

**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)
_____ Блаженко С.І. _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

« ___ » _____ 2021р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ Петренко В.П. _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

« ___ » _____ 2021р.

**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 холодильного господарства молокозаводу продуктивністю по переробці молока 300 т/добу у м. Вінниця

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ХМ-4-1 ск

_____ Діденко Олександр Вікторович _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник _____ Рябчук Олександр Миколайович _____
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

_____ (прізвище та ініціали) (підпис)

_____ (прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

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

Здобувач _____
(підпис)

Київ - 2021р.

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 ТЕХТ

“ 03 ” квітня 2021 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Діденка Олександра Вікторовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект холодильного господарства молокозаводу продуктивністю по переробці молока 300 т/добу у м. Вінниця

керівник роботи доц. Рябчук Олександр Миколайович,

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ 30 ” 03 2021 року №227-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 01.06.2021р.

3. Вихідні дані до роботи _____

Холодоагент R717

Тип продукту сметана, сир кисломолочний, молоко пастеризоване

Ізоляційний матеріал ППУ

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 _____

Анотація

В бакалаврському дипломному проекті розраховано та спроектовано молокозавод у м. Вінниця продуктивність 300 тон/добу.

В проекті передбачено холодильну схему з використанням повітроохолодників, поршневих компресорів, насосно-циркуляційної схеми безпосереднього охолодження для камери зберігання готової продукції. Вибір необхідного холодильного обладнання виконано з метою досягнення максимальної ефективності по витраті електроенергії при роботі холодильної установки, та досягненні необхідного ефекту в отриманні штучного холоду при мінімальних капітальних та експлуатаційних затратах. Наведено розрахунки будівельно-ізоляційних конструкцій, площ камер холодильника, основного та допоміжного обладнання холодильної установки. Розроблено холодильну технологію, розділи з охорони праці, цивільного захисту, автоматизації та електрообладнання і електропостачання.

В проекті враховані новітні досягнення в об'ємно-планувальних та конструктивних рішеннях холодильників, системах і схемах охолодження холодильних камер та технологічних процесів.

Проект виконаний на ПК, для розрахунків використовувалися такі прикладні програми: "MicrosoftWord", "MicrosoftExcel", креслення та схеми виконанні за допомогою програми "AutoCad 2020".

					00 БКР 142.004.007.ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Діденко О.В.</i>			Проект холодильного господарства молокозаводу продуктивністю по переробці молока 300 т/добу у м. Вінниця	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірив</i>		<i>Рябчук О.М.</i>						
<i>Рецензент</i>						НУХТ, ТЕХТ		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затвердив</i>		<i>Петренко В.П.</i>						

Зміст

Вступ

1. Розробка технологічної схеми холодильного оброблення продукції

2. Визначення основних розмірів та планування приміщень

холодильника

3. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника

4. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень

5. Визначення навантаження на обладнання камер та компресор

6. Вибір розрахункового робочого режиму, побудова циклу та

тепловий розрахунок холодильної машини. Вибір компресорів

8. Розрахунок та вибір допоміжного обладнання холодильної

установки

9. Розрахунок діаметрів трубопроводів та вибір насосів

10. Охорона праці

11. Розрахунок економічних показників

Список використаної літератури

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 БКР 142.004.007.ПЗ				

Вступ

На молокозаводі з молока яке прийшло виробляють наступну продукцію: молоко пастеризоване, сметана та сир кисломолочний. Підприємство працює в дві зміни. Холодозабезпечення здійснюється від власного холодильно-компресорного цеху.

Молоко потрапляє до молокозаводу з фермерських господарств, за допомогою автомобільного транспорту. Від док-шлюзів молоко потрапляє до виробничих приміщень (за допомогою шлангів), де молоко фільтрується, охолоджується в пластинчастих теплообмінниках та зберігається в танках для переробки.

Тривалість бактерицидної фази залежить від температури зберігання молока. Наприклад, при $t=37^{\circ}\text{C}$ фаза дорівнює 2 годинам, а при 10°C - збільшується до 36 годин, при 5°C - до 48 годин, при 0°C - до 72 годин. При збільшенні кількості мікробів в молоці на декілька тисяч при однаковій температурі зберігання тривалість бактерицидної фази зменшується приблизно в 2 рази. Отже, температура охолодження - це основний параметр, що визначає кислотність молока.

При охолодженні молочних продуктів основним параметром є тривалість охолодження. Пластинчастий охолоджувач охолоджує молоко в закритому потоці. При використанні крижаної води як холодоносія молоко охолоджується, температура крижаної води на $4...8^{\circ}\text{C}$.

					00 БКР 142.004.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Розробка технологічної схеми холодильного оброблення продукції

Виробництво пастеризованого молока

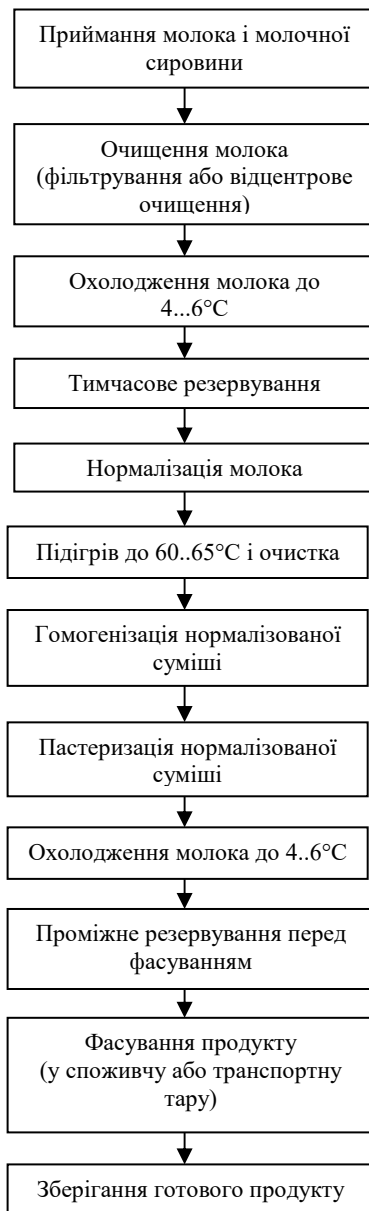


Рис.1 Принципова технологічна схема виробництва пастеризованого молока

Прийняте на молокозавод молочко одразу охолоджують до 4–6 °С.

Потім здійснюється його термізація – підігрівання до 60–65 °С, витримання протягом 15 с і охолодження до 4–6 °С – що дає можливість зберігати молоко до 2 діб.

Молоко та молочні продукти у пакетах зберігають за відносної вологості повітря 80–85 % та температури $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$. Пастеризоване молоко зберігають 2–4 діб.

					00 БКР 142.004.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виробництво сметани



Рис.2 Принципова технологічна схема виробництва сметани резервуарним способом

Охолоджене молоко зберігають не більше 12 годин для запобігання зниження стабільності білків. Отримані вершки бажано відразу направляти на вироблення сметани.

Сухі вершки, сухе незбиране молоко та знежирене молоко розчиняють у воді при температури 44..50°C, охолоджують до температури 4..6°C та витримують 3..4 години для кращого розчинення. Одержану молочну суміш переміщують та направляють на технологічну переробку.

Охолодження та визрівання сметани – дуже важливі процеси формування її органолептичних властивостей. Тривалість визрівання продукту у дрібній тарі – 6..8 годин при температури 1..6°C.

					00 БКР 142.004.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після визрівання сметана зберігається до реалізації у холодильних камерах. Термін зберігання сметани становить не більше 72 годин. Для сметани (жир 25-30%) у транспортній тарі (бочках, флягах) для вищого гатунку – не більше 15 діб та при 1..2°C – до 1.5 місяця, при жирності сметани 20% - не більше 1 місяця.

Виробництво сиру кисломолочного

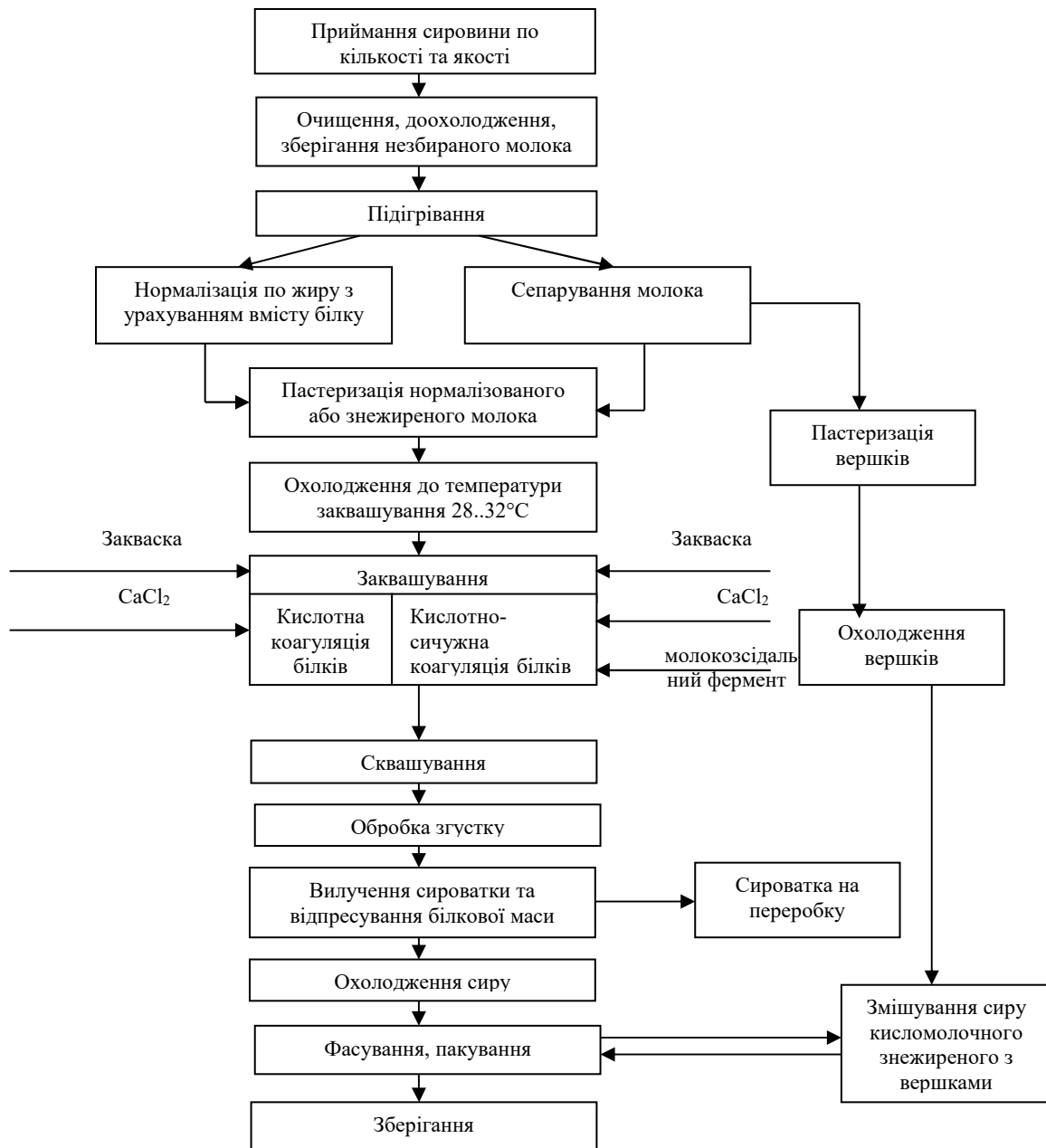


Рис.3 Принципова технологічна схема виробництва сиру кисломолочного

Відпресований сир кисломолочний необхідно якомога швидше охолодити до температури $3..8^{\circ}\text{C}$ для припинення молочнокислого бродіння, що супроводжується нарощуванням кислотності. Охолодження сиру відбувається у барабані за рахунок подачі розсолу приблизно на 10°C . Кінцева температура після барабану становить $12 \pm 3^{\circ}\text{C}$. Крім того, упакований продукт доохолоджується у холодильній камері до $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$. Фасування брикетами по 0.250 кг. Пакувальний матеріал папір.

Параметри зовнішнього повітря

таблиця.1.1

Параметри зовнішнього повітря м. Житомир	$t_{\text{пов}}$ $^{\circ}\text{C}$	$\phi_{\text{пов}}$ %
Середньорічні параметри повітря	7,2	-
Розрахункові літні параметри повітря	31	52
Розрахункові зимні параметри повітря	-21	82

Внутрішні параметри повітря

таблиця 1.2

Назва камери	М т/доб	$t_{\text{поч}}$ $^{\circ}\text{C}$	$t_{\text{кам}}$ $^{\circ}\text{C}$	$\phi_{\text{кам}}$ %
Зберігання пастеризованого молока картонних коробках	30	10	0	85
Зберігання охолодженого сметани в картонних коробках	12,5	15	0	85
Зберігання сиру кисломолочного в картонних коробках	20	15	0	85
Експедиція (+)			0	85

Розподілення молока за зміну

таблиця 1.3

Назва продукції	Розподілення молока, т/зміну	Вихід готової продукції, т/зміну
Сметана	75	8,25
Сир кисломолочний	50	12
Молоко пастеризоване	25	18

					00 БКР 142.004.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Визначення основних розмірів та планування приміщень холодильника

Відносну місткість камери визначають:

$$B_{\kappa} = 40 \cdot \Pi, m \quad (2.1)$$

де B_{κ} - місткість камери, т;

Π - змінна продуктивність, т/зміну;

Відносна місткість камери зберігання молока пастеризованого:

$$B_{\kappa} = 40 \cdot \Pi_{\text{молока}} = 40 \cdot 18 = 720, m$$

Відносна місткість камери зберігання сметани:

$$B_{\kappa} = 40 \cdot \Pi_{\text{сметани}} = 40 \cdot 8,25 = 330, m$$

Відносна місткість камери зберігання сиру кисломолочного:

$$B_{\kappa} = 40 \cdot \Pi_{\text{сир}} = 40 \cdot 12 = 480, m$$

Будівельну площу камери зберігання визначаємо за формулою:

$$F_{\text{буд}} = \frac{B_{\kappa}}{q_v \cdot \beta_F \cdot h_{\text{сп}}}, m^2 \quad (2.2)$$

де B_{κ} - місткість камери, т;

q_v - норма завантаження продукту, т/м³;

β_F - коефіцієнт використання будівельної площі камери;

$h_{\text{сп}}$ - вантажна висота, м.

Будівельну площу камери зберігання молока пастеризованого:

$$F_{\text{буд1}} = \frac{B_{\kappa}}{q_v \cdot \beta_F \cdot h_{\text{сп}}} = \frac{720}{0,71 \cdot 0,85 \cdot 5} = 234,74 m^2$$

Будівельну площу камери зберігання сметани:

$$F_{\text{буд2}} = \frac{B_{\kappa}}{q_v \cdot \beta_F \cdot h_{\text{сп}}} = \frac{330}{0,75 \cdot 0,85 \cdot 5} = 92,6 m^2$$

					00 БКР 142.004.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Будівельну площу камери зберігання сиру кисломолочного:

$$F_{\text{бюд3}} = \frac{B_k}{q_v \cdot \beta_F \cdot h_{zp}} = \frac{480}{0,71 \cdot 0,85 \cdot 5} = 156,5 \text{ м}^2$$

Визначаємо площу одного будівельного прямокутника за формулою:

$$f = b \cdot l = 6 \cdot 12 = 72 \text{ м}^2$$

де b - ширина будівельного прямокутника, м;
 l - довжина будівельного прямокутника, м.

Визначаємо кількість будівельних прямокутників за формулою:

$$n = \frac{F_{\text{бюд}}}{f} \quad (2.3)$$

Визначаємо кількість будівельних прямокутників камер молока пастеризованого:

$$n_1 = \frac{F_{\text{бюд1}}}{f} = \frac{234,74}{72} = 3,26$$

Визначаємо кількість будівельних прямокутників камер зберігання сметани:

$$n_2 = \frac{F_{\text{бюд2}}}{f} = \frac{92,6}{72} = 1,29$$

Визначаємо кількість будівельних прямокутників камер зберігання сиру кисломолочного:

$$n_3 = \frac{F_{\text{бюд3}}}{f} = \frac{156,5}{72} = 2,17$$

Приймаємо дійсну кількість будівельних прямокутників n_i , округлюючи до цілих значень (в бік зростання) розрахункове значення n .

$$n_{\text{д1}} = 4$$

$$n_{\text{д2}} = 2$$

$$n_{\text{д3}} = 3$$

Знаходимо загальну площу камер зберігання:

$$F_{\text{бюд}} = \sum n_i \cdot f = 4 \cdot 72 + 2 \cdot 72 + 3 \cdot 72 = 648 \text{ м}^2.$$

					00 БКР 142.004.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Площу експедиції приймаємо 216 м²(3 будівельний прямокутник)

Знаходимо площу допоміжних приміщень за формулою:

$$F_{\text{доп}} = 0,3 \cdot \sum F_{\text{б\у\д}} = 0,3 \cdot 648 = 194,4 \text{ м}^2 \quad (2.4)$$

Визначаємо кількість будівельних прямокутників допоміжних приміщень:

$$n_{\text{доп}} = \frac{F_{\text{доп}}}{f} = \frac{194,4}{72} = 2,7$$

Знаходимо площу службових приміщень за формулою:

$$F_{\text{сл}} = 0,2 \cdot \sum F_{\text{б\у\д}} = 0,2 \cdot 648 = 129,6 \text{ м}^2 \quad (2.5)$$

Визначаємо кількість будівельних прямокутників службових приміщень:

$$n_{\text{сл}} = \frac{F_{\text{б\у\д}}}{f} = \frac{129,6}{72} = 1,8$$

Знаходимо площу машинного відділення за формулою:

$$F_{\text{маш}} = 0,15 \cdot \sum F_{\text{б\у\д}} = 0,15 \cdot 648 = 97,2 \text{ м}^2 \quad (2.6)$$

Визначаємо кількість будівельних прямокутників машинного відділення:

$$n_{\text{маш}} = \frac{F_{\text{маш}}}{f} = \frac{97,2}{72} = 1,35$$

Знаходимо площу всього холодильника за формулою:

$$F_{\text{хол}} = F_{\text{б\у\д}}^I + F_{\text{сл}} + F_{\text{маш}} = 648 + 129,6 + 97,2 = 874,8 \text{ м}^2$$

					00 БКР 142.004.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

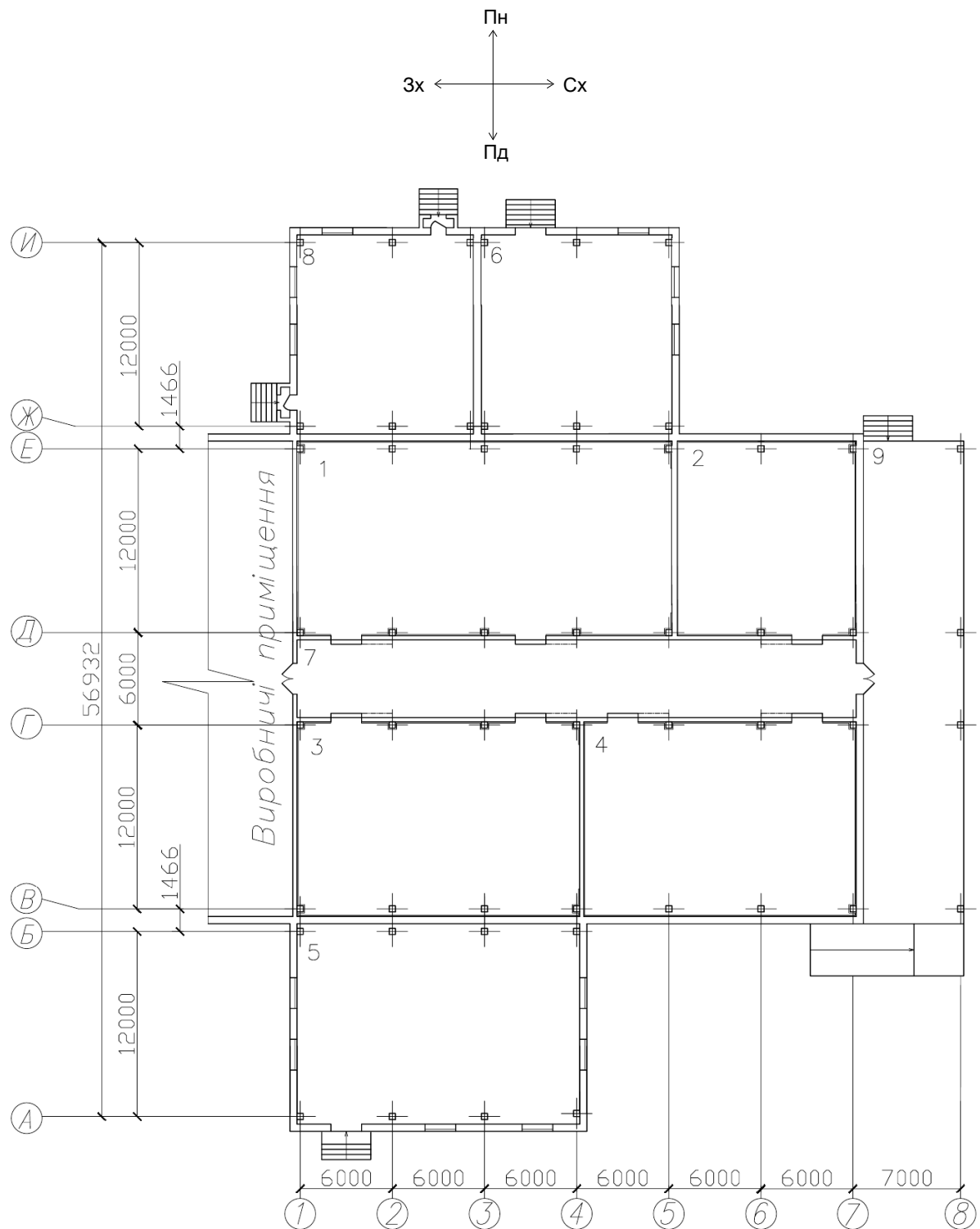


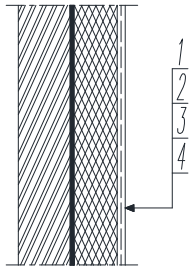
Рис 2.1 План приміщень:

*1-камера зберігання молока, 2-камер зберігання сметани,
3-камера зберігання сиру, 4- експедиція, 5- службові приміщення,
6- допоміжні приміщення, 7- коридор, 8-машинне відділення,
9-автомобільна платформа*

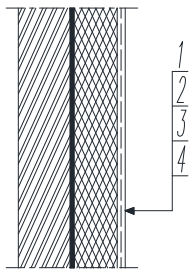
									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 БКР 142.004.007.ПЗ				

3. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника

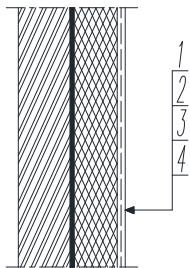
3.1. Будівельно-ізоляційні конструкції холодильних камер наведено в таблицях



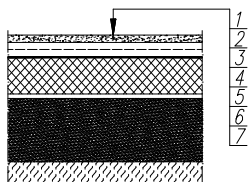
Зовнішня стіна	δ м	λ Вт/мК	$\Sigma\delta_i/\lambda_i$ м ² К/Вт
1. Штукатурка складним розчином по металевій сітці	0,020	0,98	0,5459
2. Теплоізоляція із пінополіуретана ППУ	-	0,041	
3. Пароізоляція - 2 шари гідроізола на бітумній мастиці	0,004	0,30	
4. Цегла	0,380	0,81	



Внутрішня стіна	δ м	λ Вт/мК	$\Sigma\delta_i/\lambda_i$ м ² К/Вт
1. Штукатурка складним розчином по металевій сітці	0,020	0,98	0,3424
2. Теплоізоляція із пінополіуретана ППУ	-	0,041	
3. Пароізоляція - 2 шари гідроізола на бітумній мастиці	0,004	0,30	
4. Цегла	0,250	0,81	

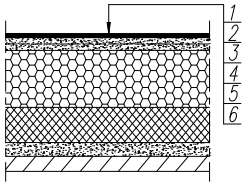


Перегородка	δ м	λ Вт/мК	$\Sigma\delta_i/\lambda_i$ м ² К/Вт
1. Штукатурка складним розчином по металевій сітці	0,020	0,98	0,3424
2. Теплоізоляція із пінополіуретана ППУ	-	0,041	
3. Пароізоляція - 2 шари гідроізола на бітумній мастиці	0,004	0,30	
4. Цегла	0,250	0,81	



Підлога	δ м	λ Вт/мК	$\Sigma\delta_i/\lambda_i$ м ² К/Вт
1. Монолітне бетонне покриття із важкого бетону	0,040	1,86	1,304
2. Армована бетонна стяжка	0,080	1,86	
3. Пароізоляція - 1 шар пергаміна	0,001	0,15	
4. Теплоізоляція із пінополіуретана ППУ	-	0,041	
5. Цементно-пісковий розчин	0,025	0,98	
6. Ущільнений пісок	0,700	0,58	
7. Бетонна підготовка з електронагрівачами	0,100	-	

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 БКР 142.004.007.ПЗ				



Покриття	δ м	λ Вт/мК	$\sum \delta_i / \lambda_i$ м ² К/Вт
1. 5 шарів гідроізолю на бітумній мастиці	0,012	0,30	0,1278
2. Цементно-піщаний розчин на металевій сітці	0,040	0,98	
3. Пароізоляція (шар пергаменту)	0,001	0,15	
4. Теплоізоляція із пінополіуретана ППУ	-	0,041	
5. Цементно-піщаний розчин	0,030	0,93	
6. Залізобетонна плита покриття	0,030	2,04	

Знаходимо потрібну товщину ізоляційного шару:

$$\delta_{is} = \lambda_{is} \cdot \left[\frac{1}{K_0} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_6} \right) \right] \quad (3.1)$$

де λ_{is} - коефіцієнт теплопровідності ізоляції, $Вт/(м \cdot К)$;

K_0 - оптимальний коефіцієнт теплопередачі, $Вт/(м^2 \cdot К)$;

α_3 - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої або більш теплої сторони огороження, $Вт/(м^2 \cdot К)$;

α_6 - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої або більш холодної сторони огороження, $Вт/(м^2 \cdot К)$;

Знаходимо потрібну товщину ізоляційного шару для зовнішньої стіни:

$$\delta_{is1} = \lambda_{is} \cdot \left[\frac{1}{K_0} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_6} \right) \right] = 0,05 \cdot \left[\frac{1}{0,4} - \left(\frac{1}{23} + 0,5459 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,074 \text{ , м ;}$$

Приймаємо дійсне значення товщини теплоізоляції δ_{icd} , округлюючи розрахункове значення δ_{is} в бік зростання.

Зовнішня стіна:

$$\delta_{is1} = 0,08 \text{ м}$$

Робимо перерахунок коефіцієнта теплопередачі, і він уже буде дійсним:

$$K_0 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_3} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_6} + \frac{\delta_{is0}}{\lambda_{is}}} \quad (3.2)$$

де λ_{is} - коефіцієнт теплопровідності ізоляції, $Вт/(м \cdot К)$;

K_0 - оптимальний коефіцієнт теплопередачі, $Вт/(м^2 \cdot К)$;

					00 БКР 142.004.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

α_3 - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої або більш теплої сторони огороження, $Вт/(м^2 \cdot К)$;

α_6 - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої або більш холодної сторони огороження, $Вт/(м^2 \cdot К)$;

$\delta_{із0}$ - дійсне значення товщини теплоізоляції, м

Робимо перерахунок коефіцієнта теплопередачі для зовнішньої стінки:

$$K_{01} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_3} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_6} + \frac{\delta_{із0}}{\lambda_{із}}} = \frac{1}{\frac{1}{23} + 0,5459 + \frac{1}{9} + \frac{0,08}{0,041}} = 0,377 \text{ , } Вт/(м \cdot К)$$

Робимо перевірку огорожень на умову утворення конденсату(при розрахунковій зимній температурі зовнішнього повітря):

$$\tau_6 = t_6 - \frac{t_6 - t_3}{\frac{1}{K_0} \cdot \alpha_6}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3.3)$$

Щоб не відбувалося випадання конденсату чи утворення інею повинна виконуватися дана умова:

$$\tau_6 \geq t_{m.p.} \quad (3.4)$$

де $t_{m.p.}$ - температура точки роси в більш теплому приміщенні (визначається по і-d діаграмі повітря за температурою та вологістю повітря в приміщенні), $^\circ\text{C}$;

Розрахунки зводимо в таблицю 3.2

Теплоізоляція і коефіцієнти теплопередачі огорожувальних конструкцій для камери з $t_{кам}=0 \text{ } ^\circ\text{C}$

Назва огороження	$t_{кам}$	α_3	$1/\alpha_3$	α_6	$1/\alpha_6$	$\sum \delta_i / \lambda_i$	$\delta_{із}$	$\delta_{ізд}$	K_d	t_3	τ_6	$t_{г.р}$
	С	Вт/м ² К	м ² К/Вт	Вт/м ² К	м ² К/Вт	м ² К/Вт	м	м	Вт/м ² К	С	С	С
Зовнішня стіна	0	23	0,043	9	0,111	0,5459	0,074	0,080	0,377	31	11,7	- 1,0
Внутрішня стіна	0	9	0,111	9	0,111	0,3424	0,064	0,080	0,397	21,7	6,1	- 1,0
Перегородки	0/0	9	0,111	9	0,111	0,3424	0,048	0,050	0,561	0	1,6	- 1,0
Підлога	0	0	0,000	9	0,111	1,304	0,095	0,100	0,392	1	0,3	- 1,0
Покриття	0	23	0,043	9	0,111	0,1068	0,100	0,120	0,314	31	11,0	1,0

					00 БКР 142.004.007.ПЗ				Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

4. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень

Розрахунок проводять для кожної камери окремо, щодо зволяє визначити навантаження окремо по камерам.

Початковими даними для розрахунку є план холодильника з нанесенням розмірів камер та орієнтації по сторонам світу, значення коефіцієнтів теплопередачі будівельно-ізоляційних конструкцій, температура та вологість в камерах, зовнішнього повітря, та суміжних приміщень, температура та кількість вантажів що надходять до камер.

Розрахунок теплонадходжень від зовнішнього повітря та приміщень з більшою температурою.

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

Розраховуємо теплопритоків від зовнішнього повітря та приміщень з більшою температурою:

$$Q_1 = Q_{1T} + Q_{1C} , \quad (4.1)$$

де Q_{1T} - теплонадходження через зовнішнє огороження, *Вт*;

Q_{1C} - теплонадходження від дії сонячної радіації, *Вт*.

Розраховуємо теплонадходження через зовнішнє огороження під дією різниці температур за:

$$Q_{1T} = K_o \cdot F \cdot (t_z - t_a) , \quad (4.2)$$

де F - площа огороження, m^2 ;

t_z - температура ззовні огороження, $^{\circ}C$;

t_a - температура в камері, $^{\circ}C$.

Знаходимо теплонадходження від дії сонячної радіації:

$$Q_{1C} = K_o \cdot F \cdot \Delta t , \quad (4.3)$$

					00 БКР 142.004.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де Δt - надлишкова різниця температури від дії сонячної радіації, $^{\circ}\text{C}$.

Камера зберігання пастеризованого молока:

Північна стінка

$$Q_{1T} = K_{\partial} \cdot F \cdot (t_3 - t_e) = 0,397 \cdot 144 \cdot (31 - 0) = 1772,2 \text{ , Вт};$$

де $F = L \cdot H = 24 \cdot 6 = 144 \text{ м}^2$;

$$Q_{1C} = K_{\partial} \cdot F \cdot \Delta t = 0,397 \cdot 144 \cdot 0 = 0 \text{ , Вт};$$

$$Q_1 = Q_{1T} + Q_{1C} = 1772,2 + 0 = 1772,2 \text{ , Вт}.$$

Південна стінка

$$Q_{1T} = K_{\partial} \cdot F \cdot (t_3 - t_e) = 0,397 \cdot 144 \cdot 18,6 = 1063,3 \text{ , Вт};$$

де $F = L \cdot H = 24 \cdot 6 = 144 \text{ м}^2$;

$$Q_{1C} = K_{\partial} \cdot F \cdot \Delta t = 0,397 \cdot 144 \cdot 0 = 0 \text{ , Вт};$$

$$Q_1 = Q_{1T} + Q_{1C} = 1063,3 + 0 = 1063,3 \text{ , Вт}.$$

Західна стінка

$$Q_{1T} = K_{\partial} \cdot F \cdot (t_3 - t_e) = 0,397 \cdot 72 \cdot 18,6 = 531,7 \text{ , Вт};$$

де $F = L \cdot H = 12 \cdot 6 = 72 \text{ м}^2$;

$$Q_{1C} = K_{\partial} \cdot F \cdot \Delta t = 0,397 \cdot 72 \cdot 0 = 0 \text{ , Вт};$$

$$Q_1 = Q_{1T} + Q_{1C} = 531,7 + 0 = 531,7 \text{ , Вт}.$$

Східна стінка

$$Q_{1T} = K_{\partial} \cdot F \cdot (t_3 - t_e) = 0,561 \cdot 72 \cdot (0 - 0) = 0 \text{ , Вт};$$

де $F = L \cdot H = 12 \cdot 6 = 72 \text{ м}^2$;

$$Q_{1C} = K_{\partial} \cdot F \cdot \Delta t = 0,561 \cdot 72 \cdot 0 = 0 \text{ , Вт};$$

$$Q_1 = Q_{1T} + Q_{1C} = 0 + 0 = 0 \text{ , Вт}.$$

Підлога

$$Q_{1T} = K_{\partial} \cdot F \cdot (t_3 - t_e) = 0,392 \cdot 288 \cdot (0 - 0) = 0 \text{ , Вт};$$

де $F = L \cdot H = 24 \cdot 12 = 288 \text{ м}^2$;

$$Q_{1C} = K_{\partial} \cdot F \cdot \Delta t = 0,392 \cdot 288 \cdot 0 = 0 \text{ , Вт};$$

$$Q_1 = Q_{1T} + Q_{1C} = 0 + 0 = 0 \text{ , Вт}.$$

					00 БКР 142.004.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Покриття

$$Q_{1T} = K_o \cdot F \cdot (t_3 - t_6) = 0,314 \cdot 288 \cdot (31 - 0) = 2803 \text{ , Вт};$$

$$\text{де } F = L \cdot B = 24 \cdot 12 = 288 \text{ м}^2;$$

$$Q_{1C} = K_o \cdot F \cdot \Delta t = 0,314 \cdot 288 \cdot 14,9 = 1347 \text{ , Вт};$$

$$Q_1 = Q_{1T} + Q_{1C} = 2803 + 1347 = 4151 \text{ , Вт}.$$

Загальна кількість теплонадходжень в камеру зберігання пастеризованого молока:

$$Q_1 = 1772 + 1063 + 532 + 0 + 0 + 4151 = 7518 \text{ , Вт}$$

Таблиця 4.1

Назва камери	Назва огорождення	K _d Вт/м ²	Розміри, м			F м ²	t ₃ °C	t ₆ °C	Δt °C	Δt _c °C	Q _{1T} Вт	Q _{1C} Вт	Q ₁ Вт
			L	B	H								
№1 Зберігання пастеризованого молока	Вн.Ст.-Пн	0,397	24	-	6	144	31	0	31	0	1772	0	1772
	Вн.Ст.-Пд	0,397	24	-	6	144	31	0	18,6	0	1063	0	1063
	Вн.Ст.-Зх	0,397	12	-	6	72	31	0	18,6	0	532	0	532
	Перегор.-Сх	0,561	12	-	6	72	0	0	0	0	0	0	0
	Підлога	0,392	24	12	-	288	0	0	0	0	0	0	0
Покриття	0,314	24	12	-	288	31	0	31	14,9	2803	1347	4151	
Всього												7518	
Назва камери	Назва огорождення	K _d Вт/м ²	Розміри, м			F м ²	t ₃ °C	t ₆ °C	Δt °C	Δt _c °C	Q _{1T} Вт	Q _{1C} Вт	Q ₁ Вт
			L	B	H								
№2 Зберігання охолодженої сметани	Зн.Ст.-Пн	0,377	12	-	6	72	31	0	31	0	841	0	841
	Вн.Ст.-Пд	0,397	12	-	6	72	31	0	18,6	0	532	0	532
	Перегор.-Зх	0,561	12	-	6	72	0	0	0	0	0	0	0
	Зн.Ст.-Сх	0,377	12	-	6	72	31	0	21,7	0	589	0	589
	Підлога	0,392	12	12	-	144	0	0	0	0	0	0	0
Покриття	0,314	12	12	-	144	31	0	31	14,9	1402	674	2075	
Всього												4038	
Назва камери	Назва огорождення	K _d Вт/м ²	Розміри, м			F м ²	t ₃ °C	t ₆ °C	Δt °C	Δt _c °C	Q _{1T} Вт	Q _{1C} Вт	Q ₁ Вт
			L	B	H								
№3 Зберігання сиру кисло-молочного	Вн.Ст.-Пн	0,397	18	-	6	108	31	0	18,6	0	797	0	797
	Вн.Ст.-Пд	0,397	18	-	6	108	31	0	18,6	0	797	0	797
	Вн.Ст.-Зх	0,397	12	-	6	72	31	0	18,6	0	532	0	532
	Перегор.-Сх	0,561	12	-	6	72	0	0	0	0	0	0	0
	Підлога	0,392	18	12	-	216	0	0	0	0	0	0	0
Покриття	0,314	18	12	-	216	31	0	31	14,9	2103	1011	3113	
Всього												5240	
Назва камери	Назва огорождення	K _d Вт/м ²	Розміри, м			F м ²	t ₃ °C	t ₆ °C	Δt °C	Δt _c °C	Q _{1T} Вт	Q _{1C} Вт	Q ₁ Вт
			L	B	H								
№4 Експедиція	Вн.Ст.-Пн	0,397	18	-	6	108	31	0	18,6	0	797	0	797
	Зн.Ст.-Пд	0,377	18	-	6	108	31	0	18,6	0	757	0	757
	Перегор.-Зх	0,561	12	-	6	72	31	0	18,6	0	751	0	751
	Зн.Ст.-Сх	0,377	12	-	6	72	31	0	21,7	0	589	0	589
	Підлога	0,392	18	12	-	216	0	0	0	0	0	0	0
Покриття	0,370	18	12	-	216	31	0	31	14,9	2478	1191	3668	
Всього												6563	

																			Арк.	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 БКР 142.004.007.ПЗ															

Розраховуємо теплонадходження при термічній обробці продуктів за формулою:

$$Q_2 = Q_{2П} + Q_{2Т} , \quad (4.4)$$

де $Q_{2П}$ - теплонадходження від продуктів, *Вт* ;

$Q_{2Т}$ - теплонадходження від тари, *Вт*

Знаходимо теплонадходження від продуктів за формулою:

$$Q_{2П} = M_{\delta} \cdot (i_n - i_k) \cdot \frac{1000}{\tau \cdot 3600} , \quad (4.5)$$

де M_{δ} - добове надходження продукту в камеру, *т/добу* ;

i_n - ентальпія продукту при надходженні в камеру, *кДж/кг* ;

i_k - ентальпія продукту після холодильної обробки, *кДж/кг* ;

τ - час холодильної обробки, *дів* .

Знаходимо теплонадходження від тари за формулою:

$$Q_{2Т} = M_{\delta т} \cdot C_T \cdot (t_n - t_k) \cdot \frac{1000}{\tau \cdot 3600} , \quad (4.6)$$

де $M_{\delta т}$ - добове надходження тари в камеру, *т/добу* ;

t_n - температура тари при надходженні в камеру, *°С* ;

t_k - температура тари після холодильної обробки, *°С* ;

τ - час холодильної обробки, *дів* ;

C_T - теплоємність тари, *кДж/(кг·К)* .

Камера зберігання пастеризованого молока :

Початкова температура продукту $t=10$ кінцева $t=4$

$$Q_{2П} = M_{\delta} \cdot (i_n - i_k) \cdot \frac{1000}{\tau \cdot 3600} = 30 \cdot (359 - 334) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 8,68 \text{ ,кВт};$$

$$Q_{2Т} = M_{\delta т} \cdot C_T \cdot (t_n - t_k) \cdot \frac{1000}{\tau \cdot 3600} = 3 \cdot 2,3(10 - 4) \cdot \frac{1000}{24 \cdot 3600} = 0,479 \text{ ,кВт};$$

$$Q_2 = Q_{2П} + Q_{2Т} = 9,4 + 0,4 = 9,8 \text{ ,кВт}.$$

					00 БКР 142.004.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок теплопритоків при термічній обробці продуктів

Таблиця 4.2.

Назва камери	$t_{\text{кам}}$ °C	M_d т/доб	$M_{\text{дт}}$ т/доб	t_n °C	t_k °C	i_n кДж/кг	i_k кДж/кг	C_t кДж/кгК	t год	1000*1000	$Q_{2п}$ Вт	$Q_{2г}$ Вт	Q_2 Вт
										3600*t			
№1 Зберігання пастеризованого молока	0	30	3,0	10	4	359,0	334,0	2,3	24	11,57	8678	479	9157
№2 Зберігання охолодженої сметани	0	12,5	2,5	15	5	55,2	17,0	2,3	24	11,57	5525	666	6190
№3 Зберігання сиру кисло-молочного	0	20	4,0	15	6	352,0	320,0	2,3	24	11,57	7405	958	8363

Розраховуємо експлуатаційні теплопритоки за формулою:

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 , \quad (4.7)$$

де q_1 - тепло притік від освітлення, $Вт$;

q_2 - тепло притік від людей, $Вт$;

q_3 - тепло притік від працюючих електродвигунів, $Вт$;

q_4 - тепло притік від відкривання дверей, $Вт$.

Знаходимо теплонадходження від освітлення за формулою:

$$q_1 = A \cdot F , \quad (4.8)$$

де A - питомий теплонадходження від приладів на 1 м^2 підлоги, $Вт / \text{м}^2$;

F - площа камери, м^2 .

Знаходимо теплонадходження від перебування людей за формулою:

$$q_2 = 350 \cdot n , \quad (4.9)$$

де n - кількість людей, чол ;

350 - теплонадходження від однієї працюючої людини, $Вт / \text{чол}$.

Знаходимо теплонадходження від працюючих електродвигунів за формулою:

$$q_3 = N_{\text{ел}} , \quad (4.10)$$

де $N_{\text{ає}}$ - сумарна потужність всіх електродвигунів, кВт .

Знаходимо теплонадходження від відкривання дверей за формулою:

$$q_4 = K \cdot F , \quad (4.11)$$

де K - питомий притік тепла від відкривання дверей, $Вт / \text{м}^2$;

					00 БКР 142.004.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

F - площа камери, m^2 .

Камера зберігання пастеризованого молока:

$$q_1 = A \cdot F = 4,7 \cdot 288 = 1353,6 \text{ , Вт};$$

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

$$q_3 = N_{ел} = 4000 \text{ , Вт};$$

$$q_4 = K \cdot F = 10 \cdot 288 = 2880 \text{ , Вт};$$

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 = 1353,6 + 1400 + 4000 + 2880 = 9634 \text{ , Вт}.$$

Таблиця 4.3

Назва камери	F_d m^2	A $Вт/m^2$	q_1 $Вт$	n чол.	q_2 $Вт$	$N_{ел}$ кВт	q_3 $Вт$	K $Вт/m^2$	q_4 $Вт$	Q_4 $Вт$
№1 Зберігання пастеризованого молока	288	4,7	1353,6	4	1400	4	4000	10	2880	9634
№2 Зберігання охолодженої сметани	144	4,7	676,8	3	1050	4	4000	12	1728	7455
№3 Зберігання сиру кисло-молочного	216	4,7	1015,2	4	1400	4	4000	10	2160	8575
№4 Експедиція	216	4,7	1015,2	4	1400	4	4000	20	4320	10735

Загальна кількість теплоти, що надходить в охолоджуване приміщення холодильника:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5, \quad (4.12)$$

де Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5 – надходження теплоти відповідно через огорожувальні будівельні конструкції, від продуктів при холодильному оброблені, від вентиляції приміщень, пов'язане з експлуатацією камери, що виділяється продуктами під час виділення.

Зведена таблиця теплопритоків і навантаження

Таблиця 4.4.

Назва приміщення	$t_{кам}$ $^{\circ}C$	Q_1 , $Вт$	Q_2 , $Вт$	Q_4 , $Вт$	Q , $Вт$
№1 Зберігання пастеризованого молока	0	7518	9157	9634	26308
№2 Зберігання охолодженої сметани	0	4038	6190	7455	17683
№3 Зберігання сиру кисло-молочного	0	5240	8363	8575	22178
№4 Експедиція	0	6563	0	10735	17299
Всього		23359	23710	36399	83468

					00 БКР 142.004.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.Визначення навантаження на обладнання камер та компресор

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

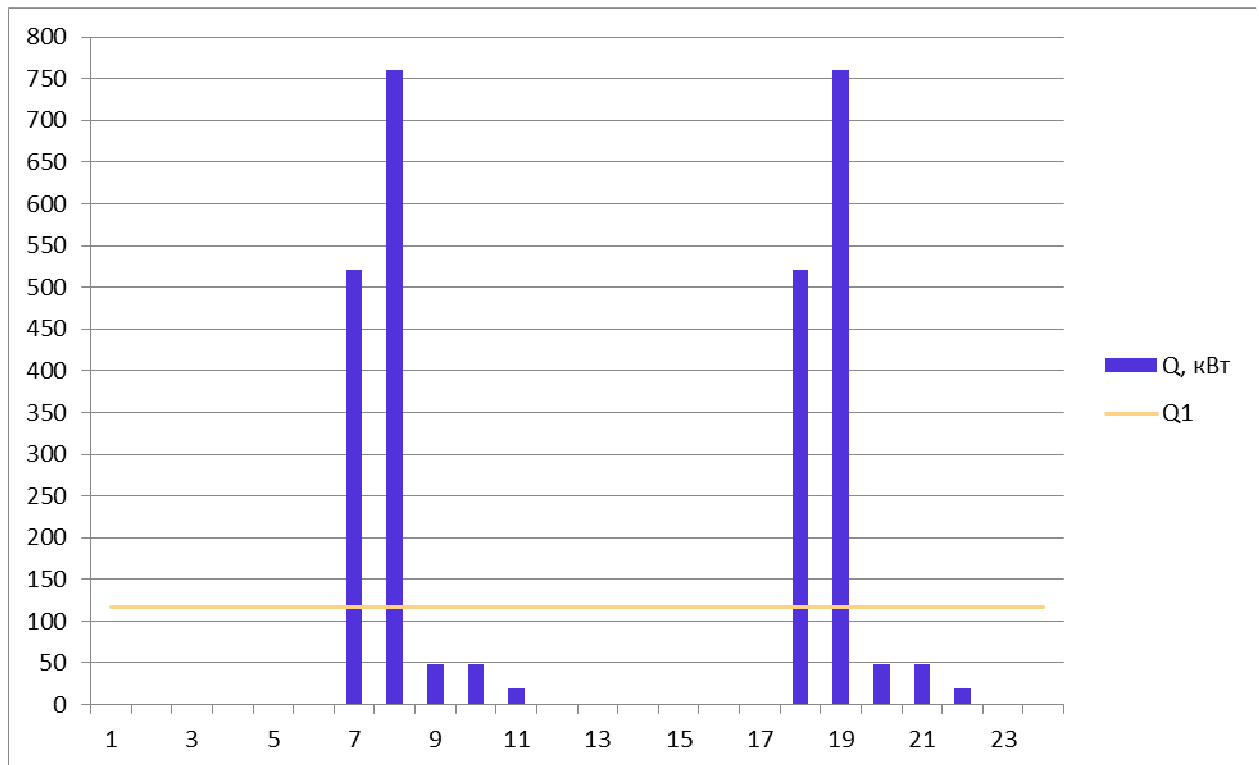


Рис. 1. Дяаграма навантаження молокозаводу:

7-9, 18-20год – прийомка молока;

8-9, 19-20год – пастеризація;

9-11, 20-22год – визрівання сметани

9-10, 20-21год-охолодження сиру

Напідприємствах молочної промисловості теплова навантаження визначається графіком роботи технологічних апаратів і характеризується великою нерівномірністю напротязі доби.

Із графіку добового споживання холоду видно, що на протязі доби двічі різко збільшується теплове навантаження. В цих умовах розрахунок і підбір обладнання по максимальному тепловому навантаженню призвели б до завищення встановленої потужності холодильної установки. Для зняття пікових навантажень використовуємо аміачну холодильну установку з

					00 БКР 142.004.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

акумуляторами холоду типу АКХ. Ці акумулятори створені на базі панельних випарників типу ИП, що використовуються для охолодження рідких холодоносіїв. В період малих теплових навантажень на поверхні панелей намерозується шар льоду товщиною 30-40 мм, який розтає в період пікових навантажень, зменшуючи тим самим навантаження на холодильну установку.

Навантаження на компресор, що працює при температурі кипіння

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

Навантаження на компресор від теплопритоку через огороження приймають:

$$Q_{1KM} = 0,9 \cdot Q_1, \quad (5.1)$$

$$Q_{1KM} = 0,9 \cdot 23359 = 21023, \text{ Вт};$$

Навантаження на компресор від термічної обробки продуктів приймають:

$$Q_{2KM} = Q_2 = 23710, \text{ Вт};$$

Навантаження на компресор від експлуатаційних теплопритоків приймають:

$$Q_{4KM} = (0,5 + 0,75) \cdot Q_4, \quad (5.2)$$

$$Q_{4KM} = 0,75 \cdot 36399 = 27300, \text{ Вт};$$

Сумарне навантаження на компресор:

$$\sum Q_{KM} = Q_{1KM} + Q_{2KM} + Q_{4KM}; \quad (5.3)$$

$$\sum Q_{KM} = 21023 + 23710 + 27300 = 72023, \text{ Вт};$$

Необхідна холодопродуктивність:

$$Q_0 = \frac{k \cdot \sum Q_{KM}}{b}, \quad (5.4)$$

$$Q_0 = \frac{1,05 \cdot 72023}{0,9} = 84027, \text{ Вт};$$

Навантаження на компресор, що працює при температурі кипіння $t_0 = -15^{\circ}\text{C}$

(проміжний холодоносіє - "льодяна" вода $t_0 = 2^{\circ}\text{C}$)

					00 БКР 142.004.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Прийомка молока (25 → 6°C):

$$Q_{np} = \frac{c \cdot m \cdot \Delta t \cdot 1000}{t_{обр} \cdot 3600}, \quad (5.5)$$

$$Q_{np} = 3,95 \cdot 200 \cdot (25 - 6) \cdot \frac{10^3}{4 \cdot 3600} = 1042,4 \text{ кВт};$$

Охолодження після пастеризації (35 → 6°C):

а) пастеризованого молока

$$Q_{паст.мол.} = \frac{c \cdot m \cdot \Delta t \cdot 1000}{t_{обр} \cdot 3600} = 3,95 \cdot 30 \cdot (35 - 6) \cdot \frac{10^3}{2 \cdot 3600} = 477,3 \text{ кВт};$$

б) визрівання сметани (25 → 6°C):

$$Q_{паст.вер.} = \frac{c \cdot m \cdot \Delta t \cdot 1000}{t_{обр} \cdot 3600} = 3,57 \cdot 12,5 \cdot (25 - 6) \cdot \frac{10^3}{6 \cdot 3600} = 39,25 \text{ кВт};$$

Охолодження сиру після відпресування (25 → 12°C):

$$Q_{сир.} = \frac{c \cdot m \cdot \Delta t \cdot 1000}{t_{обр} \cdot 3600} = \frac{3,15 \cdot 20 \cdot 13 \cdot 1000}{4 \cdot 3600} = 56,9 \text{ кВт};$$

Середню розрахункову холодопродуктивність станції Q_0 визначаю як середнє значення холодонавантаження за добу:

$$Q_{-15} = k \cdot \frac{\sum Q_{KM1}}{b}, \quad (5.6)$$

$$Q_{0-15} = 1,05 \cdot \frac{116}{0,9} = 135,34, \text{ кВт}.$$

					00 БКР 142.004.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Розрахунковий (робочий) режим холодильної установки характеризується температурами кипіння t_0 , конденсації t_k , всмоктування (пари на вході в компресор) t_{ec} .

Значення цих параметрів обирають в залежності від призначення холодильної установки і розрахункових зовнішніх умов. Температуру кипіння х.а. приймаємо на 10°C нижчою, ніж температура у камерах охолодження.

Температура конденсації залежить від температури і кількості води, що подається на конденсатор. Температуру конденсації для установок з водяним охолодженням конденсатора приймають на $(2 \div 4)^\circ\text{C}$ вище температури води, що виходить з конденсатора:

$$t_k = t_{w2} + (2 \div 4)^\circ\text{C} = t_{w1} + \Delta t_w + (2 \div 4). \quad (6.1)$$

При оборотній системі водопостачання температуру воду t_{w2} та t_{w1} визначають розрахунковими параметрами навколишнього середовища та величиною коефіцієнта ефективності холодильника оборотної води:

$$\eta = \frac{t_{w2} - t_{w1}}{t_{w2} - t_{m.m.}}, \quad (6.2)$$

де коефіцієнт ефективності охолодника залежить від його типу і може бути визначений за такими даними: для плівкової градирні $\eta = (0,75 \div 0,85)$, прийmemo $\eta = 0,8$.

$$\Delta t_w = t_{w2} - t_{w1} = 5^\circ\text{C};$$

Для м.Вінниця температура мокрого термометра при $t_c = 31^\circ\text{C}$; $\varphi = 51\%$,
 $t_{m.m.} = 23,3^\circ\text{C}$.

тоді:

$$t_{w2} = \frac{\Delta t_w}{\eta} + t_{m.m.} = \frac{5}{0,8} + 23,3 = 29,6^\circ\text{C};$$

					00 БКР 142.004.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_k = t_{w2} + (2 \div 4) = 29,6 + 3,4 = 33^\circ\text{C}.$$

Перегрівання пари холодильного агента відсутнє на виході маємо суху насичену пару з циркуляційного ресивера. Перегрів після випарника становить 5°C .

Будуємо цикл в $\lg P - h$ діаграмі для R717. Значення параметрів х.а. у вузлових точках циклу заносимо до таблиці 6.1.

Таблиця 6.1

№ точки	t, °C	p, бар	v, м³/кг	h, кДж/кг
1''	-15	2,37	0,51	1442
1	-10	2,37	0,52	1456
2	112	12,85	0,14	1706
3	-10	2,9	0,416	1447
4	96	12,85	0,132	1662
6	33	12,85	-	352
7	-7	12,85	-	168
8	-10	2,9	-	168
9	-10	2,9	-	155
10	-10	2,37	-	155

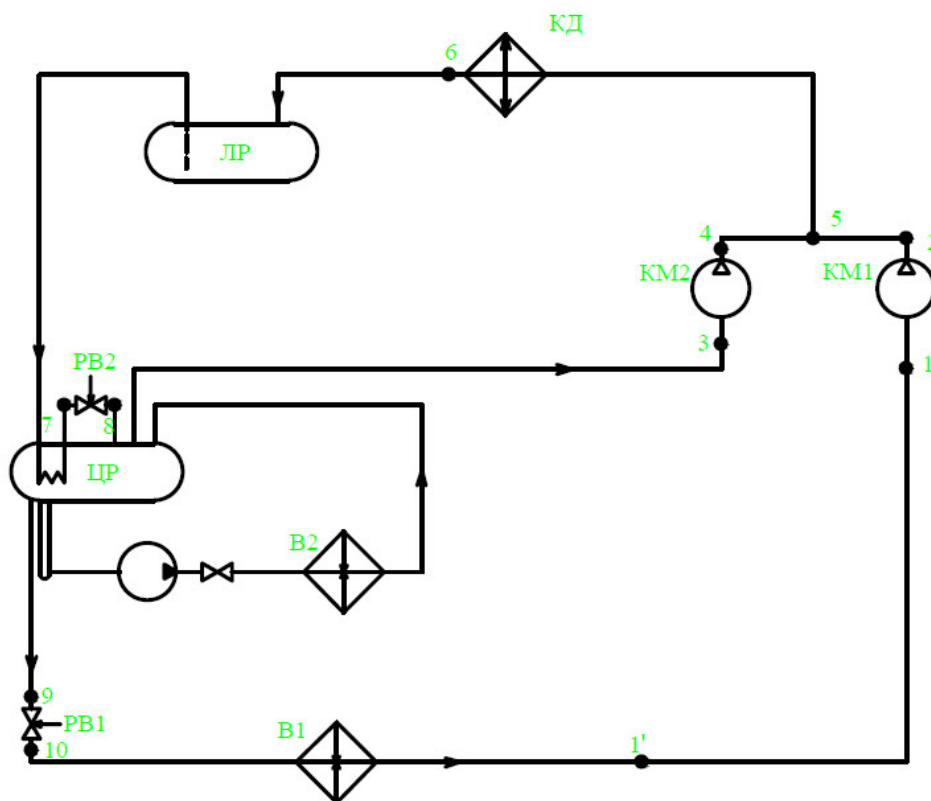


Рис. 6.1 Схема холодильної установки

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00 БКР 142.004.007.ПЗ

Арк.

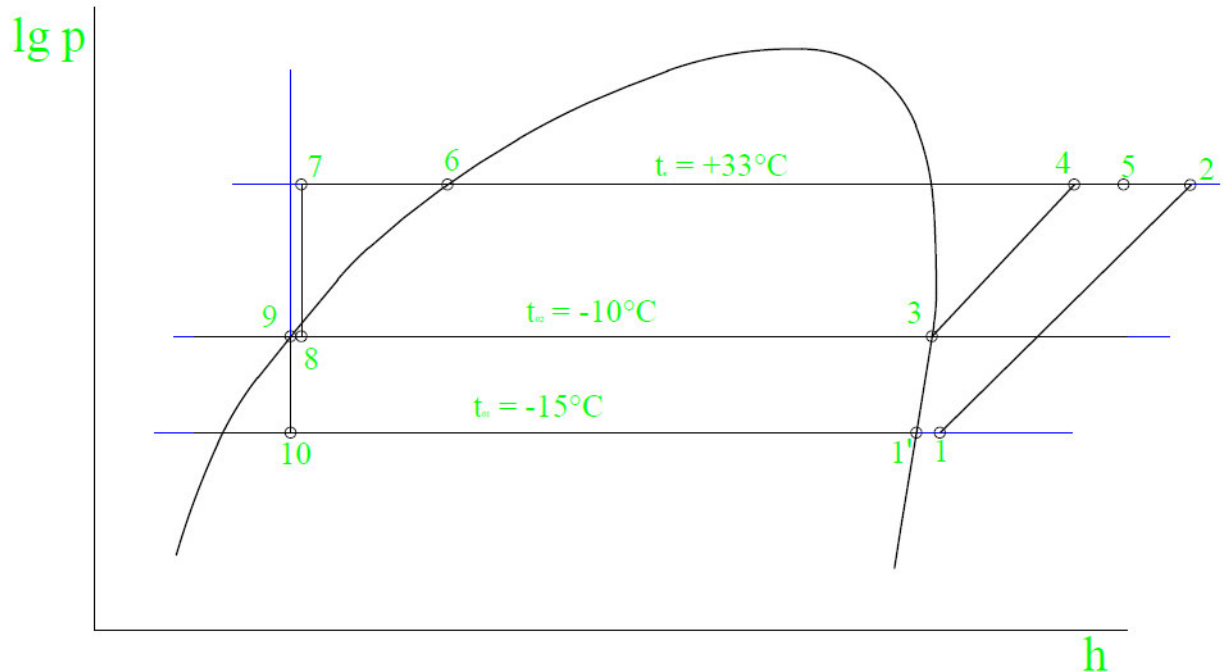


Рис. 6.2 Цикл холодильної установки

Масова витрата циркулюючого холодильного агенту:

$$M_{(-15)} = Q_{0m(-15)} / (h_{1''} - h_{10}) \cdot (1 - X_{10}) = \frac{135,4}{(1442 - 155) \cdot (1 - 0,011)} = 0,1053 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

$$M_{(-10)} = Q_{0m(-10)} / (h_3 - h_8) \cdot (1 - X_8) = \frac{84,03}{(1447 - 168) \cdot (1 - 0,01)} = 0,0664 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

З теплового балансу знаходимо точку змішування (т.5):

$$h_2 \cdot M_{(-15)} + h_4 \cdot M_{(-10)} = h_5 \cdot (M_{(-15)} + M_{(-10)});$$

$$h_5 = \frac{h_2 \cdot M_{(-15)} + h_4 \cdot M_{(-10)}}{M_{(-15)} + M_{(-10)}};$$

$$h_5 = \frac{1706 \cdot 0,1053 + 1662 \cdot 0,0664}{0,1053 + 0,0664} = 1689 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}};$$

Для визначення потрібної об'ємної продуктивності компресора знайдемо коефіцієнти подачі λ .

$$\lambda = \lambda_i \cdot \lambda_w. \quad (6.3)$$

Індикаторний об'ємний коефіцієнт подачі.

Для КМІ.

$$\lambda_{i1} = \frac{P_{01} - \Delta P_{sc}}{P_{01}} - c \cdot \left[\left(\frac{P_{\kappa} + \Delta P_{\pi}}{P_{01}} \right)^{1/n} - \frac{(P_{01} - \Delta P_{sc})}{P_{01}} \right]; \quad (6.4)$$

$c=0,03$ – відносний мертвий простір;

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

00 БКР 142.004.007.ПЗ

$n=1,1$ – показник політропи;

$\Delta P_{\text{вс}} = 0,1\text{бар}$ - депресія на всмоктуванні;

$\Delta P_{\text{наг}} = 0,1\text{бар}$ - депресія на нагнітанні;

$P_{01} = 0,237\text{бар}$;

$P_{\kappa} = 12,85\text{бар}$;

$$\lambda_{i1} = \frac{0,237 - 0,01}{0,237} - 0,03 \cdot \left[\left(\frac{1,285 + 0,01}{0,237} \right)^{1/1,1} - \frac{(0,237 - 0,01)}{0,237} \right] = 0,82$$

$$\lambda_{w'} = \frac{T_{01}}{T_{\kappa}} = \frac{(273 + (-15))}{273 + 33} = 0,84;$$

$$\lambda_1 = 0,82 \cdot 0,84 = 0,689;$$

Для КМ2.

$$\lambda_{i2} = \frac{P_{02} - \Delta P_{\text{вс}}}{P_{02}} - c \cdot \left[\left(\frac{P_{\kappa} + \Delta P_{\text{наг}}}{P_{02}} \right)^{1/n} - \frac{(P_{02} - \Delta P_{\text{вс}})}{P_{02}} \right]; \quad (6.5)$$

$c=0,03$ – відносний мертвий простір;

$n=1,1$ – показник політропи;

$\Delta P_{\text{вс}} = 0,1\text{бар}$ - депресія на всмоктуванні;

$\Delta P_{\text{наг}} = 0,1\text{бар}$ - депресія на нагнітанні;

$P_{02} = 0,237\text{бар}$;

$P_{\kappa} = 12,85\text{бар}$;

$$\lambda_{i2} = \frac{0,29 - 0,01}{0,29} - 0,03 \cdot \left[\left(\frac{1,285 + 0,01}{0,29} \right)^{1/1} - \frac{(0,29 - 0,01)}{0,29} \right] = 0,86$$

$$\lambda_{w'} = \frac{T_{02}}{T_{\kappa}} = \frac{(273 + (-10))}{273 + (33)} = 0,86;$$

$$\lambda_2 = \lambda_{i2} \cdot \lambda_{w'2} = 0,86 \cdot 0,86 = 0,74;$$

Розрахунок компресора КМ1.

1) Дійсний об'єм всмоктування:

					00 БКР 142.004.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_{\partial} = M_{(-15)} \cdot v_1; \quad (6.6)$$

$$V_{\partial} = M_{(-15)} \cdot v_1 = 0.1053 \cdot 0.52 = 0.055 \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

2) $\lambda_1 = 0,689;$

3) Об'єм, що описується поршнем:

$$V_h = \frac{V_{\partial}}{\lambda}; \quad (6.7)$$

$$V_h = \frac{0.055}{0.689} = 0.08 \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

Індикаторний ККД:

$$\eta_i = \lambda_w + b \cdot t_0 = 0,843 + 0,001 \cdot (-15) = 0,828 \quad (6.8)$$

Для заданого холодильного агента за отриманими значеннями теоретичної подачі (V_h), електричної та ефективної потужності вибираємо компресор, об'ємна подача яких $V_{км}$ на 20 ÷ 40 % більша за необхідну, що забезпечує роботу компресора з коефіцієнтом робочого часу $b = 0.9 \div 0.8$.

Вибираємо два компресори Gea Grasso 58S (1 запасний) з такими характеристиками:

Теоретична об'ємна продуктивність компресора $V_{км}, \text{м}^3/\text{с}$	0,1
Частота обертання, об/с	24
Довжина, мм	1125
Ширина, мм	890
Висота, мм	815
Хід поршня, мм	85
Діаметер циліндра, мм	110
Кількість циліндрів	5
Маса, кг	810

4) Дійсна масова витрата:

$$M_{(-15)} = \lambda \cdot V_{км(-15)} / v_1; \quad (6.8)$$

$$M_{(-15)} = 0,689 \cdot 0,1 / 0.52 = 0,133 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

5) Сумарна теоретична потужність:

$$N_{m(-15)} = M_{(-15)} \cdot (h_2 - h_1); \quad (6.9)$$

$$N_{m(-15)} = 0,133 \cdot (1702 - 1456) = 32,72 \text{ кВт};$$

					00 БКР 142.004.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6) Індикаторна потужність компресора:

$$N_{i(-15)} = N_{m(-15)} / \eta_i; \quad (6.10)$$

$$N_{i(-15)} = 32,72 / 0.845 = 38,72 \text{кВт};$$

7) Потужність тертя:

$$N_{mp(-15)} = V_m \cdot P_{mp}; \quad (6.11)$$

$$N_{mp(-15)} = 0,133 \cdot 60 = 7,98 \text{кВт};$$

8) Ефективна потужність:

$$N_{e(-15)} = N_i + N_{mp}; \quad (6.12)$$

$$N_{e(-15)} = 38,72 + 7,98 = 46,7 \text{кВт};$$

9) Електрична потужність:

$$N_{el(-15)} = \frac{N_{e(-15)}}{\eta_{el} \cdot \eta_{пер}}; \quad (6.13)$$

$$N_{el(-10)} = \frac{46,7}{0,98 \cdot 0,7} = 68,08 \text{кВт};$$

Розрахунок компресора КМ2.

1) Дійсний об'єм всмоктування:

$$V_d = M_{(-10)} \cdot v_3 = 0,0664 \cdot 0.416 = 0,0276 \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

2) $\lambda_2 = 0,74$;

3) Об'єм, що описується поршнем:

$$V_h = \frac{V_d}{\lambda} = \frac{0,0276}{0,72} = 0,0383 \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

$$\eta_i = \lambda_w + b \cdot t_0 = 0.86 + 0.001 \cdot (-10) = 0.85;$$

Для заданого холодильного агента за отриманими значеннями теоретичної подачі (V_h), електричної та ефективної потужності вибираємо

					00 БКР 142.004.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

компресор, об'ємна подача яких $V_{км}$ на 20 ÷ 40 % більша за необхідну, що забезпечує роботу компресора з коефіцієнтом робочого часу $b = 0.9 ÷ 0.8$.

Вибираємо два компресори Gea Grasso 66 (1 запасний) з такими характеристиками:

Теоретична об'ємна продуктивність компресора $V_{км}, \text{ м}^3/\text{с}$	0,054
Частота обертання, об/с	24
Довжина, мм	721
Ширина, мм	840
Висота, мм	644
Хід поршня, мм	66
Діаметер циліндра, мм	85
Кількість циліндрів	6
Маса, кг	345

4) Дійсна масова витрата:

$$M_{(-10)} = \lambda \cdot V_{км(-10)} / v_3 = 0,74 \cdot 0,054 / 0,416 = 0,096 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

5) Сумарна теоретична потужність:

$$N_{m(-10)} = M_{(-10)} \cdot (h_4 - h_3) = 0,096 \cdot (1662 - 1447) = 20,64 \text{ кВт};$$

6) Індикаторна потужність компресора:

$$N_{i(-10)} = N_{m(-10)} / \eta_i = 20,64 / 0,85 = 24,3 \text{ кВт};$$

7) Потужність тертя:

$$N_{mp(-10)} = V_{км} \cdot P_{mp} = 0,054 \cdot 60 = 3,24 \text{ кВт};$$

8) Ефективна потужність:

$$N_{e(-10)} = N_i + N_{mp} = 24,3 + 3,24 = 27,54 \text{ кВт};$$

9) Електрична потужність:

$$N_{el(-10)} = \frac{N_{e(-10)}}{\eta_{el} \cdot \eta_{пер}} = \frac{27,54}{0,98 \cdot 0,7} = 40,15 \text{ кВт};$$

Розраховуємо теплове навантаження на конденсатор в теоретичному циклі:

$$Q_k = (M_{(-15)} + M_{(-10)}) \cdot (h_5 - h_6); \quad (6.14)$$

$$Q_k = (0,133 + 0,096) \cdot (1689 - 352) = 306,17 \text{ кВт};$$

					00 БКР 142.004.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо дійсне навантаження на конденсатор:

$$Q_{\kappa} = \sum Q_0 + \sum N_i = \sum Q_0 \cdot \frac{V_{\kappa M}}{V_T} + \sum N_i \quad (6.15)$$

$$Q_{\kappa} = 135,34 \cdot \frac{0,1}{0,08} + 84,03 \cdot \frac{0,054}{0,0383} + 38,72 + 24,3 = 350,68 \text{кВт}.$$

Середній коефіцієнт робочого часу компресора:

$$b = \frac{\sum V_T}{\sum V_{\kappa M}}; \quad (6.16)$$

$$b = \frac{0,08 + 0,0383}{0,1 + 0,054} = 0,77$$

					00 БКР 142.004.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Розрахунок економічних показників

Вступ

Метою економічного розрахунку є визначення вартості побудови холодильника, вартості холодильного обладнання, витрат на використання електроенергії, витрат по оплаті праці виробничого персоналу, визначення амортизаційних відрахувань, визначення основних показників економічної ефективності проекту холодильника молокозаводу у м. Вінниця.

При проектуванні даного холодильника виконуються наступні роботи:

- вибір та придбання холодильного обладнання;

Вхідні дані

Розрахункове споживання електроенергії холодильним обладнанням компресорного цеху зводимо до таблиці 11.1

№ п/п	Найменування обладнання	К-ть	Р _{ел.} кВт	Σ Р _{ел.} кВт	Рік, тис. кВт·год
1	Компресор Gea Grasso 66	2	40	80	360
2	Компресор Gea Grasso 58S	2	68	136	612
3	Градирня марки ГПВ-320	2	2×3,7	14,8	66,6
4	Насос водяний Trialine 100-170/304	2	3	6	27
5	Насос аміачний WITTGP42/960	2	0,37	0,74	3,38
6	Повітроохолодник ALFA LAVAL INRA404B60	2	4×1,04	8,32	37,44
7	Повітроохолодник ALFA LAVAL INGA402B40	2	2×0,52	2,08	9,36
8	Повітроохолодник ALFA LAVAL INBA404B70	2	4×0,4	3,2	14,4
9	Повітроохолодник ALFA LAVAL INGA402C60	2	2×0,52	2,08	9,36
Річна витрата електроенергії					1139,54

									Арк.	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 БКР 142.004.007.ПЗ					

Споживання електроенергії за рік розраховуємо за формулою:

$$N = P_{\text{ел}} \times n$$

Де n – час роботи компресорів, насосів, вентиляторів в рік при відповідних робочих умовах, год, приймаємо 4500 год.

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

Розрахунок витрат на придбання та монтаж обладнання наведено в таблиці 14.2

Таблиця 11.2

Найменування обладнання	К-ть	Витрати на обладнання, тис. грн			Загальні витрати, тис. грн
		Придбання	Монтаж	Інші витрати	
Компресор Gea Grasso 66	2	1400	280	140	1820
Компресор Gea Grasso 58S	2	800	160	80	1040
Градирня марки ГПВ-320	2	150	30	15	185
Насос водяний Trialine 100-170/304	2	30	6	3	39
Насос аміачний WITGP42/960	2	20	4	2	26
Повітроохолодник ALFA LAVAL INRA404B60	2	240	48	24	312
Повітроохолодник ALFA LAVAL INGA402B40	2	160	32	16	208
Повітроохолодник ALFA LAVAL INBA404B70	2	190	38	19	247
Повітроохолодник ALFA LAVAL INGA402C60	2	120	24	12	156
Лінійний ресивер 2,5РД	1	40	8	4	52
Компаудний ресивер 1,5РД	1	20	4	2	26
Разом		3162,3	632,46	316,23	4111

Витрати на монтаж приймаємо 20% від вартості обладнання. Інші витрати складають 10% від вартості обладнання.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 БКР 142.004.007.ПЗ				

Виробництво і використання електроенергії

Річне споживання електроенергії холодильником і компресорним цехом даного холодильника становить:

$$E_p = 1139,54 \text{ тис. кВт. год}$$

Ціна за 1 кВт. год електроенергії становить: $C_{ел} = 1,02$ грн

Визначаємо річні витрати на споживання електричної енергії за проектними розрахунками:

$$V_{ел.р} = E_p \cdot C_{ел}$$

$$V_{ел.р} = 1139540 \text{ кВт*год} \cdot 1,02 \text{ грн/ (кВт*год)} = 1162,33 \text{ тис. грн.}$$

Мастило купується для компресорів за ціною 150 грн. за 1л, в моєму проекті необхідно 100 л і це коштує $150 \cdot 100 = 15$ тис.грн

Холодоагент аміак купується за ціною 15 грн. за 1кг, в моєму проекті необхідно 4000 кг і це коштує $4000 \cdot 15 = 60$ тис.грн

Розрахунок витрат на будівництво холодильника приведено в табл. 11.3

Таблиця 11.3

№ п/п	Назва	Розмірність	Внутрішня стіна	Зовнішня стіна	Перегорodka	Підлога	Покриття	Разом
1	Площа	м ²	504	900	144	1368	1368	-
2	Товщина	м	0,25	0,38	0,25	0,9	0,12	-
3	Вартість 1м ² матеріалів	грн/м ²	800	1200	800	200	180	-
4	Загальна вартість ізоляційних матеріалів + роботи	тис.грн	403,2	1080	115,2	273,6	246,24	2118,24

Розрахунок витрат на оплату праці

Фонд основної заробітної плати робітників компресорного цеху наведено в таблиці 11.4

					00 БКР 142.004.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 11.4

№ п/п	Професія	Тарифна ставка грн/год	Чисельність, чол	Місячний фонд, грн	Річний фонд, грн
1	Машиніст ХУ	12	3	5760	69120
2	Слюсар-ремонтник	12	3	5760	69120
<i>Разом</i>			6	11520	138240

Визначення амортизаційних відрахувань

Приймаємо норми амортизаційних відрахувань:

Для основного обладнання – 22% від вартості обладнання;

Витрати на амортизацію основного технологічного обладнання:

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

$$A_{\text{обл}} = 4111 \times 0,22 = 904,42 \text{ тис. грн.}$$

Визначення інших видів витрат

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

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

$$V_{\text{рем}} = A_{\text{обл}} \times 0,20$$

$$V_{\text{рем}} = 904,42 \times 0,20 = 180,88 \text{ тис. грн.}$$

Пускові витрати приймаємо 2% від вартості обладнання:

$$V_{\text{пуск}} = B_{\text{обл}} \times 0,02$$

$$V_{\text{пуск}} = 4111 \times 0,02 = 82,22 \text{ тис. грн.}$$

Інші витрати приймаємо 3% від загальної суми амортизаційних відрахувань:

$$V_{\text{ін}} = A_{\text{обл}} \times 0,03$$

$$V_{\text{ін}} = 4111 \times 0,03 = 123,33 \text{ тис. грн.}$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 БКР 142.004.007.ПЗ				

Загальна сума інших витрат складає:

$$\Sigma B = B_{\text{рем}} + B_{\text{пуск}} + B_{\text{ін}}$$

$$\Sigma B = 180,88 + 82,22 + 123,33 = 386,43 \text{ тис. грн.}$$

Визначення основних показників економічної ефективності проекту

Результати розрахунків проведених у попередніх розділах зводимо у порівняльну таблицю 11.5 собівартості енергії:

Таблиця 11.5

Статті витрат	Значення витрат тис. грн
	Проект
Електроенергія	1162,33
Масило	15
Оплата праці	138,24
Амортизація	904,42
Інші витрати	386,43
Разом	2606,42

Кількість виробленого холоду за рік:

$$22 \cdot 270 \cdot 219,37 = 1303,06 \text{ МВт} \cdot \text{год}$$

Собівартість холоду:

$$\Delta C = (2606,42 \text{ тис.грн}) / (1303,06 \text{ МВт} \cdot \text{год}) = 2 \text{ грн}/(\text{кВт} \cdot \text{год})$$

Таким чином собівартість холоду складає 2 грн/(кВт×год)

Передбачається, що послуги холодильника будуть здійснюватися з середньою рентабельністю 98%.

Використовуємо нормативний метод планування прибутку, який базується на єдиному відсотку рентабельності на всю продукцію, загальний плановий прибуток буде складати:

$$\Delta \Pi = C \cdot 0,98 = 2606,42 \cdot 0,98 = 2554,29 \text{ тис. грн.}$$

					00 БКР 142.004.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Чистий грошовий потік (ЧГП) складається з планового чистого (з врахуванням податків 21%) та приросту амортизації по обладнанню та будівлям:

$$\text{ЧГП} = (\Delta\Pi * 0,79) + A = (2554,29 * 0,79) + 904,42 = 2922,30 \text{ тис. грн.}$$

Чистий приведений дохід (ЧПД) представляє собою абсолютне порівняння затрат на будівництво холодильника і результатів від його використання.

$$\text{ЧПД} = \sum_{t=1}^5 \frac{\text{ЧГП}}{(1+p)^t} - K \geq 0,$$

де t – період життєвого циклу проекту, приймається на рівні 10 років; p – ставка дисконту, яка характеризує можливий рівень втрат чистих грошових потоків (ЧГП) за період життєвого циклу, приймається на рівні 25%:

$$\text{ЧПД} = \left(\frac{2922,3}{(1+0,25)^1} + \frac{2922,3}{(1+0,25)^2} + \frac{2922,3}{(1+0,25)^3} + \frac{2922,3}{(1+0,25)^4} + \frac{2922,3}{(1+0,25)^5} + \frac{2922,3}{(1+0,25)^6} + \frac{2922,3}{(1+0,25)^7} + \frac{2922,3}{(1+0,25)^8} + \frac{2922,3}{(1+0,25)^9} + \frac{2922,3}{(1+0,25)^{10}} \right) - 6229,24 = 4204,84 \text{ тис. грн}$$

Так як чистий приведений дохід більше 0 і складає 4204,84 тис. грн., то проект доцільний до виконання.

Індекс доходності (ІД) має нормативне значення >1 .

$$\text{ІД} = \frac{10434,08}{6229,24} = 1,675$$

Так, як ІД складає 1,675, то це означає, що сумарна дисконтована (змішана) віддача від використання холодильника в 1,675 рази перевищує капітальні вкладення на його створення.

Індекс рентабельності ІР:

$$\text{ІР} = \frac{\text{ЧП}}{K} = \frac{4204,84 \cdot 0,79}{6229,24} = 0,53$$

де ЧП – чистий прибуток.

Індекс доходності складає 1,675 при нормативному значенні більше 0, тобто рентабельність проекту складає 53 %.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 БКР 142.004.007.ПЗ				

Термін окупності (дисконтований):

$$T_{\partial} = \frac{K}{\sum \left(\frac{CMT}{1+r} \right)^t} * 10 = \frac{6229,24}{10434,08} * 10 = 5,97 \text{ років}$$

Висновок

Чистий приведений дохід (різниця реальних вигод і капіталовкладень) величина позитивна і складає 4204,84 тис. грн.. Тобто з однієї вкладеної грн.. очікується 1,675 грн. віддачі. Прибутковість проекту в цілому складає 67,5%, а реальний термін окупності – 5,97 роки, що не перевищує обґрунтований термін життєвого циклу проекту. Термін окупності може скоротитися до 5 років при відсутності негативного впливу чинників часу на грошові потоки (відсутність інфляції, дорожчання ресурсів, тощо).

					00 БКР 142.004.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t_{cp}}, \text{ м}^2 \quad (7.1)$$

Середньологарифмічне значення температурного напору:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\text{м}}}}; \quad (7.2)$$

Розрахунок конденсатора:

$$\Delta t = \frac{(33 - 28) - (33 - 31)}{\ln \frac{(33 - 28)}{(33 - 31)}} = 3,27^{\circ}\text{C}$$

$$F = \frac{Q_k}{k \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{306,17 \cdot 10^3}{700 \cdot 3,27} = 133,8 \text{ м}^2$$

Приймаємо конденсатор КТГ – 160 з площею теплопередаючої поверхні $F = 160 \text{ м}^2$.

Об'ємна витрата води на охолодження конденсатора:

$$V_w = \frac{Q_{\text{кд}}}{c_w \cdot \rho_w \cdot \Delta t_w} \quad (7.3)$$

$$V_w = \frac{306,17}{4,19 \cdot 1000 \cdot (31 - 28)} = 0,024 \text{ м}^3 / \text{с} = 24 \text{ л} / \text{с}$$

Габаритні розміри:

- внутрішній діаметр кожуха – 1000 мм;
- довжина – 4750мм;
- ширина – 1330мм;
- висота – 1670мм;

Діаметри патрубків:

- парового – 100 мм;
- рідинного – 40 мм;

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 БКР 142.004.007.ПЗ				

Маса –4292 кг;

Об'єм:

- трубного простору – 1,02 м³;
- між трубного простору – 2 м³.

Розрахунок градирні.

Градирні вибарають по необхідній площі поперечного перерізу :

$$F_{n.пер.} = \frac{Q_{сп}}{q_F}; \quad (7.4)$$

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

q_F - питоме теплове навантаження на 1 м² поперечного перерізу насадки в градирні.

Приймаємо $q_F = 25 \text{ кВт} / \text{м}^2$;

Площа поперечного перерізу градирні за формулою:

$$F_{n.пер.} = \frac{Q_{сп}}{q_F} = \frac{306,17}{25} = 12,24 \text{ м}^2;$$

Вибираємо $n = 2$ вентиляторну градирню марки ГПВ-320, площа поперечного перерізу якої $F_{сп} = 6,5 \text{ м}^2$, загальна площа поперечного перерізу:

$$\sum F_{п.п.} = n \cdot F_{п.п.} = 2 \cdot 6,5 = 13 \text{ м}^2;$$

Характеристики вентиляторної градирні марки ГПВ-320:

Марка градирні	ГПВ-320
Площа поперечного перерізу $F_{гр}$, м ²	6,5
Питоме теплове навантаження градирні, кВт/м ²	57
Розміщення вентилятора	верхнє
тепловий потік при $\Delta t_w = 5 \text{ }^\circ\text{C}$, кВт	372
Витрата циркулюючої води, л/с	17,76
Витрата свіжої води, л/с	0,178
Місткість резервуару, м ³	1,5

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 БКР 142.004.007.ПЗ				

Параметри форсунок (діаметр, мм * кількість, шт)	8x24
Характеристика осьового вентилятора	
діаметр крильчатки, мм	2x1250
частота обертання, об/с	12
потужність, кВт	
встановлена	8,5x2
споживана	3,7x2
Габаритні розміри, мм	
довжина	3640
ширина	2210
висота	2485
Маса, кг	2006

Розрахунок і вибір випарників - аккумуляторів холоду

Сумарну добову потребу в холоді знайдемо з графіка
ХОЛОДОНАВАНТАЖЕНЬ:

$$Q_{x.ct.}^{доб} = \sum Q_i \cdot \Delta \tau_i = 2794 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 10,06 \cdot 10^6 \text{ кДж};$$

Розрахункова холодопродуктивність станції:

$$Q_{x.ct.} = \frac{Q_{x.ct.}^{доб} - Q_{к.зб.}}{\tau_p}; \quad (7.5)$$

де $Q_{к.зб.}$ – сумарне навантаження камер зберігання;

$$Q_{x.ct.} = \frac{2794 - 0}{22} = 127 \text{ кВт};$$

Площа теплопередаючої поверхні баку-аккумулятора повинна відповідати двом вимогам: вона повинна бути достатньою для передачі середньодобового теплового навантаження на станцію при роботі напротязі 15-16 годин за добу; маса льоду, накопиченого на поверхні випарників, повинно бути достатньо для зняття піку надлишкового теплового навантаження.

Перша вимога:

$$F_{ак} = \frac{Q_{x.ct.} \cdot 10^3}{k \cdot (t_{s_ак} - t_0)} \quad (7.6)$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 БКР 142.004.007.ПЗ				

де t_{s_ak} - середня температура в баці-акумуляторі;

t_0 - температура кипіння аміаку в кінці періоду заморожування.

$$F_{ак} = \frac{127 \cdot 10^3}{100 \cdot (4 - (-15))} = 66,85 м^2$$

Друга вимога:

$$F_{ак} = \frac{Q_{ак} \cdot 10^3}{\delta_l \cdot \rho_l \cdot 360} \quad (7.7)$$

де $Q_{ак}$ - необхідна теплова ємність акумулятора, кДж;

δ_l - товщина намороженого льоду, мм;

360 – питома аккумуляюча здатність льоду, кДж/кг.

$$F_{ак} = \frac{10,06 \cdot 10^6 \cdot 10^3}{40 \cdot 900 \cdot 360} = 776 м^2$$

$$\begin{aligned} Q_{ак} &= 521 \cdot 2 + 760 \cdot 2 + 48 \cdot 4 + 20 \cdot 2 = \\ &= 2794 \text{кВт} \cdot \text{год} = 10,06 \cdot 10^6 \text{кДж} \end{aligned}$$

В розрахунок приймаємо більше значення площі тепло передаючої поверхні. Вибираємо 2 акумулятори холоду марки Baltimore Aircoil TSU-476М, загальна площа теплопередачі яких $F_{ак} = 900 м^2$.

Габаритні розміри:

- довжина – 6050мм;
- ширина – 2400мм;
- висота – 2440мм.

Маса – 7590кг;

Потужність повітряного насосу – 4кВт;

Акумулятивна здатність при товщині льоду в 40мм – 3348кВт.

Розрахунок повітроохолодників.

1. Камера зберігання пастеризованого молока (пакети в ящиках, $t_{кам} = 0^\circ\text{C}$).

Площа теплопередаючої поверхні :

					00 БКР 142.004.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F = \frac{Q_{обл}}{k \cdot \Delta t_{cp}}; \quad (7.8)$$

де Δt_{cp} - температурний напір, °C

k - коефіцієнт теплопередачі, $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$

$$F = \frac{26,31 \cdot 10^3}{15,17 \cdot 8,4} = 207,1 м^2;$$

До установки приймаємо два підвісних повітроохолодника ALFA LAVAL INRA404B60 з площею поверхні теплопередачі кожного по $F=115,2 м^2$, кількість вентиляторів $n=4$, діаметр вентиляторів $d = 400 мм$; потужність $N = 1040 Вт$; подача повітря $4,03 м^3 / с$, довжина струмини - 19м, крок ребра – 6мм, $A \times B \times C = 2910 \times 820 \times 2400 мм$, об'єм труб – 18л.

Перевіряємо, чи достатня об'ємна продуктивність встановлених на них вентиляторів.

$$V_{нс} = \frac{Q_{обл}}{(\rho_{нс} \cdot (h_1 - h_2))}, м^3 / с; \quad (7.9)$$

де $\rho_{нс}$ - густина повітря, яке виходить з повітроохолодника (визначається за I-d діаграмою). Температура повітря на вході $t_{вх} = 0^\circ C$, $h_1 = 8 \frac{кДж}{кг}$,

$$t_{вих} = -3^\circ C, h_2 = 3 \frac{кДж}{кг}.$$

$$V_{нс} = \frac{26,39}{1,3 \cdot (8 - 3)} = 4,06 м^3 / с;$$

$$V_{н.вент} > V_{нс}$$

2. Зберігання охолодженої сметани ($t_{кам} = 0^\circ C$).

Площа теплопередаючої поверхні :

$$F = \frac{Q_{обл}}{k \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{17,68 \cdot 10^3}{15,17 \cdot 8,4} = 138,75 м^2;$$

До установки приймаємо два підвісних повітроохолодника ALFA LAVAL INGA402B40 з площею теплопередаючої поверхні кожного по $F=81,6 м^2$, кількість вентиляторів $n=2$, потужність $N = 520 Вт$; подача повітря 1,88

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 БКР 142.004.007.ПЗ				

m^3 / c , довжина струмини - 18м, крок ребра – 4,5мм, А×В×С = 1710×820×1200мм, діаметр вентилятора – 400мм, об'єм труб – 9л.

Перевіряємо, чи достатня об'ємна продуктивність встановлених на них вентиляторів.

$$V_{нс} = \frac{Q_{обл}}{(\rho_{нс} \cdot (h_1 - h_2))}, m^3 / c;$$

де температура повітря на вході $t_{вх} = 0^\circ C$, $h_1 = 8 \frac{кДж}{кг}$,

$$t_{вих} = -3^\circ C, h_2 = 3 \frac{кДж}{кг}.$$

$$V_{нс} = \frac{17,68}{1,3 \cdot (8 - 3)} = 2,72 m^3 / c;$$

$$V_{п.вент} > V_{нс}$$

3.Камера зберігання сиру кисло-молочного ($t_{кам} = 0C$).

Площа теплопередаючої поверхні :

$$F = \frac{Q_{обл}}{k \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{22,18 \cdot 10^3}{15,17 \cdot 8,4} = 174,1 m^2;$$

До установки приймаємо два підвісних повітроохолодника ALFA LAVAL INBA404B70 з площею теплопередаючої поверхні кожного по $F=96,6 m^2$, кількість вентиляторів $n=4$, потужність $N = 400 W$; подача повітря $4,12 m^3 / c$, довжина струмини - 20м, крок ребра – 7мм, А×В×С = 2910×820×2400мм, діаметр вентилятора – 400мм, об'єм труб – 18л.

Перевіряємо, чи достатня об'ємна продуктивність встановлених на них вентиляторів.

$$V_{нс} = \frac{Q_{обл}}{(\rho_{нс} \cdot (h_1 - h_2))}, m^3 / c;$$

де температура повітря на вході $t_{вх} = 0^\circ C$, $h_1 = 8 \frac{кДж}{кг}$,

$$t_{вих} = -3^\circ C, h_2 = 3 \frac{кДж}{кг}.$$

$$V_{нс} = \frac{22,18}{1,3 \cdot (8 - 3)} = 3,41 m^3 / c;$$

$$V_{п.вент} > V_{нс}$$

					00 БКР 142.004.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Експедиція ($t_{\text{кам}} = 0^{\circ}\text{C}$).

Площа теплопередаючої поверхні :

$$F = \frac{Q_{\text{обл}}}{k \cdot \Delta t_{\text{cp}}} = \frac{17,3 \cdot 10^3}{15,17 \cdot 8,4} = 135,8 \text{ м}^2;$$

До установки приймаємо два підвісних повітроохолодника ALFA LAVAL INGA402C60 з площею теплопередаючої поверхні кожного по $F=68,2 \text{ м}^2$, кількість вентиляторів $n=2$, потужність $N = 520 \text{ Вт}$; подача повітря $1,91 \text{ м}^3 / \text{с}$, довжина струмини - 18м, крок ребра – 6мм, $A \times B \times C = 1710 \times 820 \times 1200 \text{ мм}$, діаметр вентилятора – 400мм, об'єм труб – 11л.

Перевіряємо, чи достатня об'ємна продуктивність встановлених на них вентиляторів.

$$V_{\text{нв}} = \frac{Q_{\text{обл}}}{(\rho_{\text{нв}} \cdot (h_1 - h_2))}, \text{ м}^3 / \text{с};$$

де температура повітря на вході $t_{\text{вх}} = 0^{\circ}\text{C}$, $h_1 = 8 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$,

$$t_{\text{вих}} = -3^{\circ}\text{C}, h_2 = 3 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

$$V_{\text{нв}} = \frac{17,3}{1,3 \cdot (8 - 3)} = 2,66 \text{ м}^3 / \text{с};$$

$$V_{\text{п.вент}} > V_{\text{нв}}$$

					00 БКР 142.004.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. Розрахунок та вибір допоміжного обладнання холодильної установки

Лінійний ресивер.

Ємність лінійного ресивера в насосно-циркуляційних схемах з нижньою подачею аміаку в прилади охолодження при умові заповнення її не більше ніж 80%:

$$V_{л.р.} = 0.6 \cdot (V_{ПВ.} + V_{АХ}); \quad (8.1)$$

$V_{Б}, V_{АХ}$ - внутрішній об'єм труб повітроохолодників та акумуляторів холоду;

Ємність повітроохолодників типу ВОП по аміаку:

$$V_{ПВ} = \sum_{i=1}^i n \cdot V_i \quad (8.2)$$

$$V_{ПВ} = 18 \cdot 2 + 9 \cdot 2 + 18 \cdot 2 + 11 \cdot 2 = 112л = 0.112м^3$$

Ємність по аміаку акумуляторів холоду:

$$V_{АХ} = 2 \cdot 1.370 = 2.74м^3$$

$$V_{л.р.} = 0.6 \cdot (0.112 + 2.74) = 1.71м^3;$$

До установки приймаємо лінійний ресивер 2,5РД об'ємом $V = 2.50м^3$.

Компактний циркуляційний ресивер ($t_0 = -10^{\circ}C$)

Ємність циркуляційного ресивера РДВ в системах з нижньою подачею холодильного агента в прилади охолодження:

$$V_{ц.р.} = k \cdot [V_{н.т.} + 0.2 \cdot (V_{ПВ} + V_{АХ}) + 0.3 \cdot V_{в.т.}] \quad (8.3)$$

$$V_{ц.р.-10} = 2.7 \cdot [0.2 \cdot (0.112 + 2.74)] = 1.54м^3;$$

Приймаємо ресивер 1.5РД об'ємом $V = 1.64м^3$.

Маслиловіддільники.

Маслиловіддільники підбирають по діаметру нагнітального трубопроводу компресора та встановлюють за компресором на лінії нагнітання.

					00 БКР 142.004.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для поршневого компресора Gea Grasso 58S, у котрого $d_{нар}=80\text{мм}$, біля нього встановлюємо один інерційний мастиловіддільнику 80М, для Gea Grasso 66 у якого $d_{нар}=50\text{мм}$ встановлюємо 50М характеристики якого наведені нижче.

Табл. 8.1. Технічні характеристики мастиловіддільників.

Аміачні інерційні мастиловіддільники	Розміри, мм			Об'єм, м ³	Маса, кг
	D×S	H	d ₁		
50М	257×8	1228	50	0.05	98
80М	307×9	1351	80	0.08	139

Мастилозбірник.

В якості мастилозбірника приймаю мастилозаправочну ємкість 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.

Не дивлячись на подвійне відділення мастила від парів аміаку, деяка його кількість надходить в конденсатор. Тому перед надходженням рідкого аміаку в прилади охолодження додатково відділюємо мастило за допомогою 4 гідроциклони марки Я10-ЕГЦ.

Характеристики масловіддільника марки Я-10-ЕГЦ:

Марка масловіддільника	Я -10-ЕГЦ
Габаритні розміри, мм	
довжина	1000
ширина	380
висота	1000
Маса, кг	50

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 БКР 142.004.007.ПЗ				

9. Розрахунок діаметрів трубопроводів та вибір насосів

Розрахунок діаметрів трубопроводів.

Окремі частини холодильної машини з'єднуються між собою трубопроводами.

Внутрішній діаметр круглої труби знаходимо за формулою:

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot M}{\pi \cdot \rho \cdot \omega}}; \quad (9.1)$$

1) Всмоктувальний трубопровід компресорів, що працюють на температуру кипіння $t = -15^{\circ}\text{C}$.

$$M = 0,133 \text{ кг/с}; \quad \rho = 1/v_1 = 1/0,52 = 1,923 \text{ кг/м}^3;$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,133}{\pi \cdot 1,923 \cdot 13}} = 0,082 \text{ м};$$

Приймаємо трубу $d_y = 90 \text{ мм}$;

Нагнітальний трубопровід:

$$M = 0,133 \text{ кг/с}; \quad \rho = 1/v_2 = 1/0,14 = 7,14 \text{ кг/м}^3;$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,133}{\pi \cdot 7,14 \cdot 20}} = 0,034 \text{ м};$$

Приймаємо трубу $d_y = 40 \text{ мм}$;

2) Всмоктувальний трубопровід компресорів, що працюють на температуру кипіння $t = -10^{\circ}\text{C}$.

$$M = 0,096 \text{ кг/с}; \quad \rho = 1/v_1 = 1/0,416 = 2,4 \text{ кг/м}^3;$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,096}{\pi \cdot 2,4 \cdot 13}} = 0,063 \text{ м};$$

Приймаємо трубу $d_y = 70 \text{ мм}$;

Нагнітальний трубопровід:

$$M = 0,096 \text{ кг/с}; \quad \rho = 1/v_2 = 1/0,132 = 7,58 \text{ кг/м}^3;$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 БКР 142.004.007.ПЗ				

$$d_{из} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,096}{\pi \cdot 7,58 \cdot 20}} = 0,028 м;$$

Приймаємо трубу $d_y = 32 мм$;

3) Рідинна лінія ($t_0 = -10^\circ C$).

Розрахункова швидкість на напірній лінії $\omega = 0.3 \div 0.5 м/с$.

Приймаємо $\omega = 0.4 м/с$.

$$d_{вн} = \sqrt{\frac{4 \cdot M}{\pi \cdot \rho \cdot \omega}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,096}{\pi \cdot 653,6 \cdot 0,4}} = 0,022 м;$$

Приймаємо $d_y = 25 мм$.

Розрахункова швидкість на зворотній лінії $\omega = 0.6 \div 1.2 м/с$.

Приймаємо $\omega = 1,2 м/с$.

Площа поперечного перерізу:

$$d_{вн} = \sqrt{\frac{4 \cdot M}{\pi \cdot \rho \cdot \omega}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,096}{\pi \cdot 83,3 \cdot 1,2}} = 0,035 м; \quad (9.2)$$

Приймаємо $d_{вн} = 40 мм$.

4) Водяний трубопровід до кожухотрубного конденсатора

$$M = 24 кг/с; \quad \rho = 1000 кг/м^3;$$

$\omega = 1 \frac{м}{с}$ - задаємося по таблицях.

$$d_{вн} = \sqrt{\frac{4 \cdot M}{\pi \cdot \rho \cdot \omega}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 24}{\pi \cdot 1000 \cdot 1}} = 0,175 м;$$

Приймаємо трубу $d_{вн} = 180 мм$.

					00 БКР 142.004.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначення гідравлічних втрат у трубопроводах.

Метою гідравлічного розрахунку є визначення втрат тиску ΔP , зумовлених гідравлічними опорами, що виникають при русі робочого середовища в трубах та теплообмінних апаратах. Значення величини ΔP необхідні для визначення потужності насосів, а також для вибору раціональних конструктивних характеристик апаратів та оптимізації їх режимів роботи. Надмірний гідравлічний опір призводить до зменшення тиску всмоктування і відповідно температури кипіння, що зменшує економічність роботи холодильної машини. Для насосно-циркуляційних систем охолодження розрахунок гідравлічних опорів необхідний для визначення характеристики мережі залежно від витрати холодоагента та його розподілення, для підбору насоса і розрахунку потужності привода.

Загальні гідравлічні опори при проходженні в трубі або апараті киплячої рідини (тобто двофазного потоку) складаються з втрат тертя ($\Delta P_{тр}^{\partial\phi}$), місцеві опори ($\Delta P_m^{\partial\phi}$), прискорення потоку ($\Delta P_n^{\partial\phi}$) і на зниження або підвищення тиску через вплив статичного напору стовпа рідини ($\Delta P_{ст}^{\partial\phi}$).

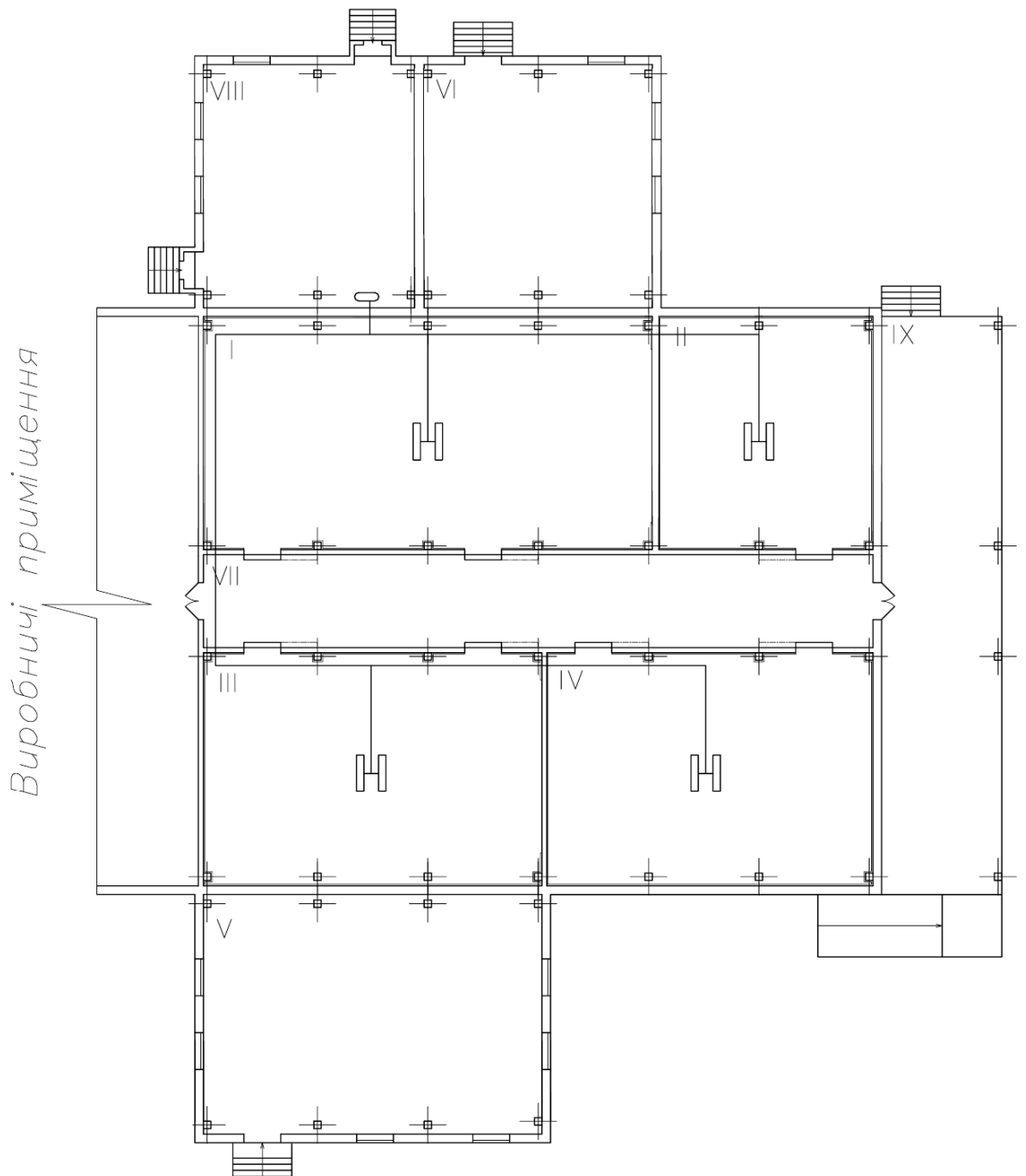
$$\Delta P^{\partial\phi} = \Delta P_{тр}^{\partial\phi} + \Delta P_m^{\partial\phi} + \Delta P_n^{\partial\phi} + \Delta P_{ст}^{\partial\phi}.$$

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

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

Приводимо принципові ескізи розв'язки трубопроводів.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 БКР 142.004.007.ПЗ				



Визначимо втрати тиску в трубопроводі від циркуляційного насосу до повітроохолодника, що працює на температуру кипіння -10°C .

Повна втрата тиску на ділянці трубопроводу:

$$\Delta P_i = \Delta P_{тр} + \Delta P_{м.с.}; \quad (9.3)$$

Втрати тиску в місцевих опорах:

$$\Delta P_{м.с.} = Z = \sum \xi_m \cdot \frac{\rho \cdot \omega^2}{2}; \quad (9.4)$$

					00 БКР 142.004.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $\frac{\rho \cdot \omega^2}{2}$ – динамічний тиск потоку;

Коефіцієнт місцевого опору:

$$\sum \xi_m = \xi_{зв.клавани} + \xi_{відвід90^\circ} + \xi_{вихід} + \xi_{фільтра}; \quad (9.5)$$

де $\xi_{зв.клавани}$, $\xi_{відвід90^\circ}$, $\xi_{вихід}$, $\xi_{фільтра}$ – місцеві втрати в зворотньому клапані, відводу 90°, виходу з резервуару, фільтра;

Знаходимо коефіцієнт місцевого опору:

$$\sum \xi_m = 2 \cdot 5 + 1 \cdot 5 + 0,5 + 2 \cdot 5 = 25,5;$$

Приймаємо швидкість $\omega = 0,5 \text{ м/с}$;

$$Z = 25,5 \cdot \frac{653,6 \cdot 0,5^2}{2} = 2084 \text{ Па};$$

Число Рейнольдса:

$$\text{Re} = \frac{\omega \cdot d_{\text{вн}} \cdot \rho}{\mu}; \quad (9.6)$$

де μ – динамічна в'язкість, $\text{Па} \cdot \text{с}$;

$$\text{Re} = \frac{0,5 \cdot 0,025 \cdot 653,6}{21,2 \cdot 10^{-3}} = 385,4;$$

Отже $\text{Re} < 2000$;

Коефіцієнт тертя:

$$\lambda_{\text{тр}} = 0,11 \cdot \left(\frac{k}{d_{\text{вн}}} + \frac{64}{\text{Re}} \right)^{0,25}; \quad (9.7)$$

де k – шорховатість тру, мм (для сталевих труб $k = 0,06 \text{ мм}$);

$$\lambda_{\text{тр}} = 0,11 \cdot \left(\frac{0,06}{40} + \frac{64}{385,4} \right)^{0,25} = 0,07;$$

Втрати тиску від тертя по довжині 1 м:

$$\Delta P_{\text{тр}} = \frac{\lambda \cdot \rho \cdot \omega^2}{d_{\text{вн}} \cdot 2}; \quad (9.8)$$

					00 БКР 142.004.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta P_{mp} = \frac{0,07}{0,04} \cdot \frac{653,6 \cdot 0,5^2}{2} \cdot 1 = 143 \text{ Па / м};$$

Втрати тиску на тертя на ділянці довжиною $l = 60 \text{ м}$ (приблизна розрахункова довжина рахується обв'язка по периметру):

$$\Delta P_{mp} = R \cdot l; \quad (9.9)$$

$$\Delta P_{mp} = 143 \cdot 60 = 8580 \text{ Па};$$

Загальна втрата тиску:

$$\Delta P = 2084 + 8580 = 10664 \text{ Па}.$$

Визначення гідравлічних втрат у водяних трубопроводах.

Трубопровід кожухотрубний кондконденсатор - градирня.

$$\sum \xi_M = \xi_{зв.кл} + \xi_{відв.90^\circ} + \xi_{кол.} + \xi_{тр.} = 1 \cdot 5 + 2 \cdot 1 + 2 \cdot 1 = 9$$

Місцеві втрати знаходяться за формулою:

Приймаємо швидкість $\omega = 1 \text{ м / с}$;

$$Z = 9 \cdot \frac{1000 \cdot 1^2}{2} = 4500 \text{ Па};$$

Число Рейнольдса знаходиться за формулою:

$$Re = \frac{1 \cdot 0,18 \cdot 1000}{1 \cdot 10^{-3}} = 180000;$$

$$\lambda_{mp} = 0,11 \cdot \left(\frac{k}{d_{вн}} + \frac{64}{Re} \right)^{0,25};$$

де k – шорховатість тру, мм (для сталевих труб $k = 0,06 \text{ мм}$);

$$\lambda_{mp} = 0,11 \cdot \left(\frac{0,06}{180} + \frac{64}{180000} \right)^{0,25} = 0,02;$$

Втрати тиску від тертя по довжині 1 м:

$$\Delta P_{mp} = \frac{\lambda \cdot \rho \cdot \omega^2}{d_{вн} \cdot 2} = \frac{0,02 \cdot 1000 \cdot 1^2}{180 \cdot 2} = 0,056 \frac{\text{кПа}}{\text{м}};$$

					00 БКР 142.004.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Втрати тиску на тертя на ділянці довжиною $l = 60\text{ м}$ (приблизна розрахункова довжина рахується: відстань від кожухотрубного конденсатора до градирні + від градирні до кожухотрубного конденсатора).

$$\Delta P_{тр} = 0,056 \cdot 60 = 3,36\text{ кПа};$$

Загальна втрата тиску:

$$\Delta P = 4500 + 3360 = 7860\text{ Па}.$$

Підбір аміачного насоса

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

Насос для перекачування рідин підбирають за двома основним параметрам: Подачі V ($\text{м}^3/\text{с}$) та повному тиску P (в Па), створюючому насосу.

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

g – прискорення вільного падіння ($9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$);

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

де, $n_{ц}$ - кратність циркуляції ;

$$n_{ц} = 4$$

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

Потрібний напір насоса:

$$H = \frac{10664}{653,6 \cdot 9,81} = 1,66\text{ м};$$

Потрібна подача насоса:

					00 БКР 142.004.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V = n_{\text{ц}} \cdot \frac{\sum M_{\text{км}(-15)}}{\rho_{-15}} = 4 \cdot \frac{0,096}{653,6} = 0,00059 \text{ м}^3 / \text{с} = 2,12 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Вибираємо 2 насоси (1 запасний) фірми WITTGP42/960.

Модель	Макс. продуктивність, м ³ /год	Макс. напір, м	Швидкість обертання, об/хв	DN1, мм	DN2, мм	Модель двигуна/потужність, кВт	Заправка масла, л
GP42/960	2,3	20	960	40	40	BG80S/0,37	1,7

Підбір водяного насоса

Насос кожухотрубного конденсатора

Потрібний напір насоса знаходимо за формулою:

$$H = \frac{7860}{1000 \cdot 9,81} = 0,8 \text{ м};$$

Потрібна подача насоса:

$$V = 86,4 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Вибираємо 2 насоси (1 запасних) фірми Trialine 100-170/304.

Модель	Потужність, кВт	Продуктивність, м ³ /год	Напір, м	Розміри, мм			Маса, кг
				Д	Ш	В	
Trialine 100-170/304	3	90	6,9	595	205	345	79

					00 БКР 142.004.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Охорона праці

Вступ

Метою дано проекту є заміна застарілого обладнання з метою економії енергоресурсів та зниження кількості аміаку в системі.

Впровадження сучасного обладнання із високим рівнем автоматизації дозволить зменшити рівень впливу шкідливих і небезпечних факторів на людину, підвищити ступінь безпеки його експлуатації й обслуговування та, таким чином, покращити умови праці обслуговуючого персоналу.

При розробці проекту були враховані основні вимоги нормативно-технічної документації з охорони праці в галузі, інші діючі нормативні документи та стандарти безпеки праці.

Умови праці

В якості прикладу розглядається робоче місце оператора (машиніста) компресорного цеху.

Шкідливими і небезпечними виробничими факторами при обслуговуванні аміачної холодильної установки є:

- параметри мікроклімату;
- наявність у повітрі парів аміаку;
- рівень освітленості;
- шум і вібрація;
- наявність працюючих компресорів;
- посудини, що працюють під тиском;
- рухомі елементи обладнання;
- електробезпека;
- пожежо- та вибухонебезпека;

Нормативно-технічна документація на робочому місці оператора (машиніста).

В машинному відділенні ведеться добовий журнал роботи холодильної установки . Крім того, там та в пункті управління на видному місці знаходяться

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 БКР 142.004.007.ПЗ				

затверджені головним інженером інструкції із:

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

Також у пункті управління знаходяться:

- річні і місячні графіки проведення планово-попереджувального ремонту;
- схеми аміачних, масляних і водяних трубопроводів із пронумерованою запірно-регулювальною арматурою і приладами автоматики;
- показники розташування засобів індивідуального захисту (протигази, захисні костюми);
- номери телефонів швидкої допомоги, пожежної команди, диспетчера електромережі, штабу цивільної оборони, міліції, начальника компресорного цеха, старших зміни (домашні телефони);
- номери телефонів і адреса організації, що обслуговує автоматику холодильної установки.

Санітарні вимоги до виробничих приміщень та розташування обладнання

Приміщення машинного відділення розташоване в окремій будівлі у відповідності до вимог нормативно-технічної документації. Довжина приміщення машинного відділення становить 12 м, ширина – 12 м, висота – 6 м.

Вікна дворядні із звичайного скла. Під машинним відділенням знаходиться насосне відділення, висотою 3 м. З машинного відділення є два виходи назовні. Двері відчиняються у бік виходу.

					00 БКР 142.004.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підлога відділення є рівною, неслизькою і виконана з вогнетривкого матеріалу. Непрохідні канали та люки зачиняються під рівень з підлогою з'ємними металевими рифленими листами. Стіни машинного відділення, холодильне обладнання, трубопроводи пофарбовані у відповідності з діючими стандартами щодо раціонального фарбування поверхонь виробничих приміщень та технологічного обладнання промислових підприємств.

З метою підвищення безпеки експлуатації холодильної установки, конденсатори та лінійні ресивери розміщені зовні машинного відділення. В машинному відділенні розміщено: 4 поршневі компресори фірми GRASSO, два з яких марки 58S, а інші три - марки 66. Ширина основного проходу в цеху складає 3 м, прохід між виступаючими частинами компресорів - 2 м. Прохід між стіною і компресором становить -2 м. Циркуляційні ресивери встановлені також в машинному відділенні впритул до стіни.

При машинному відділенні, у спеціально відгородженому приміщенні, передбачений пункт управління (ПУ), в якому встановлений центральний щит управління (ЦЩУ), стіл машиніста біля оглядового вікна, стілець.

Мікроклімат та чистота повітря

Мікроклімат виробничого середовища та чистота повітря в машинному відділенні та ПУ повинні відповідати вимогам ДНС 3.3.6.042-99. «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

В компресорному відділенні та приміщенні ПУ повинні забезпечуватися такі параметри мікроклімату:

	Компресорне відділення	ПУ
У теплий період року:		
- Температура	26...28 °С	24...26°С
- Відносна вологість, не вище	60%	70%
- Швидкість руху повітря, не більше	0,4 м/с	0,3м/с
У холодний період року:		

					00 БКР 142.004.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Температура	18...20 °C	20...21°C
- Відносна вологість, не вище	75%	75%
- Швидкість руху повітря, не більше	0,3 м/с	0,2 м/с

Параметри мікроклімату та чистота повітря підтримуються в машинному і апаратному відділенні за допомогою загальнообмінної механічної вентиляції, теплоізоляції та герметизації компресорів, циркуляційних ресиверів, трубопроводів, а також опаленням у холодний період року.

Система постійно діючої припливної-витяжної вентиляції машинного та апаратного відділення забезпечує наступну кратність повітрообміну за годину:

- приплив – за розрахунком, але неменше 2;
- витяжка – за розрахунком, але неменше 3;

Повітря яке викидається в атмосферу не очищується.

Система опалення, опалювальні прилади, теплоносії та його граничні показники по температурі прийняті згідно до вимог СНиП 2.04.05. – 91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

Для контролю за концентрацією аміаку в повітрі виробничих приміщень та виявлення його витоку використовують газоаналізатори УГ-2. Контроль здійснюється 3 рази на зміну.

Параметри мікроклімату та чистота повітря в ПУ підтримується загальнообмінною змішаною припливно-витяжною вентиляцією (подача свіжого повітря здійснюється механічним вентилятором з підігрівом повітря в холодний період року, а видалення забрудненого – неорганізованою природною вентиляцією через вентиляційну решітку у верхній частині ПУ).

Розрахунок кількості припливно-вентиляційного повітря

Інтенсивність виділення парів аміаку в машинному відділенні:

$G=30$ г/год (по даним вимірювання хімлабораторії)

Концентрація парів аміаку у повітрі припливного повітря (природний вміст аміаку):

$C_1=0,02$ мг/м³ (по даним вимірювання хімлабораторії)

					00 БКР 142.004.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Гранично допустима концентрація парів аміаку у повітрі машинного відділення:

$$C_2=8 \text{ мг/м}^3 \text{ (по даним вимірювання хімлабораторії)}$$

Кількість вентиляційного повітря на вентиляцію становитиме:

$$L = \frac{1000 * G}{C_2 - C_1} = \frac{1000 * 30}{8 - 0,02} \approx 3750 \text{ м}^3/\text{год}$$

Кратність повітрообміну у машинному відділенні по приливу повинно складати:

$$n = \frac{L}{V} = \frac{3750}{6 * 12 * 12} = 1,94 \text{ год}^{-1}$$

де V – об'єм машинного відділення, м³.

Приймаємо кратність циркуляції в машинному відділенні по приливу – 2 рази за годину.

Шум і вібрація

Основними джерелами шуму в холодильних установках є компресор, насоси та їх електродвигуни, а також рух холодильного агенту по трубопроводам.

Допустимий рівень шуму в машинному відділенні та в ПУ відповідає вимогам ДСН 3.3.6.037 – 99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку, ГОСТ 12.1.003.-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. В машинному відділенні -78...82 дБ, в ПУ -50...55 дБ.

Для зниження рівня шуму в машинному і апаратному відділенні застосовують звукоізоляцію приводів; своєчасне змащування деталей і вузлів, їх профілактику та ремонт та засоби індивідуального захисту (наушники); а в ПУ – застосовується звукоізоляція стін.

Рівень загальної вібрації на робочих місцях не перевищує гранично допустимої величини, передбаченої ГОСТ 12.1.012 – 90. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования; ДСН 3.3.6.039 – 99. Державні санітарні норми

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 БКР 142.004.007.ПЗ				

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

Зменшення загальної вібрації на робочих місцях досягається за рахунок:

- відсутності жорсткого кріплення до конструкцій будівлі трубопроводів, які приєднуються до холодильної машини;
- встановлення компресорів та спеціальних амортизаційних фундаментах ізольованих від несучих конструкцій будівлі;
- розташування ПУ в місці найменшої віброакустичної дії від працюючого обладнання.

Виробниче освітлення

Рівень освітленості в приміщеннях машинного відділення та ПУ відповідає вимогам СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение»; ДБН В.2.5. – 28 – 2006. «Природне і штучне освітлення». У машинному відділенні й ПУ присутнє природне і штучне освітлення. Природне освітлення здійснюється через односторонні бічні прорізи (КПО у машинному відділенні становить 0,2%). Штучне освітлення здійснюється люмінесцентними лампами. Загальний рівень робочого освітлення у машинному відділенні становить 75 лк, у ПУ – 150 лк, крім того біля щита управління передбачається місцеве освітлення (лампа розжарювання, рівень комбінованого освітлення 500 лк).

Машинне і апаратне відділення, ПУ, а також існуючі підземні прохідні тунелі з аміачними трубопроводами і розподільною арматурою мають аварійне освітлення від незалежного джерела (акумуляторні батареї). Воно автоматично включається при відключенні робочого освітлення. Рівень аварійного освітлення не менше 8 лк.

Розрахунок штучного освітлення в машинному відділенні

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

Площа $S = a * b = 12 * 12 = 144 \text{ м}^2$.

- приймаємо $E_{\text{min}} = 75$ лк;

- тип ламп ЛДЦ – 40;

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 БКР 142.004.007.ПЗ				

- світловий потік однієї лампи $F=1520$ лк;
- тип світильників НОДЛ 2x40;
- кількість ламп у світильнику $m=2$ шт.

Визначаємо індекс приміщення за формулою:

$$i = \frac{a \cdot b}{(a+b) \cdot H \cdot \pi}$$

$$i = \frac{12 \cdot 12}{(12+12) \cdot 6} = 1$$

Приймаємо наступні коефіцієнти :

коефіцієнт відбиття:

- стелі $r_{\text{стелі}}=50\%$;

- стін $r_{\text{стін}}=30\%$.

коефіцієнт використання $\eta=42\%$.

коефіцієнт запасу $k=1,5$.

коефіцієнт нерівномірності приймаємо $z=1,1$.

Визначаємо необхідну кількість ламп на ділянці виходячи з формули:

$$n = \frac{E_{\text{min}} \cdot S \cdot z \cdot k}{F \cdot \eta}$$

$$n = \frac{75 \cdot 144 \cdot 1,1 \cdot 1,5}{1520 \cdot 0,4} = 29,3 \text{ шт.}$$

Приймаємо кількість ламп $n=30$ шт. Визначаємо кількість світильників:

$$N = \frac{n}{m} = \frac{30}{2} = 15 \text{ шт.}$$

Світильники розміщуємо в 3 ряди по 5 світильників в кожному.

Техніка безпеки

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

					00 БКР 142.004.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Безпечна експлуатація холодильного устаткування здійснюється згідно вимог, ДНАОП 0.00 – 1.07 – 94. «Правила будови та безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском» та інших нормативних документів і стандартів безпеки праці.

До обслуговування холодильних установок допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли медичний огляд і мають свідоцтво про закінчення спеціального учбового закладу або курсів:

- по експлуатації холодильних установок – для машиністів;
- по автоматизації холодильних установок – для слюсарів по КВП і автоматизації.

До самостійного обслуговування холодильних установок машиністи допускаються тільки після проходження стажування строком не менше 1 місяця і відповідної перевірки знань.

Холодильна установка обслуговується двома машиністами в зміну.

Періодична перевірка знань персоналом інструкції з обслуговування холодильної установки, техніки безпеки при експлуатації обладнання і практичним діям в аварійних ситуаціях, надання долікарської допомоги проводиться не рідше одного разу в 12 місяців комісією, яка складається із спеціалістів з холодильної техніки, електротехніки, приладах автоматизації і техніки безпеки.

Перевірка знань з техніки безпеки у керуючих та інженерно-технічних робітників здійснюється у відповідності з «Положенням про порядок перевірки знань правил і норм з охорони праці керуючих інженерно-технічних робітників і спеціалістів».

Для спостереження за робочим тиском на всмоктувальній магістралі кожного компресора встановлені манометри МП-4, а на нагнітальних трубопроводах компресорів – по окремому манометру МТ-250 підвідна трубка до якого під'єднується за зворотним клапаном по ходу парів аміаку.

На нагнітальному трубопроводі кожного компресора розташовані термометри типу ТП-7 з кожухами для захисту від механічних пошкоджень.

					00 БКР 142.004.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Система захисту компресора включає наступні пристрої: реле високого тиску РД-4А-01Т; реле низького тиску РД-4А-01Т; реле температури ТР-2А-06ТМ; реле потоку холодної води РП-67; реле контролю змащення РКС-1А-01. Система захисту відключає компресори при виникненні небезпечних режимів роботи холодильної установки.

Посудини працюючі під тиском (дренажний та циркуляційні ресивери) оснащені манометрами типу МПЗ-У та пристроями безпеки: запобіжними клапанами типу Е29139, захисними реле рівня ПРУ-5М. Захисне автоматичне напівпровідникове реле рівня контролює і сигналізує про досягнення максимального та мінімального рівня аміаку.

Для візуальних показників рівня рідини в апаратах, посудинах, ресиверах застосовується плоске оглядове скло.

Випуск парів аміаку в атмосферу через запобіжні клапани здійснюється за допомогою загальної відвідної труби, виведеної на 1,5 м вище ковзана даху виробничого приміщення.

Циркуляційні ресивери мають по два взаємно дублюючих реле рівня ПРУ-5М, які сигналізують лампами наступних кольорів:

- жовтий – сигнал гранично допустимого рівня;
- червоний – аварійний сигнал небезпечного рівня.

Світлові сигнали спрацювання пристроїв захисту компресора, гранично допустимого і небезпечного рівня аміаку в апаратах, посудинах одночасно дублюється звуковим сигналом з ручним відключенням в машинному відділенні та пункті управління.

З метою підвищення безпеки експлуатації холодильної установки, посудини працюючі під високим тиском (КД, ЛР, МВ, МЗ) розміщені ззовні, на відстані 20 м від машинного відділення, на конденсаторній площадці. Огородження площадки зварено із швелерів і металевої сітки, яка має висоту 0,6 м та захищене від сонця.

У приміщенні машинного відділення встановлено два незалежно діючих сигналізатори аварійної концентрації аміаку у повітрі нижнього рівня ДОЗОР-

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 БКР 142.004.007.ПЗ				

6-АМІАК-500-Т, який має 6 індикаторів контролю концентрації аміаку (біля кожного компресора, дренажного ресивера, регулюючої станції) та два незалежно діючих сигналізатори аварійної концентрації аміаку верхнього рівня ДОЗОР-6-АМІАК-1500-Т.

При досягненні концентрації 500 мг/м^3 (0,07%) сигналізатори концентрації аміаку нижнього рівня дають попереджувальний сигнал (світловий та звуковий) у приміщення постійного чергування персоналу. Якщо концентрація аміаку досягає 1500 мг/м^3 (0,21%) сигналізатори концентрації аміаку верхнього рівня вимикають електроспоживання всієї холодильної установки та одночасно вмикають: аварійну витяжну вентиляцію (кратність – $10 \dots 12 \text{ год}^{-1}$), світлову сигналізацію, сирену типу ПВ-СС та світлове табло біля входу в машинне відділення.

Для екстреного відключення електроживлення усього обладнання холодильної установки і робочого освітлення, на зовнішній стіні машинного відділення змонтовано кнопки загального аварійного відключення: одна – біля робочого входу, друга – біля запасного виходу. Одночасно з відключенням електроживлення обладнання ці кнопки вмикають в роботу аварійну витяжну вентиляцію, сирену і аварійне освітлення. Електроживлення аварійної вентиляції здійснюється, як від основного джерела, так і від незалежного.

Для індивідуального захисту обслуговуючого персоналу від аміаку застосовується захисний спецодяг, спецвзуття та протигази типу КД. Протигази зберігаються в машинному відділенні в спеціальній шафі біля входу. Крім цього ззовні машинного та апаратного відділення, поруч з вхідними дверима, в шафі знаходяться запасні протигази типу КД.

У випадку аварійних робіт у загазованому приміщенні передбачено 3 захисних костюма Л-1.

Для надання долікарської допомоги в машинному відділенні є в наявності аптечка, в якій міститься: 1-2% р-н лимонної кислоти; 4% розчин борної кислоти; 1% розчин новокаїну; етиловий спирт; сода; бинти, вата, марлеві серветки; мазь Вишневського, йод.

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 БКР 142.004.007.ПЗ					

Електробезпека

Компресорне відділення та ПУ відносяться до приміщень з підвищеною електробезпекою (ПУЕ. Правила улаштування електроустановок).

Безпечна експлуатація електроустаткування здійснюється згідно вимог ДНАОП 0.00 – 1.32 – 01.«Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок», ДНАОП 0.00 – 1.21 – 98.«Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів», ГОСТ 12.1.019 – 79. ССБТ. «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты », а також діючим стандартам електробезпеки та іншим нормативним документам.

У приміщенні компресорного та апаратного відділень електропроводка, кабельні лінії та виконання електроустаткування мають ступінь захисту оболонки – IP44.

Безпечна експлуатація електрообладнання досягається такими заходами та засобами:

- недоступність струмоведучих частин від випадкового дотикання досягається за допомогою захисних огорож та блокування, закритих щитів, розташуванням кабелів і проводки на недоступній висоті, наявність знаків безпеки;
- надійною ізоляцією силових струмоведучих частин, опір якої повинен становити не менше 0,5 МОм;
- електрообладнання у виробничих приміщеннях та щит управління в ПУ має захисне заземлення із ізольованою нейтраллю типу IT. Опір заземлюючого пристрою не перевищує 4 Ом;
- захист від струмів короткого замикання здійснюється автоматичними запобіжниками;

					00 БКР 142.004.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- застосуванням низьких напруг (36 В – для ручного інструмента та освітлення щита управління в ПУ, 12 В – для переносного світильника у вибухозахищеному виконанні – IP54).

Холодильник, машинне і апаратне відділення мають пристрій захисту від блискавки – виконаний як для промислових об'єктів II категорії у відповідності з вимогами РД 34.21.122-87. «Инструкция по защите от молнии зданий и сооружений».

Пожежо- та вибухобезпека

Машинне відділення відноситься до вибухо – та пожежонебезпечної категорії Б або до вибухонебезпечних приміщень класу В – Іб, а ПУ – до пожежонебезпечної категорії Д (СНиП 2.11.02 – 87. «Холодильники», ОНТП 24-86. «Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности»).

В процесі експлуатації холодильної установки робітники дотримуються вимог «Типові правила пожежної безпеки для промислових підприємств», ГОСТ 12.1.004 – 91. ССБТ. «Пожарная безопасность. Общие требования», ДНАОП 0.01 – 1.01 – 95. «Правила пожежної безпеки в Україні».

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

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

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

Система запобігання пожежі і вибуху передбачає:

- наявність в огорожуючих конструкціях будівлі машинного відділення легко скидних елементів (вікна, двері);

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00 БКР 142.004.007.ПЗ				

- контроль нижнього та верхнього аварійного рівня 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 без іскріння;
- використання засобів захисту від атмосферної електрики;
- застосування електроустаткування у вибухозахищеному виконанні;
- 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 на робочих місцях;
- роботу на електрообладнанні без перевантажень;
- дотримання правил пожежної безпеки при виконанні вогнених робіт;
- заборону куріння на робочих місцях.

Система пожежного захисту включає:

- наявність у приміщенні машинного відділення двох евакуаційних виходів, причому двері відчиняються у бік виходу;
- застосування в машинному відділенні будівельних матеріалів не нижче II ступеня вогнестійкості (СНиП 2.11.02 – 87, СНиП 2.01.02 – 85. «Протипожарные нормы»);
- наявність системи оповіщення про пожежу (ручні та димові оповіщувачі);
- наявність аварійного відключення обладнання;
- забезпечення первинними засобами пожежогасіння: пожежним щитом з лопатою, сокирою, ломом, металевим багром, а також наявність повітряно-пінного вогнегасника ОВП – 10 (2 шт); порошкового вогнегасника ОП – 9(2 шт), ящика з піском і азбестовим полотном.

					00 БКР 142.004.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПУ виконаний з будівельних матеріалів не нижче II ступеня вогнестійкості; має систему оповіщення про пожежу, засоби аварійної зупинки обладнання та оснащений вуглекислотним вогнегасником ОУ – 3(2 шт).

					00 БКР 142.004.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаної літератури

1) Явнель Б.К. “Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха”. М.: «Агропромиздат», 1989-223с.

2) Тепловые и конструктивные расчеты холодильных машин / под ред. Н.Н. Кошкина Л.: Машиностроение, 1976 – 464 с.

3) Сакурн И.А. «Тепловые и конструктивные расчеты холодильных машин» - Л.: Машиностроение, 1987 – 423с.

4) Холодильные компрессоры: Справочник / под ред. Быква. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982 – 224с.

5) Константинов М.И. Проектирование холодильных машин и установок

6) Вейнберг Б.С. Поршневые компрессоры холодильных машин. М.: Машиностроение, 1965 – 355с.

7) 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.

8) Резенфельд Л.М. и Ткачев А.Г. Холодильные машины и аппараты. М., Госториздат, 1960.

9) Тимофеевский Л.С. Холодильные машины – СПб.: Политехника, 1997 – 992с.

10) Чумак И.Г. и др. Холодильные установки – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1981 – 344с.

					00 БКР 142.004.007.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		