

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім.акад. І.С.Гулого
Кафедра теплоенергетики та холодильної техніки

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 142 Енергетичне машинобудування
(код і назва)

Освітньо-професійна програма Холодильні техніка та технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЕХТ

проф. Петренко В.П.

“01” жовтня 2024 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Дончука Олександра Віталійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект овочесховища місткістю 8500 тон у м. Київ на базі різних схемних рішень системи холодопостачання.

керівник роботи д.т.н., проф. Серьогін О.О.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від 01.10.2024 року № 859-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 02.12.2024 року
3. Вихідні дані до роботи Місткість камер зберігання: картопля 3350т, морква 1300т, буряк 1700т, капуста 1700т та цибуля 450т.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
Вступ, 1. Техніко-економічне обґрунтування. 2. Технологічна схема оброблення продукції. 3. Планування холодильника. 4. Розрахунок ізоляційних конструкцій. 5. Розрахунок теплонадходжень. 6. Тепловий розрахунок холодильної установки. 7. Підбір допоміжного обладнання. 8. Гідравлічний розрахунок. 9. Розрахунок економічних показників. 10. Автоматизація холодильного обладнання. 11. Електропостачання. 12. Охорона праці. 13. Цивільний захист. Список використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу

1. План та розріз будівлі холодильника 2. Чхема холодильної установки 3. План та розріз машинного відділення 4. Схема автоматизації 5. Електрична схема

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 01.10.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Отримання завдання на магістерську роботу	07.10-11.11.2024	
	Виконання розділів магістерської роботи	14.11.24-22.01.24	
	Оформлення ПЗ, презентація, консультація з розділів	23.01-05.02.2024	

Здобувач _____
(підпис)

Дончук О.В. _____
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Грищенко Р.В. _____
(прізвище та ініціали)

Анотація

У цьому проєкті розглянуто "Проєкт овочесховища місткістю 8500 тонн у м. Київ з використанням різних схемних рішень систем холодопостачання".

Метою дипломного проєкту було розроблення та проєктування холодильника для зберігання овочів. У рамках роботи створено ефективну холодильну схему, виконано підбір необхідного обладнання відповідно до умов експлуатації. Основна мета проєкту – забезпечення максимальної енергоефективності системи холодопостачання, досягнення оптимального рівня охолодження продукції при мінімальних капітальних та експлуатаційних витратах.

Проєкт включає детальний розрахунок теплових і технологічних параметрів холодопостачання, опис технології зберігання продукції, а також вибір основного й допоміжного обладнання.

У проєкті використано новітні підходи до проєктування конструктивних та об'ємно-планувальних рішень холодильних установок, а також сучасні схеми охолодження і зберігання продукції. Усі розрахунки та креслення виконані із застосуванням програмного забезпечення "Microsoft Office 2016", "Mathcad 16" і "AutoCAD 2022".

Ключові слова: овочесховище; холодильна установка; системи холодопостачання; енергоефективність; теплонадходження; ізоляційні конструкції; допоміжне обладнання; автоматизація; зберігання овочів; техніко-економічне обґрунтування.

					00.MP.000142.002.003.ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Дончук О.В.			Проєкт овочесховища місткістю 8500 тон у м. Київ на базі різних схемних рішень системи холодопостачання.	<i>Літ.</i>	<i>Лист.</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		Серьогін О.О.					4	96
<i>Реценз.</i>						НУХТ ХМ-2-9М		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		Петренко В.П.						

Abstract

This project examines the "Design of a vegetable storage facility with a capacity of 8,500 tons in Kyiv, employing various refrigeration system configurations."

The goal of the diploma project was to develop and design a refrigeration facility for vegetable storage. The work includes the creation of an efficient refrigeration system and the selection of necessary equipment tailored to the operational conditions. The primary objective of the project is to ensure maximum energy efficiency of the refrigeration system, achieving optimal cooling performance for stored products while minimizing capital and operational costs.

The project encompasses detailed calculations of thermal and technological parameters for the refrigeration system, a description of the storage technology, and the selection of main and auxiliary equipment.

The project integrates modern approaches to designing structural and spatial solutions for refrigeration systems, as well as contemporary cooling and storage schemes for produce. All calculations and drawings were carried out using "Microsoft Office 2016," "Mathcad 16," and "AutoCAD 2022."

Keywords: vegetable storage facility; refrigeration system; cooling systems; energy efficiency; heat gains; insulation structures; auxiliary equipment; automation; vegetable storage; feasibility study.

					00.MP.000142.002.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

Зміст

Вступ.....	5
1. Техніко-економічне обґрунтування.	6
2. Технологічна схема оброблення продукції.	7
3. Планування холодильника.	10
4. Розрахунок ізоляційних конструкцій.	15
5. Розрахунок теплонадходжень.	18
6. Тепловий розрахунок холодильної установки.	32
7. Підбір допоміжного обладнання.	37
8. Гідравлічний розрахунок.	45
9. Розрахунок економічних показників.	48
10. Автоматизація холодильного обладнання.	58
11. Електропостачання.	63
12. Охорона праці.	74
13. Цивільний захист.	84
Список використаних джерел.	

					00.MP.000142.002.003.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Для забезпечення якісного та своєчасного постачання овочів населенню доцільно створити розгалужену мережу холодильних складів порівняно невеликої потужності, які б обслуговували окремі райони чи регіони. Проте в умовах міської забудови можливості для вільного планування та вибору конструкції будівлі холодильника значно обмежені. Це зумовлено високою вартістю земельних ділянок у межах міста та обмеженнями на використання аміачних холодильних установок у густонаселених зонах через їх аміакоємність. Зазначені обставини вимагають застосування компактних і економічних конструкцій та систем, заснованих на новітніх науково-технічних розробках.

З огляду на ці фактори, вибір одноповерхової конструкції будівлі холодильника в цьому проекті є найбільш доцільним і раціональним. Матеріали та конструкції несучих і огорожувальних елементів обрано відповідно до чинної нормативної та кошторисної документації.

					00.MP.000142.002.003.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Техніко-економічне обґрунтування

Метою цього проєкту є будівництво овочесховища в м. Київ.

Зведення цього підприємства у столиці дозволить забезпечити накопичення овочів для тривалого зберігання та їх подальшої реалізації. Овочесховище забезпечуватиме свіжими овочами жителів Києва та Київської області.

У проєкті для отримання холоду використовується насосно-циркуляційна схема подачі холодоагента, яка є найпростішою та найнадійнішою порівняно з аналогічними схемами на основі аміаку. Обраний холодильний агент вирізняється низькою вартістю та екологічною безпечністю у порівнянні з фреонами. Охолоджувальна схема передбачає безпосереднє охолодження, що дозволяє зменшити капітальні витрати у порівнянні з використанням проміжного теплоносія, а також знизити споживання електроенергії.

Для камер холодильника в якості теплообмінного обладнання обрано повітроохолоджувачі. Це забезпечує примусову циркуляцію повітря, що пришвидшує процес охолодження. У порівнянні з батарейним охолодженням, повітроохолоджувачі є більш компактними, займають менше вантажної площі та мають нижчу металоємність за однакової холодопродуктивності.

					00.MP.000142.002.003.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сушіння та прогрівання цибулі здійснюють партіями в міру завантаження сховища. Оптимальні умови зберігання цибулі: температура 0...+1°C і відносна вологість повітря 70–80%.

Перед зберіганням капусти її сортують, а качани обрізають трохи нижче місця кріплення листя, щоб запобігти механічним пошкодженням. Температура в камері перед завантаженням має бути знижена до –1...0°C.

Після завершення завантаження камеру поступово доводять до робочого режиму –1...+0,5°C протягом доби і підтримують ці параметри до кінця зберігання. При такій температурі знижується інтенсивність дихання та тепловиділення капусти, а також значно уповільнюється активність мікроорганізмів.

Важливим фактором для успішного зберігання капусти є підтримка відносної вологості повітря на рівні 85–90%.

Для забезпечення рівномірності температури та вологості в камері здійснюють циркуляцію повітря із рекомендованою кратністю 100–150 м³/т·год залежно від кліматичних умов.

Під час охолодження капусти циркуляція повітря проводиться безперервно, тоді як у період основного зберігання (зимовий час) її знижують на 50% і здійснюють періодично – по 30 хв кожні 4 години, із загальною тривалістю до 3 годин на добу.

Циркуляція повітря забезпечує видалення надлишкового тепла і запобігання накопиченню вуглекислого газу, що утворюється внаслідок дихання продукції.

Обмін повітря в камері виконується через повітроохолоджувачі або нагрівальні прилади: під час охолодження капусти – щоденно, а в наступний період – кожні три доби. Кількість зовнішнього повітря, що подається, становить 2–3 об'єми незавантаженої камери на добу.

					00.MP.000142.002.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Зберігання овочів відбувається при повному завантаженні камер. Овочі зберігаються в контейнерах, які встановлюють один на інший в 4 яруси.

Овочі зберігаються в дерев'яних контейнерах (1600x1200x1200) для зручності транспортування та зберігання. Бік та низ контейнерів мають достатню кількість вентиляційних отворів, щоб повітря могло циркулювати. [7]

Погрузочні та розгрузочні роботи відбуваються за допомогою карів.

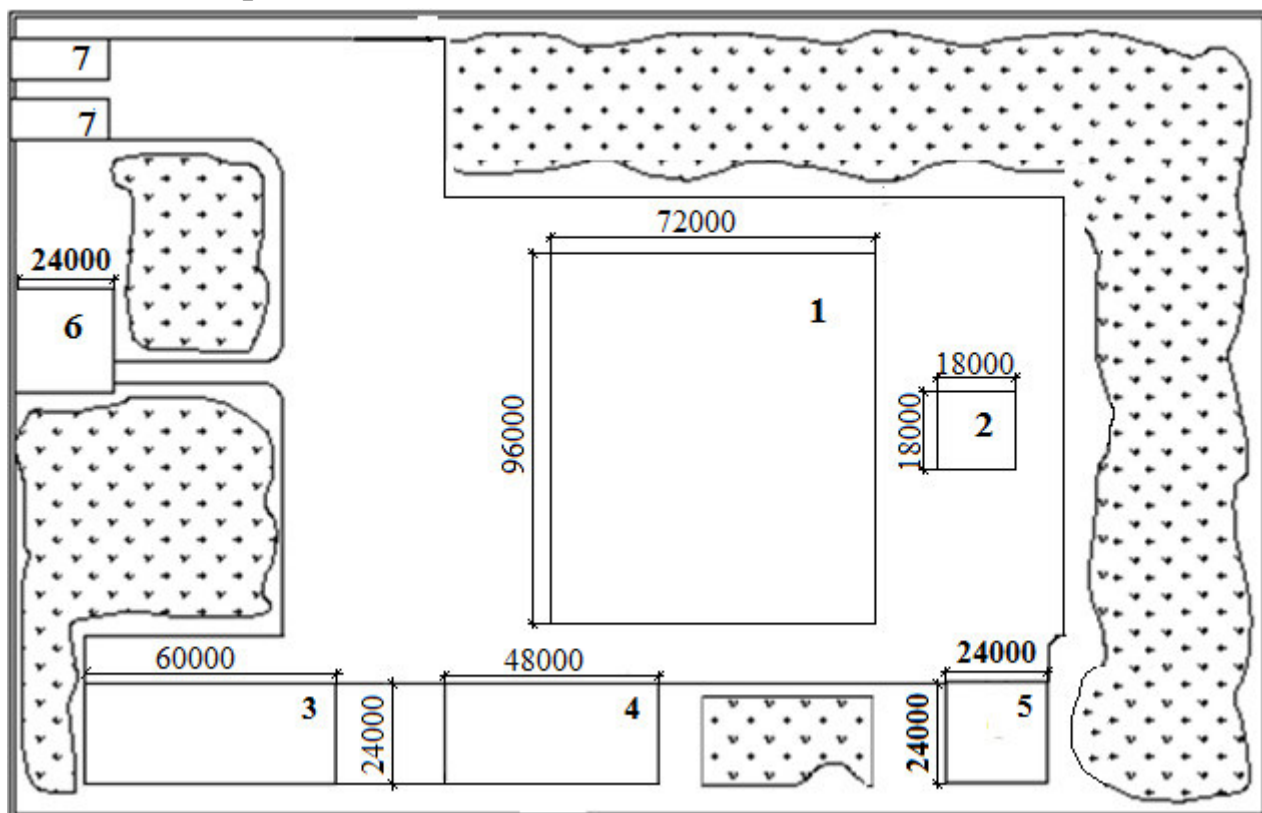
Таблиця 2.1. Умови зберігання овочів

Продукція	Температура зберігання, °С	Відносна вологість повітря, %
Картопля	0...+2	85...95
Морква	0...+1	90...98
Буряк	0...+1	90...95
Капуста	0...+1	85...90
Цибуля	0...+1	70...80

					00.MP.000142.002.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

3 Планування холодильника

3.1. Генеральний план.



Овочесховище складається із наступних основних частин:

- 1 – холодильник;
- 2 – машинне відділення та службові приміщення;
- 3 – фасувальний та сушильний цех;
- 4 – сховище дерев'яних контейнерів;
- 5 – сховище аміаку та масел;
- 6 – адміністративний корпус;
- 7 – автовагова;

Будівлі овочесховищ відносяться до 5-го класу промислових підприємств, тому в плані забудови передбачена санітарна зона шириною 50 м навколо споруд.

										Арк.
										12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.MP.000142.002.003.ПЗ					

У генеральному плані передбачено щільність забудови до 50%. Будівля холодильника розташована таким чином, щоб забезпечити зручний доступ для транспортування контейнерів із овочами до камер зберігання від фасувального та сушильного цехів. На території овочесховища також передбачено наявність прохідної та вагової з автовагами вантажопідйомністю 10 і 30 тон.

3.2. Об'ємно-планувальне рішення проектного холодильника

Будівля овочесховища запроектована як одноповерхова конструкція.

Основні розміри та місткість камер холодильника визначаються на основі наведених нижче формул. Підсумкові розрахунки розмірів та місткостей камер наведено в таблиці 3.1.

Всі охолоджувані приміщення холодильника компоуємо в одному контурі.

В камерах холодильника використовуються притулочні двері з електропідігрівом притулу (притвору).

3.3 Визначення основних розмірів та планування приміщень холодильника.

Будівельну площу камери зберігання визначаємо за формулою [3]:

$$F_{\text{бюд}} = \frac{B_{\kappa}}{q_v \cdot \beta_F \cdot h_{\text{сп}}}, \text{ м}^2.$$

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.

Визначаємо площу одного будівельного прямокутника за формулою:

									Арк.
									13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.MP.000142.002.003.ПЗ				

$$f = b \cdot l = 12 \cdot 12 = 144 \text{ м}^2.$$

де b - ширина будівельного прямокутника, м;

l - довжина будівельного прямокутника, м.

Визначаємо кількість будівельних прямокутників за формулою:

$$n = \frac{F_{\text{б\ddot{y}д}}}{f}.$$

Приймаємо дійсну кількість будівельних прямокутників $n_{\text{д}}$, округлюючи до цілих значень (в бік зростання) розрахункове значення n .

Знаходимо загальну площу камер зберігання [3]:

$$F_{\text{б\ddot{y}д}} = \sum n_i \cdot f \text{ м}^2.$$

Знаходимо площу експедиції за формулою [3]:

$$F_{\text{екс}} = 0,4 \cdot \frac{\sum M}{0,35} \text{ м}^2.$$

де $\sum M$ - загальне добове надходження продукту в камери, т/добу.

Знаходимо площу допоміжних приміщень за формулою [3]:

$$F_{\text{дон}} = 0,23 \cdot \sum F_{\text{б\ddot{y}д}} \text{ м}^2.$$

Знаходимо площу холодильника в контурі ізоляції за формулою:

$$F_{\text{хол}}^I = \sum F_{\text{б\ddot{y}д}} + F_{\text{екс}} + F_{\text{дон}} \text{ м}^2.$$

Машинне відділення проектуємо з сіткою колон 6х6 м. Розміри будівлі: довжина – 18м, ширина – 18м.

Знаходимо площу всього холодильника за формулою:

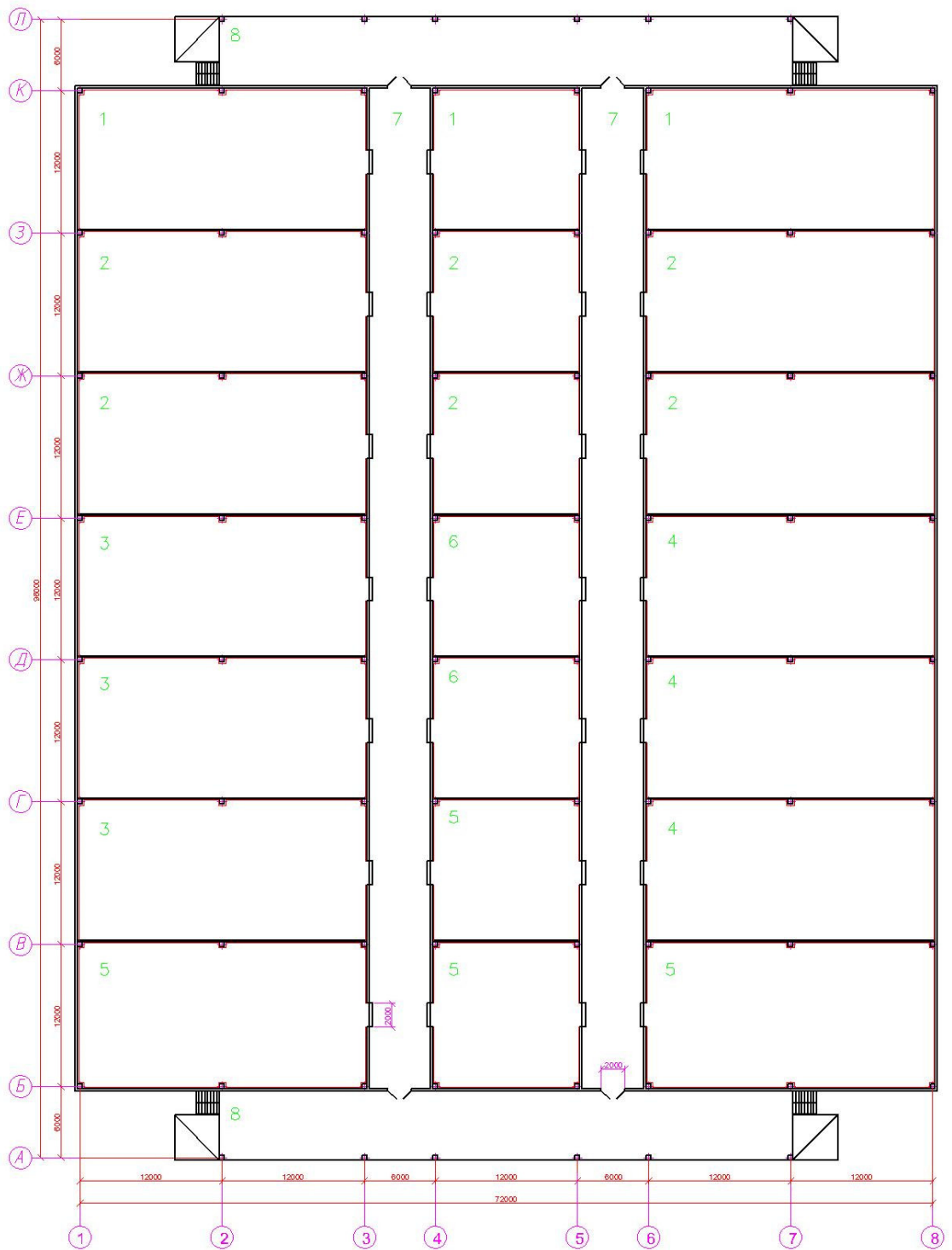
$$F_{\text{хол}} = F_{\text{хол}}^I + F_{\text{сл}} + F_{\text{маш}} \text{ м}^2.$$

					00.MP.000142.002.003.ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1. Визначення основних розмірів приміщень холодильника

Назва камери	$V_k, \text{ т}$	$q_v, \text{ т/м}^3$	β_f	$h_v, \text{ м}$	$F_{\text{буд.}}, \text{ м}^2$	$f, \text{ м}^2$	$n_p, \text{ шт}$	$n_d, \text{ шт}$	$F_{\text{буд. д.}}, \text{ м}^2$
Картопля	3350	0,6	0,82	4,8	1418,5	144	9,8	10	1440
Морква	1300	0,4	0,82	4,8	825,7	144	5,7	6	864
Буряк	1700	0,5	0,82	4,8	863,8	144	5,9	6	864
Капуста	1700	0,5	0,82	4,8	863,8	144	5,9	6	864
Цибуля	450	0,4	0,82	4,8	285,8	144	1,9	2	288
Загальна площа камер зберігання									4320
Експедиція (630т/добу)					720	144	5	5	720
Допоміжні приміщення					993,6	72	13,8	14	1008
Площа холодильника в контурі ізоляції									6048
Службові приміщення					144	36	4	4	144
Машинне відділення					180	36	5	5	180
Площа всього холодильника									6372

					<i>00.MP.000142.002.003.ПЗ</i>	Арк.
						15
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

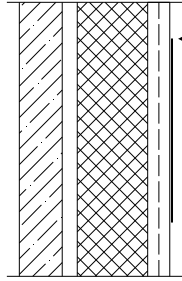


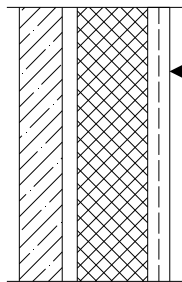
- 1 – Експедиція
- 2 – Камера зберігання картоплі
- 3 – Камера зберігання буряка
- 4 – Камера зберігання капусти
- 5 – Камера зберігання моркви
- 6 – Камера зберігання цибулі
- 7 – Коридор
- 8 - Автомобільна платформа

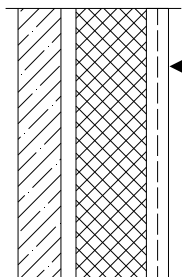
					00.MP.00014.2.002.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

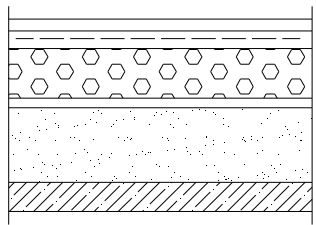
4 Розрахунок ізоляційних конструкцій

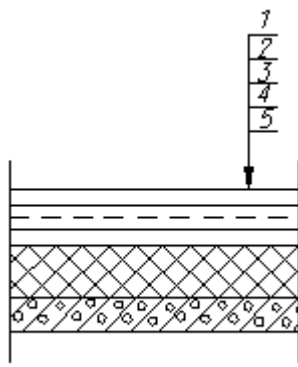
Будівельно-ізоляційні конструкції холодильних камер наведено в таблицях:

	Зовнішня стіна			
	□	□	□□ _i /□ _i	
	м	Вт/мК	м ² К/Вт	
	1. Штукатурка	0,02	0,98	0,141
	2. Теплоізоляція з SturodurC	-	0,031	
	3. Пароізоляція - 2 шари гідроізоли на бітумній мастиці	0,004	0,3	
	4. Залізобетон	0,2	1,86	

	Внутрішня стіна			
	□	□	□□ _i /□ _i	
	м	Вт/мК	м ² К/Вт	
	1. Штукатурка	0,02	0,98	0,141
	2. Теплоізоляція з SturodurC	-	0,031	
	3. Пароізоляція - 2 шари гідроізоли на бітумній мастиці	0,004	0,3	
	4. Залізобетон	0,2	1,86	

	Перегородка			
	□	□	□□ _i /□ _i	
	м	Вт/мК	м ² К/Вт	
	1. Штукатурка	0,02	0,98	0,088
	2. Теплоізоляція з SturodurC	-	0,031	
	3. Пароізоляція - 2 шари гідроізоли на бітумній мастиці	0,004	0,3	
	4. Залізобетон	0,1	1,86	

	Підлога			
	□	□	□□ _i /□ _i	
	м	Вт/мК	м ² К/Вт	
	1. Монолітне бетонне покриття із важкого бетону	0,04	1,86	2,3
	2. Армована бетонна стяжка	0,04	1,86	
	3. Гравій керамзитовий	0,25	0,12	
	4. Пароізоляція - 2 шари гідроізоли на бітумній мастиці	0,004	0,3	
	5. Цементно-пісковий розчин	0,03	0,98	
	6. Залізобетон	0,22	1,86	



Покриття	□	□	□□ _i /□ _i
	м	Вт/мК	м ² К/Вт
1. 5 шарів гідроізолю на бітумній мастиці	0,012	0,3	0,092
2. Стяжка з бетону по металевій сітці	0,04	1,86	
3. Пароізоляція - 2 шари гідроізолю на бітумній мастиці	0,004	0,3	
4. Теплоізоляція з SturodurC	-	0,031	
5. Залізобетонна плита покриття	0,035	2,04	

Знаходимо потрібну товщину ізоляційного шару [3]:

$$\delta_{iz} = \lambda_{iz} \cdot \left[\frac{1}{K_0} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_6} \right) \right], \text{ м.}$$

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

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

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

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

Знаходимо потрібну товщину ізоляційного шару для зовнішньої стіни:

$$\delta_{iz1} = 0,031 \cdot \left[\frac{1}{0,38} - \left(\frac{1}{23} + 0,141 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,072 \text{ м}$$

Приймаємо товщину 80 мм.

Знаходимо потрібну товщину ізоляційного шару для внутрішньої стіни:

$$\delta_{iz1} = 0,031 \cdot \left[\frac{1}{0,45} - \left(\frac{1}{8} + 0,141 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,057 \text{ м}$$

Приймаємо товщину 60 мм.

Знаходимо потрібну товщину ізоляційного шару для перегородок:

$$\delta_{iz2} = 0,031 \cdot \left[\frac{1}{0,58} - \left(\frac{1}{9} + 0,088 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,044 \text{ м}$$

Приймаємо товщину 50 мм.

Знаходимо потрібну товщину ізоляційного шару для покриття:

$$\delta_{із2} = 0,031 \cdot \left[\frac{1}{0,36} - \left(\frac{1}{23} + 0,092 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,078 \text{ м}$$

Приймаємо товщину 80 мм.

Знаходимо дійсний коефіцієнт теплопередачі огороження

$$K_0^{\partial} = \left[\left(\frac{1}{\alpha_{зн}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн}} \right) + \frac{\delta_{із.д}}{\lambda_{із}} \right]^{-1}, \frac{Вт}{\text{м}^2 * К}$$

Знаходимо дійсний коефіцієнт теплопередачі для зовнішньої стіни:

$$K_0^{\partial} = \left[\left(\frac{1}{23} + 0,141 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,08}{0,031} \right]^{-1} = 0,35 \frac{Вт}{\text{м}^2 * К}$$

Знаходимо дійсний коефіцієнт теплопередачі для внутрішньої стіни:

$$K_0^{\partial} = \left[\left(\frac{1}{8} + 0,141 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,06}{0,031} \right]^{-1} = 0,42 \frac{Вт}{\text{м}^2 * К}$$

Знаходимо дійсний коефіцієнт теплопередачі для перегородок:

$$K_0^{\partial} = \left[\left(\frac{1}{9} + 0,088 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,05}{0,031} \right]^{-1} = 0,53 \frac{Вт}{\text{м}^2 * К}$$

					00.МР.000142.002.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

5 Розрахунок теплонадходжень

Навантаження на камерне обладнання за формулою

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

Теплонадходження через огорожуючі конструкції Q_1 визначається за формулою

$$Q_1 = Q_{1T} + Q_{1C}, Bm$$

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

Q_{1C} - теплонадходження від сонячної радіації.

Теплонадходження через стіни, перегородки, покриття і підлогу визначається за формулою

$$Q_{1T} = K_0^{\circ} \cdot F \cdot (t_{zn} - t_{вн}), Bm$$

де K_0 - дійсний коефіцієнт теплопередачі огороження;

F - розрахункова площа поверхні огороження;

t_{zn} і $t_{вн}$ - розрахункові температури зовнішнього повітря і повітря в камері.

При розрахунку теплонадходжень через внутрішні огороження, які виходять в неохолоджувані приміщення, різниця температур розраховується: $0,7 \cdot (t_{zn} - t_{вн})$, що сполучаються з зовнішнім повітрям, і $0,6 \cdot (t_{zn} - t_{вн})$, якщо не сполучаються.

Теплонадходження від сонячної радіації визначається за формулою

$$Q_{1C} = K_0^{\circ} \cdot F \cdot \Delta t_c, Bm$$

де Δt_c - надлишкова різниця температур, яка характеризує дію сонячної радіації в літній час.

Всі розрахунки заносяться в таблицю 5.1

					00.MP.000142.002.003.ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1 Зведена таблиця розрахунку теплонадходжень Q_1

Назва камери	Найменування огородження	Ко д	Розміри			F	tзв	tвн	Δt	Δt_c	Q1т	Q1с	Q
			L	B	H								
Експедиція 1	Північна стіна	0,35	24		6	144	31	5	26		1310		1310
	Південна стіна	0,53	24		6	144	0		-5				
	Західна стіна	0,35	12		6	72	31		26	11,70	655	295	950
	Східна стіна	0,42	12		6	72			22		649		649
	Покриття	0,36	24	12		288	31		26	14,90	2696	1545	4241
	Підлога	0,41	24	12		288	1		-4				
												7150	
Експедиція 2	Північна стіна	0,35	12		6	72	31	5	26		655		655
	Південна стіна	0,53	12		6	72	0		-5				
	Західна стіна	0,42	12		6	72			22		649		649
	Східна стіна	0,42	12		6	72			22		649		649
	Покриття	0,36	12	12		144	31		26	14,90	1348	772	2120
	Підлога	0,41	12	12		144	1		-4				
												4074	
Експедиція 3	Північна стіна	0,35	24		6	144	31	5	26		1310		1310
	Південна стіна	0,53	24		6	144	0		-5				
	Західна стіна	0,42	12		6	72			22		649		649
	Східна стіна	0,35	12		6	72	31		26	9,60	655	242	897
	Покриття	0,36	24	12		288	31		26	14,90	2696	1545	4241
	Підлога	0,41	24	12		288	1		-4				
												7097	

Продовження таблиці 5.1. Зведена таблиця розрахунку теплонадходжень Q_1

Камера картоплі 1	Північна стіна	0,53	24		6	144	5	0	5		389		389
	Південна стіна	0,53	24		6	144	0		0				
	Західна стіна	0,35	12		6	72	31		31	11,70	781	295	1076
	Східна стіна	0,42	12		6	72			19		561		561
	Покриття	0,36	24	12		288	31		31	14,90	3214	1545	4759
	Підлога	0,41	24	12		288	1		1		118		118
												6903	
Камера картоплі 2	Північна стіна	0,53	24		6	144	0	0	0				
	Південна стіна	0,53	24		6	144	0		0				
	Західна стіна	0,35	12		6	72	31		31	11,70	781	295	1076
	Східна стіна	0,42	12		6	72			19		561		561
	Покриття	0,36	24	12		288	31		31	14,90	3214	1545	4759
	Підлога	0,41	24	12		288	1		1		118		118
												6514	
Камера картоплі 3	Північна стіна	0,53	12		6	72	5	0	5		194		194
	Південна стіна	0,53	12		6	72	0		0				
	Західна стіна	0,42	12		6	72			19		561		561
	Східна стіна	0,42	12		6	72			19		561		561
	Покриття	0,36	12	12		144	31		31	14,90	1607	772	2379
	Підлога	0,41	12	12		144	1		1		59		59
												3755	
Камера картоплі 4	Північна стіна	0,53	12		6	72	0	0	0				
	Південна стіна	0,53	12		6	72	0		0				
	Західна стіна	0,42	12		6	72			19		561		561
	Східна стіна	0,42	12		6	72			19		561		561
	Покриття	0,36	12	12		144	31		31	14,90	1607	772	2379
	Підлога	0,41	12	12		144	1		1		59		59
												3560	

Продовження таблиці 5.1. Зведена таблиця розрахунку теплонадходжень Q_1

Камера картоплі 5	Північна стіна	0,53	24		6	144	5	0	5		389		389	
	Південна стіна	0,53	24		6	144	0		0					
	Західна стіна	0,42	12		6	72			19		561		561	
	Східна стіна	0,35	12		6	72	31		31	9,60	781	242	1023	
	Покриття	0,36	24	12		288	31		31	14,90	3214	1545	4759	
	Підлога	0,41	24	12		288	1		1		118		118	
												6850		
Камера картоплі 6	Північна стіна	0,53	24		6	144	0	0	0					
	Південна стіна	0,53	24		6	144	0		0					
	Західна стіна	0,42	12		6	72			19		561		561	
	Східна стіна	0,35	12		6	72	31		31	9,60	781	242	1023	
	Покриття	0,36	24	12		288	31		31	14,90	3214	1545	4759	
	Підлога	0,41	24	12		288	1		1		118		118	
												6461		
Камера буряка 1	Північна стіна	0,53	24		6	144	0	0	0					
	Південна стіна	0,53	24		6	144	0		0					
	Західна стіна	0,35	12		6	72	31		31	11,70	781	295	1076	
	Східна стіна	0,42	12		6	72			19		561		561	
	Покриття	0,36	24	12		288	31		31	14,90	3214	1545	4759	
	Підлога	0,41	24	12		288	1		1		118		118	
												6514		
Камера буряка 2	Північна стіна	0,53	24		6	144	0	0	0					
	Південна стіна	0,53	24		6	144	0		0					
	Західна стіна	0,35	12		6	72	31		31	11,70	781	295	1076	
	Східна стіна	0,42	12		6	72			19		561		561	
	Покриття	0,36	24	12		288	31		31	14,90	3214	1545	4759	
	Підлога	0,41	24	12		288	1		1		118		118	
												6514		

Продовження таблиці 5.1. Зведена таблиця розрахунку теплонадходжень Q_1

Камера буряка 3	Північна стіна	0,53	24		6	144	0	0	0				
	Південна стіна	0,53	24		6	144	0		0				
	Західна стіна	0,35	12		6	72	31		31	11,70	781	295	1076
	Східна стіна	0,42	12		6	72			19		561		561
	Покриття	0,36	24	12		288	31		31	14,90	3214	1545	4759
	Підлога	0,41	24	12		288	1		1		118		118
												6514	
Камера капусти 1	Північна стіна	0,53	24		6	144	0	0	0				
	Південна стіна	0,53	24		6	144	0		0				
	Західна стіна	0,42	12		6	72			19		561		561
	Східна стіна	0,35	12		6	72	31		31	9,60	781	242	1023
	Покриття	0,36	24	12		288	31		31	14,90	3214	1545	4759
	Підлога	0,41	24	12		288	1		1		118		118
												6461	
Камера капусти 2	Північна стіна	0,53	24		6	144	0	0	0				
	Південна стіна	0,53	24		6	144	0		0				
	Західна стіна	0,42	12		6	72			19		561		561
	Східна стіна	0,35	12		6	72	31		31	9,60	781	242	1023
	Покриття	0,36	24	12		288	31		31	14,90	3214	1545	4759
	Підлога	0,41	24	12		288	1		1		118		118
												6461	
Камера капусти 3	Північна стіна	0,53	24		6	144	0	0	0				
	Південна стіна	0,53	24		6	144	0		0				
	Західна стіна	0,42	12		6	72			19		561		561
	Східна стіна	0,35	12		6	72	31		31	9,60	781	242	1023
	Покриття	0,36	24	12		288	31		31	14,90	3214	1545	4759
	Підлога	0,41	24	12		288	1		1		118		118
												6461	

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

00.MP.000142.002.003.ПЗ

Арк.

24

Продовження таблиці 5.1. Зведена таблиця розрахунку теплонадходжень Q_1

Камера моркви 1	Північна стіна	0,53	24		6	144	0	0	0				
	Південна стіна	0,35	24		6	144	31		31	8,00	1562	403	1966
	Західна стіна	0,35	12		6	72	31		31	11,70	781	295	1076
	Східна стіна	0,42	12		6	72			22		649		649
	Покриття	0,36	24	12		288	31		31	14,90	3214	1545	4759
	Підлога	0,41	24	12		288	1		1		118		118
												8568	
Камера моркви 2	Північна стіна	0,53	24		6	144	0	0	0				
	Південна стіна	0,35	24		6	144	31		31	8,00	1562	403	1966
	Західна стіна	0,42	12		6	72			22		649		649
	Східна стіна	0,35	12		6	72	31		31	9,60	781	242	1023
	Покриття	0,36	24	12		288	31		31	14,90	3214	1545	4759
	Підлога	0,41	24	12		288	1		1		118		118
												8515	
Камера моркви 3	Північна стіна	0,53	12		6	72	0	0	0				
	Південна стіна	0,53	12		6	72	0		0				
	Західна стіна	0,42	12		6	72			19		561		561
	Східна стіна	0,42	12		6	72			19		561		561
	Покриття	0,36	12	12		144	31		31	14,90	1607	772	2379
	Підлога	0,41	12	12		144	1		1		59		59
												3560	
Камера моркви 4	Північна стіна	0,53	12		6	72	0	0	0				
	Південна стіна	0,35	12		6	72	31		31	8,00	781	202	983
	Західна стіна	0,42	12		6	72			22		649		649
	Східна стіна	0,42	12		6	72			22		649		649
	Покриття	0,36	12	12		144	31		31	14,90	1607	772	2379
	Підлога	0,41	12	12		144	1		1		59		59
												4720	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00.MP.000142.002.003.ПЗ

Арк.

25

Продовження таблиці 5.1. Зведена таблиця розрахунку теплонадходжень Q_1

Камера цибулі 1	Північна стіна	0,53	12		6	72	0	0	0					
	Південна стіна	0,53	12		6	72	0		0					
	Західна стіна	0,42	12		6	72			19		561		561	
	Східна стіна	0,42	12		6	72			19		561		561	
	Покриття	0,36	12	12		144	31		31	14,90	1607	772	2379	
	Підлога	0,41	12	12		144	1		1		59		59	
												3560		
Камера цибулі 2	Північна стіна	0,53	12		6	72	0	0	0					
	Південна стіна	0,53	12		6	72	0		0					
	Західна стіна	0,42	12		6	72			19		561		561	
	Східна стіна	0,42	12		6	72			19		561		561	
	Покриття	0,36	12	12		144	31		31	14,90	1607	772	2379	
	Підлога	0,41	12	12		144	1		1		59		59	
												3560		

Теплонадходження від вантажів при холодильній обробці визначається за формулою.

$$Q_2 = Q_{2пр} + Q_{2т}, Вт$$

де $Q_{2пр}$ - теплонадходження від продуктів при холодильній обробці;

$Q_{2т}$ - теплонадходження від тари.

Теплонадходження від продуктів при холодильній обробці визначається за формулою.

$$Q_{2пр} = M_n \times \Delta i \times \frac{10^3 \times 10^3}{24 \times 3600}, Вт$$

де $M_{пр}$ - добове надходження продукту в камеру;

Δi - різниця питомих ентальпій продукту, які відповідають початковій і кінцевій температурам продукту.

Теплонадходження від тари визначається за формулою.

$$Q_{2т} = M_m \times c_m \times (t_1 - t_2) \times \frac{10^3 \times 10^3}{24 \times 3600}, Вт$$

					00.МР.000142.002.003.ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					26

де M_T - добове надходження тари;

C_T - питома теплоємність тари;

t_1 і t_2 - початкова і кінцева температури тари.

Всі розрахунки заносяться в таблицю 5.2

Таблиця 5.2 Зведена таблиця розрахунку теплонадходжень Q_2 .

Назва кам.	$M_{доб}$ т/доб	M_T т/доб	t_1 °C	t_2 °C	Δt °C	i_1 кДж/ГК	i_2 кДж/ГК	Δi кДж/ГК	C_m кДж/ГК*К		$Q_{2пр}$ Вт	$Q_{2т}$ Вт	Q_2 Вт
Камера картоплі 1	33,50	6,70	20	0	20	347	272	75	2,3	11,57	29069,63	3565,87	32635,50
Камера картоплі 2	33,50	6,70	20	0	20	347	272	75	2,3	11,57	29069,63	3565,87	32635,50
Камера картоплі 3	16,75	3,35	20	0	20	347	272	75	2,3	11,57	14534,81	1782,94	16317,75
Камера картоплі 4	16,75	3,35	20	0	20	347	272	75	2,3	11,57	14534,81	1782,94	16317,75
Камера картоплі 5	33,50	6,70	20	0	20	347	272	75	2,3	11,57	29069,63	3565,87	32635,50
Камера картоплі 6	33,50	6,70	20	0	20	347	272	75	2,3	11,57	29069,63	3565,87	32635,50
Камера буряка 1	29,00	5,80	20	0	20	347	272	75	2,3	11,57	25164,75	3086,88	28251,63
Камера буряка 2	28,00	5,60	20	0	20	347	272	75	2,3	11,57	24297,00	2980,43	27277,43
Камера буряка 3	28,00	5,60	20	0	20	347	272	75	2,3	11,57	24297,00	2980,43	27277,43

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

00.MP.000142.002.003.ПЗ

Арк.

27

Продовження таблиці 5.2 Зведена таблиця розрахунку теплонадходжень Q_2

Камера капусти 1	29,00	5,80	20	0	20	347	272	75	2,3	11,57	25164,75	3086,88	28251,63
Камера капусти 2	28,00	5,60	20	0	20	347	272	75	2,3	11,57	24297,00	2980,43	27277,43
Камера капусти 3	28,00	5,60	20	0	20	347	272	75	2,3	11,57	24297,00	2980,43	27277,43
Камера моркви 1	22,00	4,40	20	0	20	347	272	75	2,3	11,57	19090,50	2341,77	21432,27
Камера моркви 2	22,00	4,40	20	0	20	347	272	75	2,3	11,57	19090,50	2341,77	21432,27
Камера моркви 3	10,50	2,10	20	0	20	347	272	75	2,3	11,57	9111,38	1117,66	10229,04
Камера моркви 4	10,50	2,10	20	0	20	347	272	75	2,3	11,57	9111,38	1117,66	10229,04
Камера цибулі 1	11,25	2,25	20	0	20	347	272	75	2,3	11,57	9762,19	1197,50	10959,68
Камера цибулі 2	11,25	2,25	20	0	20	347	272	75	2,3	11,57	9762,19	1197,50	10959,68

Теплонадходження при вентиляції визначається за формулою

$$Q_3 = \frac{V_k \cdot a \cdot \rho_n \cdot (i_{zn} - i_{вн})}{86,4}, Bm$$

де V_k - об'єм камери;

a - кратність повітрообміну;

ρ_n - щільність повітря при температурі і відносній вологості в камері;

i_{zn} , $i_{вн}$ - питомі ентальпії зовнішнього повітря і повітря в камері.

Всі розрахунки заносяться в таблицю 5.3

					<i>00.MP.00014.2.002.003.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Таблиця 5.3 Зведена таблиця розрахунку теплонадходжень Q₃

Назва камери	V _к	a	p	t _{зн}	t _{вн}	φ _{зн}	φ _{вн}	i _{зн}	i _{вн}	Δi	Q ₃
Експедиція 1	1728	3	1,27	31	5	52	75	68,67	15,17	53,5	4076,70
Експедиція 2	864	3	1,27	31	5	52	75	68,67	15,17	53,5	2038,35
Експедиція 3	1728	3	1,27	31	5	52	75	68,67	15,17	53,5	4076,70
Камера картоплі 1	1728	3	1,29	31	0	52	90	68,67	8,49	60,18	4657,93
Камера картоплі 2	1728	3	1,29	31	0	52	90	68,67	8,49	60,18	4657,93
Камера картоплі 3	864	3	1,29	31	0	52	90	68,67	8,49	60,18	2328,97
Камера картоплі 4	864	3	1,29	31	0	52	90	68,67	8,49	60,18	2328,97
Камера картоплі 5	1728	3	1,29	31	0	52	90	68,67	8,49	60,18	4657,93
Камера картоплі 6	1728	3	1,29	31	0	52	90	68,67	8,49	60,18	4657,93
Камера буряка 1	1728	3	1,29	31	0	52	90	68,67	8,49	60,18	4657,93
Камера буряка 2	1728	3	1,29	31	0	52	90	68,67	8,49	60,18	4657,93
Камера буряка 3	1728	3	1,29	31	0	52	90	68,67	8,49	60,18	4657,93
Камера капусти 1	1728	3	1,29	31	0	52	85	68,67	8,02	60,65	4694,31
Камера капусти 2	1728	3	1,29	31	0	52	85	68,67	8,02	60,65	4694,31
Камера капусти 3	1728	3	1,29	31	0	52	85	68,67	8,02	60,65	4694,31
Камера моркви 1	1728	3	1,29	31	0	52	90	68,67	8,49	60,18	4657,93
Камера моркви 2	1728	3	1,29	31	0	52	90	68,67	8,49	60,18	4657,93
Камера моркви 3	864	3	1,29	31	0	52	90	68,67	8,49	60,18	2328,97
Камера моркви 4	864	3	1,29	31	0	52	90	68,67	8,49	60,18	2328,97
Камера цибулі 1	864	3	1,29	31	0	52	80	68,67	7,54	61,13	2365,73
Камера цибулі 2	864	3	1,29	31	0	52	80	68,67	7,54	61,13	2365,73

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00.MP.000142.002.003.ПЗ

Арк.

29

Експлуатаційні теплонадходження визначаються за формулою

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

де q_1 - теплонадходження від освітлення, Вт;

q_2 - теплонадходження від перебування людей в камері, Вт;

q_3 - теплонадходження від працюючих електродвигунів, Вт;

q_4 - теплонадходження при відкриванні дверей, Вт.

Теплонадходження від освітлення визначається за формулою

$$q_1 = A \times F, \text{Вт}$$

де A - теплота, що виділяється джерелом освітлення в одиницю часу на 1 м² площі підлоги;

F - площа камери, м².

Теплонадходження від перебування людей в камері визначається за формулою

$$q_2 = 350 \times n, \text{Вт}$$

де 350 - тепловиділення однієї людини при важкій фізичній праці, Вт;

n - кількість людей, працюючих в даному приміщенні, чол.

Теплонадходження від працюючих електродвигунів визначається за формулою

$$q_3 = N_{\text{ел.дв.}} \times 10^3, \text{Вт}$$

де $N_{\text{дв.}}$ - сумарна потужність електродвигунів, кВт;

1000 - перевідний коефіцієнт з кВт у Вт.

Теплонадходження при відкриванні дверей визначається за формулою

$$q_4 = K \times F, \text{Вт}$$

де K - питомий прилив теплоти при відкриванні дверей.

Всі розрахунки заносяться в таблицю 5.4

					00.MP.000142.002.003.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.5. Зведена таблиця розрахунку тепло надходжень Q_5

Назва камери	Вк	qн	qзб	Q5
Камера картоплі 1	670	44	20	15008
Камера картоплі 2	670	44	20	15008
Камера картоплі 3	335	44	20	7504
Камера картоплі 4	335	44	20	7504
Камера картоплі 5	670	44	20	15008
Камера картоплі 6	670	44	20	15008
Камера буряка 1	580	213	20	22794
Камера буряка 2	560	213	20	22008
Камера буряка 3	560	213	20	22008
Камера капусти 1	580	194	33	28478
Камера капусти 2	560	194	33	27496
Камера капусти 3	560	194	33	27496
Камера моркви 1	440	135	28	17028
Камера моркви 2	440	135	28	17028
Камера моркви 3	210	135	28	8127
Камера моркви 4	210	135	28	8127
Камера цибулі 1	225	58	20	5355
Камера цибулі 2	225	58	20	5355

Розрахунки всіх теплонадходжень заносяться в зведену таблицю 5.6 і визначається навантаження на камерне обладнання і компресори.

Навантаження на компресори

$Q_{1км}$ 100% від $Q_{1 к. обл.}$

$Q_{2км}$ 50% від $Q_{2 к. обл.}$

$Q_{3км}$ 100% від $Q_{3 к. обл.}$

$Q_{4км}$ 50% від $Q_{4 к. обл.}$

$Q_{5км}$ 100% від $Q_{5 к. обл.}$

В приміщеннях з $t = +5$ °C приймати $Q_{1км}$ -50% від $Q_{1об.}$

					<i>00.МР.000142.002.003.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Таблиця 5.6 Зведена таблиця розрахунку теплонадходжень Q.

Назва камери	Q1		Q2		Q3		Q4		Q5		ΣQ	
	к.обл.	КМ	к.обл.	КМ	к.обл.	КМ	к.обл.	КМ	к.обл.	КМ	к.обл.	КМ
Експедиція 1	7150	3575			4077	4077	11164	5582			22390	13234
Експедиція 2	4074	2037			2038	2038	6257	3128			12369	7204
Експедиція 3	7097	3549			4077	4077	11164	5582			22337	13207
Камера картоплі 1	6903	6903	32635	16318	4658	4658	8168	4084	15008	15008	67373	46971
Камера картоплі 2	6514	6514	32635	16318	4658	4658	8168	4084	15008	15008	66984	46582
Камера картоплі 3	3755	3755	16318	8159	2329	2329	4759	2380	7504	7504	34665	24126
Камера картоплі 4	3560	3560	16318	8159	2329	2329	4759	2380	7504	7504	34470	23931
Камера картоплі 5	6850	6850	32635	16318	4658	4658	8168	4084	15008	15008	67320	46918
Камера картоплі 6	6461	6461	32635	16318	4658	4658	8168	4084	15008	15008	66931	46529
Камера буряка 1	6514	6514	28252	14126	4658	4658	8168	4084	22794	22794	70386	52176
Камера буряка 2	6514	6514	27277	13639	4658	4658	8168	4084	22008	22008	68626	50903
Камера буряка 3	6514	6514	27277	13639	4658	4658	8168	4084	22008	22008	68626	50903
Камера капусти 1	6461	6461	28252	14126	4694	4694	8168	4084	28478	28478	75980	57843
Камера капусти 2	6461	6461	27277	13639	4694	4694	8168	4084	27496	27496	74097	56374
Камера капусти 3	6461	6461	27277	13639	4694	4694	8168	4084	27496	27496	74097	56374
Камера моркви 1	8568	8568	21432	10716	4658	4658	8168	4084	17028	17028	59855	45054
Камера моркви 2	8515	8515	21432	10716	4658	4658	8168	4084	17028	17028	59802	45001
Камера моркви 3	3560	3560	10229	5115	2329	2329	4759	2380	8127	8127	29004	21510
Камера моркви 4	4720	4720	10229	5115	2329	2329	4759	2380	8127	8127	30164	22670
Камера цибулі 1	3560	3560	10960	5480	2366	2366	4759	2380	5355	5355	27000	19140
Камера цибулі 2	3560	3560	10960	5480	2366	2366	4759	2380	5355	5355	27000	19140
Всього												765791

					00.МР.00014.2.002.003.ПЗ							Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								33

6 Тепловий розрахунок холодильної установки

Холодопродуктивність компресорів визначається за формулою

$$Q_0 = \frac{K \cdot \sum Q_{км}}{b}, Вт$$

де $\sum Q_{км}$ - сумарне теплове навантаження на компресори для даної температури кипіння, Вт;

K- коефіцієнт, який враховує втрати в трубопроводах і апаратах холодильної установки;

b - коефіцієнт робочого часу.

$$Q_0 = \frac{1,05 \cdot 765791}{0,9} = 893422 Вт$$

Робочий режим холодильної установки.

Температура кипіння холодильного агенту визначається за формулою

$$t_0 = t_{кам} - 10^\circ C$$

де $t_{кам}$ - температура повітря в камері, °C.

Температура всмоктування парів холодильного агенту визначається за формулою

$$t_{вс} = t_0 + 10^\circ C$$

6.2.3. Температура води, яка поступає на конденсатор визначається за формулою

$$t_{вд} = t_{м.т} + 3^\circ C$$

де $t_{м.т}$ - температура мокрого термометра, °C.

Температура конденсації визначається за формулою

$$t_k = t_{вд} + 10^\circ C$$

Температура переохолодження рідкого холодильного агенту перед регулюючим вентилем визначається за формулою

					00.MP.000142.002.003.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_n = t_{\text{вд}} + 4^{\circ}\text{C}$$

Розрахунок робочого режиму холодильної установки заноситься в таблицю 6.1

Таблиця 6.1. Розрахунок робочого режиму холодильної установки.

$t_{\text{кам}}$ °C	t_0 °C	$t_{\text{вс}}$ °C	$t_{\text{зн}}$ °C	φ %	$t_{\text{м.т}}$ °C	$t_{\text{вд}}$ °C	$t_{\text{к}}$ °C	$t_{\text{п}}$ °C	P_0 МПа	$P_{\text{к}}$ МПа
0	-10	0	31	52	23	26	36	30	0,3	1,4

По даним температурного режиму будуємо цикл в діаграмі $i\text{-lg}P$ та визначаються параметри умовних точок циклів (рис.6.1).

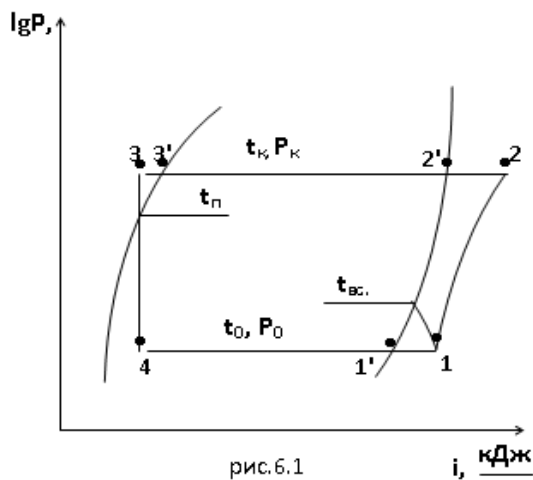


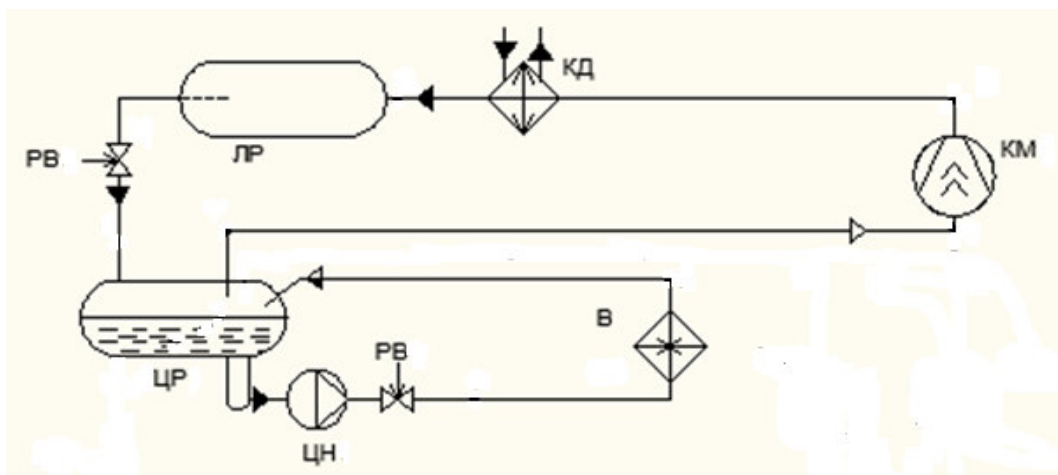
рис.6.1

Параметри умовних точок циклу заноситься в таблицю 6.2.

Таблиця 6.2. Параметри умовних точок циклу.

Режим, °C				P_0	$P_{\text{к}}$	$i_{1'}$	i_1	i_2	i_3	i_4	v_1	v_2	v_3
t_0	$t_{\text{к}}$	$t_{\text{п}}$	$t_{\text{вс}}$	МПа		кДж/кг					м³/кг		
-10	36	30	0	0,29	1,39	1450	1475	1712	339	339	0,44	0,13	0,00169

Рис.6.2. Схематичне зображення циклу холодильної установки.



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00.MP.00014.2.002.003.ПЗ

Тепловий розрахунок та підбір компресорів.

Холодопродуктивність одного кілограму холодильного агенту визначається за формулою.

$$q_0 = i_1' - i_4, \text{кДж} / \text{кг}$$

де i_1' , i_4 - ентальпії умовних точок циклу.

Масова витрата пари визначається за формулою.

$$M = \frac{Q_0}{q_0}, \text{кг} / \text{с}$$

де Q_0 - навантаження на компресор з врахуванням втрат, кВт.

Дійсна об'ємна подача компресора визначається за формулою.

$$V_{\partial} = M \times v_1, \text{м}^3 / \text{с}$$

де v_1 - питомий об'єм пари.

Теоретична об'ємна подача компресора визначається за формулою.

$$V_m = \frac{V_{\partial}}{\lambda}, \text{м}^3 / \text{с}$$

де λ - коефіцієнт подачі компресора в залежності від ступені стискання, типу компресора і холодильного агенту, на якому буде працювати компресор.

Теоретична (адіабатна) потужність компресора визначається за формулою.

$$N_m = M \times (i_2 - i_1), \text{кВт}$$

де i_1 , i_2 - ентальпії умовних точок циклу.

Дійсна (індикаторна) потужність компресора визначається за формулою.

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

де η_i - індикаторний ККД.

Ефективна потужність компресора визначається за формулою.

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

де $\eta_{\text{мех}}$ - механічний ККД.

Теплове навантаження на конденсатор визначається за формулою.

$$Q_k = Q_0 + N_i, \text{кВт}$$

					00.MP.000142.002.003.ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок та підбір компресорів заносяться в таблицю 6.3, технічна характеристика - в таблицю 6.4.

Таблиця 6.3. Розрахунок та підбір компресорів.

q ₀ кДж/кг	Q ₀ кВт	M кг/с	V _д м ³ /с	λ	V _т м ³ /с	Марка компресора	Кількість	V _т м ³ /с	N _т ; кВт	N _і ; кВт	N _е ; кВт	Q _к ; кВт
1111	893,42	0,804	0,354	0,83	0,427	SAB 151M	3	0,476	191,35	239,19	265,77	1132,6

Таблиця 6.4. Технічна характеристика компресорного агрегата SAB 151M

Модель	Об'ємна потужність м ³ /с	Номинальна холодопродуктивність кВт	Довжина мм	Ширина мм	Висота мм	Маса кг
SAB 151M	0,159	369	2800	1300	1700	2279

Варіативний розрахунок, 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 $5 - 8^\circ\text{C}$ нижчою, ніж температура у камерах.

$$t_0 = t_g - (5 \div 8)^\circ\text{C} = t_g - 5^\circ\text{C}.$$

Температуру конденсації для установок з повітряним охолодженням конденсатора приймають на $(10 \div 12)^\circ\text{C}$ вище розрахункової температури зовнішнього повітря:

$$t_k = t_{нов} + (10 \div 12)^\circ\text{C}$$

Для м. Київ $t_c = 33^\circ\text{C}$; $\varphi = 41\%$.

Визначаємо температуру конденсації:

$$t_k = t_{306} + 12 = 33 + 12 = 45^\circ\text{C}.$$

Величина переохолодження холодильного агента:					АДБК.
000144P.00001442.0002.0003/ПЗ					387
Знач.	АДБК.	№ об'єкту	Гідрант	Датум	

$$\Delta t_{пер} = 3^{\circ}\text{C}.$$

Величина корисного перегрівання пари холодильного агента у випарнику:

$$t_{nz} = (3 \div 10)^{\circ}\text{C} = 5^{\circ}\text{C}$$

Загальний перегрів холодоагенту приймаємо:

$$\Delta t_{з.п.} = 20^{\circ}\text{C}.$$

Температура всмоктування парів холодильного агента компресором:

$$t_{вс} = 15^{\circ}\text{C}.$$

Вибір схеми та побудова циклу.

Приймаємо одноступеневу схему. Температура кипіння у випарниках $t_{01} = -5^{\circ}\text{C}$. Через значну довжину трубопроводів приймаємо тиск х.а. на всмоктуванні в компресор нижчим за тиск кипіння на 0,5 бар.

За принциповою схемою установки (рис. 2.7.1.) будуюмо цикли в $\lg P - i$ діаграмах для R134a (рис. 2.7.2.), а значення параметрів х.а. у вузлових точках циклу заносимо до табл. 2.7.1.

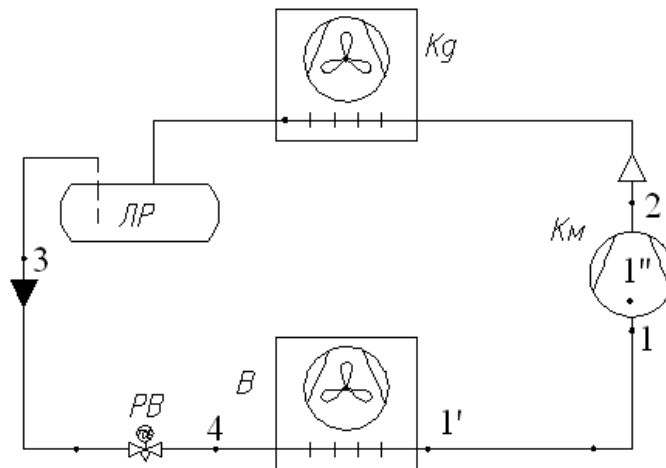


Рис 6.3. Схема холодильної установки

Таблиця 6.5. Параметри вузлових точок.

№ точки	t, °C	P, МПа	V, м3/кг	h, кДж/кг
1	15	0,24	0,0906	412,2
1'	0	0,24	-	398,9
1''	13,6	0,193	0,1149	412,2
2	74	1,16	0,021	454,13
2'	83,3	1,16	-	464,6
3	42	1,16	-	259,2
4	-5	0,24	-	259,2

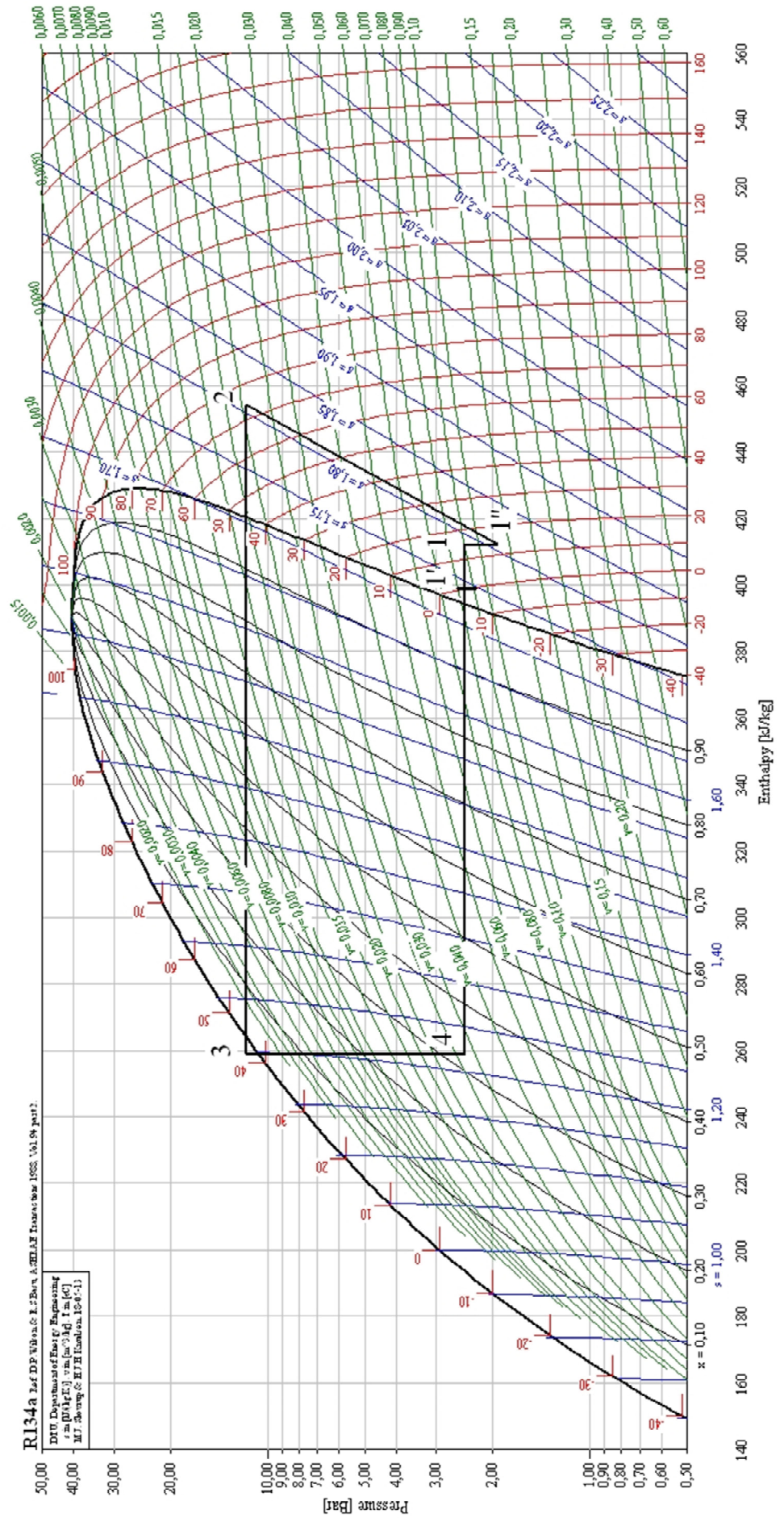


Рис 6.4. Цикл холодильної установки в lg P-i діаграмі для R134A

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

00.MP.000142.002.003.ПЗ

Тепловий розрахунок холодильної машини на НФС холодоагенті.

Задачами теплового розрахунку холодильної машини є: визначення потрібної об'ємної продуктивності компресора; підбір компресора; визначення споживаної потужності; визначення теплового навантаження на конденсатор.

Визначаємо основні параметри теоретичного циклу і потрібну об'ємну подачу компресора.

Питома масова холодопродуктивність холодильного агента (в кДж/кг)

$$q_0 = i_1 - i_4$$

Питома масова холодопродуктивність холодильного агента з температурою кипіння $t_0 = -5 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$q_0 = i_1 - i_4 = 3989 - 259,2 = 139,2 \text{ кДж/кг}$$

Питоме теплове навантаження конденсатора:

$$q_{k1} = i_2 - i_3 = 454,13 - 259,2 = 194,93 \text{ кДж/кг}$$

Питома теоретична робота стискання в компресорі:

$$l_T = i_2 - i_1 \text{ кДж / кг}$$

$$l_T = i_2 - i_1 = 454,13 - 412,2 = 41,93 \text{ кДж / кг}$$

Масова витрата циркулюючого холодильного агента, який потрібен для відводу теплопритоків:

$$M_{m(-5)} = \frac{Q_{0m(-5)}}{q_0} = \frac{845,5}{139,2} = 6,07 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

Визначаємо потрібну об'ємну продуктивність гвинтових компресорів. З рис. 11.2 літ.1 приймаємо коефіцієнт подачі.

$$p_k/p_1 = 1,16/0,193 = 6,01 \quad \lambda = 0,8$$

2.7.3. Розрахунок компресора:

Дійсний об'єм всмоктування:

$$V_d = M_{km} \times v_{1''} = 6,07 \times 0,1149 = 0,698 \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

Об'єм, що описується поршнем:

$$V_h = \frac{V_d}{\lambda} = \frac{0,698}{0,8} = 0,87 \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

					00.MP.000142.002.003.ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибираємо до встановлення три напівгерметичних компактних компресори Bitzer CSH95113-320Y – об'ємною подачею

$$V_{км} = 1120 \frac{м^3}{год} = 0,311 \frac{м^3}{с};$$

Коефіцієнт робочого часу компресорів:

$$b = \frac{V_h}{V_{км}} = \frac{0,87}{3 \times 0,311} = 0,935$$

Для централізованих систем коефіцієнт робочого часу повинен бути не менше 0,9. Умова виконується.

Дійсна масова витрата:

$$M_{км} = \lambda \times V_{км} / v_{1''} = 0,8 \times 0,311 / 0,1149 = 2,17 \frac{кг}{с};$$

Теоретична потужність компресора:

$$N_{m(км)} = M_{км} \times (i_2 - i_{1''}) = 2,17 \times (454,13 - 412,2) = 91 \text{ кВт};$$

Дійсна (індикаторна) потужність компресора:

$$\eta_i = \lambda$$

$$\eta_i = 0,8;$$

$$N_{i(км)} = N_{m(км)} / \eta_i = 91 / 0,8 = 113,7 \text{ кВт};$$

Ефективна потужність:

$$N_{e(км)} = \frac{N_{i(км)}}{\eta_{мех}} = \frac{113,7}{0,9} = 126,1 \text{ кВт};$$

Електрична потужність:

$$N_{ел(км)} = \frac{N_{e(км)}}{\eta_{ел}} = \frac{126,1}{0,9} = 140,1 \text{ кВт};$$

Для знаходження реального навантаження на конденсатор потрібно знайти реальне положення точок 2 через індикаторний ККД.

$$\eta_i = \frac{h_2 - h_{1''}}{h_{2'} - h_{1''}}$$

$$h_{2'} = h_{1''} + \frac{h_2 - h_{1''}}{\eta_i} = 412,2 + \frac{454,13 - 412,2}{0,8} = 464,6 \text{ кДж/кг}$$

Теплове навантаження на конденсатор:

$$Q_k = M \cdot q_k = 6,9 \cdot (464,6 - 259,2) = 1337,2 \text{ кВт}$$

					00.MP.000142.002.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Тепловий розрахунок комплексної холодильної машини для охолодження проміжного теплоносія.

Приймаємо одноступеневу холодильну машину з проміжним холодоносієм (пропіленгліколем), холодильний агент R134A.

В холодильних установках з проміжним холодоносієм температуру кипіння холодильного агента приймають на 4-6 °С нижче середньої температури холодоносія у приладах охолодження:

$$t_0 = t_s - (4 \div 6)^\circ\text{C};$$

де t_s середня температура холодоносія в приладах охолодження, яка визначається за формулою:

$$t_s = t_e - (7 \div 10)^\circ\text{C};$$

$$t_s = 0 - 7 = -7^\circ\text{C};$$

Визначаємо температуру кипіння холодильного агента:

$$t_0 = -7 - 5 = -12^\circ\text{C};$$

Температура конденсації, переохолодження, корисного перегріву приймається та ж сама що і в п. 2.7..

$$t_k = 45^\circ\text{C}. \Delta t_{\text{пер}} = 3^\circ\text{C}. t_{\text{не}} = 5^\circ\text{C}$$

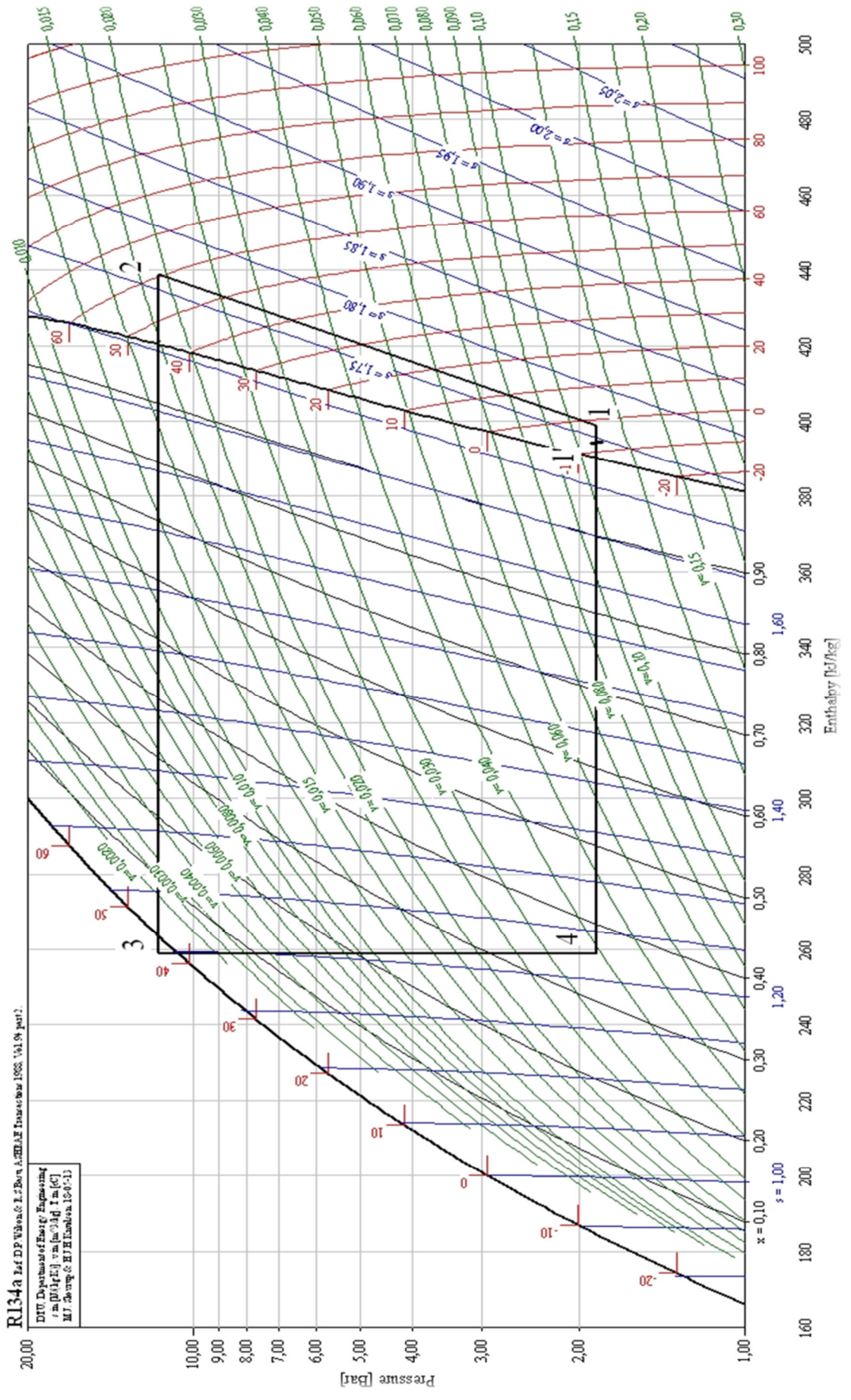
Повний перегрів складає $t_{\text{ec}} = t_0 + (10) = -12 + 10 = -2^\circ\text{C}$.

Оскільки в комплексній машині незначна довжина трубопроводів, приймаємо тиск х.а. на всмоктуванні в компресор рівним тиску кипіння.

Будуємо цикл в $\lg P - i$ діаграмі для R134a. Значення параметрів холодильного агента у вузлових точках циклу заносимо до табл. 2.7.3.

Таблиця 6.6. Параметри холодильного агента

№ точки	t, °C	P, МПа	v, м³/год	h, кДж/кг
1'	-7	0,185	-	393
1	-2	0,185	0,112	398,8
2	60,5	1,16	0,019	438,8
2'	70	1,16	0,02	449,4
3'	45	1,16	-	264
3	42	1,16	-	259,2
4	-12	0,185	-	259,2



R134a 1st Edition © E. S. Burt, A. S. H. A. F. T. S. 1992, Vol. 19, part 2.

DTU, Department of Energy Engineering
 s.m. (01/12/01) s.m. (01/12/01) s.m. (01/12/01)
 DTU, Department of Energy Engineering

Рис. 6.6 Цикл холодильної установки.

00.MP.000142.002.003.ПЗ

Эмн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Арк.
					43

Визначаємо основні параметри теоретичного циклу і потрібну об'ємну подачу компресора.

1) Питома масова холодопродуктивність:

$$q_0 = h_1 - h_4 = 393 - 259,2 = 133,8 \text{ кДж / кг};$$

2) Питоме теплове навантаження конденсатора:

$$q_k = h_2 - h_3 = 438,8 - 259,2 = 179,6 \text{ кДж / кг};$$

3) Питома теоретична робота стискання в компресорі:

$$l_T = h_2 - h_1 = 438,8 - 393 = 45,8 \text{ кДж / кг};$$

4) Масова витрата холодильного агента:

$$M_{\text{км}} = \frac{Q_0}{q_0} = \frac{845,5}{133,8} = 6,32 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

5) Визначаємо потрібну об'ємну продуктивність гвинтових компресорів.

З рис. 11.2 літ.1 приймаємо коефіцієнт подачі.

$$p_k/p_0 = 1,16/0,185 = 6,3 \quad \lambda = 0,79$$

Розрахунок компресора:

1) Дійсний об'єм всмоктування:

$$V_d = M_{\text{км}} \times v_1 = 6,32 \times 0,112 = 0,708 \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

2) Теоретичний об'єм всмоктування:

$$V_h = \frac{V_d}{\lambda} = \frac{0,708}{0,79} = 0,896 \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

Вибираємо до встановлення три напівгерметичних компактних компресори Bitzer CSH95113-320Y – об'ємною подачею

$$V_{\text{км}} = 1120 \frac{\text{м}^3}{\text{год}} = 0,311 \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

Коефіцієнт робочого часу компресорів:

$$b = \frac{V_h}{V_{\text{км}}} = \frac{0,896}{3 \times 0,311} = 0,96$$

Для централізованих систем коефіцієнт робочого часу повинен бути не менше 0,9. Умова виконується.

3) Дійсна масова витрата:

$$M_{\text{км}} = \lambda \times V_{\text{км}} / v_1 = 0,79 \times 0,311 / 0,112 = 2,19 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

					00.MP.000142.002.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

4) Теоретична потужність:

$$N_T = M_{\text{км}} \times (h_2 - h_1) = 2,19 \times (438,8 - 393) = 100,47 \text{ кВт}$$

5) Індикаторний ККД:

$$\eta_i = \lambda = 0,79;$$

6) Індикаторна потужність компресора:

$$N_i = \frac{N_T}{\eta_i} = \frac{100,47}{0,79} = 127,2 \text{ кВт}$$

7) Ефективна потужність:

$$N_e = \frac{N_i}{\eta_m} = \frac{127,2}{0,9} = 141,3 \text{ кВт}$$

8) Електрична потужність:

$\eta_{\text{ел}}$ - ККД електродвигуна (для електродвигунів малих компресорів, $\eta_{\text{ел}}=0,85 - 0,9$, для великих $\eta_{\text{ел}}=0,9 - 0,95$), приймаємо $\eta_{\text{ел}}=0,9$.

$$N_{\text{ел}} = \frac{N_e}{\eta_{\text{ел}}} = \frac{141,3}{0,9} = 157 \text{ кВт}$$

Для знаходження реального навантаження на конденсатор потрібно знайти реальне положення точок 2 через індикаторний ККД.

$$\eta_i = \frac{h_2 - h_1}{h_{2'} - h_1}$$

$$h_{2'} = h_1 + \frac{h_2 - h_1}{\eta_i} = 398,8 + \frac{438,8 - 398,8}{0,79} = 449,4 \text{ кДж/кг}$$

Теплове навантаження на конденсатор:

$$Q_k = M \cdot q_k = 6,9 \cdot (449,4 - 259,2) = 1249,6 \text{ кВт}$$

Висновок

Зважаючи на:

Енергоефективність:

Системи з безпосереднім охолодженням аміаком забезпечують вищу енергоефективність завдяки зниженню теплових втрат, які зазвичай виникають при використанні проміжного теплоносія. Це дозволяє зменшити споживання електроенергії і підвищити загальний коефіцієнт корисної дії (COP).

									Арк.
									45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.MP.000142.002.003.ПЗ				

Зменшення капітальних витрат:

Системи без проміжного теплоносія не потребують додаткового обладнання, такого як теплообмінники, насоси для теплоносія та трубопроводи для проміжного контуру. Це знижує загальну вартість встановлення.

Екологічність:

Аміак є природним холодоагентом із нульовим потенціалом глобального потепління (GWP) та відсутністю впливу на озоновий шар (ODP = 0). Використання системи з R717 відповідає сучасним екологічним стандартам.

Висока ефективність при низьких температурах:

Аміачні системи краще підходять для роботи при низьких температурах, оскільки R717 має чудові термодинамічні характеристики, такі як висока прихована теплота випаровування та низька в'язкість.

Отже, використання системи з безпосереднім охолодженням аміаком забезпечує суттєві переваги з точки зору енергоефективності, екологічності та економічної вигоди. Такий підхід є оптимальним вибором для промислових холодильних установок, які прагнуть досягти високої продуктивності та мінімізувати вплив на довкілля.

					00.MP.000142.002.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

7 Підбір допоміжного обладнання

Розрахунок та підбір випарювальних конденсаторів.

Площа теплопередаючої поверхні визначається за формулою

$$F_k = \frac{Q_k}{q_F}, M^2$$

де Q_k – розрахункове навантаження на основну орошувальну секцію конденсатора, кВт,

q_F – щільність теплового потоку.

Розрахункове навантаження на основну орошувальну секцію конденсатора визначається за формулою

$$Q_k = (0,9...0,92) \cdot Q_{kd}, Вт$$

де Q_{kd} – сумарний тепловий потік в конденсатор від компресорів, Вт;

Об'ємна витрата води на охолодження конденсаторів визначається за технічною характеристикою випарювального конденсатора, враховуючи сумарну витрату води, яка циркулює та свіжої води, яка додається для компенсації втрат води на випарювання, по витраті води підбираються насоси з урахуванням резервного насосу

Розрахунок, підбір та технічна характеристика конденсаторів заносяться в таблицю 7.1

Таблиця 7.1 Розрахунок та підбір конденсаторів

Q _{к.д.} Вт	Q _к Вт	q _F	F _к м ²	Марка конденсатора	Кількість	F _{к.д.} м ²	Розміри, мм			Витрата повітря м ³ /с	Витрата рецикул. води м ³ /с
							L	B	H		
1132460	1019214	2500	407,68	Decsa CFR-A-063	1	427	3680	1530	4295	17,22	0,0156

					00.MP.000142.002.003.ПЗ						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							47

Так як конденсатор Decsa CFR-A-063 обладнаний рециркуляційним насосом потужністю 3 кВт, то підбираємо ще один допоміжний водяний насос К80-65-160. Технічна характеристика водяних насосів заносяться в таблицю 7.2.

Таблиця 7.2 Характеристика водяних насосів.

Марка насоса	Подача, м ³ /год	Повний напір, м	Потужність двигуна, кВт	Довжина, мм	Ширина, мм	Висота, мм
К80-65-160	50	32	7	925	427	395

Розрахунок та підбір повітроохолоджувачів

Площа теплопередаючої поверхні повітроохолоджувачів визначається за формулою

$$F_{n.o.} = \frac{Q_{к.обл}}{K_{n.o.} \cdot \Delta t}, \text{ м}^2$$

де $Q_{к.обл.}$ - теплове навантаження на камерне обладнання, Вт;

$K_{п.о.}$ - коефіцієнт теплопередачі повітроохолоджувача;

Δt - різниця температур між киплячим холодильним агентом і повітрям в камері, °С.

Розрахункова кількість повітроохолоджувачів визначається за формулою

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

де $f_{п.о.}$ – площа теплопередаючої поверхні прийнятого повітроохолоджувача.

Приймається дійсна кількість повітроохолоджувачів: пд.

Об'ємна подача повітря встановленими вентиляторами визначається за формулою

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

де $\rho_{нов}$ - щільність повітря, яке виходить з повітроохолоджувача;

$i_1 - i_2 = \Delta i$ – різниця ентальпій між повітрям яке входить в повітроохолоджувач і повітрям, яке виходить з нього.

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

$$V_{пов} = V_{1пов} \times n_d, \frac{м^3}{с}$$

де $V_{1пов}$ - об'ємна витрата повітря одним повітроохолоджувачем;

n_d – дійсна кількість повітроохолоджувачів, шт.

Місткість повітроохолоджувачів для даної камери по аміаку визначається за формулою

$$V_{a.заг.} = V_a \times n_d, \frac{м^3}{с}$$

де V_a - місткість по аміаку одного повітроохолоджувача, $м^3$;

Розрахунок, підбір та технічна характеристика повітроохолоджувачів заноситься в таблицю 7.3

Розрахунок та підбір лінійних ресиверів.

Місткість лінійних ресиверів для насосно-циркуляційної системи з нижньою подачею холодильного агента в прилади охолодження визначається за формулою

$$V_{л.р.} = \frac{0,6 \cdot V_{пов.}}{0,8} \cdot 1,2, м^3$$

де $V_{пов}$ - місткість по аміаку повітроохолоджувачів, $м^3$;

0,5 - коефіцієнт, який враховує норму заповнення ресивера при експлуатації (80% від об'єму);

1,2 - коефіцієнт, який враховує запас місткості (20%).

$$V_{л.р.} = \frac{0,6 \cdot 2,05}{0,8} \cdot 1,2 = 1,85 м^3$$

Підбираємо лінійний ресивер типу 2.5 РД. Технічна характеристика ресиверів заноситься в таблицю 7.4.

									Арк.
									49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.MP.000142.002.003.ПЗ				

Таблиця 7.4. Технічна характеристика лінійного ресивера

Марка	Габаритні розміри		V _{ам} , м ³	Маса, кг
	D × S	L		
2,5 РД	820 × 10	5681	2,63	1298

Розрахунок та підбір циркуляційних ресиверів.

Місткість циркуляційних ресиверів визначається за формулою

$$V_{w.p.} = (V_{\delta} \times K_1 + V_{no} \times K_2) \times K_3 \times K_4 \times K_5 \times K_6 \times K_7, m^3$$

де K1-коефіцієнт заповнення труб батарей;

K2-коефіцієнт заповнення труб повітроохолоджувачів;

K3-коефіцієнт кількості аміаку, який викидається з приладів охолодження;

K4-коефіцієнт місткості колекторів і трубопроводів;

K5-коефіцієнт робочого заповнення ресиверів для забезпечення стійкої роботи насосів;

K6-коефіцієнт допустимого заповнення ресиверів;

K7-коефіцієнт запасу місткості.

Всі коефіцієнти приймаються по таблиці 5.20[3].

$$V_{w.p.} = 2,05 \times 0,7 \times 0,3 \times 1,2 \times 1,55 \times 1,45 \times 1,2 = 1,39 m^3$$

Підбираємо циркуляційний ресивер типу 1.5 РДВ. Технічна характеристика ресивера заноситься в таблицю 7.5.

Таблиця 7.5. Технічна характеристика циркуляційного ресивера

Марка	Габаритні розміри		Діаметри умовних проходів патрубків				V _{ам} , м ³	Маса, кг
	D × S	H	d ₁	d ₂	d ₃	d ₄		
1,5 РД	800 × 8	3380	150	80	40	15	1,4	710

Розрахунок та підбір дренажного ресивера.

В насосно-циркуляційних системах дренажний ресивер підбирається по місткості найбільшого циркуляційного ресивера 1,5РДВ. На основі цього приймається дренажний ресивер марки 1,5РД.

Технічна характеристика дренажного ресивера заноситься в таблицю 7.6.

									Арк.
									50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.MP.00014.2.002.003.ПЗ				

Таблиця 7.6. Технічна характеристика дренажного ресивера

Марка	Габаритні розміри, мм		Місткість, м ³	Маса, кг
	D × S	L		
1,5 РД	800 × 8	3610	1,65	670

Підбір мастиловідокремлювача

По діаметру нагнітального трубопроводу підбирається один загальний аміачний інерційний мастиловідокремлювач марки 100М. Технічна характеристика мастиловідокремлювача заноситься в таблицю 7.8.

Таблиця 7.8. Технічна характеристика мастиловідокремлювача

Марка	Розміри, мм			Місткість, м ³	Маса, кг
	D x S	H	d ₁		
100 М	408 x 9	1800	100	0,17	224

Підбір мастилозбірника.

Для випуску масла з мастиловідокремлювача та мастиловідстійників, всіх апаратів і випуску його на зовні підбирається один загальний мастилозбірник марки 60МЗС. Технічна характеристика мастилозбірника заноситься в таблицю 7.9.

Таблиця 7.9. Технічна характеристика мастилозбірника

Марка	Розміри, мм			Місткість, м ³	Маса, кг
	DxS	B	H		
60МЗС	325x9	480	810	0,06	85

8 Гідрравлічний розрахунок

Розрахунок та підбір трубопроводів.

Внутрішній діаметр трубопроводу визначається за формулою

$$d_{\text{вн.}} = 1,13 \sqrt{\frac{V}{\omega}}, \text{ м}$$

де ω - розрахункове значення швидкості руху середовища в трубопроводі;

V - кількість речовини, яка протікає по трубопроводу, .

Кількість речовини, яка протікає по трубопроводу визначається за формулою

$$V = M \times v_1, \text{ м}^3 / \text{с}$$

$$V = M \times v_2, \text{ м}^3 / \text{с}$$

Кількість речовини, яка протікає по рідинному (зливному) трубопроводу від конденсатора до лінійного ресивера визначається за формулою

$$V = M \times v_3, \text{ м}^3 / \text{с}$$

Розрахунок та підбір аміачних трубопроводів заноситься в таблицю 8.1.

Таблиця 8.1. Таблиця розрахунку та підбору аміачних трубопроводів

Трубопровід	M кг/с	v ₁ м ³ /кг	v ₂ м ³ /кг	v ₃ м ³ /кг	V м ³ /с	ω м/с	d _{вн} м	D _y мм
Всмоктуючий	0,804	0,44			0,354	15	0,174	200
Нагнітаючий	0,804		0,13		0,105	20	0,082	100
Рідинний				0,00169	0,0014	0,5	0,059	70

Розрахунок гідрравлічних втрат у трубопроводах

Метою гідрравлічного розрахунку є визначення втрат тиску, спричинених опорами, що виникають під час руху робочого середовища через трубопроводи та теплообмінні апарати. Розраховані значення є основою для вибору потужності насосів, а також для визначення оптимальних конструктивних характеристик обладнання та налаштування ефективних режимів його роботи.

Нагнітальний трубопровід матиме внутрішній діаметр $d_b=69\text{мм}$, довжину $l=110\text{м}$.

Втрата тиску на тертя:

$$\Delta p_l = \lambda_{mp} \cdot \frac{l}{d_{вн}} \cdot \frac{\omega \cdot \rho}{2} = 0,035 \cdot \frac{110}{0,069} \cdot \frac{0,5 \cdot 592}{2} = 8258 \text{Па}$$

Втрата тиску в місцевих опорах:

Зворотній клапан..... $\xi=6$

Запірний клапан 2шт..... $\xi=11 \times 2=22$

Поворот 3шт..... $\xi=1 \times 3=3$

Запірний клапан 2шт..... $\xi=11 \times 2=22$

Рідинний фільтр..... $\xi=6$

Вентиль соленоїдний $\xi=12$

Вентиль регулюючий..... $\xi=12$

$$\Delta p_\xi = \sum \xi \cdot \frac{\omega^2 \cdot \rho}{2} = 83 \cdot \frac{0,5^2 \cdot 592}{2} = 6142 \text{Па}$$

Гідравлічний опір нагнітального трубопровода складає:

$$\Delta p_n = 8258 + 6142 + 6 \cdot 9,8 \cdot 592 = 49210 \text{Па}$$

Гідравлічний опір мережі $H_{мер} = \Delta p_n$

Розрахунок та підбір аміачних насосів.

Об'ємна подача аміачного насосу визначається за формулою

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

де M - масова витрата холодильного агенту;

V_p - питомий об'єм рідкого холодильного агенту;

a - кратність циркуляції холодильного агенту (нижня подача $a=5$).

Розрахунок, підбір та технічна характеристика аміачних насосів заносяться в таблицю 7.7.

Таблиця 7.7. Зведена таблиця розрахунку аміачних насосів

Режим $^{\circ}\text{C}$	M кг/с	V_p $\text{м}^3/\text{кг}$	a	$V_{ам}$ $\text{м}^3/\text{с}$	Марка насосу	Кількість	Подача $\text{м}^3/\text{с}$	Напір м
-10	0,804	0,0017	5	0,0068	1ЦГ 25/20-3-2(5)	2	0,0069	20

9 Розрахунок економічних показників

При проектуванні холодильника виконуються наступні роботи:

- вибір та придбання холодильного обладнання;
- укомплектування штату виробничого персоналу компресорного цеху;
- інше.

Річна потреба обладнання в електроенергії

Підраховуємо проектне споживання електроенергії холодильним обладнанням компресорного цеху і камерним обладнанням. Всі розрахунки заносимо до таблиці 9.1.

Річна потреба в електроенергії визначається за формулою:

$$W = \sum N_{ел} \cdot K_в \cdot n$$

$N_{ел}$ - номінальна потужність встановлених електродвигунів

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

Таблиця 9.1. Річна потреба обладнання в електроенергії.

Назва обладнання	Кіл.	Споживання електр., кВт	Час роботи протягом року, год	Річна потреба в електроен. кВт·год
Компресор SAB 151M	3	45	5400	729000
Конденсатор Decsa CFR-A-063	1	8	3000	24000
Двигуни повітроохол.	70	4	3000	840000
Насос водяний CFR-A-063	1	3	3000	9000
Насос водяний K80-65-160	1	7	3000	21000
Насос аміачний 1ЦГ 25/20-3-2(5)	2	3	3000	18000
Сумарна витрата W, кВт·год				1641000

Розрахунок капітальних витрат

Визначаємо капітальні витрати на реалізацію проекту:

$$K = B_{пр} + B_{буд} + B_{обл} + B_{т.з} + Л,$$

					00.MP.000142.002.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

$$W=0,0014 \cdot 13199448=18479 \text{ м}^3$$

Витрати (W') води розраховуються в % від W

$$W'=W \cdot (0,05-0,1), \text{ м}^3/\text{Год}$$

де: W - втрати води за рік, м³

0,05-0,1 - коефіцієнт, враховуючий обернене водопостачання.

$$W'=0,08 \cdot 18479=1478 \text{ м}^3/\text{Год.}$$

Вартість води визначається за формулою:

$$B_v = W' \cdot C_v, \text{ грн.}$$

де: C_v - ціна за 1 м³ води (залежить від місцевих умов), грн.

$$B_v = 1478 \cdot 5,2=7,69 \text{ тис. грн.}$$

Розрахунок витрати на оплату праці

Фонд основної заробітної плати робітників компресорного цеху наведено в табл. 9.5.

Таблиця 9.5. Фонд заробітної плати робітників

Професія	Розряд	Чисельність, чол.	Місячний фонд, грн	Річний фонд, грн.
Машиніст ХУ	III	2	50000	600000
Машиніст ХУ	IV	2	70000	840000
Слюсар ремонтник	II	1	20000	240000
Разом		5	140000	1680000

Визначаємо додатковий фонд заробітної плати за формулою:

$$\Phi ЗП_{\text{др}} = \Phi ЗП_{\text{осн}} \times Д = 1680000 \times 0,15 = 252 \text{ тис. грн.};$$

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

Розраховуємо повний фонд заробітної плати за формулою:

$$\Phi ЗП_{\text{пр}} = \Phi ЗП_{\text{осн}} + \Phi ЗП_{\text{др}} = 1680 + 252 = 1932 \text{ тис. грн.};$$

Визначаємо нарахування на заробітну плату за формулою:

$$НЗП_{\text{др}} = \Phi ЗП_{\text{пр}} \times В = 1932 \times 0,37 = 714,84 \text{ тис. грн.};$$

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

Витрату на оплату праці визначаємо за формулою:

$$В ОП_p = \Phi ЗП_{\text{пр}} + НЗП_{\text{др}} = 1932 + 714,84 = 2646,84 \text{ тис. грн.};$$

Фонд основної заробітної плати апарату управління наведено в табл. 9.6.

					00.MP.00014.2.002.003.ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 9.6 Фонд заробітної плати апарату управління

Професії	Посадовий оклад, грн.	Чисельність, чол	Місячний фонд, грн	Річний фонд, грн.
Інженер КВПіА	65000	1	65000	780000
Головний інженер	70000	1	70000	840000
Начальник цеху	90000	1	90000	1080000
Разом		3	225000	2700000

Визначаємо додатковий фонд заробітної плати апарату управління за формулою:

$$\Phi ЗП_{уд} = \Phi ЗП_{осн} \times Д = 2700000 \times 0,15 = 405 \text{ тис. грн};$$

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

Розраховуємо повний фонд заробітної плати апарату управління за формулою:

$$\Phi ЗП_{ну} = \Phi ЗП_{осн} + \Phi ЗП_{уд} = 2700 + 405 = 3105 \text{ тис. грн};$$

Визначаємо нарахування на заробітну плату за формулою:

$$НЗП_{ну} = \Phi ЗП_{ну} \times В = 3105 \times 0,37 = 1148,85 \text{ тис. грн};$$

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

Витрати на оплату праці визначаємо за формулою:

$$ВОП_{у} = \Phi ЗП_{ну} + НЗП_{ну} = 3105 + 1148,85 = 4253,85 \text{ тис. грн};$$

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

$$ВОП_{заг} = ВОП_{р} + ВОП_{у} = 2646,84 + 4253,85 = 6900,69 \text{ тис. грн};$$

Визначення амортизаційних відрахувань

Стаття амортизаційних відрахувань розраховується як елемент собівартості.

Приймаємо норми амортизаційних відрахувань:

для основного обладнання - 10% від вартості обладнання;

Витрати на амортизацію основного технологічного обладнання

$$A_{обл} = \sum B_{обл} \times 10\% = 6524,1 \times 0,1 = 652,41 \text{ тис. грн};$$

					00.MP.000142.002.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Визначення інших видів витрат

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

Витрати на поточний ремонт обладнання приймаємо 14% від амортизаційних відрахувань на обладнання:

$$B_{i.рем} = A_{обл} \times 14\% = 652,41 \times 0,14 = 91,33 \text{ тис. грн};$$

Пускові витрати приймаємо 2% від вартості обладнання:

$$B_{i.пуск} = \sum B_{обл} \times 2\% = 6524,1 \times 0,02 = 130,48 \text{ тис. грн};$$

Інші витрати приймаємо 3% від загальної суми амортизаційних відрахувань:

$$B_{i.ін} = \sum A \times 3\% = 652,41 \times 0,03 = 19,57 \text{ тис. грн};$$

Загальна сума інших витрат складає:

$$\sum B_{i.} = B_{i.рем} + B_{i.пуск} + B_{i.ін} = 91,33 + 130,48 + 19,57 = 241,38 \text{ тис. грн};$$

Визначення основних показників економічної (ефективності проекту)

Результати розрахунків проведених у попередніх пунктах розділу зводимо у таблицю 9.7.

Таблиця 9.7 Собівартість

№	Статі витрат	Проект, тис. грн.
1	Електроенергія	14604,9
2	Споживана вода	7,69
3	Оплата праці	6900,69
4	Амортизація	652,41
5	Інші витрати	241,38
Разом		22407,07

Вартість 1000 кДж холоду складає:

$$B_{ум} = \frac{B}{Q} = \frac{22407070}{13199448} = 1,69 \text{ грн / тис.кДж}$$

На основі проведених розрахунків собівартість 1000 кДж холоду складає 1,69 коп.

Прибуток розрахований при коефіцієнті рентабельності 1,0

Прибуток:

					00.MP.000142.002.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

$$4775,62 \cdot 2 = 9551,24 \text{ тис. грн.}$$

Визначення результатів, що очікуються, в якості яких виступають чисті грошові потоки (ЧГП).

$$ЧГП = \Delta П_{заг} \cdot 0,82 + \Delta A_m,$$

де $\Delta П_{заг}$ – загальна сума додаткового прибутку, що очікується, грн.;

0,82 – коефіцієнт, що враховує сплату податку на прибуток при ставці податку згідно законодавства на 01 січня 2017 року – 18%;

ΔA_m – приріст амортизації (зміна загальної суми амортизації) у зв'язку зі зміною вартості основних фондів під впливом заходів, що очікуються.

$$ЧГП = 9551,24 \cdot 0,82 + 652,41 = 8484,43 \text{ тис. грн.}$$

Розрахунок оціночних показників:

Чистий приведений дохід (ЧПД)

Під чистим приведеним доходом розуміється різниця між приведеними до теперішньої (дійсної) вартості сумою чистого грошового потоку за період експлуатації нового обладнання і сумою інвестиційних витрат на реалізацію проекту. Чистий приведений дохід розрахований так:

$$ЧПД = \sum_{t=1}^n \frac{ЧГП_t}{(1+p)^t} - I_{взаг},$$

де $ЧГП_t$ – сума чистого грошового потоку за окремі інтервали загального періоду експлуатації проекту;

t – період життєвого циклу проекту, величина, що підлягає обґрунтуванню і в розрахунках прийнята рівні мінімального корисного терміну експлуатації обладнання, що проваджується, до його повного зношення у відповідності до Податкового кодексу України – 5 років;

n – кількість періодів в загальному розрахунковому періоді t ;

p – ставка дисконту (в частках одиниці), яка характеризує можливий рівень втрат чистих грошових потоків під впливом різних чинників протягом періоду t. Величина, що підлягає обґрунтуванню і прийнята на рівні середньої ставки позичкового відсотка комерційних банків України – p = 25% , враховуючи те, що фінансування передбачається за рахунок недержавних коштів (0,25 в частках одиниці).

									Арк.
									61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.MP.000142.002.003.ПЗ				

$$ЧПД = \frac{8484,43}{(1+0,25)^1} + \frac{8484,43}{(1+0,25)^2} + \frac{8484,43}{(1+0,25)^3} + \frac{8484,43}{(1+0,25)^4} + \frac{8484,43}{(1+0,25)^5} - 6948,16 = 22817,01 - 10677,36 = 12139,65 \text{ тис. грн}$$

Індекс доходності (ІД)

Індекс (коефіцієнт) доходності дозволяє співвіднести об'єм інвестиційних витрат з майбутнім чистим грошовим потоком по проекту, а також може бути використаний не тільки для порівняльної оцінки, але й в якості критеріального при прийнятті інвестиційного рішення про можливість реалізації заходу. Якщо значення індексу доходності менше одиниці або дорівнює їй, проект повинний бути відхилений в зв'язку з тим, що він не принесе додаткового прибутку на інвестовані засоби.

Індекс доходності розрахований так:

$$ІД = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{ЧП_t}{(1+p)^t}}{I_{в\text{заг}}}$$

Нормативне значення $ІД \geq 1$

$$ІД = \frac{12139,65}{10677,36} = 1,14$$

Індекс рентабельності (ІР)

Індекс рентабельності характеризує прибутковість проекту.

Розрахунок цього показника здійснено так:

$$ІР = \frac{\bar{ЧП}_i}{I_{в\text{заг}}}$$

де $\bar{ЧП}_i$ – середньорічна сума чистого інвестиційного прибутку за період експлуатації проекту.

$$ІР = \frac{9551,24 \times 0,82}{10677,36} = 0,74$$

Період окупності (ПО)

Показник "періоду окупності" використаний для порівняльної оцінки ефективності.

									Арк.
									62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.MP.000142.002.003.ПЗ				

Недисконтований показник періоду окупності визначається статичним методом і розрахований так:

$$ПО_n = \frac{Ie_{заг}}{ЧГП_{сер}},$$

де $ЧГП_{сер}$ – середньорічна сума чистого грошового потоку за період експлуатації проекту (при короткострокових реальних вкладеннях цей показник розраховується як середньомісячний).

$$ПО_n = \frac{10677,36}{8484,43} = 1,26 \text{ року}$$

Дисконтований показник періоду окупності визначений так:

$$ПО_д = \frac{Ie_{заг}}{\left[\sum_{t=1}^n \frac{ЧГП_t}{(1+p)^t} \right] \div n}$$

$$ПО_д = \frac{10677,36}{12139,65 \div 5} = 4,4 \text{ роки}$$

Показники ефективності проекту

Показники	Одиниця виміру	Значення показника
1. Загальна сума інвестицій	тис. грн.	10677,36
2. Додатковий прибуток	тис. грн.	9551,24
3. Чистий грошовий потік	тис. грн.	8484,43
4. Чистий приведений дохід	тис. грн.	12139,65
5. Індекс доходності	х	1,14
6. Індекс рентабельності	х	0,74
7. Дисконтований показник періоду окупності	років	1,26
8. Недисконтований показник періоду окупності	років	4,4

Висновки: розрахований чистий приведений дохід – величина позитивна і складає 12139,65 тис. грн. Це означає, що віддача від реалізації проекту на цю величину перевищує інвестиційні вкладення, що становлять з урахуванням податку на додану вартість 10677,36 тис. грн.

Індекс доходності складає 1,14. Це означає, що віддача від впровадження проекту в 1,14 рази перевищує інвестиційні вкладання. Інакше кажучи – з однієї вкладеної гривні передбачається отримувати 1,14 грн. віддачі.

Період повернення інвестицій – в межах життєвого циклу проекту і складає 4,4 року. При швидкій реалізації проекту цей термін може скоротитися до 1,26 року.

Таким чином, порівняння розрахованих показників з нормативними значеннями та аналіз їх дає змогу зробити висновок про доцільність реалізації проекту.

					00.MP.000142.002.003.ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10 Автоматизація холодильного обладнання

Автоматизація роботи холодильних установок охоплює такі функції:

- автоматичне регулювання та контроль температури в холодильних камерах;
- управління компресорами та їхній захист від аварійних режимів роботи;
- контроль і регулювання рівня аміаку в апаратах;
- управління роботою насосів і компресорів;
- автоматичне видалення повітря із системи;
- аварійне відключення холодильної установки;
- світлова та звукова сигналізація стану установки;
- дистанційне вимірювання та контроль робочих параметрів.

У проєкті системи холодильника для овочесховища об'ємом 8500 тонн передбачено автоматичне регулювання холодопродуктивності, щоб забезпечити відповідність продуктивності установки тепловим навантаженням.

Схема установки є герметичною системою, що включає повітроохолоджувачі, гвинтові компресорні агрегати, випарувальний конденсатор, лінійні та циркуляційні ресивери, з'єднані трубопроводами. Холодоагентом є аміак — речовина вибухонебезпечна та токсична. Оскільки апарати та компресорні агрегати працюють під надлишковим тиском, аварійна ситуація може спричинити витік аміаку в повітря.

Об'єкт автоматизації

В рамках цього дипломного проєкту автоматизації підлягають циркуляційний ресивер і аміачні насоси.

Технічний опис

Система обв'язки циркуляційного ресивера включає такі елементи:

циркуляційний ресивер (ЦР); • насоси аміачні (робочий та резервний НА);
• фільтруючі елементи (ФЕ) перед регулюючим вентилем (РВ) та насосами аміачними (НА);

					00.MP.000142.002.003.ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

соленоїдний вентиль (СВ);

датчики рівня холодоагенту в циркуляційному ресивері (ЦР) та аміачних насосах (НА);

датчики температури та тиску.

На ЦР встановлено манометр МВТП 160-А для моніторингу тиску в апараті, а також пружинний клапан.

Функціональна схема автоматизації

Графічне зображення функціональної схеми автоматизації наведено в графічній частині на аркуші 5.

Опис схеми автоматизації

Автоматизація холодильної установки спрямована на підтримання заданих робочих параметрів шляхом регулювання холодопродуктивності машин і агрегатів. Основна мета полягає у забезпеченні стабільної температури об'єкта охолодження, яка може змінюватися через вплив внутрішніх і зовнішніх теплових потоків.

Системи автоматизації виконують низку важливих функцій, зокрема:

підтримання точних параметрів роботи холодильної установки, що забезпечує мінімальні втрати продукції в камерах зберігання, збереження їх якості та зниження експлуатаційних витрат;

продовження терміну служби обладнання завдяки оптимізації режимів його роботи;

запобігання аварійним ситуаціям завдяки використанню автоматичних режимів захисту.

Автоматизована система значно ефективніша за рахунок зменшення енергоспоживання та забезпечення високої точності контролю параметрів. Крім того, витрати на експлуатацію такої системи значно нижчі у порівнянні з установками, які працюють на основі ручного управління, оскільки зменшуються витрати на обслуговуючий персонал.

Системи автоматики оперативно реагують на будь-які відхилення від нормальних робочих умов, а за виникнення небезпечних ситуацій автоматично вимикають установку, запобігаючи аваріям. До складу приладів автоматики

					00.MP.000142.002.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

холодильних установок входять прилади керування, регулювання, захисту, сигналізації та контролю.

Функції автоматизації холодильних установок

- Пристрої автоматичного управління** забезпечують ввімкнення або вимкнення машин і механізмів у визначеній послідовності, а також активацію допоміжного обладнання під час відтаювання інію з поверхні охолоджувальних елементів, видалення мастила тощо.

- Пристрої автоматичного регулювання підтримують ключові параметри роботи у заданих межах, адаптуючи їх відповідно до встановленої програми.

- Пристрої автоматичного захисту відключають холодильну установку або окремі її компоненти за появи небезпечних умов.

- Пристрої автоматичної сигналізації подають світлові або звукові сигнали, якщо контрольовані показники досягають гранично допустимих значень.

- Пристрої автоматичного контролю реєструють параметри роботи машини.

Комплексна автоматизація передбачає оснащення холодильних установок засобами управління, регулювання та захисту, що підвищує ефективність їх роботи.

У цьому проєкті представлено схему автоматизації насосно-циркуляційної системи подачі холодоагенту до камер охолодження. Основною перевагою насосно-циркуляційних систем є відсутність індивідуальних приладів для живлення випарників. Однак, така схема не дозволяє забезпечити різні температури кипіння у випарниках, підключених до однієї системи.

Функції автоматизації насосно-циркуляційної системи:

- Підтримка заданої температури повітря в камерах.
- Автоматичне поповнення випарної системи рідким аміаком.
- Регулювання холодопродуктивності компресорів відповідно до теплового навантаження.
- Управління роботою насоса.
- Захист елементів системи від аварійних режимів.

					<i>00.MP.000142.002.003.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

Особливості автоматизації:

- Живлення випарної системи контролюється за рівнем рідини в циркуляційному ресивері (ЦР). Реле рівня забезпечує двопозиційний режим: відкриття соленоїдного вентиля при зниженні рівня та закриття при перевищенні.

- Ручний регулюючий вентиль виконує роль дроселя постійного перерізу, положення якого встановлюється під час наладки системи.

- Аварійна сигналізація активується при перевищенні допустимого рівня рідини в ЦР, а реле рівня надсилає сигнал для корекції подачі аміаку.

- Управління насосами може бути автоматичним або ручним. Насоси подають рідкий аміак із нижньої частини ЦР у випарники, а тиск у трубопроводі контролюється реле перепаду тиску.

Переваги автоматизованого циркуляційного ресивера:

Автоматизована система є економнішою за енергоспоживанням, забезпечує високу точність контролю параметрів і знижує експлуатаційні витрати завдяки меншій потребі в обслуговуючому персоналі. У порівнянні з ручним регулюванням, така система дозволяє суттєво підвищити ефективність та надійність роботи холодильної установки.

					<i>00.MP.000142.002.003.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

11 Електропостачання

Опис системи електропостачання

Електропостачання холодильника овочесховища забезпечується через два кабельні вводи СБП-6 3x150 від мережі "Київенерго".

Складові системи електропостачання:

Трансформаторна підстанція.

Розподільчі пристрої для високої та низької напруги.

Внутрішня розподільча електромережа підприємства.

На стороні високої напруги трансформаторної підстанції встановлено захисне та вимірювальне обладнання, включаючи запобіжники, роз'єднувачі та вимірювальні трансформатори струму. Внутрішні лінії розподільчої мережі холодильника обладнані автоматичними вимикачами та запобіжниками. Силові кабелі підключаються до шаф комплектного розподільчого пристрою (КРП) з напругою 0,4 кВ.

Розподіл електроенергії:

Електроенергія для освітлення розподіляється з напругою 380/220 В. Для виконання ремонтних робіт із дотриманням вимог електробезпеки використовуються трансформатори, які знижують напругу до 220/12 В.

Класифікація електроприймачів:

Більшість електроприймачів підприємства належить до другої категорії за рівнем надійності. Електроживлення здійснюється від трансформатора, розташованого в приміщенні трансформаторної підстанції поблизу машинної зали.

Особливості електропостачання:

Для забезпечення резервування використовується двотрансформаторна схема з коефіцієнтом завантаження не більше 0,7. Це дозволяє одночасно жити власні електроприймачі підприємства та забезпечувати роботу одного трансформатора у випадках аварій чи планового обслуговування.

На стороні низької напруги передбачено резервування джерел живлення. «Прихований» резерв забезпечується за допомогою комутаційного з'єднання між двома секціями розподільчого пристрою, що підвищує надійність системи.

					00.MP.000142.002.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

Для комутації з двох сторін встановлюють рубильники і один автомат.

У аварійному режимі роботи ТП зіпсований трансформатор вимикають власним рубильником на стороні низької напруги, а секцію РП цього трансформатора, за допомогою міжсекційного автомата через перемичку під'єднують до роботи сусідньої секції. Причому, прийом електроенергії від РПРТП і розподіл між електроприймачами забезпечують через розподільчі пункти (РП). Для окремих технологічних ділянок, приміщень та установок, таких як електропривід компресора, вибрано радіальні схеми електроспоживання. Для освітлювальної мережі обрані радіально-магістральні схеми.

Розрахунок номінальної потужності електричних двигунів приводу компресорів, вентиляторів, насосів.

Номінальна потужність електричних двигунів приводу вентиляторів:

$$P_{ном} = \frac{1,1 \cdot Q_n \cdot H_n \cdot 10^{-2}}{3670 \cdot \eta}, кВт$$

де Q_n - продуктивність вентилятора, м³/год;

H_n - напір вентилятора, $H_n=285$ мм.вд.ст.

η - ККД вентилятора, $\eta = 0,7$.

Залежно від потужності вибираємо електродвигуни до приводу компресорів, вентиляторів, насосів . Умова вибору:

$$P > P_{дв}$$

Результати розрахунків та відомі паспортні дані зводимо до табл.11.1 та табл.11.2.

Таблиця 11.1. Потужності електродвигунів приводу вентиляторів.

№п/п	Назва вентилятора	Q_n , м3/год	H_n , мм.вд.ст	$\eta_{дв}$	$P_{дв}$, кВт
1	Робочий вентилятор притоку (2 шт.)	2345	285	0,7	2,6
2	Робочий вентилятор відбір (2 шт.)	1680	285	0,7	4
3	Аварійний вентилятор відбір	2320	350	0,7	5,5

Таблиця 11.2.Електротехнічні характеристики електричних двигунів.

№ п/п	Назва (тип)	Позначення (позиція), тип електричного двигуна.	P _н , кВт	I _н , А	$\frac{I_{\Pi}}{I_{\text{мін}}}$	η, %	cos φ	n, об/хв
1	Компресор SAB 151M (3шт)	К	45	18	6.5	96	0.88	1470
2	Конденсатор Decsa CFR-A-063	ВН	8	17	7	70	0.9	1450
3	Насос водяний CFR-A-063	НВ	3	4,2	7.5	85.5	0.87	2880
4	Насос водяний К80-65-160	НВ	7	9	7.5	85.5	0.87	2880
5	Насос аміачний 1ЦГ 25/20-3-2(5) (2 шт)	НА	3	4,2	7.5	85.5	0.87	2880

Розрахунок та вибір шафи розподільного пункту №1

Розрахунок навантаження на шинах шафи розподільного пункту.

Значення середньої потужності за максимально навантаженою зміну:

$$P_{cm} = K_B \times P_n$$

де K_B - коефіцієнт використання,

P_n - номінальна потужність.

Значення середньої реактивної потужності за максимально навантаженою зміну:

$$Q_{cm} = P_{cm} \times \text{tg} \varphi_n$$

Результати розрахунків зводимо до табл.11.3.

Таблиця 11.3. Характеристики електричних приймачів РП-1.

№ п/п	Електроприймач	P _н , кВт	P _{см} , кВт	Q _{см} , кВар	K _B	cosφ	tgφ
1	Повітроохол. DHN 066D/27 (24шт)	4	2,8	1,59	0,7	0,87	0,57
2	Повітроохол. GHN 066C/18 (10шт)	4	2,8	1,59	0,7	0,87	0,57

Визначаємо значення розрахункової потужності:

$$m = \frac{P_{n.\text{max.}}}{P_{n.\text{min}}} = \frac{4}{4} = 1$$

K_ц=0,65 - коефіцієнт використання.

								Арк.
								71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.MP.000142.002.003.ПЗ			

Коефіцієнт максимуму:

$$K_m = f(n_e; K_u) = 1,3$$

Розрахункове значення потужностей:

1) активної:

$$P_p = K_m \times \sum P_{cm} = 1,3 \times (2,8 \times 48 + 2,8 \times 10) = 211 \text{ кВт}$$

2) реактивної:

$$Q_p = 1,1 \times \sum Q_{cm} = 1,1 \times (1,59 \times 58) = 102 \text{ кВар}$$

3) повної:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = 235 \text{ кВА}$$

Коефіцієнт потужності РП:

$$\cos \varphi = \frac{P_p}{S_p} = 0,89$$

Значення розрахункового і короткочасного струму:

$$I_{pn} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \times U} = 357 \text{ А}$$

Приймаємо шину ШРА – 400 , розраховану на: $I_n=400 \text{ А}$

Вибираємо стандартну шафу типу ПР9131.

Встановлюємо в шафу вибране обладнання.

Розрахунок та вибір шафи розподільного пункту №2.

Розрахунок навантаження на шинах шафи розподільного пункту.

Таблиця 11.4. Характеристики електричних приймачів РП-2.

№ п/п	Електроприймач	P_n , кВт	P_{cm} , кВт	Q_{cm} , кВар	K_b	$\cos \varphi$	$\text{tg} \varphi$
1	Компресор SAB 151M (3шт)	45	27	17,5	0,6	0,8	0,65
2	Конденсатор Decsa CFR-A-063	8	6,2	4,1	0,6	0,8	0,65
3	Насос водяний CFR-A-063	3	2,1	1,575	0,7	0,87	0,75
4	Насос водяний K80-65-160	7	3,2	2,1	0,7	0,87	0,75
5	Насос аміачний 1ЦГ 25/20-3-2(5) (2 шт)	3	2,1	1,575	0,7	0,87	0,75
6	Повітроохол. DHN 066C/27 (4шт)	4	2,8	1,59	0,7	0,87	0,57
7	Повітроохол. GHN 066D/18 (4шт)	4	2,8	1,59	0,7	0,87	0,57

Визначаємо значення розрахункової потужності:

$$m = \frac{P_{н.маx}}{P_{н.миn}} = \frac{45}{3} = 15$$

$K_u=0,65$ - коефіцієнт використання.

Коефіцієнт максимуму:

$$K_m = f(\eta_e; K_u) = 1,26$$

Розрахункове значення потужностей:

1) активної:

$$P_p = K_m \times \sum P_{cm}$$

$$P_p = 1,26 \times (27 \times 3 + 6,2 + 2,1 + 3,2 + 2,1 \times 2 + 2,8 \times 8 + 2,8 \times 4) = 165 \text{ кВт}$$

2) реактивної:

$$Q_p = 1,1 \times \sum Q_{cm}$$

$$Q_p = 1,1 \times (17,5 \times 3 + 4,1 + 1,575 + 2,1 + 1,575 \times 2 + 1,59 \times 8 + 1,59 \times 4) = 91 \text{ квар}$$

3) повної:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = 189 \text{ кВА}$$

Коефіцієнт потужності РП:

$$\cos \varphi = \frac{P_p}{S_p} = 0,87$$

Значення розрахункового і короткочасного струму:

$$I_{pn} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \times U} = 288 \text{ А}$$

Приймаємо шину ШРА – 400 , розраховану на: $I_n=400 \text{ А}$

Вибираємо стандартну шафу типу ПР9131.

Встановлюємо в шафу вибране обладнання.

Розрахунок та вибір шафи розподільного пункту №3.

Розрахунок навантаження на шинах шафи розподільного пункту.

					00.MP.000142.002.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

Таблиця 11.5. Характеристики електричних приймачів РП-3.

№ п/п	Електроприймач	P_n , кВт	P_{cm} , кВт	Q_{cm} , кВар	K_B	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$
1	Робочий вентилятор притоку (2 од.)	2,6	4,5	2	0,6	0,91	0,456
2	Робочий вентилятор відбір (2 од.)	4	3,3	1,5	0,6	0,91	0,456
3	Аварійний вентилятор відбір	5,3	3,3	1,5	0,6	0,91	0,456

Визначаємо значення розрахункової потужності:

$$m = \frac{P_{n.\max.}}{P_{n.\min.}} = \frac{7,5}{5,5} = 1,4$$

$K_u=0,65$ - коефіцієнт використання.

Коефіцієнт максимуму:

$$K_m = f(n_e; K_u) = 1,02$$

Розрахункове значення потужностей:

1) активної:

$$P_p = K_m \times \sum P_{cm} = 1,02 \times (4,5 \times 2 + 3,3 \times 2 + 3,3) = 19,3 \text{ кВт}$$

2) реактивної:

$$Q_p = 1,1 \times \sum Q_{cm} = 1,1 \times (2 \times 2 + 1,5 \times 2 + 1,5) = 9,35 \text{ кВар}$$

3) повної:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = 21,3 \text{ кВА}$$

Коефіцієнт потужності РП:

$$\cos \varphi = \frac{P_p}{S_p} = 0,9$$

Значення розрахункового і короткочасного струму:

$$I_{pn} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \times U} = 32,3 \text{ А}$$

Приймаємо шину ШРА – 250 , розраховану на: $I_n=250 \text{ А}$.

Вибираємо стандартну шафу типу ПР9131 .

Встановлюємо в шафу вибране обладнання.

									Арк.
									74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.MP.000142.002.003.ПЗ				

Вибір кількості та розрахунок потужності трансформаторів для трансформаторної підстанції

Для надійного і безперервного забезпечення приймачів I та II категорії вибрано двотрансформаторну підстанцію. При виході з ладу одного трансформатора, включається в роботу другий трансформатор, що знаходиться у резерві. Така схема забезпечує надійне живлення всіх споживачів. Потужність силових трансформаторів вибрана з умов:

а) економічного, доцільного режиму роботи;

б) необхідного забезпечення резервування живлення споживачів з урахуванням допустимих перевантажень трансформаторів:

$$K_T = 1,15 < 1,4.$$

Номінальна потужність трансформаторів вибрана за розрахунками максимумом навантаження S_p . Згідно ПУЕ номінальна потужність трансформатора вибрана не більше, ніж 0,75 від прогнозованого максимуму навантаження, тобто $K_1 = 0,75$. Величина допустимого перевантаження $K_2(t) = 1,1$.

де $t = 12$ год/добу, кВт

Умови вибору:

$$S_N \geq S_p / (\beta_u(t) * K_1)$$

де S_p - розрахункова потужність трансформатора,

Таблиця 11.6 Розрахунок РП та індивідуальних приймачів

Назва РП та індивідуальних приймачів	P_n , кВт	P_{cm} , кВт	Q_{cm} , квар	$tg\varphi$	$\cos\varphi$	K_B	S , кВА	I_n , А
РП1	218	152,6	99,2	0,65	0,89	0,7	225	340
РП2	263	157,8	89,5	0,57	0,87	0,6	226	342
РП3	31,5	18,9	8,8	0,46	0,9	0,6	21,3	32,3
Освітлення	11	6,6	6,7	1,02	0,7	0,6	2,04	3,09

Визначаємо значення розрахункової потужності:

$$m = \frac{P_{n.\max.}}{P_{n.\min.}} = \frac{263}{11} = 23,9$$

$K_u = 0,65$ - коефіцієнт використання.

					<i>00.MP.000142.002.003.P3</i>	Арк. 75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт максимуму:

$$K_M = f(n_e; K_u) = 1,33$$

Розрахункове значення потужностей:

1) активної:

$$P_p = K_M \times \sum P_{cm} = 1,33 \times (152,6 + 157,8 + 18,9 + 6,6) = 446 \text{ кВт}$$

2) реактивної:

$$Q_p = 1,1 \times \sum Q_{cm} = 1,1 \times (99,2 + 89,5 + 8,8 + 6,7) = 225 \text{ кВар}$$

3) повної:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = 499,3 \text{ кВА}$$

Коефіцієнт потужності РП:

$$\cos \varphi = \frac{P_p}{S_p} = 0,89$$

Значення розрахункового і короткочасного струму:

$$I_{pn} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \times U} = 756 \text{ А}$$

$$S_H \geq 499,3 / (1,1 \times 0,75) = 605 \text{ кВА}$$

До встановлення приймаємо 2 трансформатори типу ТМ-630/10.

Параметри встановлених трансформаторів зводимо в табл. 11.7.

Таблиця 11.7. Технічні параметри для трансформатора силового масляного загального призначення двохобмоткового для ТП.

Тип трансформатора	U _к , %	Втрати, кВт		Повна маса, кг	Габарити, мм		
		P _{хх}	P _к		H	L	B
ТМ 630/10	5,5	1,25	7,6	2030	1790	1400	1000

Розрахунок та вибір низьковольтного обладнання

Вибір магнітних пускатів

Магнітні пускачі вибирають і застосовують для дистанційної управління електричними приймачами різної потужності. Їх використовують на пультах управління або безпосередньо біля двигунів.

Для захисту електричних двигунів від режимів перевантаження в магнітних пускачах встановлено теплове реле захисту.

					00.MP.000142.002.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

Магнітні пускачі вибираються з умов:

1. $I_{МП} > I_{н.дв.}$
2. $U_{МП} = U_{н.дв.}$
3. $I_{спр.т.р.} > I_{ПМ}$

де $I_{МП}$ і $I_{н}$ - номінальний струм машин

$I_{спр.т.р.}$ - струм спрацьовування теплового реле.

Результати вибору зводимо в табл.11.8.

Таблиця 11.8. Технічні характеристики магнітних пускачів та контакторів

№ п/п	Найменування обладнання	I _н , А	1,1*I _н , А	МП		Теплове реле	
				Тип	I _н , А	Тип	I _н , А
1	Компресор SAB 151M (3шт)	18	19,8	ПМЛ-2110	25	РТЛ-2053	27,0
2	Конденсатор Decsa CFR-A-063	7	7,7	ПМЛ-2110	25	РТЛ-1012	14,0
3	Насос водяний CFR-A-063	4,2	4,62	ПМЛ 1220	10	РТЛ-1007	6,0
4	Насос водяний K80-65-160	4,2	4,62	ПМЛ 1220	10	РТЛ-1007	6,0
5	Насос аміачний 1ЦГ 25/20-3-2(5) (2 шт)	4,2	4,62	ПМЛ 1220	10	РТЛ-1007	6,0
6	Повітроохол. DHN 066C/27 (4шт)	6	6,6	ПМЛ 1220	10	РТЛ-1012	14,0
7	Повітроохол. DHN 066D/27 (24шт)	6	6,6	ПМЛ 1220	10	РТЛ-1012	14,0
8	Повітроохол. GHN 066C/18 (10шт)	6	6,6	ПМЛ 1220	10	РТЛ-1012	14,0
9	Повітроохол. GHN 066D/18 (4шт)	6	6,6	ПМЛ 1220	10	РТЛ-1012	14,0
10	Приточний вентилятор (2 шт.)	2,2	2,42	ПМЛ 1220	10	РТЛ-1007	6,0
11	Витяжний вентилятор (2 шт.)	3,3	3,63	ПМЛ 1220	10	РТЛ-1007	6,0
12	Аварійний вентилятор	8,8	9,68	ПМЛ-2110	25	РТЛ-1012	14,0

Розрахунок та вибір автоматичних повітряних вимикачів

Автоматичні повітряні вимикачі (автомати) застосовують і для захисту мереж електричних приймачів від пошкоджень, які вимикають під впливом струму, що перевищує допустимі значення, в тому числі струмів КЗ.

Вони виробляються з електромагнітними і комбінованими роз'єднувачами.

Вибір автоматів виконується згідно умов:

									Арк.
									77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.MP.000142.002.003.ПЗ				

1. $I_{н.а.} > I_{л};$
2. $U_{н.а.} > U_{л};$
3. $\sum I_{с.р.} > 1,25 \cdot I_{пуск}$ – доля ланцюгів з одним двигуном,
4. $I_{т.р.} > \beta \cdot I_{н},$

де $I_{н.а.}$ і $U_{н.а.}$ - номінальний струм і напруга автоматів,

$I_{л}$ і $U_{л}$ - струм і напруга лінії,

$I_{с.р.}$ - струм спрацювання роз'єднувача,

$I_{пуск}$ - пусковий струм двигуна;

$I_{т.р.}$ - струм спрацювання теплового роз'єднувача.

Результати виборів автоматичних повітряних вимикачів зводимо в табл.11.9.

Таблиця 11.9. Технічні характеристики автоматичних вимикачів

№ п/п	Найменування обладнання	Тип	$I_{н}$, А	$I_{пуск}$, А	1,25* $I_{пуск}$, А	Автомати	
						$I_{н}$, А	$I_{с.р.}$, кА
1	Компресор SAB 151M (3шт)	A3710Б	18	64	80	400	32
2	Конденсатор Decsa CFR-A-063	A3710Б	7	17	23,75	400	32
3	Насос водяний CFR-A-063	A3710Б	4,2	32,5	40,6	400	32
4	Насос водяний K80-65-160	A3710Б	6	25	31,3	400	32
5	Насос аміачний ІЦГ 25/20-3-2(5) (2 шт)	A3710Б	4,2	32,5	40,6	400	32
6	Повітроохол. DHN 066C/27 (4шт)	A3710Б	6	42	52,5	400	32
7	Повітроохол. DHN 066D/27 (24шт)	A3710Б	6	42	52,5	400	32
8	Повітроохол. GHN 066C/18 (10шт)	A3710Б	6	42	52,5	400	32
9	Повітроохол. GHN 066D/18 (4шт)	A3710Б	6	42	52,5	400	32
10	Приточний вентилятор (2 шт.)	A3710Б	2,2	15,4	19,25	400	32
11	Витяжний вентилятор (2 шт.)	A3710Б	3,3	23,1	28,8	400	32
12	Аварійний вентилятор	A3710Б	8,8	61,6	77	400	32

Розподілення електроенергії.

Проводи і кабелі повинні задовольнити умовам , мати ізоляцію, яка відповідає умовам напруги, умовам прокладки ліній. Приймаємо прокладку кабелю у трубах у землі, а проводи - у металевих рукавах.

Таблиця 11.10. Розрахунок та вибір проводів і кабелів

№	Найменування обладнання	Довжина, м	I _н , А	I _{доп} , (*2,2), А	Тип кабелю	S, мм ²	Тип кабелю
1	Компресор SAB 151M (3шт)	30	18	39,6	АВВГ	1,5	3*1,5
2	Конденсатор Decsa CFR-A-063	35	7	15,4	АВВГ	1,5	3*1,5
3	Насос водяний CFR-A-063	30	4,2	9,24	АВВГ	10	3*10
4	Насос водяний K80-65-160	30	4,2	9,24	АВВГ	10	3*10
5	Насос аміачний 1ЦГ 25/20-3-2(5) (2 шт)	15	4,2	9,24	АВВГ	10	3*10
6	Повітроохол. DHN 066C/27 (4шт)	150	6	13,2	АВВГ	10	3*10
7	Повітроохол. DHN 066D/27 (24шт)	150	6	13,2	АВВГ	10	3*10
8	Повітроохол. GHN 066C/18 (10шт)	150	6	13,2	АВВГ	10	3*10
9	Повітроохол. GHN 066D/18 (4шт)	150	6	13,2	АВВГ	10	3*10
10	Приточний вентилятор (2шт.)	45	2,2	4,84	АВВГ	1,5	3*1,5
11	Витяжний вентилятор (2шт.)	40	3,3	7,26	АВВГ	1,5	3*1,5
12	Аварійний вентилятор	55	8,8	19,36	АВВГ	1,5	3*1,5
13	РП1	25	52	114,4	АВВГ	120	2*120
14	РП2	25	93	204,6	АВВГ	120	2*120
15	РП3	25	49	107,8	АВВГ	70	3*70

Висновок

Виконано розрахунки та здійснено вибір низьковольтного обладнання, зокрема магнітних пускачів, автоматичних вимикачів (масляних або повітряних), шаф для цехового розподільчого пристрою (РП), а також увідних та лінійних шаф розподільчого пристрою трансформаторної підстанції (РПр) з напругою 0,4 кВ.

Розрахунки проводилися після визначення потужності електродвигунів допоміжного обладнання холодильного устаткування та обчислення розрахункових навантажень на шини розподільчого пристрою (РП) і розподільчого пристрою трансформаторної підстанції (РПр). Це дало можливість точно визначити необхідну потужність трансформаторів.

					00.MP.000142.002.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

12 Охорона праці

Будівля овочесховища на 8500 тон у м. Київ спроектована із застосуванням сучасного холодильного обладнання, що характеризується високим рівнем автоматизації.

Головною метою проєкту є не лише зниження споживання енергоресурсів, але й скорочення обсягів використання аміаку в системі, а також покращення умов праці для обслуговуючого персоналу. Впровадження сучасних норм і вимог з охорони праці сприятиме створенню безпечного та комфортного робочого середовища для співробітників підприємства.

У рамках проєкту як робочу зону розглядається машинне відділення.

Основним ризиком при експлуатації холодильної установки є можливість раптового руйнування її компонентів (випарників, конденсаторів, компресорних агрегатів, трубопроводів тощо), що може супроводжуватися викидом отруйних парів аміаку в атмосферу, а в окремих випадках – вибухом. Проєктування здійснено з урахуванням вимог чинних нормативних документів.

Умови праці

Як основна робоча зона розглядається машинне відділення.

Шкідливі та небезпечні виробничі фактори при обслуговуванні аміачної холодильної установки:

- високий рівень шуму та вібрації на робочому місці;
- ймовірна загазованість повітря;
- недостатній рівень освітлення робочої зони.

Небезпечні виробничі фактори:

- недотримання вимог безпеки при розміщенні робочих місць, обладнання та технологічних майданчиків;
- відкриті рухомі елементи обладнання;
- наявність посудин та апаратів, які працюють під тиском.

					00.MP.000142.002.003.ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Нормативно-технічна документація на робочому місці

У компресорному цеху працівники ведуть добовий журнал роботи холодильної установки. У машинному відділенні та пункті управління на видному місці розміщено затверджені головним інженером інструкції, що стосуються:

- конструкції та експлуатації аміачних холодильних установок;
- обслуговування машин, апаратів (посудин) і охолоджуючих пристроїв;
- експлуатації контрольно-вимірювальних приладів і автоматичних пристроїв;
- правил пожежної безпеки;
- заходів з охорони праці, включаючи порядок надання першої допомоги при отруєнні аміаком чи ураженні електрострумом, дії персоналу у разі прориву аміаку чи виникнення аварійної ситуації.

Усі інструкції доведені до відома машиністів під розписку.

У пункті управління також розташовані:

- річні та місячні графіки планово-попереджувальних ремонтів;
- схеми аміачних, масляних і водяних трубопроводів із пронумерованою запірно-регулювальною арматурою та автоматичними приладами;
- вказівники розташування засобів індивідуального захисту (протигази, захисні костюми);
- контактні номери швидкої допомоги, пожежної служби, диспетчера електромережі, штабу цивільного захисту, поліції, начальника компресорного цеху та старших змін (включаючи домашні телефони);
- контактна інформація та адреса організації, що обслуговує автоматику холодильної установки.

Санітарно-гігієнічні вимоги до розміщення обладнання

Розташування обладнання має відповідати чинним нормативам.

Навколо розподільчого холодильника передбачено санітарно-захисну зону радіусом 50 метрів.

Холодильні установки мають бути розташовані таким чином, щоб уникнути їх пошкоджень під час внутрішньозаводських процесів транспортування та переміщення.

					00.MP.000142.002.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

Чистота повітря середовища

В зв'язку з тим, що загазованість повітря в першу чергу визначає шкідливу дію парів аміаку на організм людини, нормативна документація встановлює гранично допустиму концентрацію (ГДК), для аміаку вона становить 20 мг/ м³.

Якщо робота виконується в приміщеннях де концентрація газу перевищує ГДК, слід користуватися засобами індивідуального захисту.

Для виявлення місць витоку аміаку передбачено використовувати хімічні індикатори. Чистота повітря забезпечується:

- запобігання проникненню парів аміаку у повітря робочої зони за рахунок герметизації обладнання;
- видалення парів аміаку за рахунок вентиляції.

Розрахунок обсягу повітря на вентиляцію машинного відділення

Розміри приміщення: довжина $a = 18\text{м}$;

ширина $b = 18\text{м}$;

висота $h = 6\text{м}$;

тоді об'єм приміщення буде $V = 1944\text{ м}^3$

1) кількість шкідливих газів, які виділяються з апаратури в приміщення цеху за годину, визначаємо за формулою :

$$G = \frac{(P - P_0) * V * \eta * K * \rho}{100 * P_0 * \tau}, \text{ кг/год}$$

де $P=14,3*10^5\text{ Па}$ – робочий тиск конденсації в обладнанні;

$P_0=1*10^5\text{ Па}$ – тиск у приміщенні;

$V_{\text{ап}}=1,7\text{ м}^3$ – об'єм апаратів з високим тиском;

$\eta=0,12$ – втрати герметичності устаткування протягом години;

$K=1$ – коефіцієнт запасу;

$\rho=0,12\text{ кг/м}^3$ – густина шкідливих газів;

$\tau=0,25$ – час, на протязі якого є витік газу.

$$G = \frac{(P - P_0) * V * \eta * K * \rho}{100 * P_0 * \tau} = \frac{(15 - 1) * 1,7 * 0,12 * 1 * 0,12}{100 * 1 * 0,25} = 0,014\text{ кг/год}$$

2) визначаємо інтенсивність повітрообміну:

					00.MP.000142.002.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

$$L = \frac{10^6 * G}{C - C_0}, \text{ м}^3/\text{год}$$

де $C=20 \text{ мг/м}^3$ – ГДК речовини;

$C_0=1,5 \text{ мг/м}^3$ – вміст шкідливих речовин, яке подається в приміщення.

$$L = \frac{10^6 * G}{C - C_0} = \frac{10^6 * 0,014}{20 - 1,5} = 777,78 \text{ м}^3/\text{год}$$

3) визначаємо кратність повітрообміну;

$$n = \frac{L}{V} = \frac{777,78}{1944} = 0,4 \text{ год}^{-1}$$

У генеральному плані передбачено щільність забудови до 50%. Будівля холодильника розташована таким чином, щоб забезпечити зручний доступ для транспортування контейнерів із овочами до камер зберігання від фасувального та сушильного цехів. На території овочесховища також передбачено наявність прохідної та вагової з автовагами вантажопідйомністю 10 і 30 тонн.

Об'ємно-планувальне рішення проектного холодильника

Будівля овочесховища запроектована як одноповерхова конструкція. Основні розміри та місткість камер холодильника визначаються на основі наведених нижче формул. Підсумкові розрахунки розмірів та місткостей камер наведено в таблиці 3.1.

Усі охолоджувані приміщення холодильника згруповані в єдиному контурі. Для камер використано притулкові двері з електропідігрівом ущільнювального притвору, що забезпечує належний температурний режим і мінімізує втрати холоду.

Всі проектні рішення щодо природного та штучного освітлення приміщень холодильника виконано відповідно до вимог **ДБН В.2.5-28-2018 "Природне і штучне освітлення"**, що гарантує відповідність нормам освітленості та енергетичної ефективності.

ДБН В.2.5-28-2006 — «Державні будівельні Норми України. Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення».

										Арк.
										84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.MP.000142.002.003.ПЗ					

У машинному відділенні присутнє як природне, так і штучне освітлення. Природне освітлення здійснюється через односторонні бічні прорізи. КПО у машинному відділенні становить $\epsilon_{\min} = 0,2\%$.

Штучне освітлення у машинному відділенні забезпечується лампами розжарювання. Загальний рівень освітленості робочих зон у машинному відділенні становить 75 лк. Для щита управління передбачено додаткове місцеве освітлення (лампа розжарювання), що забезпечує рівень комбінованого освітлення 500 лк. Рівень аварійного освітлення повинен бути не менше 8-10 лк.

Техніка безпеки

Вимоги щодо техніки безпеки визначаються нормативними актами.

До обслуговування холодильних установок допускаються особи, що досягли 18 років, пройшли медичний огляд і мають відповідні свідоцтва про завершення навчання у спеціалізованих навчальних закладах або курсах:

- з експлуатації холодильних установок – для машиністів;
- з автоматизації холодильних установок – для слюсарів з КВП та автоматики.

Машиністи допускаються до самостійного обслуговування холодильних установок лише після проходження стажування тривалістю не менше 1 місяця та успішної перевірки знань.

Обслуговування холодильних установок здійснюється двома машиністами в кожен змін.

Інструктаж з охорони праці є обов'язковим для всіх працівників, що приступають до роботи або вже працюють, незалежно від їхнього стажу та кваліфікації.

Перевірка знань персоналу з інструкцій щодо обслуговування холодильних установок, техніки безпеки, експлуатації обладнання та надання долікарської допомоги проводиться не рідше одного разу на рік. Комісію для перевірки знань складають фахівці з холодильних технік, електротехніки, автоматики та техніки безпеки.

					<i>00.MP.000142.002.003.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

У машинному відділенні встановлено сигналізатор концентрації аміаку в повітрі СКПА-01-500-1500, який оснащений 8 індикаторами концентрації аміаку в машинному відділенні (біля кожного компресора, дренажного ресивера, регулюючої станції). Сигналізатор здійснює включення аварійної вентиляції при досягненні концентрації 1500 мг/м³ (0,21%), світлозвукової сигналізації і сирени типу ПВ-СС, попереджаючи про загазованість приміщення.

Для екстреного відключення електроживлення усього обладнання холодильної установки і робочого освітлення зовні на стіні машинного відділення змонтовано кнопки загального аварійного відключення, із яких одна – біля робочого входу, а друга – біля дверей запасного виходу. Одночасно з відключенням електроживлення обладнання ці кнопки включають в роботу аварійну вентиляцію, сирену і аварійне освітлення.

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

Електробезпека

Машинне відділення відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою (ПУЕ.Правила улаштування електроустановок). Електроустановки відповідають цим вимогам, а також діючим стандартам безпеки праці та іншим нормативним документам.

Безпечна експлуатація електрообладнання досягається такими заходами та засобами:

- електроустаткування машинного відділення має ступінь захисту оболонки –ІР –44 (ДНАОП 00.0 –1.32 –01);
- недоступність струмоведучих частин досягається за допомогою огорож, закритих щитів, розташуванням на недоступній висоті;
- надійною ізоляцією струмоведучих частин, опір якої повинен становити не менше 0,5 МОм;

					<i>00.MP.000142.002.003.ПЗ</i>	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Холодильник і машинне відділення має захист від руйнівної дії блискавки - блискавковідвід виконаний по II категорії у відповідності з вимогами РД 34.21.122 –87. "Инструкция по защите от молнии зданий и сооружений".

Пожежна та вибухова безпека

Відповідно до сучасних нормативних актів, таких як **ДБН В.2.5-28:2018 "Природне і штучне освітлення"**, та стандартів пожежної безпеки, машинне відділення холодильника відноситься до категорії вибухо- та пожежонебезпечних приміщень.

Пожежна безпека на підприємстві включає систему запобігання вибуху і пожежі, а також систему пожежного захисту. Відповідальність за пожежну безпеку в машинному відділенні покладається на начальника відділення, а під час змін — на начальника зміни або старшого машиніста.

Крім обов'язкового ввідного протипожежного інструктажу та інструктажу на робочому місці, працівники машинного відділення повинні проходити пожежно-технічний мінімум щорічно з наступною здачею заліку.

Система запобігання пожежі і вибуху включає:

- Наявність у огорожуючих конструкціях будівлі машинного відділення легкоскрипних елементів (вікна, двері);
- Контроль нижнього та верхнього рівнів концентрації аміаку в приміщенні компресорного відділення, наявність аварійної витяжної вентиляції;
- Світлозвукова сигналізація та газосигналізація;
- Надійне підключення провідників від обладнання до заземлювального контуру без іскріння;
- Захист від атмосферної електрики;
- Використання аварійних та витяжних вентиляторів машинного відділення в іскрозахищеному виконанні, а їх електродвигунів — у вибухозахищеному виконанні; припливного вентилятора — у звичайному, а його електродвигуна — в закритому виконанні;
- Наявність протипожежних інструкцій і періодична атестація обслуговуючого персоналу;
- Робота на електрообладнанні без перевантажень;

					<i>00.MP.00014.2.002.003.P3</i>	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Дотримання правил пожежної безпеки при виконанні вогняних робіт;
- Заборона куріння на робочих місцях.

Система пожежного захисту включає:

- Наявність у приміщенні машинного відділення двох евакуаційних виходів, причому двері відчиняються у бік виходу;
- Наявність системи оповіщення про пожежу (ПКНЛ-1);
- Наявність аварійного відключення обладнання;
- Забезпечення машинного відділення первинними засобами пожежогасіння: пожежним щитом з двома лопатами, сокирами, ломами, металевим багром, ящиком з піском та азбестовим полотном;
- Повітряно-пінні вогнегасники ОВП-5 — 2 шт.; порошкові вогнегасники ОП-10А — 2 шт.

					00.MP.000142.002.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

13 Цивільний захист

У світі в різних сферах, таких як промисловість, сільське господарство та побут, використовується близько 6 мільйонів токсичних речовин. З них 60 тисяч виробляється у великих кількостях, серед яких понад 500 є сильнодіючими отруйними речовинами (СДОР), що є найнебезпечнішими для людини.

СДОР — це речовини або сполуки, які, при перевищенні гранично допустимих концентрацій, завдають шкоди людям, тваринам і рослинам, викликаючи ураження різного ступеня тяжкості.

Об'єкти, на яких використовуються СДОР, є потенційними джерелами технологічної небезпеки, зокрема хімічно небезпечними об'єктами (ХНО).

Для оцінки токсичних властивостей СДОР при їх вдиханні людиною використовується поняття токсичної дози, що включає кілька типів доз: гранично допустиму, середню порогову, середню вивідну та смертельну.

Хімічно небезпечні об'єкти, у разі аварії або руйнування, можуть становити загрозу для життя людей і навколишнього середовища через викид СДОР.

Розробка інструкцій для чергового диспетчера на випадок аварії з викидом СДОР є важливою частиною системи захисту населення від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру. Інформація та оповіщення є основою цієї системи, містячи дані про надзвичайні ситуації, їх класифікацію, межі поширення, наслідки та заходи реагування.

Оперативну і достовірну інформацію про стан захисту населення територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру, методи та способи їх захисту, заходи безпеки зобов'язані надавати населенню у через засоби масової інформації центральні та місцеві органи виконавчої влади та виконавчі органи рад.

Оповіщення про загрозу виникнення надзвичайних ситуацій і постійне інформування про них населення забезпечується шляхом:

					00.МР.000142.002.003.ПЗ	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- забезпечення своєчасного створення та підтримання в готовності загальнодержавної і територіальних автоматизованих систем централізованого оповіщення населення;
- організаційно-технічне об'єднання територіальних систем централізованого оповіщення з системами оповіщення на об'єктах господарювання;
- створення і організаційно-технічне з'єднання локальних систем оповіщення та інформування населення, що діють на постійній основі, з системами спостереження і контролю, у зонах можливих катастрофічних затоплень, у районах розміщення радіаційних та хімічних підприємств та інших об'єктів підвищеної небезпеки;
- централізоване використання загальнодержавних та галузевих систем зв'язку, а також радіо- і телебачення для оповіщення, радіотрансляційних мереж та інших технічних засобів передачі інформації.

Оповіщення населення про загрози та виникнення надзвичайних ситуацій у мирний час, під час особливого періоду, а також постійне інформування про поточну ситуацію є важливим завданням цивільного захисту України. Для цього створюється система, яка об'єднує організаційно-технічні засоби для передачі сигналів і розпоряджень органами управління цивільного захисту. Система оповіщення та інформування створюється завчасно на всіх рівнях управлінських пунктів. Основою цієї системи є автоматизовані системи централізованого оповіщення через мережі зв'язку та радіомовлення, а також спеціалізовані технічні засоби.

«Аварія на хімічно небезпечному об'єкті». У разі аварії надається інформація про місце, час, масштаби події, можливе хімічне зараження території, напрямок та швидкість поширення зараженого повітря, а також райони, що можуть бути піддані небезпеці. Інформується населення щодо необхідних дій: залишатися на місці, ховатися у житлових приміщеннях чи на робочих місцях або евакуюватися, використовуючи засоби індивідуального захисту, і вирушати до місць збору для евакуації чи захисних споруд.

										Арк.
										90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.MP.000142.002.003.ПЗ					

сигналу необхідно прийняти одну таблетку з індивідуальної аптечки АІ-2 при отруєнні фосфорорганічними сполуками, або 2-5 таблеток протибактеріального препарату № 1 з гнізда 5, швидко надягти протигаз, а за потреби – засоби захисту шкіри, та сховатися у захисних спорудах. Якщо такі відсутні, можна захиститись від аерозолів отруйних речовин і бактеріальних агентів, ховаючись у житлових чи виробничих приміщеннях.

У разі застосування біологічної зброї противником, населенню буде надано інформацію про подальші дії.

Успішний захист населення залежатиме від дисциплінованості, своєчасної і правильної поведінки, а також суворого дотримання рекомендацій і вимог органів цивільного захисту.

Дії чергового диспетчера щодо прогнозування хімічного зараження.

Черговий диспетчер, приступаючи до чергування, з'ясовує метеорологічні умови (температуру повітря в градусах Цельсія, швидкість вітру на висоті до 2 м у метрах на секунду) та визначає ступінь вертикальної стійкості повітря, орієнтуючись на графік. Для цього він отримує відомості від дистанційної метеостанції про напрямок і швидкість вітру, а також візуально оцінює хмарність і знімає показники температури повітря.

Отримавши інформацію про аварію з викидом (виливом) СДОР, черговий диспетчер хімічно небезпечного об'єкта зобов'язаний: уточнити вид, кількість СДОР, що викинуто та характер їх розливу на підстилаючій поверхні (“вільно”, “у піддон”, “у обвалування”);

- знаючи ступінь вертикальної стійкості повітря, швидкість вітру, температуру повітря та маючи відомості про кількість викинутого (що вилилося) СДОР, визначає за заздалегідь розрахованими таблицями глибину зони зараження, виходячи із “Методики прогнозування масштабів зараження СДОР на випадок аварій на хімічно небезпечних об'єктах та транспорті”. Якщо кількість викинутого (що вилилося) СДОР невідомо, тоді за величину викиду приймають вміст СДОР максимальної за об'ємом однієї ємкості (технологічної, складської, транспортної і т.д.), а для сейсмічно небезпечних районів - загальний запас СДОР на об'єкті;

					00.MP.000142.002.003.ПЗ	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- схема оповіщення персоналу об'єкту, керівників підприємств, установ організацій і людей, які знаходяться у санітарно-захисній зоні об'єкту на випадок аварії з викидом (впливом) СДОР;

- текст звернення до персоналу об'єкту та населення при аварії з викидом (впливом) СДОР.

Робоче місце чергового диспетчера оснащується також дистанційною метеостанцією для визначення напрямку і швидкості вітру у навколоремному шарі повітря, приладом вимірювання температури повітря та кінцевим пристроєм технічних засобів оповіщення і визначення СДОР. Крім того, на робочому місці зберігаються підібрані за розміром комплекти засобів індивідуального захисту для кожного чергового диспетчера.

Дії чергового диспетчера по оповіщенню персоналу об'єкту, а також керівників підприємств, установ, організацій та людей, які знаходяться у межах санітарно-захисної зони об'єкту

В залежності від масштабу аварії на хімічно небезпечному об'єкті та відомостей прогнозу глибини зони зараження СДОР оповіщення здійснюється за двома варіантами:

- для аварії, масштаби якої не виходять за межі санітарно-захисної зони об'єкту, оповіщаються чергові зміни аварійних служб (газорятівної, протипожежної, медичної), воєнізована охорона, цехи, що попадають до зони хімічного зараження, керівний склад та штаб цивільної оборони об'єкту, керівники підприємств, установ, організацій і населення в межах санітарно-захисної зони. Оповіщення здійснюється черговим диспетчером за об'єктовою системою оповіщення з використанням гучномовців та електросирен. Про аварію, яка сталася, черговий диспетчер Доповідає оперативному черговому відділу з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту населення міста;
- для аварії, масштаби якої виходять за межі санітарно-захисної зони об'єкту черговий диспетчер у першу чергу оповіщає чергові зміни аварійних служб (газорятівної, протипожежної, медичної), цехи, які попадають до зони хімічного зараження, керівний склад та штаб ЦО

					00.MP.000142.002.003.ПЗ	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

об'єкту, органи держадміністрації та оперативного чергового відділу з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту населення міста, чергового міського відділу, внутрішніх справ МВС України для оповіщення підприємств, установ, організацій (в першу чергу дитячих закладів та шкіл) і населення, які знаходяться за межами санітарно-захисної зони об'єкту.

- Текст звернення до персоналу і населення, яке попадає в зону хімічного зараження, повинен бути розроблений завчасно та затверджений начальником цивільної оборони району.
- Для привертання уваги персоналу об'єкту та населення до інформації про аварію, яка сталася на хімічно небезпечному об'єкті з викидом (вилівом) СДОР, перед передачею тексту звернення подається сигнал “УВАГА ВСІМ!” шляхом увімкнення об'єктових електросирен.

Висновок

Впровадження даної інструкції дозволяє вчасно сповістити персонал підприємства у випадку аварії. Тоді у випадку техногенної аварії можна буде зменшити небезпеку виробничого персоналу і для населення, а також зменшити ступінь забруднення навколишнього середовища, та прийняти заходи щодо ліквідації наслідків небезпеки. У роботі АХУ холодильника використовується СДОР, а саме аміак, тому існує ймовірність хімічного зараження місцевості і ураження людей внаслідок аварії.

Підготовку підприємства до захисту від хімічного зараження внаслідок аварії здійснюють на основі спеціально розробленої інструкції, з метою недопущення людських жертв і зменшення матеріальних витрат.

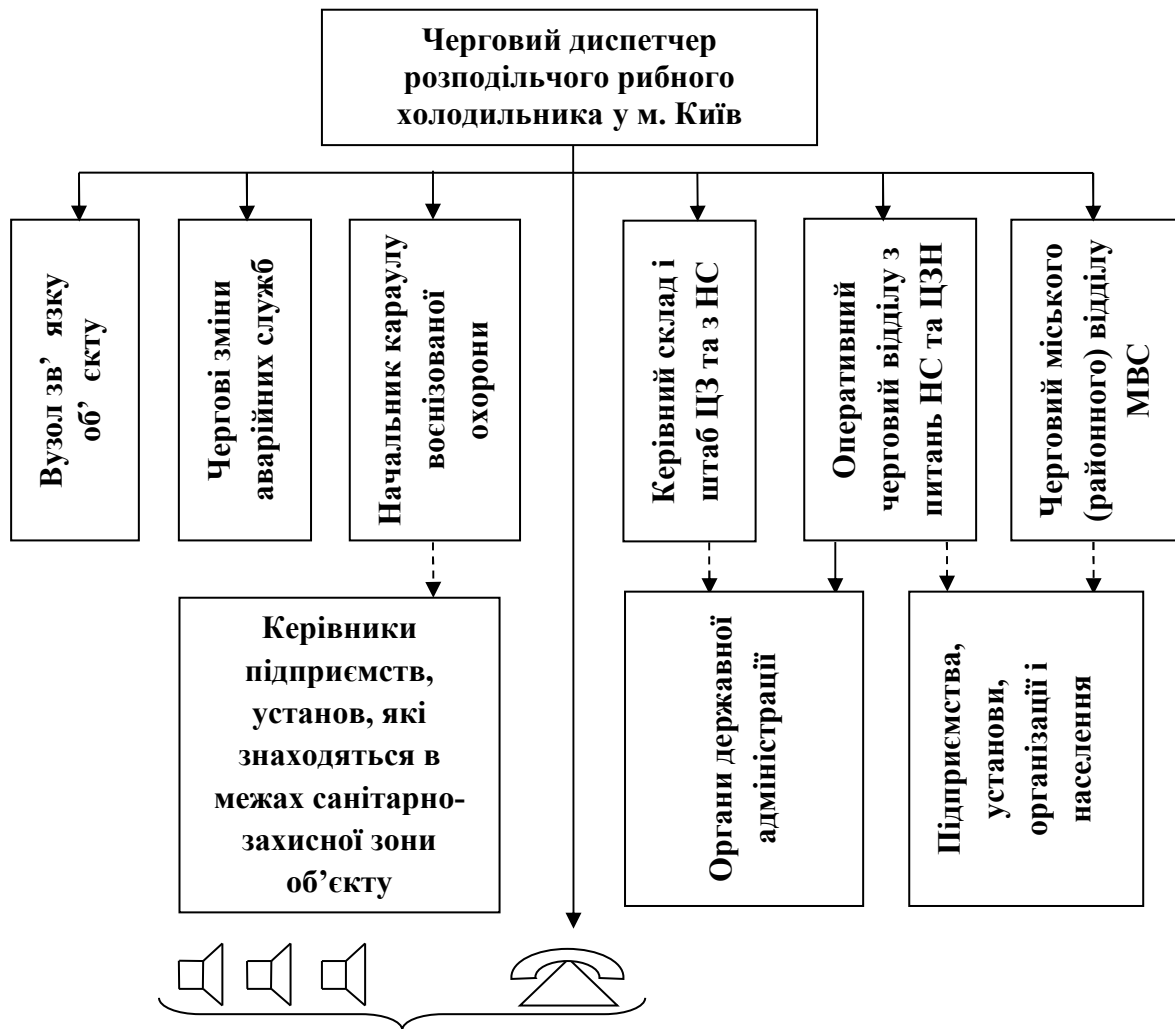
					<i>00.MP.000142.002.003.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		94

“ЗАТВЕРДЖУЮ”
Начальник цивільного захисту міста
(району, області)

“ ” _____ 20__ р.

СХЕМА

оповіщення персоналу об’єкту, керівників підприємств, установ, організацій і населення, які попадають в зону хімічного зараження



Персонал об’єкту, цехи, люди, які знаходяться в межах санітарно-захисної зони району

Умовні позначення:
 — Прямий телефонний зв'язок через АТС
 - - - - Радіотрансляційна мережа

Начальник цивільного захисту
Розподільчого рибного холодильника
у м. Київ

“УЗГОДЖЕНО”
Начальник відділу з питань НС та ЦЗ міста
Начальник відділу внутрішніх справ міста

						00.MP.000142.002.003.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			95

Список використаних джерел

1. Масліков, М.М. Холодильна технологія харчових продуктів: Навчальний посібник.– К.: НУХТ, 2007.–335 с.
2. Бодак М. П. Холодильна технологія та технічні засоби її забезпечення : підручник / М. П. Бодак, І. В. Сирохман ; Центр. спілка споживчих товариств України, Львів. торг.-екон. ун-т. – Львів : Вид-во Львів. торг.-екон. ун-ту, 2018. – 412 с.
3. Хмельнюк М. Г., Подмазко О. С. Холодильні установки спеціального призначення : підручник. Херсон : Грінь Д.С., 2013, 488 с.
4. Чумак І. Г., Чепурненко В. П., Лар'янівський С. Ю. Холодильні установки : підручник у 2-х книгах. Київ : Либідь, 1995.
5. Холодильные установки. Проектирование : учеб. пособие / И. Г. Чумак и др. 3-е изд., перераб. и доп. Одесса : Друк, 2007. 480 с.
6. Бурдо О. Г., Милинчук С. И., Мордынский В. П., Харенко Д. А. Техника блочного вымораживания : монография. Одесса : Полиграф, 2011. - 294 с.
7. www.sublimat.com.ua/uk/sublimatsionnaja_sushilka_dly_doma - ТМ «Вітамінний заряд»
8. www.en.wikipedia.org/wiki/Organic_Rankine_cycle - WikiprdiA
9. www.climeon.com - Climeo. Creating a sustainable future with waste heat recovery
10. www.primeholod.com.ua/uk - Праймхолод
11. www.delaval.com - ДеЛаваль

					<i>00.MP.000142.002.003.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		96