2;$$

					00.БКР.142.008.019.БК			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Струсь Б.О.			<i>Визначення основних розмірів та планування приміщень холодильника</i>	Літ.	Лист.	Листів
Перевір.		Грищенко Р.В.						
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.		Петренко В.П.						
						ХМ-4-10ск		

$$n = \frac{844,15}{72} = 11,72 \text{ (12 прямокутників);}$$

в) консерви в ящиках:

$$q_v = 0,65 \frac{m}{m^3}$$

$$F_{к.зб.конс.} = \frac{B_k}{q_v \cdot h_{зр} \cdot \beta} = \frac{1225}{0,65 \cdot 5,5 \cdot 0,8} = 428,32 m^2;$$

$$n = \frac{428,32}{72} = 5,95 \text{ (приймаємо 6 прямокутників)}$$

4) Визначаю основну площу морозильних камер:

Розрахунок веду по яловичині в напівтушах: ($q_F = 0,48 \text{ т/м}^2$ - в стоечних піддонах):

$$F_{м.к.} = \frac{0,045 \cdot 1150 \cdot 24}{0,48 \cdot 24} = 107,81 m^2;$$

$$n = \frac{107,81}{72} = 1,497 \text{ (приймаємо 1,5 прямокутника);}$$

5) Визначаю загальну площу основних камер зберігання:

$$F_{к.зб.} = F_{к.зб.суб.} + F_{к.зб.ялов.} + F_{к.зб.конс.} = 426,136 + 855,65 + 428,32 = 1710,11 m^2;$$

6) Площа допоміжних приміщень:

$$F_{доп.} = 0,35 \cdot (F_{к.зб.} + F_{м.к.}) = 0,35 \cdot (1710,11 + 107,81) = 636,27 m^2;$$

7) Площа холодильника в контурі ізоляції:

$$F_{охл.} = F_{к.зб.} + F_{м.к.} + F_{доп.} = 1710,11 + 107,81 + 636,27 = 2454,19 m^2;$$

$$n = \frac{2454,19}{72} = 34 \text{ (приймаємо 34 прямокутників);}$$

					<i>00.БКР.142.008.019.БК</i>	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника

Для розрахунку товщини ізоляції зовнішніх стін необхідні параметри зовнішнього повітря місця будівництва холодильника (табл. 4.1).

Таблиця 4.1. Розрахункові параметри зовнішнього повітря

Місто	Розрахункова температура, °С		
	літня	зимова	середньорічна
Запоріжжя	34	-23	9

1) Розрахунок ізоляції зовнішніх стін камер зберігання (яловичина, субпродукти):

Задана температура в камері $t_{кам.} = -20^{\circ}C$; охолодження безпосереднє.

Потрібне значення коефіцієнта теплопередачі для камери з $t_{кам.} = -20^{\circ}C$ холодильника:

$$K_0^{mp} = 0,23 \frac{Вт}{м^2 \cdot К} \quad [1 \text{ табл. } 8.2]$$

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

Зовнішня стіна камер холодильника:

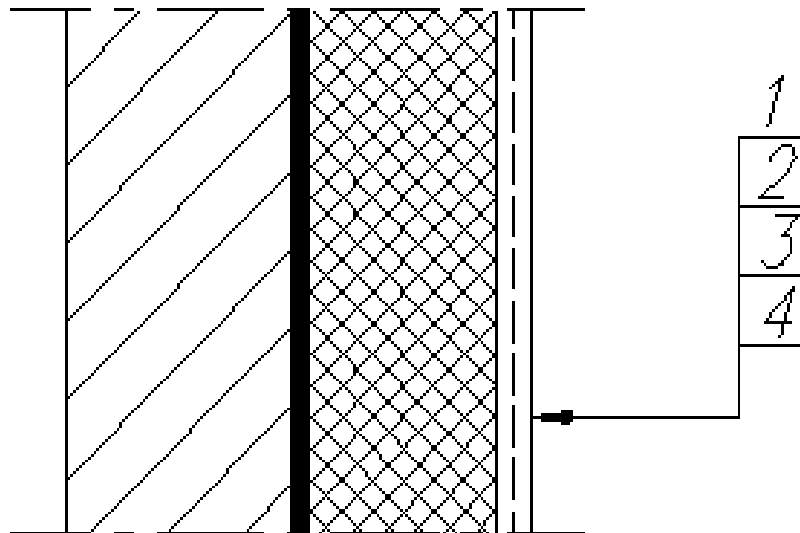


Рис.4.1. Ескіз складових шарів зовнішньої стінки

<i>00.БКР.142.008.019.БК</i>				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Струсь Б.О.		
Перевір.		Грищенко Р.В.		
Реценз.				
Н. Контр.				
Затверд.		Петренко В.П.		
<i>Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника</i>				
			Літ.	Лист.
			<i>ХМ-4-10ск</i>	

1.- Штукатурка складним розчином по металевій стінці.

$$\delta_{шт.сітка} = 0,02м;$$

$$\lambda_{шт.сітка} = 0,98 \frac{Вт}{м \times К};$$

$$R_{шт.сітка} = \frac{\delta_{шт.сітка}}{\lambda_{шт.сітка}} = 0,02 \frac{м^2 \times К}{Вт};$$

2.- теплоізоляція із ПСБ-С (потрібно визначити);

$$\lambda_{із.} = 0,05 \frac{Вт}{м \times К};$$

3.- пароізоляція: 2 шара гідроізоли на бітумній мастиці

$$\delta_{пароізол.} = 0,004м;$$

$$\lambda_{пароізол.} = 0,3 \frac{Вт}{м \times К};$$

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

4.- бетонна плита:

$$\delta_{бет.} = 0,14м;$$

$$\lambda_{бет.} = 1,86 \frac{Вт}{м \times К};$$

$$R_{бет.} = \frac{\delta_{бет.}}{\lambda_{бет.}} = 0,075 \frac{м^2 \times К}{Вт};$$

Знаходжу сумарний термічний опір шарів ізоляції:

$$\begin{aligned} \sum R_{сум.мор.} &= R_{шт.сітка} + R_{пароізол.} + R_{бет.} = \\ &= 0,02 + 0,013 + 0,075 = 0,108 \frac{м^2 \times К}{Вт}; \end{aligned}$$

Визначаю необхідну товщину теплоізоляційного шару:

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

$$\delta_{із.}^{мп.} = 0,05 \cdot \left[\frac{1}{0,23} - \left(\frac{1}{23} + 0,108 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,2 м;$$

Приймаю до встановлення товщину теплоізоляційного шару 200 мм (два шари по 100мм).

									Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.БКР.142.008.019.БК				

2) Розрахунок ізоляції зовнішніх стін камери дефектних вантажів та

експедиції:

Задана температура в камері $t_{кам.} = 0^{\circ}C$; охолодження безпосереднє.

Необхідне значення коефіцієнта теплопередачі для камери з $t_{кам.} = 0^{\circ}C$:

$$K_0^{mp} = 0,4 \frac{Вт}{м^2 \times К} \quad [1 \text{ табл. 8.2}]$$

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

Необхідна товщина теплоізоляційного шару:

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

$$\delta_{із.}^{mp.} = 0,05 \cdot \left[\frac{1}{0,4} - \left(\frac{1}{23} + 0,108 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,111 м;$$

Приймаю до встановлення товщину теплоізоляційного шару 125 мм (один шар 100мм і один 25мм).

Оскільки прийнята товщина теплоізоляції відрізняється від потрібної, необхідно визначити дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$K_0^d = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_{зов.}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн.}} \right) + \frac{\delta_{із.дійсне}}{\lambda_{із.}}};$$

$$K_0^d = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + 0,108 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,125}{0,05}} = 0,362 \frac{Вт}{м^2 \cdot К};$$

3) Розрахунок ізоляції зовнішніх стін камери заморозки

Задана температура в камері $t_{кам.} = -35^{\circ}C$; охолодження безпосереднє.

Необхідне значення коефіцієнта теплопередачі для камери з $t_{кам.} = -35^{\circ}C$ холодильника:

$$K_0^{mp} = 0,20 \frac{Вт}{м^2 \times К} \quad [1 \text{ табл. 8.2}]$$

$$\alpha_{зов.} = 23 \frac{Вт}{м^2 \times К}; \quad \alpha_{вн.} = 11 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}; [1 \text{ табл. 8.1}]$$

Потрібна товщина теплоізоляції:

									Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

00.БКР.142.008.019.БК

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

$$\delta_{із.}^{mp.} = 0,05 \cdot \left[\frac{1}{0,2} - \left(\frac{1}{23} + 0,108 + \frac{1}{11} \right) \right] = 0,238 \text{ м};$$

Приймаю до встановлення товщину теплоізоляційного шару 250мм (два шари 100мм і один 50мм).

Оскільки прийнята товщина теплоізоляції відрізняється від потрібної, необхідно визначити дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$K_0^{\delta} = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + 0,108 + \frac{1}{11} \right) + \frac{0,25}{0,05}} = 0,191 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}};$$

4) Внутрішні перегородки, між камерами виконані з бетонних плит

4.1. Стіна між камерою зберігання консервів (+2) та камерою зберігання заморожених субпродуктів (-20):

$$t_{к.зб.конс.} = +2^{\circ}\text{C}; \quad t_{к.зб.суб.} = -20^{\circ}\text{C};$$

Для $t_{вн} = +2^{\circ}\text{C}$; $K_0^n = 0,277 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$; [1 табл. 8.4]

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

α_1 – в камері з $t_{к.зб.суб.} = -20^{\circ}\text{C}$;

α_2 – в камері з $t_{к.зб.конс.} = +2^{\circ}\text{C}$;

Нижче розписую складові ізоляційної конструкції внутрішніх стін:

1.- Штукатурка складним розчином по металевій стінці.

$$\delta_{шт.сітка} = 0,02 \text{ м};$$

$$\lambda_{шт.сітка} = 0,98 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}};$$

$$R_{шт.сітка} = \frac{\delta_{шт.сітка}}{\lambda_{шт.сітка}} = 0,02 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}};$$

2.- теплоізоляція із ПСБ-С (необхідно визначити);

$$\lambda_{із.} = 0,05 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}};$$

3.- пароізоляція: 2 шара гідроізолу на бітумній мастиці:

									Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.БКР.142.008.019.БК				

$$\delta_{\text{пароізол.}} = 0,004\text{м};$$

$$\lambda_{\text{пароізол.}} = 0,3 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}};$$

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

4.- бетонна плита:

$$\delta_{\text{бет.}} = 0,08\text{м};$$

$$\lambda_{\text{бет.}} = 1,86 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}};$$

$$R_{\text{бет.}} = \frac{\delta_{\text{бет.}}}{\lambda_{\text{бет.}}} = 0,043 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}};$$

Визначаю сумарний термічний опір ізоляційних конструкцій:

$$\begin{aligned} \sum R_{\text{сум.мор.}} &= R_{\text{шт.сітка}} + R_{\text{пароізол}} + R_{\text{бет.}} = \\ &= 0,02 + 0,013 + 0,043 = 0,076 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}}; \end{aligned}$$

Необхідна товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{\text{із.}}^{\text{мп.}} = 0,05 \cdot \left[\frac{1}{0,277} - \left(\frac{1}{9} + 0,076 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,165 \text{ м};$$

Приймаю до встановлення товщину теплоізоляційного шару 180мм.

Оскільки прийнята товщина теплоізоляції відрізняється від потрібної, необхідно визначити дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$K_0^{\text{д}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{9} + 0,076 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,18}{0,05}} = 0,256 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}};$$

4.2. Стіна між камерами зберігання яловичини $t = -20^{\circ}\text{C}$:

$$K_0^{\text{мп.}} = 0,58 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}; [1 \text{ табл. } 8.4]$$

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

Необхідна товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{\text{із.}}^{\text{мп.}} = 0,05 \cdot \left[\frac{1}{0,58} - \left(\frac{1}{9} + 0,076 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,071 \text{ м};$$

Приймаю до встановлення товщину теплоізоляційного шару 75мм (один шар 50 мм та один шар 25 мм).

									Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.БКР.142.008.019.БК				

Оскільки прийнята товщина теплоізоляції відрізняється від потрібної, необхідно визначити дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$K_0^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{9} + 0,076 + \frac{1}{9}\right) + \frac{0,075}{0,05}} = 0,556 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

4.3. Стіна між камерами зберігання консерв $t = +2^\circ C$:

$$K_0^{mp.} = 0,58 \frac{Вт}{м^2 \times К}; [1 \text{ табл. } 8.4]$$

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

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

Необхідна товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{із.}^{mp.} = 0,05 \cdot \left[\frac{1}{0,58} - \left(\frac{1}{9} + 0,076 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,071 м;$$

Приймаю до встановлення товщину теплоізоляційного шару 75мм (один шар 50 мм та один шар 25 мм).

Оскільки прийнята товщина теплоізоляції відрізняється від потрібної, необхідно визначити дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$K_0^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{9} + 0,076 + \frac{1}{9}\right) + \frac{0,075}{0,05}} = 0,556 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

4.4. Стіна між камерою заморозки $t = -35^\circ C$ та камерою дефектних вантажів $t = 0^\circ C$ (див. рис.1).

$$K_0^n = 0,25 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}; [1 \text{ табл. } 8.4]$$

$$\alpha_{вн.} = 11 \frac{Вт}{м^2 \times К}; [1 \text{ табл. } 8.1]$$

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

Необхідна товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{із.}^{mp.} = 0,05 \cdot \left[\frac{1}{0,25} - \left(\frac{1}{23} + 0,076 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,188 м;$$

Приймаю до встановлення товщину теплоізоляційного шару 200мм (два шари по 100 мм).

Оскільки прийнята товщина теплоізоляції відрізняється від потрібної, необхідно визначити дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$K_0^0 = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + 0,076 + \frac{1}{9}\right) + \frac{0,2}{0,05}} = 0,236 \frac{Вт}{м^2 \cdot К};$$

5.) Внутрішні стіни виконані з бетонних плит (керамзитобетон):

1.- Штукатурка складним розчином по металевій стінці.

$$\delta_{шт.сітка} = 0,02м;$$

$$\lambda_{шт.сітка} = 0,98 \frac{Вт}{м \times К};$$

$$R_{шт.сітка} = \frac{\delta_{шт.сітка}}{\lambda_{шт.сітка}} = 0,02 \frac{м^2 \times К}{Вт};$$

2.- теплоізоляція із ПСБ-С (необхідно визначити);

$$\lambda_{із.} = 0,05 \frac{Вт}{м \times К};$$

3.- пароізоляція: 2 шара гідроізола на бітумній мастиці.

$$\delta_{пароізол.} = 0,004м;$$

$$\lambda_{пароізол.} = 0,3 \frac{Вт}{м \times К};$$

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

4.- бетонна плита: з керамзитобетону

$$\delta_{бет.} = 0,24м;$$

$$\lambda_{бет.} = 0,47 \frac{Вт}{м \times К};$$

$$R_{бет.} = \frac{\delta_{бет.}}{\lambda_{бет.}} = 0,51 \frac{м^2 \times К}{Вт};$$

Сумарний термічний опір:

$$\begin{aligned} \sum R_{сум.мор.} &= R_{шт.сітка} + R_{пароізол} + R_{бет.} = \\ &= 0,02 + 0,013 + 0,51 = 0,543 \frac{м^2 \times К}{Вт}; \end{aligned}$$

5.1. Стіна між камерою зберігання $t = -20^{\circ}C$ та коридором:

									Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.БКР.142.008.019.БК				

Оскільки прийнята товщина теплоізоляції відрізняється від потрібної, необхідно визначити дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$K_0^{\text{Д}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{9} + 0,543 + \frac{1}{8}\right) + \frac{0,075}{0,05}} = 0,44 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}};$$

5.3. Стіна між камерою дефективних вантажів та коридором $t = 8^\circ\text{C}$

$$K_0^{\text{мп.}} = 0,46 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}; [1 \text{ табл. } 8.4]$$

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

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

Необхідна товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{\text{із.}}^{\text{мп.}} = 0,05 \times \left[\frac{1}{0,46} - \left(\frac{1}{9} + 0,543 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,07 \text{ м};$$

Приймаю до встановлення товщину теплоізоляційного шару 75 мм (один шар 50 мм та шар 25мм).

Оскільки прийнята товщина теплоізоляції відрізняється від потрібної, необхідно визначити дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$K_0^{\text{Д}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{9} + 0,543 + \frac{1}{8}\right) + \frac{0,075}{0,05}} = 0,44 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}};$$

5.4. Стіна між камерою зберігання субпродуктів $t = -20^\circ\text{C}$ та компресорним цехом $t = +18^\circ\text{C}$

$$K_0^{\text{мп.}} = 0,21 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}; [1 \text{ табл. } 8.4]$$

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

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

$\alpha_{\text{вн.}}$ – в камері зберігання субпродуктів з $t = -20^\circ\text{C}$;

$\alpha_{\text{зов.}}$ – в компресорному цеху з $t = +18^\circ\text{C}$;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.БКР.142.008.019.БК	
						Лист

Необхідна товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{із.}^{mp.} = 0,05 \times \left[\frac{1}{0,21} - \left(\frac{1}{9} + 0,543 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,199 м;$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 200 мм (2 шари по 100 мм.)

$$K_0^Д = \frac{1}{\left(\frac{1}{9} + 0,076 + \frac{1}{8} \right) + \frac{0,2}{0,05}} = 0,21 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

5.5. Стіна між камерою заморожування $t = -35^{\circ}C$ та службовими приміщеннями $t = +18^{\circ}C$

$$K_0^{mp.} = 0,2 \frac{Вт}{м^2 \times К}; [1 \text{ табл. } 8.4]$$

$$\alpha_{вн.} = 11 \frac{Вт}{м^2 \times К}; [1 \text{ табл. } 8.1]$$

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

$\alpha_{вн.}$ – в камері заморожування $t = -35^{\circ}C$;

$\alpha_{вн.}$ – в машинному відділенні з $t = +18^{\circ}C$;

Необхідна товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{із.}^{mp.} = 0,05 \times \left[\frac{1}{0,2} - \left(\frac{1}{11} + 0,543 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,213 м;$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 225 мм. (2 шари по 100 мм та один шар 25 мм).

Оскільки прийнята товщина теплоізоляції відрізняється від потрібної, необхідно визначити дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$K_0^Д = \frac{1}{\left(\frac{1}{11} + 0,543 + \frac{1}{8} \right) + \frac{0,225}{0,05}} = 0,21 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

5.6. Стіна між камерою дефектних вантажів $t = 0^{\circ}C$ та службовими приміщеннями $t = +18^{\circ}C$

$$K_0^{mp.} = 0,47 \frac{Вт}{м^2 \times К}; [1 \text{ табл. } 8.4]$$

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

									Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

00.БКР.142.008.019.БК

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

$\alpha_{вн.}$ – в камері дефектних продуктів $t = 0^{\circ}C$;

$\alpha_{вн.}$ – в службовому відділенні з $t = +18^{\circ}C$;

Необхідна товщина теплоізоляційного шару:

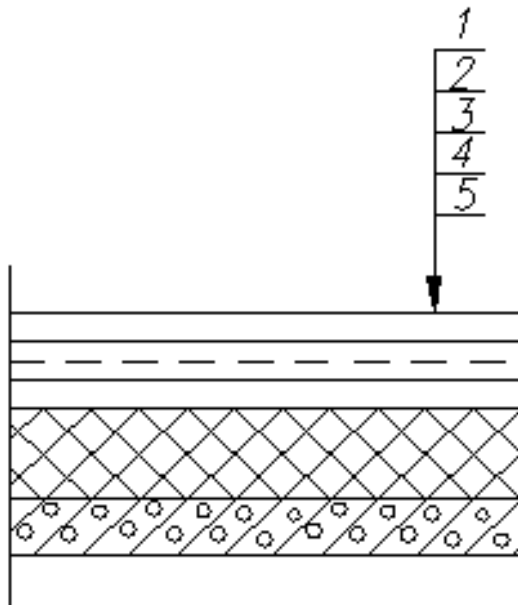
$$\delta_{із.}^{mp.} = 0,05 \times \left[\frac{1}{0,47} - \left(\frac{1}{9} + 0,543 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,067 м;$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 75мм (один шар 50мм та один 25 мм).

Оскільки прийнята товщина теплоізоляції відрізняється від потрібної, необхідно визначити дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$K_0^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{9} + 0,543 + \frac{1}{8} \right) + \frac{0,075}{0,05}} = 0,44 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

б) Покрівля камери зберігання заморожених продуктів $t = -20^{\circ}C$;



1.- 5 шарів гідроізолю на бітумній містиці:

$$\delta_1 = 0,012 м;$$

$$\lambda_1 = 0,3 \frac{Вт}{м \times К};$$

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = 0,04 \frac{м^2 \times К}{Вт};$$

					00.БКР.142.008.019.БК	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.- стяжка з бетону по металевій сітці;

$$\delta_2 = 0,04\text{м};$$

$$\lambda_2 = 1,86 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}};$$

$$R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = 0,022 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}};$$

3.- пароізоляція(шар пергаменту):

$$\delta_3 = 0,001\text{м};$$

$$\lambda_3 = 0,15 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}};$$

R_3 - не враховуємо;

4.- теплоізоляція із ППУ (необхідно визначити);

$$\lambda_{із.} = 0,05 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}};$$

5.- залізобетонна плита покрівлі:

$$\delta_5 = 0,035\text{м};$$

$$\lambda_5 = 2,04 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}};$$

$$R_5 = \frac{\delta_5}{\lambda_5} = 0,017 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}};$$

Сумарний термічний опір:

$$\sum R_i = 0,04 + 0,022 + 0,017 = 0,079 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}};$$

$$K_0^{mp.} = 0,22 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}; [1 \text{ табл. } 8.4]$$

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

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

Необхідна товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{із.}^{mp.} = 0,05 \cdot \left[\frac{1}{0,22} - \left(\frac{1}{9} + 0,079 + \frac{1}{23} \right) \right] = 0,215 \text{ м};$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 225мм (два шари по 100 мм та один 25 мм).

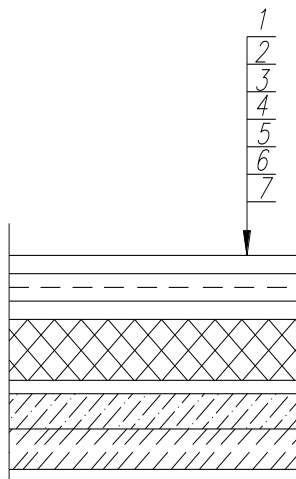
										Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

00.БКР.142.008.019.БК

Оскільки прийнята товщина теплоізоляції відрізняється від потрібної, необхідно визначити дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$K_0^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{9} + 0,079 + \frac{1}{23}\right) + \frac{0,225}{0,05}} = 0,211 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}};$$

7) Підлога в камері зберігання заморожених продуктів $t = -20^\circ\text{C}$;



1.- монолітне бетонне покриття із важкого бетону:

$$\delta_1 = 0,04\text{м};$$

$$\lambda_1 = 1,86 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}};$$

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = 0,022 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}};$$

2.- армована бетонна стяжка;

$$\delta_2 = 0,08\text{м};$$

$$\lambda_2 = 1,86 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}};$$

$$R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = 0,043 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}};$$

3.- пароізоляція (1 шар пергаменту):

$$\delta_3 = 0,001\text{м};$$

$$\lambda_3 = 0,15 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}};$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00.БКР.142.008.019.БК

Лист

R_3 - не враховуємо;

4.- теплоізоляція ППУ:

$$\lambda_4 = 0,05 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

5.- цементно-піщаний розчин:

$$\delta_5 = 0,025 м;$$

$$\lambda_5 = 0,98 \frac{Вт}{м \times К};$$

$$R_5 = \frac{\delta_5}{\lambda_5} = 0,026 \frac{м^2 \times К}{Вт};$$

6.- ущільнений пісок:

$$\delta_6 = 1,35 м;$$

$$\lambda_6 = 0,58 \frac{Вт}{м \times К};$$

$$R_6 = \frac{\delta_6}{\lambda_6} = 2,338 \frac{м^2 \times К}{Вт};$$

7.- бетонна підготовка під електронагрівниками:

Сумарний термічний опір:

$$\sum R = 2,43 \frac{м^2 \times К}{Вт};$$

$$K_0^{mp.} = 0,21 \frac{Вт}{м^2 \times К}; [1 \text{ табл. } 8.4]$$

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

Необхідна товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{із.}^{mp.} = 0,05 \cdot \left[\frac{1}{0,21} - \left(\frac{1}{9} + 2,43 \right) \right] = 0,111 м;$$

Оскільки прийнята товщина теплоізоляції відрізняється від потрібної, необхідно визначити дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$K_0^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{9} + 0,079 + \frac{1}{23} \right) + \frac{0,225}{0,05}} = 0,211 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

									Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.БКР.142.008.019.БК				

5. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуючих приміщень

Загальна кількість теплонадходжень, які надходять в охолоджуване приміщення розподільчого холодильника:

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

де Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5 – теплонадходження відповідно через огорожувальні конструкції; від продукції при холодильному оброблені; при вентиляції приміщення; експлуатаційні; теплонадходження, які виділяють продуктами під час «дихання».

5.1. Теплонадходження через огорожуючі конструкції.

$$Q_1 = Q_{1m} + Q_{1c}, \text{Вт};$$

де Q_{1m}, Q_{1c} – теплонадходження відповідно через стіни, простінки, перекриття, покрівлю, через підлогу; та від сонячної радіації, Вт.

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

Камера №1: визначаю теплонадходження через стіни в камері зберігання заморожених субпродуктів у ящиках.

Північна стіна:

$$t_{\text{к.зб.}} = -20^{\circ}\text{C}; K_{\partial} = 0,23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}};$$

$$t_{\text{зов.}} = 34^{\circ}\text{C};$$

$$F = 18 \cdot 6 = 108 \text{ м}^2;$$

$$Q_{1m} = 0,23 \cdot 108 \cdot (34 - (-20)) \cdot 10^{-3} = 1,341 \text{ кВт};$$

Надходження теплоти від сонячної радіації:

$$Q_{1c} = K_{\partial} \cdot F \cdot \Delta t_c \cdot 10^{-3}, \text{кВт};$$

$$Q_{1c} = 0 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = 1,341 + 0 = 1,341 \text{ кВт};$$

Аналогічним чином розраховую теплонадходження для інших камер.

Отримані дані зводжу до таблиці 5.1.					<i>00.БКР.142.008.019.БК</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розрахунок теплонадходжень до охолоджуючих приміщень		
Розроб.		Струсь Б.О.					
Перевір.		Грищенко Р.В.					
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.		Петренко В.П.			Літ.	Лист.	Листів
					<i>ХМ-4-10ск</i>		

Таблиця 5.1

Огороджуючі конструкції	$K_0^{Au} (Вт)/(м^2*К)$	$F, м^2$	$t_{зов.}, °C$	$\theta, °C$	$Q_{1m}, кВт$	$\Delta t_c, °C$	$Q_{1c}, кВт$	$Q_{1об}, кВт$
Камера 1 (Камера зберігання заморожених субпродуктів -20°C)								
північ	0,23	108	34	54	1,34136	0	0	1,34136
південь	0,556	108	-20	0	-	0	0	0
захід	0,233	72	8	28	0,469728	0	0	0,469728
схід	0,2	72	34	54	0,7776	9,8	0,14112	0,91872
підлога	0,211	216	1	21	0,957096	0	0	0,957096
покрівля	0,211	216	34	54	2,461104	14,9	0,679082	3,140186
								6,82709
Огороджуючі конструкції								
$K_0^{Au} (Вт)/(м^2*К)$	$F, м^2$	$t_{зов.}, °C$	$\theta, °C$	$Q_{1m}, кВт$	$\Delta t_c, °C$	$Q_{1c}, кВт$	$Q_{1об}, кВт$	
Камера 1а (Камера зберігання заморожених субпродуктів -20°C)								
північ	0,556	108	-20	0	0	0	0	0
південь	0,256	108	2	22	0,608256	0	0	0,608256
захід	0,233	72	8	28	0,469728	0	0	0,469728
схід	0,21	72	18	38	0,57456	0	0	0,57456
підлога	0,211	216	1	21	0,957096	0	0	0,957096
покрівля	0,211	216	34	54	2,461104	14,9	0,679082	3,140186
								5,749826
Огороджуючі конструкції								
$K_0^{Au} (Вт)/(м^2*К)$	$F, м^2$	$t_{зов.}, °C$	$\theta, °C$	$Q_{1m}, кВт$	$\Delta t_c, °C$	$Q_{1c}, кВт$	$Q_{1об}, кВт$	
Камера 2 (Камера зберігання замороженого м'яса -20°C)								
північ	0,2	108	34	54	1,1664	0	0	1,1664
південь	0,556	108	-20	0	0	0	0	0
захід	0,2	72	34	54	0,7776	11,7	0,16848	0,94608
схід	0,233	72	8	28	0,469728	0	0	0,469728
підлога	0,211	216	1	21	0,957096	0	0	0,957096
покрівля	0,211	216	34	54	2,461104	14,9	0,679082	3,140186
								6,67949
Огороджуючі конструкції								
$K_0^{Au} (Вт)/(м^2*К)$	$F, м^2$	$t_{зов.}, °C$	$\theta, °C$	$Q_{1m}, кВт$	$\Delta t_c, °C$	$Q_{1c}, кВт$	$Q_{1об}, кВт$	
Камера 2а (Камера зберігання замороженого м'яса -20°C)								
північ	0,556	108	-20	0	0	0	0	0
південь	0,556	108	-20	0	0	0	0	0
захід	0,2	72	34	54	0,7776	11,7	0,16848	0,94608
схід	0,233	72	8	28	0,469728	0	0	0,469728
підлога	0,211	216	1	21	0,957096	0	0	0,957096
покрівля	0,211	216	34	54	2,461104	14,9	0,679082	3,140186
								5,51309

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00.БКР.142.008.019.БК

Лист

Огороджуючі конструкції	$K_o^A (Bm)/(m^2 \cdot K)$	F, m^2	$t_{зов.}, ^\circ C$	$\theta, ^\circ C$	$Q_{1m}, кВт$	$\Delta t_c, ^\circ C$	$Q_{1c}, кВт$	$Q_{1об}, кВт$
Камера 2б (Камера зберігання замороженого м'яса -20°C)								
північ	0,556	108	-20	0	0	0	0	0
південь	0,556	108	-20	0	0	0	0	0
захід	0,2	72	34	54	0,7776	11,7	0,16848	0,94608
схід	0,233	72	8	28	0,469728	0	0	0,469728
підлога	0,211	216	1	21	0,957096	0	0	0,957096
покрівля	0,211	216	34	54	2,461104	14,9	0,679082	3,140186
								5,51309
Камера 2в (Камера зберігання замороженого м'яса -20°C)								
північ	0,556	108	-20	0	0	0	0	0
південь	0,3	108	0	20	0,648	0	0	0,648
захід	0,2	72	34	54	0,7776	11,7	0,16848	0,94608
схід	0,233	72	8	28	0,469728	0	0	0,469728
підлога	0,211	216	1	21	0,957096	0	0	0,957096
покрівля	0,211	216	34	54	2,461104	14,9	0,679082	3,140186
								6,16109
Камера 3а (Камера зберігання охолоджених консерв +2°C)								
північ	0,256	108	-20	-22	-0,60826	0	0	-0,60826
південь	0,556	108	2	0	0	0	0	0
захід	0,44	72	8	6	0,19008	0	0	0,19008
схід	0,47	72	18	16	0,54144	0	0	0,54144
підлога	0,211	216	1	-1	-0,04558	0	0	-0,04558
покрівля	0,211	216	34	32	1,458432	14,9	0,679082	2,137514
								2,215202
Камера 3б (Камера зберігання консерв +2°C)								
північ	0,556	108	-20	-22	-1,32106	0	0	-1,32106
південь	0,5	108	0	-2	-0,108	0	0	-0,108
захід	0,44	72	8	6	0,19008	0	0	0,19008
схід	0,47	72	18	16	0,54144	0	0	0,54144
підлога	0,211	216	1	-1	-0,04558	0	0	-0,04558
покрівля	0,211	216	34	32	1,458432	14,9	0,679082	2,137514
								1,394402
Камера 4 (Експедиція 0°C)								
північ	0,26	108	-20	-20	-0,5616	0	0	-0,5616
південь	0,362	108	34	34	1,329264	8	0,312768	1,642032
захід	0,362	72	34	34	0,886176	11,7	0,304949	1,191125
схід	0,48	72	8	8	0,27648	0	0	0,27648
підлога	0,211	216	1	1	0,045576	0	0	0,045576
покрівля	0,211	216	34	34	1,549584	14,9	0,679082	2,228666
								4,822279

Огороджуючі конструкції	$K_o^A (Вт)/(м^2*К)$	$F, м^2$	$t_{зов.}, °C$	$\theta, °C$	$Q_{1m}, кВт$	$\Delta t_c, °C$	$Q_{1c}, кВт$	$Q_{1об}, кВт$
Камера 5 (Камера заморожування -35°C)								
північ	0,236	108	0	35	0,89208	0	0	0,89208
південь	0,191	108	34	69	1,423332	8	0,165024	1,588356
захід	0,22	36	8	43	0,34056	0	0	0,34056
схід	0,2	36	18	53	0,3816	0	0	0,3816
підлога	0,211	108	1	36	0,820368	0	0	0,820368
покрівля	0,211	108	34	69	1,572372	14,9	0,339541	1,911913
								5,934877

Огороджуючі конструкції	$K_o^A (Вт)/(м^2*К)$	$F, м^2$	$t_{зов.}, °C$	$\theta, °C$	$Q_{1m}, кВт$	$\Delta t_c, °C$	$Q_{1c}, кВт$	$Q_{1об}, кВт$
Камера 6 (Камера дефектних вантажів 0°C)								
північ	0,5	108	2	2	0,108	0	0	0,108
південь	0,236	108	-35	-35	-0,89208	0	0	-0,89208
захід	0,45	36	8	8	0,1296	0	0	0,1296
схід	0,48	36	18	18	0,31104	0	0	0,31104
підлога	0,211	108	1	1	0,022788	0	0	0,022788
покрівля	0,211	108	34	34	0,774792	14,9	0,339541	1,114333
								0,793681

5.2. Теплонадходження від вантажів при холодильній обробці

Камера зберігання заморожених субпродуктів №1:

$$t_{к.зб.} = -20°C;$$

Початкова температура, при якій субпродукти поступають в камеру зберігання №1 з камери заморожування №5: $t = -15°C$.

Теплонадходження при охолодженні та доморожуванні продуктів:

$$Q_{2np} = M_{np} \times \Delta i \times \frac{10^3}{24 \times 3600};$$

Δi - дельта питомих ентальпій продуктів, кДж/кг;

$$M_{np} = 40 т / добу;$$

$$t_1 = -15°C; t_2 = -20°C;$$

$$i_1 = 13,8 кДж / кг; \quad i_2 = 0 кДж / кг; [1, додаток 10]$$

$$\Delta i = 13,8 кДж / кг;$$

$$Q_{2np} = 40 \cdot 13,8 \cdot \frac{10^3}{24 \cdot 3600} = 6,39 кВт;$$

Теплові надходження від тари, в якій знаходиться продукт $Q_{2m}, кВт$:

									Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.БКР.142.008.019.БК				

$$Q_{2m} = M_m \times c_m \times (t_1 - t_2) \times \frac{10^3}{24 \times 3600}, \text{кВт};$$

де M_m - добове надходження тари т/добу;

c_m - питома теплоємність тари, кДж/кг·К;

t_1 і t_2 - початкова та кінцева температура тари (приймаються рівними початковій та кінцевій температурі продукту), °С;

Аналогічні розрахунки проводжу для інших камер. Отримані результати зводжу до таблиці 5.2.

Таблиця 5.2

Назва камери	т/доб	тп, °С	тк, °С	Іп кДж/кг	Ік кДж/кг	Ст кДж/кгК	Q2пр кВт	Q2т кВт	Q2 кВт
Камера зберігання субпродуктів № 1 і 1а	40	-15	-20	13,8	0	2,3	6,39	0,532	6,922

Назва камери	т/доб	тп, °С	тк, °С	Іп кДж/кг	Ік кДж/кг	Ст кДж/кгК	Q2пр кВт	Q2т кВт	Q2 кВт
Камера зберігання яловичини № 2,2а,2б,2в	50	-15	-20	13	0	-	7,523	-	7,523

Назва камери	т/доб	тп, °С	тк, °С	Іп кДж/кг	Ік кДж/кг	Ст кДж/кгК	Q2пр кВт	Q2т кВт	Q2 кВт
Камера зберігання консерв № 3а і 3б	40	20	2	331	226	2,3	48,61	1,917	50,527

Назва камери	т/доб	тп, °С	тк, °С	Іп кДж/кг	Ік кДж/кг	Ст кДж/кгК	Q2пр кВт	Q2т кВт	Q2 кВт
Камера заморожування №5	50	-2	-15	98,8	13	-	49,653	-	49,653

					00.БКР.142.008.019.БК				Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Назва камери	t/доб	tп, °С	tк, °С	Іп кДж/кг	Ік кДж/кг	Ст кДж/кгК	Q2пр кВт	Q2т кВт	Q2 кВт
Камера дефектних вантажів №6	2,5	4	0	246	232	2,3	0,405	0,027	0,432

5.4. Експлуатаційні теплонадходження

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

де q_1, q_2, q_3, q_4 – теплонадходження від освітлення, перебування людей у камері, працюючих електродвигунів та відчинення дверей, відповідно.

Теплонадходження від освітлення:

$$q_1 = A \times F \times 10^{-3}, \text{кВт}$$

де A – теплота, яка виділяється джерелами освітлення за одиницю часу на 1 м^2 площі підлоги, Вт/м^2 ;

F – площа камери, м^2 .

Теплонадходження від перебування людей:

$$q_2 = 0,35 \times n, \text{кВт}$$

де $0,35$ – тепловиділення однієї людини при роботі середньої важкості, кВт ; n – число людей, які працюють у даному приміщенні.

Теплонадходження від працюючих електродвигунів:

$$q_3 = \eta_e \times N_{\text{ел.да.}}, \text{кВт}$$

Теплонадходження, які надходять у камеру при відкриванні дверей:

$$q_4 = K \times F \times 10^{-3},$$

де K – питоме надходження теплоти від відкривання дверей, Вт/м^2 ;

F – площа камери, м^2 .

Камера зберігання заморожених субпродуктів:

Теплонадходження від освітлення:

$$q_1 = A \times F \times 10^{-3}, \text{кВт}$$

$$F = 216 \text{ м}^2;$$

$$A = 2,3 \text{ Вт/м}^2;$$

$$q_1 = 2,3 \cdot 216 \cdot 10^{-3} = 0,497 \text{ кВт};$$

Теплонадходження від перебування людей:

$$q_2 = 0,35 \times n, \text{кВт}$$

В камері одночасно може знаходитись 2 чоловіки - $n=2$.

									Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.БКР.142.008.019.БК				

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

Теплонадходження від працюючих електродвигунів:

$$q_3 = \eta_e \times N_{\text{ел.да.}}, \text{ кВт}$$

$$q_3 = 0,8 \times 4 = 3,2, \text{ кВт}$$

Теплонадходження при відкриванні дверей:

$$q_4 = K \times F \times 10^{-3},$$

$$K=8 \text{ Вт/м}^2 \text{ [1, табл. 9,2]}$$

$$F=216 \text{ м}^2;$$

$$q_4 = 8 \cdot 216 \cdot 10^{-3} = 1,728 \text{ кВт};$$

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 = 0,497 + 0,7 + 3,2 + 1,728 = 6,125 \text{ кВт};$$

Аналогічно проводжу розрахунки для всіх інших камер. Отримані результати зводжу до табл.5.3.

Загальні теплонадходження зводжу до таблиці 5.4.

Таблиця 5.3

№ камери	F _к , м ²	A,	q ₁ , кВт	п,	q ₂ , кВт	q ₃ , кВт	K,	q ₄ , кВт	Q _{4об.} , кВт
		Вт/м ²		людей			Вт/м		
1	216	2,3	0,497	2	0,7	3,2	8	1,728	6,125
1а	216	2,3	0,497	2	0,7	3,2	8	1,728	6,1248
2	216	2,3	0,497	2	0,7	3,2	8	1,728	6,1248
2а	216	2,3	0,497	2	0,7	3,2	8	1,728	6,1248
2б	216	2,3	0,497	2	0,7	3,2	8	1,728	6,1248
2в	216	2,3	0,497	2	0,7	3,2	8	1,728	6,1248
3а	216	2,3	0,497	2	0,7	3,2	8	1,728	6,1248
3б	216	2,3	0,497	2	0,7	3,2	8	1,728	6,1248
4	216	4,7	1,015	2	0,7	3,2	20	4,32	9,2352
5	108	4,7	0,508	2	0,7	6,4	12	1,296	8,9036
6	108	4,7	0,508	2	0,7	3,2	8	0,864	5,2716
Коридор	360	4,7	1,692	4	1,4	3,2	20	7,2	13,492

					00.БКР.142.008.019.БК	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.8

№ камери	Q1, кВт	Q2, кВт	Q4, кВт	ΣQ , кВт
1	6,827	6,922	6,1248	19,8738
1а	5,75	6,922	6,1248	18,7968
2	6,679	7,523	6,1248	20,3268
2а	5,513	7,523	6,1248	19,1608
2б	5,513	7,523	6,1248	19,1608
2в	6,161	7,523	6,1248	19,8088
3а	2,215	50,527	6,1248	58,8668
3б	1,394	50,527	6,1248	58,0458
4	4,822	-	9,2352	14,0572
5	5,935	49,653	8,9036	64,4916
6	0,794	0,432	5,2716	6,4976
Коридор	-	-	13,492	13,492
Всього	51,603	195,075	85,9008	332,5788

					<i>00.БКР.142.008.019.БК</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

6.Визначення навантаження на обладнання камер

6.1. Розраховую навантаження на компресори, які працюють на температуру

кипіння $t_0 = -5^{\circ}\text{C}$:

$$\sum Q_{-5} = 0,9 \cdot \sum Q_{1\text{обл.}} + 0,6 \cdot \sum Q_{2\text{обл.}} + 0,7 \cdot \sum Q_{4\text{обл.}}$$

$$\sum Q_{-5} = 0,9 \cdot 9,225 + 0,6 \cdot 101,486 + 0,7 \cdot 40,248 = 97,368 \text{ кВт}$$

Визначаю холодопродуктивність компресора:

$$Q_0 = \frac{k \cdot \sum Q_{-5}}{b};$$

де k – коефіцієнт, що враховує втрати в трубопроводах та апаратах холодильної установки;

$k=1,05$ – при безпосередньому кипінні та температурі до -10°C ;

b – коефіцієнт робочого часу; $b=0,9$.

$$Q_0 = \frac{1,05 \cdot 97,368}{0,9} = 113,6 \text{ кВт};$$

6.2. Розраховую навантаження на компресори, які працюють на температуру

кипіння $t_0 = -30^{\circ}\text{C}$:

$$\sum Q_{-30} = 0,9 \cdot 36,443 + 0,6 \cdot 43,936 + 0,7 \cdot 36,749 = 84,885 \text{ кВт}$$

Визначаю холодопродуктивність компресора:

$$Q_0 = \frac{k \cdot \sum Q_{-30}}{b};$$

де k – коефіцієнт, що враховує втрати в трубопроводах та апаратах холодильної установки;

$k=1,07$ – при безпосередньому кипінні та температурі до -30°C ;

b – коефіцієнт робочого часу;

$b=0,9$.

$$Q_0 = \frac{1,07 \cdot 84,885}{0,9} = 100,918 \text{ кВт};$$

					<i>00.БКР.142.008.019.БК</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Струсь Б.О.</i>			<i>Визначення навантаження на обладнання камер</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Грищенко Р.В.</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>					
					<i>Лім.</i>	<i>Лист.</i>	<i>Листів</i>
					<i>ХМ-4-10ск</i>		

6.3. Розраховую навантаження на компресори, які працюють на температуру

кипіння $t_0 = -40^{\circ}\text{C}$:

$$\sum Q_{-40} = 0,9 \cdot 5,935 + 0,6 \cdot 49,653 + 0,7 \cdot 8,904 = 41,366 \text{ кВт}$$

Визначаю холодопродуктивність компресора:

$$Q_0 = \frac{k \cdot \sum Q_{-40}}{b};$$

де k – коефіцієнт, що враховує втрати в трубопроводах та апаратах холодильної установки;

$k=1,1$ – при безпосередньому кипінні та температурі до -40°C ;

b – коефіцієнт робочого часу;

$b=0,9$;

$$Q_0 = \frac{1,1 \cdot 41,366}{0,9} = 50,558 \text{ кВт};$$

					<i>00.БКР.142.008.019.БК</i>	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. Вибір розрахункового робочого режиму, побудова циклу та тепловий розрахунок холодильної машини. Вибір компресорів

Режим роботи холодильної машини характеризується температурами кипіння t_0 , конденсації t_k , всмоктування $t_{вс}$. Також враховують температуру переохолодження холодильного агента на виході з конденсатора. Значення цих параметрів обираються виходячи з призначення холодильної установки та розрахункових зовнішніх умов.

Температура конденсації холодильного агента, при виборі конденсатора з водяним охолодженням, залежить від температури та кількості води, що подається на сам конденсатор. Температуру конденсації для обраного типу конденсатора приймають на $(2 \div 4)^\circ\text{C}$ вище температури води, що виходить з конденсатора:

$$t_k = t_{w2} + (2 \div 4)^\circ\text{C} = t_{w1} + \Delta t_w + (2 \div 4)^\circ\text{C}.$$

При системі оборотного водопостачання температуру води t_{w2} та t_{w1} визначають за розрахунковими параметрами навколишнього середовища та величиною коефіцієнта ефективності градирні:

$$\eta = \frac{t_{w2} - t_{w1}}{t_{w2} - t_{м.т.}},$$

де η – коефіцієнт ефективності градирні, який залежить від її типу та може бути прийнятим за табличними даними: для вентиляторної градирні $\eta = (0,75 \div 0,85)$.

Для даного проекту приймаю $\eta = 0,85$.

$$\Delta t_w = t_{w2} - t_{w1} = 4^\circ\text{C};$$

Для м. Запоріжжя температура мокрого термометра при $t_c = 34^\circ\text{C}$; $\varphi_c = 42\%$, $t_{м.т.} = 23,3^\circ\text{C}$.

$$t_{w2} = \frac{\Delta t_w}{\eta} + t_{м.т.} = \frac{4}{0,85} + 23,3 = 28^\circ\text{C}$$

					00.БКР.142.008.019.БК						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Визначення розрахункового режиму, побудова циклу та тепловий розрахунок холодильної машини						
Розроб.		Струсь Б.О.							Літ.	Лист.	Листів
Перевір.		Грищенко Р.В.									
Реценз.											
Н. Контр.											
Затверд.		Петренко В.П.			ХМ-4-10ск						

$$t_k = t_{w2} + (2 \div 4) = 28 + 2 = 30^\circ\text{C}.$$

Приймаю величину перегріву пари холодильного агенту на всмоктуванні у компресор:

$$t_{\text{всм}} = t_0 + (5 \dots 10), ^\circ\text{C}$$

Будую цикл в $\lg P-h$ діаграмі для аміаку (R717). Значення параметрів холодильного агенту у вузлових точках циклу зводжу до табл. 7.1.

Цикл роботи холодильної установки зображено на рис.7.1.

Приймаю, що кратність циркуляцію в кожному контурі дорівнює 4.

Таблиця 7.1

№ точки	Температура, °C	Тиск, МПа	Ентальпія, кДж/кг	Питомий об'єм, м³/кг
1	-5	0,355	1455,16	0,346
2т	78,55	1,167	1622,96	0,137
3'	30	1,167	339,11	0,00168
3	28	1,167	327,71	-
4	-5	0,355	327,71	0,0426
5	-5	0,355	177,33	-
6	-5	0,556	177,33	-
7	-5	0,355	177,33	-
8	-5	0,355	497,36	0,0878
9	-30	0,1196	177,33	0,081
10	-30	0,1196	64,84	-
11	-30	0,42	64,84	-
12	-30	0,1196	64,84	-
13	-30	0,1196	404,29	0,2416
14	-30	0,1196	1422,46	0,9625
15	39,98	0,355	1565,02	0,4174
16	-40	0,0717	177,33	0,1773
17	-40	0,0717	20,55	-
18	-40	0,2	20,55	-
19	-40	0,0717	20,55	-
20	-40	0,0717	367,59	0,3894
21	-40	0,0717	1407,25	1,551
22	65	0,355	1623,12	0,4547

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00.БКР.142.008.019.БК

Лист

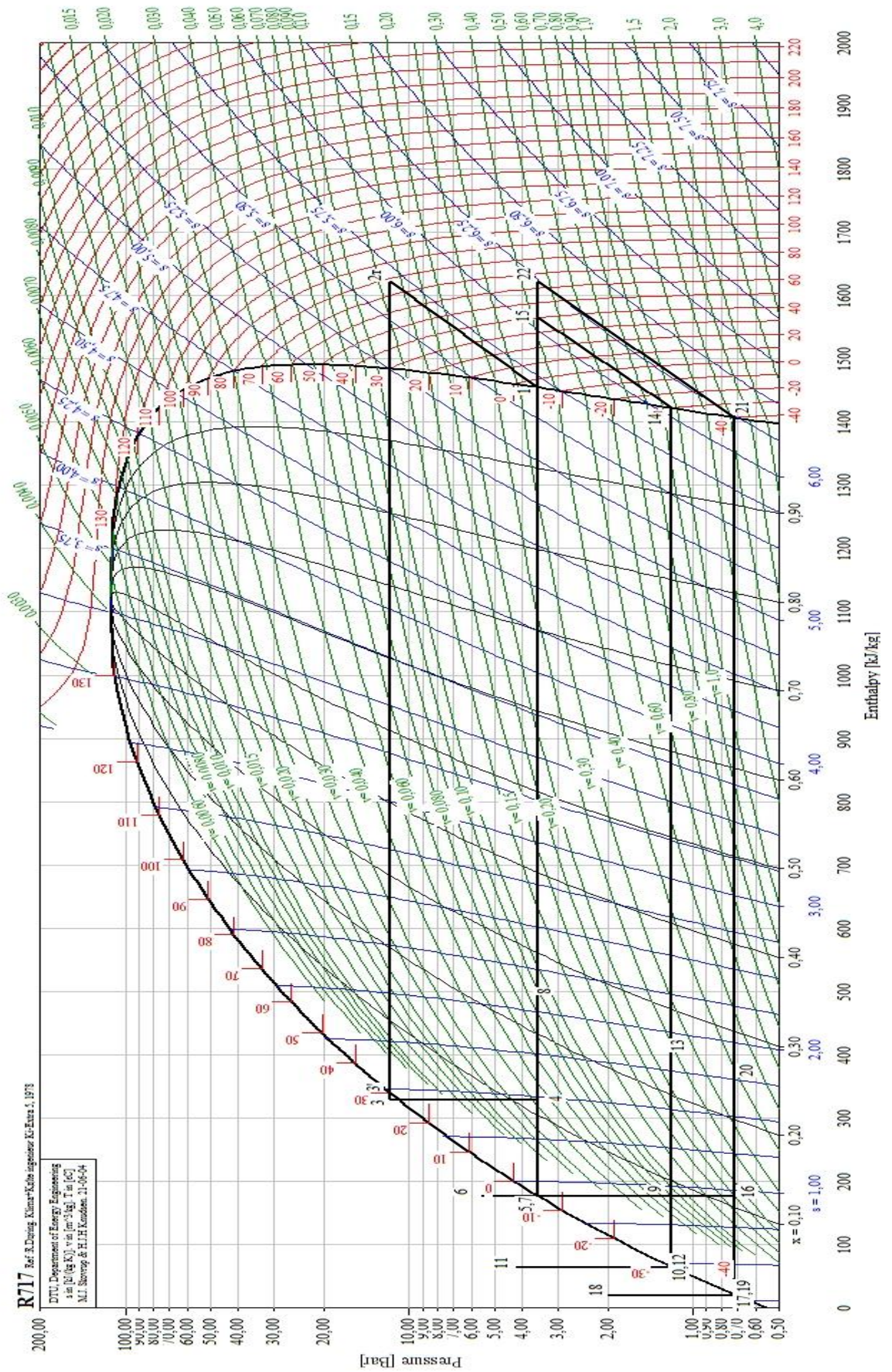


Рис.7.1. Цикл роботи холодильної машини

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

00.БКР.142.008.019.БК

Визначаю масову витрату холодильного агенту, яку необхідно відводити від циркуляційних ресиверів:

$$M_{(-40)} = Q_{0(-40)} / (h_{20} - h_{19}) = \frac{50,588}{(367,59 - 20,55)} = 0,1457 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

$$M_{(-30)} = Q_{0(-30)} / (h_{13} - h_{12}) = \frac{100,918}{(404,29 - 64,84)} = 0,297 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

$$M_{(-5)} = Q_{0(-5)} / (h_8 - h_7) = \frac{113,6}{(497,36 - 177,33)} = 0,355 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

Визначаю сумарна масову витрату холодильного агенту в КМ1:

$$\begin{aligned} M_{\text{км1}} &= M_{(-5)} + M_{(-30)} \cdot \frac{(h_{15} - h_7)}{(h_1 - h_4)} + M_{(-40)} \cdot \frac{(i_{22} - i_7)}{(h_1 - h_4)} = \\ &= 0,355 + 0,297 \cdot \frac{(1565,02 - 177,33)}{(1455,16 - 327,71)} + 0,1457 \cdot \frac{(1623,12 - 177,33)}{(1455,16 - 327,71)} = 0,907 \frac{\text{кг}}{\text{с}}; \end{aligned}$$

Для визначення необхідної об'ємної продуктивності компресора знаходжу коефіцієнти подачі λ .

$$\lambda = \lambda_i \cdot \lambda_w.$$

Визначаю індикаторний об'ємний коефіцієнт подачі компресора:

Для КМ1(-5°C):

$$\lambda_{i1} = \frac{P_{np} - \Delta P_{вс}}{P_{np}} - c \times \left[\left(\frac{P_k + \Delta P_n}{P_{np}} \right)^{1/n} - \frac{(P_{np} - \Delta P_{вс})}{P_{np}} \right];$$

$c=0,02$ – відносний мертвий простір;

$n=1,1$ – показник політропи;

$\Delta P_{вс} = 0,02 \cdot P_0 = 0,02 \cdot 0,355 = 0,0071$ МПа – депресія на всмоктуванні;

$\Delta P_{наг} = 0,03 \cdot P_k = 0,03 \cdot 1,167 = 0,035$ МПа – депресія на нагнітанні.

$$\lambda_{i1} = \frac{0,355 - 0,0071}{0,355} - 0,02 \cdot \left[\left(\frac{1,167 + 0,035}{0,355} \right)^{\frac{1}{1,1}} - \frac{0,355 - 0,0071}{0,355} \right] = 0,939;$$

$$\lambda_w = \frac{T_0}{T_k} = \frac{(273 + (-5))}{273 + 30} = 0,8845;$$

$$\lambda_1 = 0,939 \cdot 0,8845 = 0,83.$$

										Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.БКР.142.008.019.БК					

Для КМ2 (-30°C):

$$\lambda_{i2} = \frac{P_0 - \Delta P_{\text{вс}}}{P_0} - c \times \left[\left(\frac{P_{\text{нр}} + \Delta P_{\text{наг}}}{P_0} \right)^{\frac{1}{n}} - \frac{(P_0 - \Delta P_{\text{вс}})}{P_0} \right];$$

$c=0.02$ – відносний мертвий простір;

$n=1.1$ – показник політропи;

$\Delta P_{\text{вс}} = 0,02 \cdot P_0 = 0,02 \cdot 0,1196 = 0,0024$ МПа – депресія на всмоктуванні;

$\Delta P_{\text{наг}} = 0,03 \cdot P_{\text{к}} = 0,03 \cdot 0,355 = 0,0106$ МПа – депресія на нагнітанні.

$P_{\text{нр}} = 355$ кПа;

$$\lambda_{i2} = \frac{0,1196 - 0,0024}{0,1196} - 0,02 \cdot \left[\left(\frac{0,355 + 0,0106}{0,1196} \right)^{\frac{1}{1,1}} - \frac{0,1196 - 0,0024}{0,1196} \right] = 0,944;$$

$$\lambda_{w2} = \frac{T_0}{T_{\text{нр}}} = \frac{(273 + (-30))}{273 + (-5)} = 0,907;$$

$$\lambda_2 = \lambda_{i2} \cdot \lambda_{w2} = 0,944 \cdot 0,907 = 0,856.$$

Для КМ3 (-40°C):

$$\lambda_{i3} = \frac{P_0 - \Delta P_{\text{вс}}}{P_0} - c \times \left[\left(\frac{P_{\text{нр}} + \Delta P_{\text{наг}}}{P_0} \right)^{\frac{1}{n}} - \frac{(P_0 - \Delta P_{\text{вс}})}{P_0} \right];$$

$c=0.02$ – відносний мертвий простір;

$n=1.1$ – показник політропи;

$\Delta P_{\text{вс}} = 0,02 \cdot P_0 = 0,02 \cdot 0,0717 = 0,0014$ МПа – депресія на всмоктуванні;

$\Delta P_{\text{наг}} = 0,03 \cdot P_{\text{к}} = 0,03 \cdot 0,355 = 0,0106$ МПа – депресія на нагнітанні.

$P_{\text{нр}} = 355$ кПа;

$$\lambda_{i3} = \frac{0,0717 - 0,0014}{0,0717} - 0,02 \cdot \left[\left(\frac{0,355 + 0,0106}{0,0717} \right)^{\frac{1}{1,1}} - \frac{0,0717 - 0,0014}{0,0717} \right] = 0,912;$$

$$\lambda_{w3} = \frac{T_0}{T_{\text{нр}}} = \frac{(273 + (-40))}{273 + (-5)} = 0,869;$$

$$\lambda_3 = \lambda_{i3} \cdot \lambda_{w3} = 0,912 \cdot 0,869 = 0,792.$$

7.1.Прододжу розрахунок компресора КМ1:

1) Визначаю дійсний об'єм всмоктування компресора:

									Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

00.БКР.142.008.019.БК

$$V_d = M_{(-5)} \cdot v_1 = 0,907 \cdot 0,346 = 0,314 \frac{M^3}{c};$$

2) $\lambda = 0,83$;

3) Визначаю об'єм, який описується поршнем:

$$V_h = \frac{V_d}{\lambda} = \frac{0,314}{0,83} = 0,378 \frac{M^3}{c};$$

$$\eta_i = \lambda_{w'} + b \cdot t_0 = 0,8845 + 0,001 \cdot (-5) = 0,8795$$

Для обраного холодильного агенту по отриманим значенням теоретичної подачі (V_m) обираю компресор, об'ємна подача якого $V_{км}$ на 20÷40% більша за необхідну, що забезпечує роботу компресора з коефіцієнтом робочого часу $b = 0.9 \div 0.8$.

Обираємо два компресори GEA Grasso 412E – сумарною об'ємною подачею:

$$\sum V_h = 2 \cdot 796 = 1592 \frac{M^3}{200} = 0,442 \frac{M^3}{c};$$

4) Визначаю дійсна масова витрата:

$$\sum M_{(-5)} = \lambda \cdot \sum V_{км(-5)} / v_1 = 0,83 \cdot 0,442 / 0,346 = 1,06 \frac{кг}{c};$$

5) Визначаю сумарна теоретична потужність:

$$\sum N_{m(-5)} = \sum M_{(-5)} \cdot (h_2 - h_1) = 1,06 \cdot (1622,96 - 1455,16) = 177,87 \text{ кВт};$$

6) Визначаю індикаторну потужність компресора:

$$\sum N_{i(-5)} = \sum N_{m(-5)} / \eta_i = 177,87 / 0,8795 = 202,24 \text{ кВт};$$

7) Визначаю ефективну потужність компресора:

$$\sum N_{e(-5)} = \sum N_{m(-5)} / \eta_m = 202,24 / 0,9 = 224,71 \text{ кВт};$$

8) Визначаю електричну потужність компресора:

$$N_{ел(-5)} = \frac{\sum N_{e(-5)}}{\eta_{ел} \cdot \eta_{пер}} = \frac{224,71}{0,98 \cdot 0,9} = 254,773 \text{ кВт};$$

За проведеним розрахунком обираємо два електродвигуни АИР280М4 потужністю $N=132$ кВт кожен. Частота обертів – $n=1500$ об/хв.

7.2. Розрахунок компресора КМ2

					<i>00.БКР.142.008.019.БК</i>	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1) Визначаю дійсний об'єм всмоктування компресора:

$$V_o = M_{(-30)} \cdot v_{14} = 0,297 \cdot 0,9625 = 0,286 \frac{M^3}{c};$$

2) $\lambda = 0,856$.

3) Визначаю об'єм, який описується поршнем:

$$V_h = \frac{V_o}{\lambda} = \frac{0,286}{0,856} = 0,334 \frac{M^3}{c};$$

$$\eta_i = \lambda_{w'} + b \cdot t_0 = 0,907 + 0,001 \cdot (-30) = 0,877$$

Для обраного холодильного агенту по отриманим значенням теоретичної подачі (V_m) обираю компресор, об'ємна подача якого $V_{км}$ на 20÷40% більша за необхідну, що забезпечує роботу компресора з коефіцієнтом робочого часу $b = 0.9 \div 0.8$.

Обираємо два компресори GEA Grasso 412E – сумарною об'ємною подачею:

$$\sum V_h = 2 \cdot 796 = 1592 \frac{M^3}{год} = 0,442 \frac{M^3}{c};$$

4) Визначаю дійсна масова витрата:

$$\sum M_{(-30)} = \lambda \cdot \sum V_{км(-30)} / v_{14} = 0,856 \cdot 0,442 / 0,9625 = 0,393 \frac{кг}{c};$$

5) Визначаю сумарна теоретична потужність:

$$\sum N_{m(-30)} = \sum M_{(-30)} \cdot (h_{15} - h_{14}) = 0,393 \cdot (1565,02 - 1422,46) = 16,726 \text{ кВт};$$

6) Визначаю індикаторну потужність компресора:

$$\sum N_{i(-30)} = \sum N_{m(-30)} / \eta_i = 16,726 / 0,877 = 19,072 \text{ кВт};$$

7) Визначаю ефективну потужність компресора:

$$\sum N_{e(-30)} = \sum N_{m(-30)} / \eta_m = 19,072 / 0,9 = 21,191 \text{ кВт};$$

8) Визначаю електричну потужність компресора:

$$N_{el(-30)} = \frac{\sum N_{e(-30)}}{\eta_{el} \cdot \eta_{пер}} = \frac{21,191}{0,98 \cdot 0,9} = 24,026 \text{ кВт};$$

За проведеним розрахунком обираємо два електродвигуни АИР160S4 потужністю $N=15$ кВт кожен. Частота обертів – $n=1500$ об/хв.

					<i>00.БКР.142.008.019.БК</i>	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.3. Розрахунок компресора КМЗ

1) Визначаю дійсний об'єм всмоктування компресора:

$$V_d = M_{(-40)} \cdot v_{21} = 0,1457 \cdot 1,551 = 0,226 \frac{M^3}{c};$$

2) $\lambda = 0,792$;

3) Визначаю об'єм, який описується поршнем:

$$V_h = \frac{V_d}{\lambda} = \frac{0,226}{0,792} = 0,285 \frac{M^3}{c};$$

$$\eta_i = \lambda_w + b \cdot t_0 = 0,869 + 0,001 \cdot (-40) = 0,829$$

Для обраного холодильного агенту по отриманим значенням теоретичної подачі (V_m) обираю компресор, об'ємна подача якого $V_{км}$ на 20÷40% більша за необхідну, що забезпечує роботу компресора з коефіцієнтом робочого часу $b = 0.9 \div 0.8$.

Обираємо два компресори GEA Grasso 412E – сумарною об'ємною подачею:

$$\sum V_h = 2 \cdot 796 = 1592 \frac{M^3}{год} = 0,442 \frac{M^3}{c};$$

4) Визначаю дійсна масова витрата:

$$\sum M_{(-40)} = \lambda \cdot \sum V_{км(-40)} / v_{21} = 0,792 \cdot 0,442 / 1,551 = 0,2257 \frac{кг}{c};$$

5) Визначаю сумарна теоретична потужність:

$$\sum N_{m(-40)} = \sum M_{(-40)} \cdot (h_{22} - h_{21}) = 0,2257 \cdot (1623,12 - 1407,25) = 48,722 \text{ кВт};$$

6) Визначаю індикаторну потужність компресора:

$$\sum N_{i(-40)} = \sum N_{m(-40)} / \eta_i = 48,722 / 0,829 = 58,772 \text{ кВт};$$

7) Визначаю ефективну потужність компресора:

$$\sum N_{e(-40)} = \sum N_{m(-40)} / \eta_m = 58,772 / 0,9 = 65,302 \text{ кВт};$$

8) Визначаю електричну потужність компресора:

$$N_{ел(-40)} = \frac{\sum N_{e(-40)}}{\eta_{ел} \cdot \eta_{пер}} = \frac{65,302}{0,98 \cdot 0,9} = 74,038 \text{ кВт};$$

					<i>00.БКР.142.008.019.БК</i>	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За проведеним розрахунком обираємо два електродвигуни АИР200L4 потужністю N=45 кВт кожен. Частота обертів – n=1500 об/хв.

Розраховую дійсне навантаження на конденсатор:

$$Q_k = \sum Q_0 \times \frac{V_{KM}}{V_T} + \sum N_i$$

$$Q_k = 113,6 \cdot \frac{0,442}{0,378} + 100,918 \cdot \frac{0,442}{0,334} + 50,558 \cdot \frac{0,442}{0,285} + 202,24 + 19,072 + 58,772 = 624,88 \text{ кВт.}$$

					<i>00.БКР.142.008.019.БК</i>	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. Розрахунок та вибір тепломасообмінних апаратів (випарники, конденсатор, повітроохолодники, градирня)

Теплової розрахунок теплообмінних апаратів проводять для визначення площі поверхні теплопередачі. В основу розрахунків покладено розв'язання рівняння теплопередачі.

8.1. Розрахунок конденсатора

$$F = Q / (k \times \Delta t_{cp}), m^2$$

k – коефіцієнт теплопередачі конденсатора, $Вт/(m^2 \times K)$.

Для горизонтальних кожухотрубних конденсаторів, що встановлюються при оборотній системі водопостачання для аміаку: $k=(700...800) \text{ Вт}/(m^2 \times K)$.

Приймаємо $k=750 \text{ Вт}/(m^2 \times K)$.

$$\Delta t = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_m}{\ln \frac{\Delta t_6}{\Delta t_m}} = \frac{(30 - 23,3) - (30 - 28)}{\ln \frac{(30 - 23,3)}{(30 - 28)}} = 3,88 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$F = Q / (k \cdot \Delta t_{cp}) = 624,88 \cdot 10^3 / (750 \cdot 3,88) = 214,73 m^2;$$

Приймаю до встановлення 1 кожухотрубний конденсатор КТГ-250 з площею теплообмінної поверхні $F = 169 m^2$.

8.2. Розрахунок градирні

Градирню обирають по необхідній площі поперечного перерізу $F_{n.пер.}$ (в m^2), яку визначають за формулою:

$$F_{n.пер.} = \frac{Q_k}{q_F};$$

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

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

Приймаю $q_F = 35 \text{ кВт}/m^2$;

						00.БКР.142.008.019.БК				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розрахунок та вибір тепломасообмінних апаратів			Літ.	Лист.	Листів
Розроб.		Струсь Б.О.								
Перевір.		Грищенко Р.В.								
Реценз.										
Н. Контр.										
Затверд.		Петренко В.П.			ХМ-4-10ск					

Площа поперечного перерізу :

$$F_{n.пер.} = \frac{Q_k}{q_F} = \frac{624,88}{35} = 17,85 \text{ м}^2;$$

Приймаю до встановлення градирню Decsa з відцентровими вентиляторами серії TRM66 із такими характеристиками:

Типоразмер	Тепловая нагрузка (1)	Расход воздуха	Количество вентиляторов	Количество электродвигателей	Мощность электро-	Мощность электро-	Мощность электро-	Мощность электро-	Масса, кг		Мощность электро-	Мощность электро-
					двигателя (0-50 Па), стандартная скорость вращения	двигателя (0-50 Па), пониженная скорость вращения	двигателя (50-100 Па), стандартная скорость вращения	двигателя (50-100 Па), пониженная скорость вращения	нетто	экспл.	нагревателей (2)	нагревателей (3)
TMR	кВт	м³/с			кВт	кВт	кВт	кВт			кВт	кВт
09	90	2,19	1	1	0,75	0,12	1,5	0,25	260	395	0,5	1
12	123	2,43	1	1	1,1	0,18	2,2	0,37	270	405	0,5	1
13	134	2,67	1	1	1,5	0,25	2,2	0,37	280	415	0,5	1
14	160	2,83	1	1	2,2	0,37	3	0,55	295	430	0,5	1
16	168	3,33	1	1	1,5	0,25	2,2	0,37	390	605	1	2
18	188	3,78	1	1	2,2	0,37	3	0,55	420	635	1	2
21	224	4	1	1	3	0,55	4	0,75	470	685	1	2
24	252	5	2	1	3	0,55	4	0,75	485	695	2	3
28	283	5,67	2	1	4	0,75	5,5	1,1	505	725	2	3
31	338	5,83	2	1	5,5	1,1	7,5	1,5	540	760	2	3
34	357	7,13	2	1	4	0,75	5,5	1,1	750	1150	2	3
38	396	7,99	2	1	5,5	1,1	7,5	1,5	760	1160	2	3
41	425	7,56	2	1	5,5	1,1	7,5	1,5	830	1230	2	3
44	459	8,2	2	1	7,5	1,5	11	2,3	850	1250	2	3
51	521	10,36	3	1	5,5	1,1	7,5	1,5	1120	1720	3	4
56	565	11,33	3	1	7,5	1,5	11	2,8	1140	1740	3	4
61	620	11	3	1	7,5	1,5	11	2,8	1160	1760	3	4
66	655	11,67	3	1	11	2,8	15	3,8	1190	1790	3	4

8.3. Розрахунок повітроохолодників

1. Камера зберігання заморожених субпродуктів №1 (, $t_{кам} = -20^{\circ}\text{C}$).

Площа поверхні теплопередачі:

$$F = \frac{Q_{обл}}{k \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{19,874 \cdot 10^3}{13 \cdot 10} = 152,88 \text{ м}^2;$$

До встановлення приймаю 1 підвісний повітроохолодник Guntner GHS 071D/18 з такими характеристиками:

Площа поверхні теплообміну, м ²	155,9
Кількість вентиляторів, шт	1
Потужність, Вт	840
Подача повітря, м ³ /с	3,533
Довжина струмини, м	29
Об'єм труб, л	61

2. Камера зберігання заморожених субпродуктів №1а ($t_{\text{кам}} = -20^{\circ}\text{C}$).

Площа поверхні теплопередачі:

$$F = \frac{Q_{\text{обл}}}{k \cdot \Delta t_{\text{cp}}} = \frac{18,797 \cdot 10^3}{13 \cdot 10} = 144,59 \text{ м}^2;$$

До встановлення приймаю 1 підвісний повітроохолодник Guntner GHS 071D/18 з такими характеристиками:

Площа поверхні теплообміну, м^2	155,9
Кількість вентиляторів, шт	1
Потужність, Вт	840
Подача повітря, $\text{м}^3/\text{с}$	3,533
Довжина струмини, м	29
Об'єм труб, л	61

3. Камера зберігання замороженої яловичини №2 ($t_{\text{кам}} = -20^{\circ}\text{C}$).

Площа поверхні теплопередачі:

$$F = \frac{Q_{\text{обл}}}{k \cdot \Delta t_{\text{cp}}} = \frac{20,327 \cdot 10^3}{13 \cdot 10} = 156,36 \text{ м}^2;$$

До встановлення приймаю 1 підвісний повітроохолодник Guntner GHS 071E/110 з такими характеристиками:

Площа поверхні теплообміну, м^2	159
Кількість вентиляторів, шт	1
Потужність, Вт	1200
Подача повітря, $\text{м}^3/\text{с}$	3,536
Довжина струмини, м	29
Об'єм труб, л	77

4. Камера зберігання замороженої яловичини №2а ($t_{\text{кам}} = -20^{\circ}\text{C}$).

Площа поверхні теплопередачі:

$$F = \frac{Q_{\text{обл}}}{k \cdot \Delta t_{\text{cp}}} = \frac{19,161 \cdot 10^3}{13 \cdot 10} = 147,39 \text{ м}^2;$$

До встановлення приймаю 1 підвісний повітроохолодник Guntner GHS 071D/18 з такими характеристиками:

						00.БКР.142.008.019.БК	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Площа поверхні теплообміну, м ²	155,9
Кількість вентиляторів, шт	1
Потужність, Вт	840
Подача повітря, м ³ /с	3,533
Довжина струмини, м	29
Об'єм труб, л	61

5. Камера зберігання замороженої яловичини №2б (t_{кам} = -20°C).

Площа поверхні теплопередачі:

$$F = \frac{Q_{обл}}{k \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{19,161 \cdot 10^3}{13 \cdot 10} = 147,39 \text{ м}^2;$$

До встановлення приймаю 1 підвісний повітроохолодник Guntner GHS 071D/18 з такими характеристиками:

Площа поверхні теплообміну, м ²	155,9
Кількість вентиляторів, шт	1
Потужність, Вт	840
Подача повітря, м ³ /с	3,533
Довжина струмини, м	29
Об'єм труб, л	61

6. Камера зберігання замороженої яловичини №2в (t_{кам} = -20°C).

Площа поверхні теплопередачі:

$$F = \frac{Q_{обл}}{k \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{19,809 \cdot 10^3}{13 \cdot 10} = 152,38 \text{ м}^2;$$

До встановлення приймаю 1 підвісний повітроохолодник Guntner GHS 071D/18 з такими характеристиками:

Площа поверхні теплообміну, м ²	155,9
Кількість вентиляторів, шт	1
Потужність, Вт	840
Подача повітря, м ³ /с	3,533
Довжина струмини, м	29
Об'єм труб, л	61

7. Камера охолодження та зберігання консерв №3а ($t_{\text{кам}} = +2^{\circ}\text{C}$).

Площа поверхні теплопередачі:

$$F = \frac{Q_{\text{обл}}}{k \cdot \Delta t_{\text{cp}}} = \frac{58,867 \cdot 10^3}{13 \cdot 7} = 646,89 \text{ м}^2;$$

До встановлення приймаю 2 підвісних повітроохолодник Guntner GHS 081D/210 з такими характеристиками:

Площа поверхні теплообміну, м ²	363,5
Кількість вентиляторів, шт	2
Потужність, Вт	1400
Подача повітря, м ³ /с	10,25
Довжина струмини, м	43
Об'єм труб, л	169

8. Камера охолодження та зберігання консерв №3б ($t_{\text{кам}} = +2^{\circ}\text{C}$).

Площа поверхні теплопередачі:

$$F = \frac{Q_{\text{обл}}}{k \cdot \Delta t_{\text{cp}}} = \frac{58,046 \cdot 10^3}{13 \cdot 7} = 637,87 \text{ м}^2;$$

До встановлення приймаю 2 підвісних повітроохолодник Guntner GHS 081D/210 з такими характеристиками:

Площа поверхні теплообміну, м ²	363,5
Кількість вентиляторів, шт	2
Потужність, Вт	1400
Подача повітря, м ³ /с	10,25
Довжина струмини, м	43
Об'єм труб, л	169

9. Експедиція №4 ($t_{\text{кам}} = +0^{\circ}\text{C}$).

Площа поверхні теплопередачі:

$$F = \frac{Q_{\text{обл}}}{k \cdot \Delta t_{\text{cp}}} = \frac{14,057 \cdot 10^3}{13 \cdot 5} = 216,26 \text{ м}^2;$$

До встановлення приймаю 1 підвісний повітроохолодник Guntner GHS 081D/18 з такими характеристиками:

Площа поверхні теплообміну, м ²	220,7
--	-------

Кількість вентиляторів, шт	1
Потужність, Вт	950
Подача повітря, м ³ /с	4,978
Довжина струмини, м	39
Об'єм труб, л	86

10. Камера заморозки №5 ($t_{\text{кам}} = -35^{\circ}\text{C}$).

Площа поверхні теплопередачі:

$$F = \frac{Q_{\text{обл}}}{k \cdot \Delta t_{\text{cp}}} = \frac{64,492 \cdot 10^3}{12 \cdot 5} = 1074,87 \text{ м}^2;$$

До встановлення приймаю 2 підвісних повітроохолодника Guntner GHS 081E/28 з такими характеристиками:

Площа поверхні теплообміну, м ²	556,9
Кількість вентиляторів, шт	2
Потужність, Вт	1400
Подача повітря, м ³ /с	9,62
Довжина струмини, м	43
Об'єм труб, л	212

11. Камера дефектних вантажів №6 ($t_{\text{кам}} = +0^{\circ}\text{C}$).

Площа поверхні теплопередачі:

$$F = \frac{Q_{\text{обл}}}{k \cdot \Delta t_{\text{cp}}} = \frac{6,498 \cdot 10^3}{13 \cdot 5} = 99,97 \text{ м}^2;$$

До встановлення приймаю 1 підвісний повітроохолодник Guntner GHS 051D/15 з такими характеристиками:

Площа поверхні теплообміну, м ²	108,1
Кількість вентиляторів, шт	1
Потужність, Вт	400
Подача повітря, м ³ /с	1,497
Довжина струмини, м	19
Об'єм труб, л	28

						00.БКР.142.008.019.БК	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

12. Коридор ($t_{\text{кор}} = +8^{\circ}\text{C}$).

Площа поверхні теплопередачі:

$$F = \frac{Q_{\text{обл}}}{k \cdot \Delta t_{\text{cp}}} = \frac{13,492 \cdot 10^3}{13 \cdot 13} = 79,83 \text{ м}^2;$$

До встановлення приймаю 1 підвісний повітроохолодник Guntner GHS 046D/210 з такими характеристиками:

Площа поверхні теплообміну, м ²	90,9
Кількість вентиляторів, шт	2
Потужність, Вт	430
Подача повітря, м ³ /с	2,61
Довжина струмини, м	17
Об'єм труб, л	44

Лист

00.БКР.142.008.019.БК

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

9. Розрахунок та вибір допоміжного обладнання холодильної

установки

9.1. Лінійний ресивер

Розрахунок об'єму лінійного ресивера в насосно-циркуляційних системах з нижньою подачею аміаку в прилади охолодження при умові їх заповнення не більше ніж 80%:

$$V_{л.р.} = 0,6 \cdot V_{ПВ.};$$

$V_{ПВ.}$ - внутрішній об'єм труб повітроохолодників, $дм^3$;

Визначаю ємкість повітроохолодників:

$$V_{ПВ} = \sum_{i=1}^i n \cdot V_i = 5 \cdot 61 + 77 + 4 \cdot 169 + 86 + 2 \cdot 212 + 28 + 44 = 1640 дм^3 = 1,64 м^3$$

$$V_{л.р.} = 0,6 \cdot 1,64 = 0,984 м^3;$$

До встановлення приймаємо горизонтальний лінійний ресивер 1,5РД об'ємом $V = 1,65 м^3$.

9.2. Компаундний циркуляційний ресивер ($t_0 = -5^{\circ}C$)

Визначаю об'єм циркуляційного ресивера в системах з нижньою подачею холодильного агента в прилади охолодження:

$$V_{ц.р.} = k \times [V_{н.т.} + 0,2 \cdot V_{ПВ} + 0,3 \times V_{в.т.}];$$

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

$V_{в.т.}$ – внутрішній об'єм трубопроводів поєданого всмоктування парів та сливу рідини.

Приймаю діаметр нагнітаючого трубопроводу аміачного насосу 76мм:

$$V_{н.т.} = V_{в.т.} = l \cdot f = 3,14 \cdot 0,076^2 \cdot 102 / 4 = 0,46 м^3$$

$$V_{ПВ} = (4 \cdot 169 + 86 + 28 + 44) \cdot 10^{-3} = 0,834 м^3$$

$$V_{ц.р.} = 2,7 \times [V_{н.т.} + 0,2 \times V_{ПВ} + 0,3 \cdot V_{в.т.}] = 2,7 \cdot [0,46 + 0,2 \cdot 0,834 + 0,3 \cdot 0,46] = 2,065 м^3;$$

Приймаємо до встановлення горизонтальний компаундний

циркуляційний ресивер 2,5 РД об'ємом $V = 2,5 м^3$.

00.БКР.142.008.019.БК

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Лім.	Лист.	Листів
Розроб.		Струсь Б.О.					
Перевір.		Грищенко Р.В.					
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.		Петренко В.П.					

Розрахунок та вибір допоміжного обладнання холодильної установки

ХМ-4-10ск

9.3. Циркуляційний ресивер ($t_0 = -30^\circ\text{C}$)

Визначаю об'єм циркуляційного вертикального ресивера РДВ в системах з нижньою подачею холодильного агенту в прилади охолодження:

$$V_{ц.р.} = k \cdot [V_{н.м.} + 0.2 \cdot V_{ПВ} + 0.3 \cdot V_{в.м.}]$$

Приймаю діаметр нагнітаючого трубопроводу аміачного насосу 76мм:

$$V_{ПВ} = (5 \cdot 61 + 77) \cdot 10^{-3} = 0,382 \text{ м}^3$$

$$V_{ц.р.} = 2,7 \cdot [V_{н.м.} + 0,2 \cdot V_{ПВ} + 0,3 \cdot V_{в.м.}] = 2,7 \cdot [0,46 + 0,2 \cdot 0,382 + 0,3 \cdot 0,46] = 1,821 \text{ м}^3;$$

Приймаю до встановлення вертикальний циркуляційний ресивер 2,5 РДВ об'ємом $V = 2,64 \text{ м}^3$.

9.4. Циркуляційний ресивер ($t_0 = -40^\circ\text{C}$)

Визначаю об'єм циркуляційного вертикального ресивера РДВ в системах з нижньою подачею холодильного агенту в прилади охолодження:

$$V_{ц.р.} = k \times [V_{н.м.} + 0,2 \times V_{ПВ} + 0,3 \times V_{в.м.}]$$

Приймаємо діаметр нагнітаючого трубопроводу 76мм:

$$V_{ПВ} = 212 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,424 \text{ м}^3$$

$$V_{ц.р.} = 2,7 \cdot [V_{н.м.} + 0,2 \cdot V_{ПВ} + 0,3 \cdot V_{в.м.}] = 2,7 \cdot [0,11 + 0,2 \cdot 0,424 + 0,3 \cdot 0,11] = 0,615 \text{ м}^3;$$

Приймаю до встановлення вертикальний циркуляційний ресивер 1,5 РДВ об'ємом $V = 1,4 \text{ м}^3$.

9.5. Дренажний ресивер

Дренажний ресивер обирають так, щоб при умові заповнення його не більше ніж на 80%, він міг вмістити рідкий аміак із будь-якого апарату системи.

Приймаю до встановлення дренажний ресивер 1,5РД.

9.6. Мастиловіддільник

Мастиловіддільники обирають по діаметру нагнітального патрубку компресора та встановлюють його безпосередньо за компресором на лінії нагнітання. Поршневі компресори GEA Grasso 412E комплектуються мастиловіддільниками при відправці з заводу.

						00.БКР.142.008.019.БК	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

9.7.Мастилозбірник

У якості мастилозбірника приймаю до встановлення мастилозаправочну ємність 60МЗС.

Розміри:

$D=325$, $S=9$, $B=650$, $H=1280$, $h=890$, $h_1=205$, $h_2=925$, $d=260$, $d_1=310$,

$d_2=18$, ємність 60 л, маса 85 кг.

					00.БКР.142.008.019.БК	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Розрахунок діаметрів трубопроводів та вибір насосів

Визначаю внутрішній діаметр круглої труби для всіх трубопроводів спроектованої холодильної установки:

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \times M}{\pi \times \rho \times \omega}};$$

1) Визначаю внутрішній діаметр всмоктувального трубопроводу компресорів, які працюють на температуру кипіння $t = -40^{\circ}\text{C}$.

$$M = 0,1457 \text{ кг/с}; \quad \rho = 1/v_{21} = 1/1,551 = 0,645 \text{ кг/м}^3;$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,1457}{3,14 \cdot 13 \cdot 0,645}} = 0,149 \text{ м};$$

Приймаю во встановлення безшовну стальну трубу $d_{\text{вн}} = 150 \text{ мм}$;

Нагнітальний трубопровід:

$$M = 0,1457 \text{ кг/с}; \quad \rho = 1/v_{22} = 1/0,4547 = 2,199 \text{ кг/м}^3;$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,1457}{\pi \cdot 2,199 \cdot 20}} = 0,065 \text{ м};$$

Приймаю во встановлення безшовну стальну трубу $d_{\text{вн}} = 69 \text{ мм}$;

2) Визначаю внутрішній діаметр всмоктувального трубопроводу компресорів, які працюють на температуру кипіння $t = -30^{\circ}\text{C}$.

$$M = 0,297 \text{ кг/с}; \quad \rho = 1/v_{14} = 1/0,9625 = 1,039 \text{ кг/м}^3;$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,297}{\pi \cdot 1,039 \cdot 13}} = 0,167 \text{ м};$$

Приймаю во встановлення безшовну стальну трубу $d_{\text{вн}} = 205 \text{ мм}$;

Нагнітальний трубопровід:

$$M = 0,297 \text{ кг/с}; \quad \rho = 1/v_{15} = 1/0,4174 = 2,396 \text{ кг/м}^3;$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,297}{\pi \cdot 2,396 \cdot 20}} = 0,089 \text{ м};$$

Приймаю во встановлення безшовну стальну трубу $d_{\text{вн}} = 100 \text{ мм}$;

					00.БКР.142.008.019.БК			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Струсь Б.О.				Розрахунок діаметрів трубопроводів та вибір насосів	Літ.	Лист.	Листів
Перевір.	Грищенко Р.В.							
Реценз.						ХМ-4-10ск		
Н. Контр.								
Затверд.	Петренко В.П.							

3) Визначаю внутрішній діаметр всмоктувального трубопроводу компресорів, які працюють на температуру кипіння $t = -5^{\circ}\text{C}$.

$$M = 0,907 \text{ кг/с}; \quad \rho = 1/v_1 = 1/0,346 = 2,89 \text{ кг/м}^3;$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,907}{\pi \cdot 2,89 \cdot 13}} = 0,175 \text{ м};$$

Приймаю во встановлення безшовну стальну трубу $d_{\text{вн}} = 205 \text{ мм}$;

Нагнітальний трубопровід:

$$M = 0,907 \text{ кг/с}; \quad \rho = 1/v_2 = 1/0,137 = 7,3 \text{ кг/м}^3;$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,907}{\pi \cdot 7,3 \cdot 20}} = 0,089 \text{ м};$$

Приймаю во встановлення безшовну стальну трубу $d_{\text{вн}} = 100 \text{ мм}$;

4) Рідинна лінія ($t_0 = -5^{\circ}\text{C}$)

Приймаю розрахункова швидкість у напірній лінії $\omega = 0,3 \div 0,5 \text{ м/с}$.

Приймаю $\omega = 0,5 \text{ м/с}$.

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot M}{\pi \cdot \rho \cdot \omega}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,355}{\pi \cdot 595,24 \cdot 0,5}} = 0,039 \text{ м};$$

Приймаю во встановлення безшовну стальну трубу $d_{\text{вн}} = 40 \text{ мм}$;

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

Приймаю $\omega = 1,2 \text{ м/с}$.

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,355}{\pi \cdot 12 \cdot 1,2}} = 0,177 \text{ м};$$

Приймаю во встановлення безшовну стальну трубу $d_{\text{вн}} = 205 \text{ мм}$;

5) Рідинна лінія ($t_0 = -30^{\circ}\text{C}$)

Приймаю розрахункова швидкість у напірній лінії $\omega = 0,3 \div 0,5 \text{ м/с}$.

Приймаю $\omega = 0,5 \text{ м/с}$.

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,297}{\pi \cdot 609,76 \cdot 0,5}} = 0,035 \text{ м};$$

Приймаю во встановлення безшовну стальну трубу $d_{\text{вн}} = 40 \text{ мм}$;

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

										Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.БКР.142.008.019.БК					

Приймаю $\omega = 1.2 \text{ м/с}$.

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,297}{\pi \cdot 4,14 \cdot 1,2}} = 0,276 \text{ м};$$

Приймаю во встановлення безшовну стальну трубу $d_{\text{вн}} = 280 \text{ мм}$;

б) Визначаю внутрішній діаметр трубопроводу на рідинній лінії при температурі кипіння -40°C

Приймаю розрахункова швидкість у напірній лінії $\omega = 0,3 \div 0,5 \text{ м/с}$.

Приймаю $\omega = 0.5 \text{ м/с}$.

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,1457}{3,14 \cdot 598,8 \cdot 0,5}} = 0,025 \text{ м};$$

Приймаю во встановлення безшовну стальну трубу $d_{\text{вн}} = 28 \text{ мм}$;

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

Приймаю $\omega = 1.2 \text{ м/с}$.

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,1457}{3,14 \cdot 2,58 \cdot 1,2}} = 0,244 \text{ м};$$

Приймаю во встановлення безшовну стальну трубу $d_{\text{вн}} = 280 \text{ мм}$;

Визначення гідравлічних втрат у трубопроводах

Завданням даного розрахунку є визначення втрат тиску ΔP , які зумовлені гідравлічними опорами, які виникають при русі робочого середовища в трубах та теплообмінних апаратах. Отримані значення ΔP використовуємо для визначення потужності насосів. Надмірний гідравлічний опір зменшує тиск всмоктування та відповідно знижує температуру кипіння, що зменшує економічність роботи холодильної машини. Для насосно-циркуляційних схем охолодження розрахунок гідравлічних опорів необхідний для визначення характеристики мережі залежно від витрати холодильного агенту та його розподілення.

Сумарні гідравлічні опори при проходженні в трубах або апаратах киплячої рідини (тобто двофазного потоку) складаються з втрат на тертя (

$\Delta P_{тр}^{\partial\phi}$), місцевих опорів ($\Delta P_M^{\partial\phi}$), прискорення потоку ($\Delta P_n^{\partial\phi}$) та на зниження або підвищення тиску через вплив статичного напору стовпа рідини ($\Delta P_{ст}^{\partial\phi}$).

$$\Delta P^{\partial\phi} = \Delta P_{тр}^{\partial\phi} + \Delta P_M^{\partial\phi} + \Delta P_n^{\partial\phi} + \Delta P_{ст}^{\partial\phi}.$$

1. Визначаю втрати тиску в трубопроводі від циркуляційного насосу до повітроохолодників, які розміщені в камері заморожування $t_0 = -40^\circ\text{C}$.

Повна втрата тиску на ділянці трубопроводу:

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

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

$$\sum \xi_M = \xi_{зв.к\text{лапан}} + (4+3) \times \xi_{коліно} + \xi_{відвід90^\circ} + 4 \times \xi_{з\text{ап.вент}} = 5 + 7 \times 1 + 1 + 4 \times 10 = 53;$$

$$\omega = 0,5 \text{ м / с};$$

$$Z = 53 \cdot \frac{598,8 \cdot 0,5^2}{2} = 3,967 \text{ кПа};$$

$$\text{Re} = \frac{\omega \cdot d_{вн} \cdot \rho}{\mu} = \frac{0,5 \cdot 0,028 \cdot 598,8}{80,7 \cdot 10^{-3}} = 103,88;$$

$$\text{Re} < 2000;$$

$$\lambda_{тр} = 0,11 \cdot \left(\frac{k}{d_{вн}} + \frac{64}{\text{Re}} \right)^{0,25} = 0,11 \cdot \left(\frac{0,06}{28} + \frac{64}{103,88} \right)^{0,25} = 0,097;$$

Втрати тиску від тертя по довжині 1 м:

$$\Delta P_{тр} = R = \frac{0,097}{0,028} \cdot \frac{598,8 \cdot 0,5^2}{2} \cdot 1 = 259,3 \text{ Па / м};$$

Втрати тиску на тертя на ділянці довжиною $l = 48$ м.

$$\Delta P_{тр} = R \cdot l = 259,3 \cdot 48 = 12446,4 \text{ Па}$$

Загальна втрата тиску:

$$\Delta P = 3,967 + 12,446 = 16,413 \text{ Па}$$

2. Втрати тиску на ділянці трубопроводу від циркуляційного ресивера до випарника, що працює на температуру кипіння -30°C :

$$\sum \xi_M = \xi_{зв.к\text{лапан}} + (6+3) \times \xi_{коліно} + \xi_{відвід90^\circ} + 4 \times \xi_{з\text{ап.вент}} = 5 + 9 \times 1 + 1 + 4 \times 10 = 55;$$

									Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$\omega = 0,5 \text{ м / с};$$

$$Z = 55 \cdot \frac{609,76 \cdot 0,5^2}{2} = 4,192 \text{ кПа};$$

$$\text{Re} = \frac{\omega \cdot d_{\text{вн}} \cdot \rho}{\mu} = \frac{0,5 \cdot 0,04 \cdot 609,76}{83 \cdot 10^{-3}} = 147;$$

$$\text{Re} < 2000;$$

$$\lambda_{\text{тр}} = 0,11 \cdot \left(\frac{k}{d_{\text{вн}}} + \frac{64}{\text{Re}} \right)^{0,25} = 0,11 \cdot \left(\frac{0,06}{40} + \frac{64}{147} \right)^{0,25} = 0,089;$$

Втрати тиску від тертя по довжині 1 м:

$$\Delta P_{\text{тр}} = R = \frac{0,089}{0,04} \cdot \frac{609,76 \cdot 0,5^2}{2} \cdot 1 = 169,59 \text{ Па / м};$$

Втрати тиску на тертя на ділянці довжиною $l = 95$ м.

$$\Delta P_{\text{тр}} = R \cdot l = 169,59 \cdot 95 = 16111,05 \text{ Па}$$

Загальна втрата тиску:

$$\Delta P = 4,192 + 16,111 = 20,303 \text{ Па}$$

3. Втрати тиску на ділянці трубопроводу від циркуляційного ресивера до випарника, що працює на температуру кипіння -5°C .

$$\sum \xi_M = \xi_{\text{зв.кран}} + (4 \times 3) \xi_{\text{коліно}} + \xi_{\text{відвід}90^\circ} + 4 \times \xi_{\text{зав.вент}} = 5 + 1 \times 7 + 4 \times 10 + 1 = 53;$$

$$\omega = 0,4 \text{ м / с};$$

$$Z = 53 \cdot \frac{595,24 \cdot 0,4^2}{2} = 2,524 \text{ кПа};$$

$$\text{Re} = \frac{\omega \cdot d_{\text{вн}} \cdot \rho}{\mu} = \frac{0,4 \cdot 0,04 \cdot 595,24}{89,35 \cdot 10^{-3}} = 106,6;$$

$$\text{Re} < 2000;$$

$$\lambda_{\text{тр}} = 0,11 \cdot \left(\frac{k}{d_{\text{вн}}} + \frac{64}{\text{Re}} \right)^{0,25} = 0,11 \cdot \left(\frac{0,06}{40} + \frac{64}{106,6} \right)^{0,25} = 0,097;$$

Втрати тиску від тертя по довжині 1 м:

$$\Delta P_{\text{тр}} = R = \frac{0,097}{0,04} \cdot \frac{595,24 \cdot 0,4^2}{2} \cdot 1 = 115,5 \text{ Па / м};$$

Втрати тиску на тертя на ділянці довжиною $l = 78$ м.

$$\Delta P_{\text{тр}} = R \cdot l = 115,5 \cdot 78 = 9009 \text{ Па}$$

									Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

00.БКР.142.008.019.БК

Загальна втрата тиску:

$$\Delta P = 2,524 + 9,009 = 11,533 \text{ Па}$$

Підбір аміачного насоса

Насос підбирають по двом основним параметрам: подачі V (m^3/c) та повному тиску P (в Па), який створює насос.

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

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

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

$$n_{\text{ц}} = 4.$$

1. Ділянка трубопроводу від циркуляційного ресивера до випарника, що працює на температуру кипіння -40°C .

Потрібний напір насоса:

$$H = \frac{16413}{598,8 \cdot 9,81} = 2,794 \text{ м}$$

Потрібна подача насоса:

$$V = n_{\text{ц}} \cdot \frac{\sum M_{\text{км}(-40)}}{\rho_{-40}} = 4 \cdot \frac{0,1457}{598,8} = 0,000973 m^3 / c = 3,504 m^3 / \text{год}$$

Приймаємо для встановлення два насоса ЦНГ-70М-1 (один резервний), характеристики якого:

подача $V=5,5-12 m^3/\text{год}$, напір $H=19$ м, потужність 2,8 кВт.

2. Ділянка трубопроводу від циркуляційного ресивера до випарника, що працює на температуру кипіння -30°C .

Потрібний напір насоса:

$$H = \frac{20303}{609,76 \cdot 9,81} = 3,394 \text{ м}$$

Потрібна подача насоса:

$$V = n_{\text{ц}} \cdot \frac{\sum M_{\text{км}(-30)}}{\rho_{-30}} = 4 \cdot \frac{0,297}{609,76} = 0,00195 m^3 / c = 7,014 m^3 / \text{год}$$

Приймаємо для встановлення два насоса ЦНГ-70М-1 (один резервний), характеристики якого:

подача $V=5,5-12 m^3/\text{год}$, напір $H=19$ м, потужність 2,8 кВт.

										Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.БКР.142.008.019.БК					

3. Ділянка трубопроводу від циркуляційного ресивера до випарника, що працює на температуру кипіння -5°C .

Потрібний напір насоса:

$$H = \frac{11533}{595,24 \cdot 9,81} = 1,975 \text{ м}$$

Потрібна подача насоса:

$$V = n_y \cdot \frac{\sum M_{\text{км}(-5)}}{\rho_{-5}} = 4 \cdot \frac{0,355}{609,76} = 0,00233 \text{ м}^3 / \text{с} = 8,384 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Приймаємо для встановлення два насоса ЦНГ-70М-1 (один резервний), характеристики якого:

подача $V=5,5-12 \text{ м}^3/\text{год}$, напір $H=19 \text{ м}$, потужність $2,8 \text{ кВт}$.

Підбір водяного насоса

Потрібний напір насоса:

$$H = \frac{45 \cdot 10^3}{1000 \cdot 9,81} = 4,587 \text{ м};$$

Потрібна подача насоса:

$$V = \frac{G}{\rho} = \frac{38,235}{1000} = 0,038235 \text{ м}^3 / \text{с} = 137,646 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Приймаю до встановлення 2 моноблочних консольних насосів SAER серії IR50-160В. Характеристики насосів:

- $V=75 \text{ м}^3/\text{год}$,
- $n=2900 \text{ об./хв.}$
- $H=16,6 \text{ м}$;
- потужність $5,5 \text{ кВт}$.

					00.БКР.142.008.019.БК	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Техніко-економічні показники

Розрахунок собівартості одиниці виробленого холоду – важливий показник економічності проекту. Для його розрахунку необхідно знати суми коштів за спожиту: електроенергію, мастило, холодоагент R717, оплату праці, амортизаційні відшкодування, та інші витрати, які вираховуються від вартості обладнання.

11.1. Планове споживання електричної енергії холодильним обладнанням зводимо до таблиці 11.1.

Визначаю споживання електроенергії за рік:

$$N = P_{\text{ел}} \cdot n$$

де n – час роботи компресорів, насосів, вентиляторів на рік при відповідних робочих умовах, год. Приймаю, що обладнання працює 6480 год.

$P_{\text{ел}}$ – електрична потужність компресора, насоса, вентилятора тощо.

Таблиця 11.1

№ п/п	Найменування обладнання	К-ть	$P_{\text{ел}}$, кВт	$\Sigma P_{\text{ел}}$, кВт	Рік, тис. кВт·год
1	Компресор Grasso 412E (двигун AIP280M4)	2	132	264	1710,72
2	Компресор Grasso 412E (двигун AIP160S4)	2	15	30	194,4
3	Компресор Grasso 412E (двигун AIP200L4)	2	45	90	583,2
4	Градирня Decsa TRM66	1	6	6	38,88
5	Повітроохолодник Guntner GHS 071D/18	5	0,81	4,05	26,244
6	Повітроохолодник Guntner GHS 071E/110	1	1,2	1,2	7,776
7	Повітроохолодник Guntner GHS 081D/210	4	1,4	5,6	36,288
8	Повітроохолодник Guntner GHS 081 D /18	1	0,95	0,95	6,156
9	Повітроохолодник Guntner GHS 081 E /28	2	1,4	2,8	18,144
10	Повітроохолодник Guntner GHS 051 D /15	1	0,4	0,4	2,592
11	Повітроохолодник Guntner GHS 046 D /210	1	0,43	0,43	2,786
12	Насос SAER IR50-160B	2	5,5	11	71,28
13	Насос ЦНГ-70М-1	6	2,8	16,8	108,864
Річна витрата електроенергії					2807,33

					<i>00.БКР.142.008.019.БК</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат				
Розроб.		Струсь Б.О.			<i>Техніко-економічні показники</i>	Літ.	Арк.	Акрушіє
Перевір.		Грищенко Р.В.						
Реценз.						<i>ХМ-4-10ск</i>		
Н. Контр.								
Затверд.		Петренко В.П.						

11.2 Розрахунок вартості придбання та монтажу обладнання наведено в таблиці 11.2.

Витрати монтажних робіт приймаю 10% від вартості обладнання.

Інші витрати складають 1% від вартості обладнання.

Таблиця 11.2

Найменування обладнання	К-ть	Витрати на обладнання, тис. грн			Загальні витрати, тис. грн
		Прид- ння	Монтаж	Інші вitra ти	
Компресор Grasso 412E	6	6700	200	50	6950
Двигун AIP280M4	2	171	17	2	190
Двигун AIP160S4	2	30	5	2	37
Двигун AIP200L4	2	69,4	7	1,6	78
Гради́рня Decsa TRM66	1	285	40	5	330
Повітроохолодник Guntner GHS 071D/18	5	150	15	2	167
Повітроохолодник Guntner GHS 071E/110	1	33	3	1	37
Повітроохолодник Guntner GHS 081D/210	4	200	20	4	224
Повітроохолодник Guntner GHS 081 D /18	1	31	3	1	35
Повітроохолодник Guntner GHS 081 E /28	2	130	13	4	147
Повітроохолодник Guntner GHS 051 D /15	1	20	2	1	23
Повітроохолодник Guntner GHS 046 D /210	1	25	2	1	28
Насос ЦНГ-70М-1	6	90	9	4	103
Насос SAER IR50-160B	2	50	5	3	58
Конденсатор КТГ-250	1	120	10	2	132
Лінійний ресивер 1,5 РД	1	60	6	0,6	66,6
Циркуляційний ресивер 1,5 РДВ	1	80	8	0,8	88,8
Циркуляційний ресивер 2,5 РДВ	1	100	10	1	111
Компаундний ресивер 2,5 РД	1	90	4,5	0,45	94,95
Дренажний ресивер 1,5РД	1	36	3,6	0,36	39,96
Мастилозбірник 60МЗС	1	30	3	1	34
Разом					8974,31

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	00.БКР.142.008.019.БК					

11.3 Вартість електроенергії, яку використовує обладнання:

Річне споживання електричної енергії розподільчим холодильником і компресорним цехом даного становить: $E_{pічн} = 2807,33 \text{ тис. кВт} \cdot \text{год}$

Вартість за 1 кВт. год електроенергії становить: $C_{ел} = 3,2 \text{ грн.}$

Визначаю річні витрати на споживання електричної енергії за проектними розрахунками:

$$B_{ел.р} = E_p \cdot C_{ел}$$

$$B_{ел.р} = 2807,33 \text{ кВтг} \cdot 3,2 \text{ грн/ кВтг} = 8983,456 \text{ тис. грн.}$$

11.4. Мастило типу ХА-30 купується для компресорів за ціною 50 грн. за 1л, в моєму проекті для 6 компресорів необхідно 400л і це коштує $400 \cdot 50 = 20 \text{ тис. грн.}$

11.5 Холодоагент аміак купується за ціною 15 грн. за 1кг, в моєму проекті необхідно 5000 кг і це коштує $5000 \cdot 15 = 75 \text{ тис. грн}$

11.6 Розрахунок витрат на оплату праці:

Фонд основної заробітної плати робітників компресорного цеху наведено в таблиці 10.3

Таблиця 11.3

№ п/п	Професія	Чисельність, чол	Місячний фонд, тис. грн	Річний фонд, тис. грн
1	Начальник цеху	1	20	240
2	Інженер КВПіА	1	15	180
3	Машиніст ХУ	8	80	960
4	Слюсар-ремонтник	2	20	240
	Разом	12	135	1620

11.7 Визначення амортизаційних відрахувань:

Приймаємо норми амортизаційних відрахувань:

Для основного обладнання – 22% від вартості обладнання;

Витрати на амортизацію основного технологічного обладнання:

$$A_{обл} = \Sigma B_{обл} \cdot 0,22$$

$$A_{обл} = 8934,71 \cdot 0,22 = 1965,64 \text{ тис. грн}$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат					

00.БКР.142.008.019.БК

10.8 Визначення інших видів витрат

До інших витрат відносимо пускові витрати, на утримання та експлуатацію обладнання та цехові витрати.

Витрати на поточний ремонт обладнання приймаємо 20% від амортизаційних відрахувань на обладнання:

$$V_{рем} = A_{обл} \cdot 0,2$$

$$V_{рем} = 1965,64 \cdot 0,2 = 393,127 \text{ тис. грн}$$

Пускові витрати приймаємо 2% від вартості обладнання:

$$V_{пуск} = B_{обл} \cdot 0,02$$

$$V_{пуск} = 8934,71 \cdot 0,02 = 178,694 \text{ тис. грн}$$

Інші витрати приймаю на рівні 3% від загальної суми амортизаційних відрахувань:

$$V_{ін} = A_{обл} \cdot 0,03$$

$$V_{ін} = 1965,64 \cdot 0,03 = 58,969 \text{ тис. грн}$$

Загальна сума інших витрат складає:

$$\Sigma B = V_{рем} + V_{пуск} + V_{ін}$$

$$\Sigma B = 393,127 + 178,694 + 58,969 = 630,79 \text{ тис. грн}$$

11.9 Визначення основних показників економічної ефективності проекту

Результати розрахунків, проведених у попередніх розділах, зводимо у порівняльну таблицю собівартості енергії:

Таблиця 11.4

Статті витрат	Значення витрат тис. грн
	Проект
Електроенергія	8983,456
Масило	20
Холодильний агент R717	75
Оплата праці	1620
Амортизація	1965,64
Інші витрати	630,79
Разом	13294,886

					00.БКР.142.008.019.БК	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Визначаю кількість виробленого холоду за рік:

$$24 \cdot 270 \cdot (113,6 + 100,918 + 50,558) = 1717,69 \text{ MВт} \cdot \text{год}$$

Визначаю собівартість виробленого холоду:

$$\Delta C = \frac{13294,886 \text{ тис. грн}}{1717,69 \text{ MВт} \times \text{год}} = 7,74 \frac{\text{грн}}{\text{кВт} \times \text{год}}$$

					00.БКР.142.008.019.БК	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

12. Охорона праці

Тема даного дипломного проекту: «Проект розподільчого холодильника місткістю 3500 т у м. Запоріжжя».

При розробці враховані актуальні рішення в об'ємно-планувальних та конструктивних рішеннях холодильників, системах і схемах охолодження холодильних камер та технологічних процесів. В даному проекті для отримання холоду використовується одноступенева холодильна машина на три температури кипіння з насосно-циркуляційною подачею холодильного агенту у прилади охолодження. У якості холодильного агенту використано аміак. Компресорний цех оснащено сучасним обладнанням, яке полегшує його експлуатацію та є безпечним при роботі.

Вимоги охорони праці щодо організації та забезпечення безпечних умов праці при обслуговуванні та експлуатації обладнання виконуються з урахуванням сучасної законодавчої бази:

-Конституція України;

-Кодекс законів про працю;

-Закони: «Про охорону праці (прийнято 14 жовтня 1992 року), “Про охорону здоров'я”, “Про пожежну безпеку”, “Про використання ядерної енергії та радіаційний захист”, “Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення”.

Відповідно до правил внутрішнього трудового розпорядку при прийомі робітників на роботу або при переведенні їх на іншу роботу роботодавець зобов'язаний ознайомити їх з порядком виконання виробничих процесів та технологічним обладнанням, з правилами трудової та технологічної дисципліни, проінструктувати з техніки безпеки, виробничої санітарії і протипожежної охорони.

					<i>00.БКР.142.008.019.БК</i>				
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>					
<i>Розроб.</i>		<i>Струсь Б.О.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Лист.</i>	<i>Листів</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Грищенко Р.В.</i>							
<i>Реценз.</i>					<i>ХМ-4-10ск</i>				
<i>Н. Контр.</i>									
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>							

Параметри повітря в машинному відділенні та ПУ повинні відповідати вимогам ДСН 3.3.6.042-99 “Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень”. Для компресорних відділень, де встановлені аміачні установки, вони мають такі значення:

Таблиця 12.1

Період року	Категорія робіт	Температура, °С		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/с	
		Маш. відділ.	ПУ	Маш. відділ.	ПУ	Маш. відділ.	ПУ
Холодний	Середньої важкості - Па	18...20	21...23	≤ 75%	≤ 75%	<0,2	<0,1
Теплий	Середньої важкості - Па	21...23	22...24	≤ 75%	≤ 75%	0,1...0,3	<0,1

Аміак, який використовується у якості холодильного агенту, є сильнодіючою отруйно речовиною. Отруєння можливе тільки у випадку, коли концентрація аміаку в повітрі робочої зони перевищує визначену межу. ГДК (гранично допустима концентрація) аміаку в робочій зоні складає 20 мг/м^3 . Небезпечним для життя є вміст аміаку в повітрі 0,21 - 0,39% (призводить до смерті в разі дії на організм людини протягом 30-60 хвилин). Навіть при незначних концентраціях аміак викликає опіки шкіри, слизових оболонок. Особливо небезпечне попадання аміаку в очі.

Найбільш розповсюджені отруєння при потраплянні аміаку через дихальні шляхи (біля 95% усіх отруєнь). Менш розповсюджені – через шлунково-кишковий тракт.

Параметри мікроклімату підтримуються в машинному та апаратному відділенні за рахунок системи опалення та загально обмінної механічної вентиляції. Постійно діюча припливно-витяжна та аварійно-витяжна механічна вентиляція забезпечує наступну кратність повітрообміну за годину:

									Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.БКР.142.008.019.БК				

- приплив - по розрахунку, не менше 2;
- витяжка - по розрахунку, не менше 3;
- аварійна витяжка - не менше 8 (без врахування продуктивності і постійно діючої витяжної вентиляції).

Побутові приміщення при машинному відділенні мають свою окрему систему вентиляції і окреме приміщення венткамери.

Аварійна вентиляція машинного та апаратного відділень має пускові кнопки як в середині приміщень, які вентилуються, (поблизу виходу), так і на зовні, на зовнішній стіні будови. Електроживлення аварійної вентиляції передбачене як від основного, так і від незалежного джерела енергії.

Для контролю концентрації аміаку встановлено два незалежно діючих сигналізатори аварійної концентрації аміаку нижнього рівня ДОЗОР-4 -АМІАК-Т-500-1500 і два незалежно діючих сигналізатори аварійної концентрації аміаку верхнього рівня ДОЗОР-4-АМІАК-Т-500-1500.

Шум та вібрація на виробництві

Допустимий рівень шуму в машинному відділенні та на робочому місці на 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.

Допустимі норми шуму для промислових підприємств:

Таблиця 12.2

№ пор.	Професія	Рівень звукового тиску, дБ, в активних смугах з середньгеометричними смугами, в Гц									Рівень звуку і еквівалентні рівні звуку, дБ
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	Машиніст компресорного цеху	103	99	92	86	83	80	78	76	74	80
2	Слюсар КВП	103	99	92	86	83	80	78	76	74	80
3	Слюсар, механік, електрик	103	99	92	86	83	80	78	76	74	80

Основними джерелами шуму в холодильних установках є компресор, насоси та їх електродвигуни, а також рух холодильного агенту по трубопроводам з великою швидкістю. Для зниження шуму в ПУ застосовуються будівельні конструкції із звукоізоляцією стін.

Рівень вібрації на робочих місцях не перевищує гранично допустимої величини, передбаченої ДСН 3.3.6.039-99 “Державні санітарні норми виробничої, загальної та локальної вібрації”.: у машинному відділенні – 85...88 дБ, в ПУ – 75...77дБ.

Зменшення загальної вібрації від роботи компресорів досягається за рахунок:

- нежорсткого 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 виробничого приміщення

Рівень освітленості в приміщенні машинного відділення та ПУ відповідає вимогам ДБН 8.2.5-28-2006 р. “Природне та 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 %.

Аварійне освітлення реалізоване лампами розжарювання. Загальний рівень робочого освітлення у машинному відділенні становить 30 лк , у ПУ – 75 лк, крім того біля щита управління передбачається місцеве освітлення (лампа розжарювання, рівень комбінованого освітлення 500 лк).

					00.БКР.142.008.019.БК	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12.2 Техніка безпеки

Безпечна експлуатація технологічного устаткування

Безпека виробничих процесів забезпечується, у першу чергу, безпекою устаткування, що досягається в основному, врахуванням вимог безпеки на етапі його проектування. Загальні вимоги безпеки до виробничих процесів визначені ГОСТ 12.3.003-75.

Система захисту компресора включає наступні пристрої: реле високого тиску; реле низького тиску; реле температури; реле потоку охолодної води; реле контролю змащення. Система захисту відключає компресори при виникненні небезпечних режимів роботи холодильної установки.

На кожній всмоктувальній магістралі випарної системи холодильної установки для спостереження за робочим тиском встановлено манометри МВТП-160А (по ходу пари аміаку), а на кожному нагнітальному трубопроводі компресора - зворотній клапан окремий манометр МВТП-160А, підвідна трубка до якого приєднується за зворотнім клапаном (по ходу пари аміаку). На нагнітальному трубопроводі кожного компресора передбачене встановлення термометрів типу ТП-7.

Дренажний, лінійний та циркуляційні ресивери оснащені манометрами типу МПЗА-У та пристроями безпеки: запобіжними клапанами типу E29139, захисними реле рівня ПРУ-5. Захисне автоматичне реле рівня контролює і сигналізує досягнення максимального та мінімального рівня аміаку в ресивері.

Для екстреного відключення електроживлення всієї холодильної установки та робочого освітлення на зовнішній стінці машинного та апаратного відділення передбачені кнопки загального аварійного відключення: одна біля робочого виходу, друга біля запасного. Одночасно з відключенням електроживлення обладнання ці кнопки вмикають в роботу аварійну витяжну вентиляцію, сирену та аварійне освітлення.

										Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.БКР.142.008.019.БК					

Пожежо- та вибухонебезпека на виробництві

Відповідно до СНиП 2.11.02-87. “Холодильники”, машинне відділення відноситься до вибухо- та пожежонебезпечної категорії Б (згідно ОНТП 24-86. “Определение категорий и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности”) або до вибухонебезпечних зон класу В-Іб (згідно ПУЕ).

Пожежна безпека на розподільчому холодильнику включає в себе систему запобігання вибуху, пожежі та систему пожежного захисту.

Система запобігання пожежі і вибуху передбачає:

- наявність в огорожуючих конструкціях будівлі машинного відділення легко скидних елементів (вікна, двері);
- контроль нижнього та верхнього рівнів концентрації аміаку в приміщенні компресорного відділення, наявність аварійної витяжної вентиляції, табло над входом у машинне відділення, світлозвукової сигналізації;
- надійне приєднання провідників від обладнання до заземлюючого контуру;
- наявність захисту від атмосферної електрики;
- застосування аварійного та витяжного вентиляторів машинного відділення у іскро-, а їх електродвигунів – у вибухозахищеному виконанні; припливного вентилятора – у звичайному, а його електродвигуна – в закритому виконанні;
- наявність протипожежних інструкцій, атестацій обслуговуючого персоналу;
- роботу на електрообладнанні без перевантажень;
- заборону куріння на робочих місцях.

Система пожежного захисту включає:

- наявність у приміщенні машинного відділення двох евакуаційних виходів, причому двері повинні відчинятися у бік виходу;
- застосування в машинному відділенні будівельних матеріалів не нижче II ступеня вогнестійкості;
- наявність системи оповіщення про пожежу;

					00.БКР.142.008.019.БК	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- наявність аварійного відключення обладнання;
- забезпечення первинними засобами пожежогасіння: пожежним щитом; двома лопатами, сокирами, ломами, металевим багром; азбестовим полотном, ящиком з піском; порошкові вогнегасники ВП–5 (2 шт.);
- ПУ виконаний з будівельних матеріалів не нижче II ступеня вогнестійкості та оснащений порошковим вогнегасником ВП –4(з) (1 шт.).

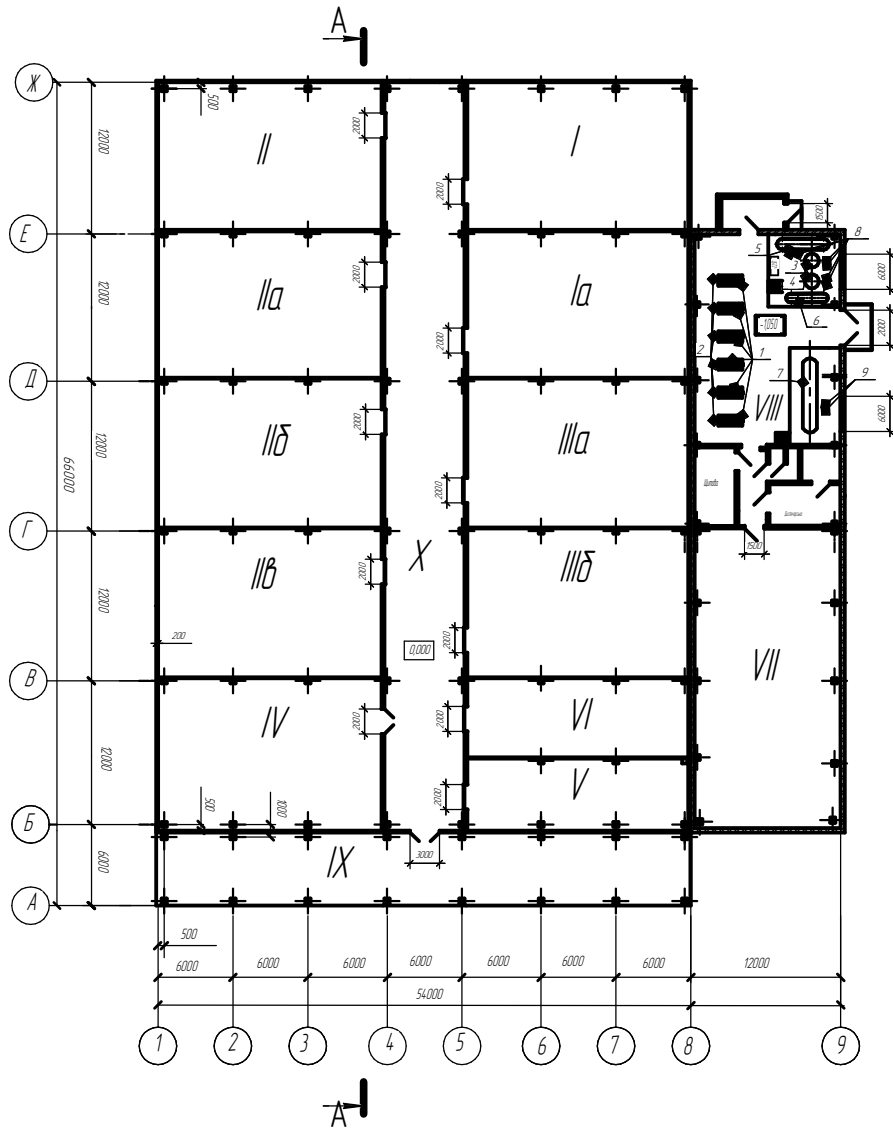
					<i>00.БКР.142.008.019.БК</i>	<i>Лист</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Список використаної літератури

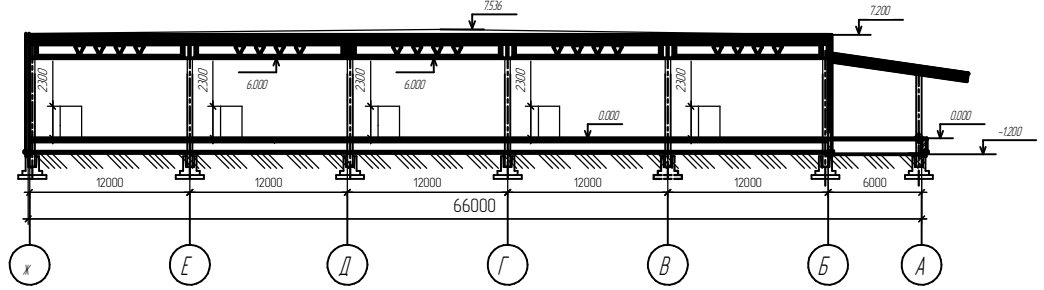
1. Явнель Б.К. “Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха”. М.: «Агропромиздат», 1989-223с.
2. Сакун И.А. «Тепловые и конструктивные расчеты холодильных машин» - Л.: Машиностроение, 1987 – 423с.
3. Тепловые и конструктивные расчеты холодильных машин / под ред. Н.Н. Кошкина Л.: Машиностроение, 1976 – 464 с.
4. Константинов М.И. Проектирование холодильных машин и установок
5. Данилова Г.Н., Богданов С.Н. и др.; под общей ред. Д-ра техн. Наук Г.Н. Даниловой «Теплообменные аппараты холодильных установок – Л.: Машиностроение. Ленингр. Отд-ние, 1986 – 303 с.
6. Резенфельд Л.М. и Ткачев А.Г. Холодильные машины и аппараты. М., Госториздат, 1960.
7. Тимофеевский Л.С. Холодильные машины – СПб.: Политехника, 1997 – 992с.
8. Чумак И.Г. и др. Холодильные установки – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981 – 344с.

					00.БКР.142.008.019.БК	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

План на відмітці 0.000



Розріз А-А



- I - Камера зберігання заморожених субпродуктів
- II - Камера зберігання замороженого м'яса
- III - Камера зберігання консервів
- IV - Експедиція
- V - Камера заморожування м'яса
- VI - Камера дефектних вантажів
- VII - Службові приміщення
- VIII - Машинне відділення
- IX - Автомобільна платформа
- X - Коридор

- 1. Поршневі компресори GEA Grasso 412 E
- 2. Масловідільники
- 3. Циркуляційний ресивер -30
- 4. Циркуляційний ресивер -40
- 5. Компаундний ресивер -5
- 6. Лінійний ресивер
- 7. Кожухотрубний конденсатор
- 8. Аміачні насоси
- 9. Водяні насоси

				00.БКР.14.2.008.019.БК		
Масштаб	Архив	Горизонт	Вертикаль	Проект розподільчого холодильника		Лист
1:100	№ 10	Горизонт	Вертикаль	місткістю 3500 т		1200
Проект	Архив	Горизонт	Вертикаль	у м. Запоріжжя		Лист
Лист	Лист	Лист	Лист			Лист
				План та розріз холодильника		
				ХМ-4-10ск		
				Калібр		
				Формат А1		

