

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

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

«До захисту в ЕК»

Директор інституту

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

« ____ » _____ 2022 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Петренко В.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 2022 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

зі спеціальності 142 Енергетичне машинобудування

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми _____

Холодильні техніка та технологія

на тему: Проект холодильника для зберігання цибулі місткістю 1000 т у м. Черкаси на базі різних схемних рішень холодильної установки

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ЗХМ-М-3с

Кропотов Максим Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник Рябчук Олександр Миколайович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Консультант _____

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Рецензент _____

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Я як здобувач Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідні джерела.

(підпис та прізвище здобувача)

Київ – 2022 р.

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.

“05” листопада 2021 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Кропотов Максим Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект холодильника для зберігання цибулі місткістю 1000 т у м. Черкаси на базі різних схемних рішень холодильної установки

керівник роботи доц. к.т.н., Рябчук О.М.

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від 01.11.2021 року № 860-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 01.02.2022 року

3. Вихідні дані до роботи варіативний розрахунок ХУ при безпосередньому охолодженні фреоном та з проміжним теплоносієм

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

1.ТЕО

2. Розрахунок холодильної частини

3. Електрообладнання та електропостачання

4. Автоматизація системи холодильної установки

5. Монреальський протокол. Загальні відомості

6. Розрахунок економічної ефективності

7. Охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу

1.План та розріз холодильника, 2.Схема ХУ, 3. Автоматизація, 4. Електрообладнання

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 05.11.2021

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Отримання завдання на кваліфікаційну роботу	05.11-13.11.2021	
	Виконання розділів кваліфікаційної роботи	14.11-22.01.2022	
	Оформлення ПЗ, презентація, консультація з розділів	23.01-31.01.2022	

Здобувач _____
(підпис)

Кропотов М.О. _____
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Рябчук О.М. _____
(прізвище та ініціали)

Зміст

стор.

Анотація.....	
1. Вступ.....	
2. Розрахунок холодильної частини.....	
2.1. Розробка технологічної схеми холодильної обробки продукції.....	
2.2. Визначення основних розмірів та планування приміщень холодильника.....	
2.3. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника.....	
2.4. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень.....	
2.5. Визначення навантаження на обладнання камер та компресор.....	
2.6. Вибір розрахункового робочого режиму, побудова циклу та тепловий розрахунок холодильної машини. Вибір компресорів.....	
2.7. Розрахунок та вибір тепломасообмінних апаратів (конденсатор, градирня).....	
2.8. Розрахунок та вибір теплообмінного обладнання холодильних камер...	
2.9. Розрахунок та підбирання допоміжного обладнання (ресивери, мастиловіддільники).....	
3. Автоматизація системи холодильної установки.....	
4. Монреальський протокол. Загальні відомості	
5. Розрахунок економічної ефективності.....	
6. Охорона праці.....	
Список використаної літератури.....	

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Анотація

Загальновідомо, що вирощування і збір врожаю – це всього лише половина справи. Головне ж, зуміти отриманий врожай зберегти. У зв'язку з цим, багато хто може пригадати, ще не так давно широко вживалась таке словосполучення, як «битва за врожай», коли цю «битву» регулярно насилу вигравали спільними зусиллями, а ось зберегти результати цієї «перемоги» не могли. Особливо, дана ситуація стосується овочів і фруктів, які зберегти не так вже і просто, не маючи спеціально обладнаного овочесховища.

Зв'язане це з тим, що при зберіганні, не в спеціально обладнаному овочесховищі овочі і фрукти досить сильно «дихають» внаслідок того, що в них відбувається окислення цукрів, через яке відбувається втрата живильних речовин, виділяється значна кількість вологи, вуглекислого газу і тепла. При протіканні цих процесів відбувається втрата якості овочів і фруктів, що зберігаються, а також зменшується їх вага, а в результаті це призводить до втрати продукції.

Якщо ж є овочесховища, з устаткуванням, яке здатне підтримувати оптимальний режим вологи і температури, регулювати газове середовище в приміщенні, то дані процеси практично зупиняються. Випаровування вологи неминуче супроводжується зменшенням маси плодів і овочів і такі втрати називаються природними. Їх можна скоротити шляхом регулювання інтенсивності дихання, а отже, і випаровування вологи, що має серйозне практичне значення.

Ключові слова: *овочесховище, фреон, проміжний теплоносій, холодозабезпечення, R134*

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Вступ

Мета проекту будівництво холодильника для зберігання цибулі місткістю 1000 т у місті Черкаси.

Економічне обґрунтування на будівництво даного холодильника включає в себе дві основні задачі:

- обґрунтування вибору потужності холодильника, що проектується, та місця його будівлі;
- розрахунок основних техніко-економічних показників.

Потреба міста Черкаси в будівництві нового холодильника визначається з об'єму споживання овочів мешканцями даної території, а також найближчих областей. Об'єм споживання залежить від кількості населення та норм споживання овочевої продукції.

Загальна характеристика ефективності капітальних вкладень в холодильник, що проектується, визначається техніко-економічними показниками, які розраховуються в економічній частині даного дипломного проекту.

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Проект холодильника для зберігання цибулі місткістю 1000 т у м. Черкаси на базі різних схемних рішень холодильної установки</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		<i>М.О. Кропотов</i>						
Перевір.		<i>О.М. Рябчук</i>						
Реценз.								
Н. контр.								
Затверд.		<i>В.П. Петренко</i>				ТЕХТ ННІТІ НУХТ		

2. Розрахунок холодильної частини

2.1. Розробка технологічної схеми холодильної обробки продукції.

Цибулю, що поступає з поля, з початку необхідно повністю висушити і тільки потім почати охолоджувати. Для просушування цибулі необхідно враховувати її більш щільну, порівняно з картоплею, насипну масу. Тому потужність вентиляційної системи повинна бути більшою та забезпечувати 150 м³ повітря на 1м³ продукції в годину.

Просушування цибулі триває до моменту, коли вона стане сухою на дотик, її шийка повинна зімкнутися, покривні луски мають похрускувати та ломитися при зминанні. Вологість повітря в сховищі наприкінці етапу просушування стабілізується та перестає зростати в перервах між вентиляцією. Якщо зовнішні умови внаслідок низької температури чи високої вологості не дозволяють висушувати цибулю напряму зовнішнім повітрям, обов'язково застосовуємо повітрянагрівачі.

Цибулю зберігаємо при температурі 0°C та відносній вологості 70–75%. Для виходу на режим використовуємо точне регулювання зниження температури, як і при зберіганні картоплі, дотримуючись плавного зниження температури на 0,5-1°C в день. Цибуля на відміну від картоплі менш чутлива до механічних пошкоджень при холодній температурі, але для запобігання конденсату на поверхні, перед відвантаженням її необхідно підігріти до 8-10 °C.

Таблиця 2.1.1. Температура надходження продукту

Вид продукту	Цибуля
Температура, °C	15

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		<i>М.О. Кропотов</i>			<i>Проект холодильника для зберігання цибулі місткістю 1000 т у м. Черкаси на базі різних схемних рішень холодильної установки</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>О.М. Рябчук</i>						
Реценз.								
Н. контр.								
Затверд.		<i>В.П. Петренко</i>						
						ТЕХТ ННІТІ НУХТ		

Таблиця 2.1.2. Температурно–вологісні умови та термін зберігання
овочевої продукції

Вид продукту	Маса продукту, т	Температура, °С	Відносна вологість, %	Термін зберігання, місяців
Цибуля	1000	0	70–75	4–8

Продукція буде зберігатися в спеціальних дерев'яних контейнерах.
Розміри контейнера: L1600xW1200xH1250.

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. 2. Визначення основних розмірів та планування приміщень ХОЛОДИЛЬНИКА.

2.2.1. Планування приміщень холодильника.

Будівля будується на основі залізного каркасу. Стіни та перегородки самонесучі, виконані з сендвіч-панелей на основі утеплювача пінополіуретану.

Приймаємо розміри сітки колон 12х24м та 12х36м.

Визначаємо потрібну площу камер зберігання:

Визначаємо розміри камер для зберігання цибулі. Відстань від стін до контейнерів становить 0,3 м., відстань між контейнерами 0,1м., висота камер 7,5 м., вантажна висота 6,25 м.

$$F_{к.зб.охл.} = \frac{B_k}{q_v \times h_{zp} \times \beta};$$

де B_k – місткість камер зберігання, т ($B_k = 1000\text{т}$); h_{zp} – вантажна висота, м ($h_{zp} = 1,6\text{м}$); β – коефіцієнт використання будівельної площі камер ($\beta = 0,7$); q_v – норма навантаження на 1м^3 вантажного об'єму камери, т/м³; $q_v = 0,38\text{т}/\text{м}^3$.

$$F_{к.зб.циб.} = \frac{B_k}{q_v \times h_{zp} \times \beta} = \frac{1000}{0,38 \times 1,6 \times 0,7} = 2380\text{м}^2;$$

Кількість будівельних прямокутників камер:

$$n = \frac{2380}{288} = 8,26$$

Приймаємо 9 будівельних прямокутників.

5) Визначаємо загальну площу камер зберігання:

$$F_{к.зб.} = F_{к.зб.циб.} = 2592\text{м}^2$$

6) Площа допоміжних приміщень:

$$F_{доп.} = 0,2 \times F_{к.зб.} = 0,2 \times 2592 = 556\text{м}^2$$

Кількість будівельних прямокутників камер:

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{556}{288} = 1,93$$

Приймаємо 2 будівельних прямокутники.

7) Площа службових приміщень:

$$F_{сл.} = (0,1 \div 0,4) \times F_{к.зб.} = 0,1 \times 2592 = 278 м^2$$

Кількість будівельних прямокутників:

$$n = \frac{278}{288} = 0,97$$

Приймаємо 1 будівельний прямокутник.

8) Визначаємо площу машинного відділення:

$$F_{м.в.} = 0,05 \times F_{к.зб.} = 0,05 \times 2592 = 139 м^2$$

Кількість будівельних прямокутників камер:

$$n = \frac{139}{288} = 0,48$$

Приймаємо 0,5 будівельного прямокутника.

9) Визначаємо площу камери експедиції та сортувального відділення:

$$F_{м.в.} = 0,2 \times F_{к.зб.} = 0,2 \times 2592 = 556 м^2$$

Кількість будівельних прямокутників камер:

$$n = \frac{556}{288} = 1,93$$

Приймаємо 2 будівельних прямокутники.

10) Наносимо на плані машинне та службові приміщення, автомобільну платформу шириною 7,5 м.

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

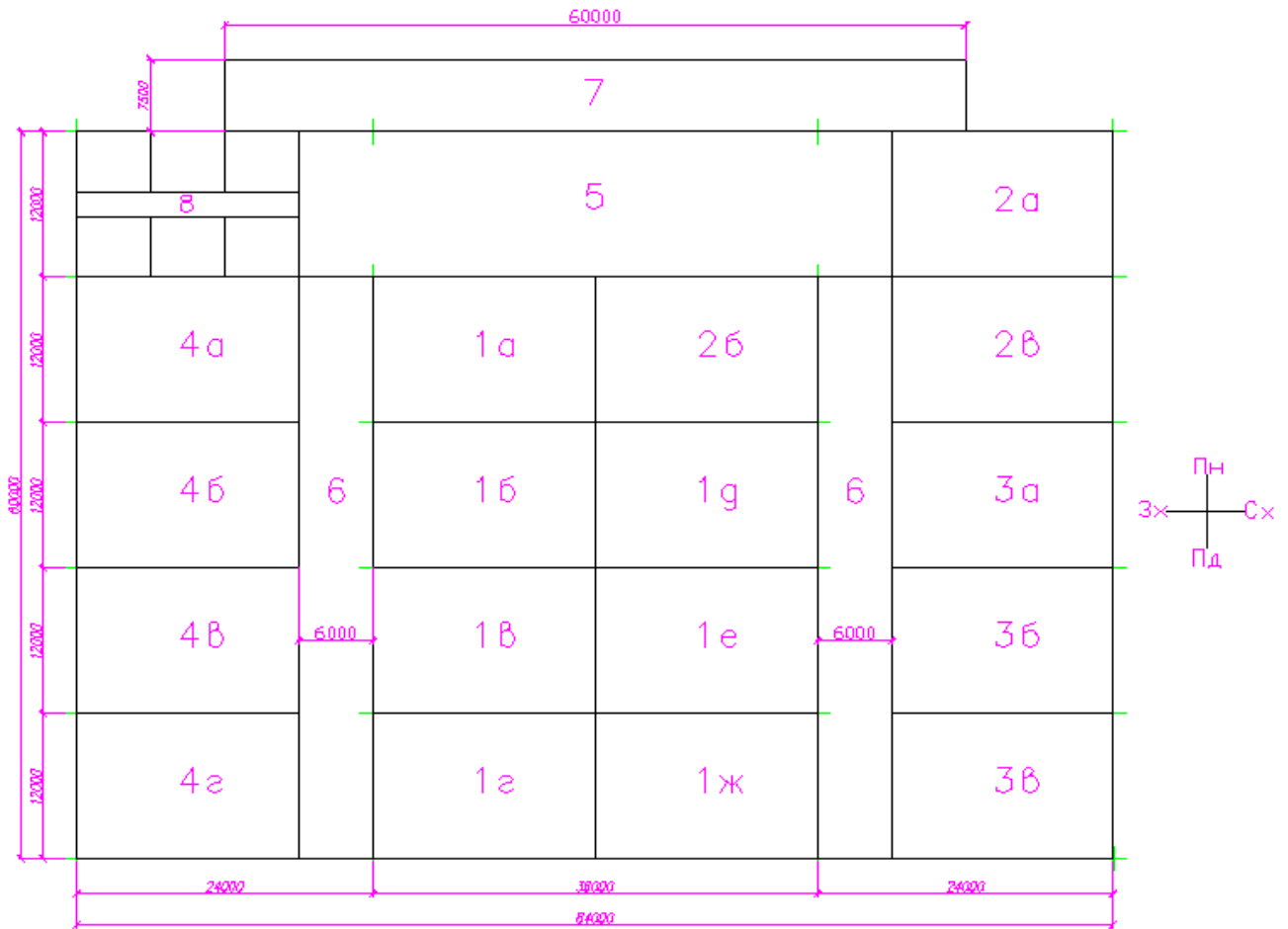


Рис.2.2.1. План холодильника:

1-камери зберігання цибулі, $t=0^{\circ}\text{C}$; 2 – резервні камери зберігання дефектного вантажу, 3 – додаткові камери зберігання(майбутнє розширення), $t=0^{\circ}\text{C}$; 4-камери короткочасного зберігання, $t=0^{\circ}\text{C}$; 5-сортувальне відділення, експедиція; 6-коридори; 7-автомобільна платформа; 8-службове приміщення.

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника.

Теплоізоляція камер та службових приміщень виконана із сендвіч-панелей на основі утеплювача – пінополіуретан (табл.2.4.1.). Підлога ізоляції не має, так як температура в камерах вища або рівна 0°C.

Стеля виконана з сендвіч-панелей на основі утеплювача – пінополіуретан. Для розрахунку товщини ізоляції зовнішніх стін необхідні параметри зовнішнього повітря місця будівництва холодильника (табл. 2.4.2.).

Таблиця 2.4.1. Характеристики сендвіч-панелей

Найменування показників	Величина показників
Густина, кг/м ³ , не більше	55
Теплопровідність, Вт/(м ² ·К), не більше	0,022
Волого-поглинання за 24 години при відносній вологості повітря 96%, % від об'єму, не більше	0,1
Міцність зчеплення з металевим листом, МПа(кгс/см ²)	-
при рівномірному відриві	0,20 (2,0)
при зміщенні	0,25 (2,5)
Міцність при розтягненні, МПа(кгс/см ²), не менше	0,20 (2,0)
Міцність при зміщенні, МПа(кгс/см ²), не менше	0,25 (2,5)
Модуль пружності при розтягненні, МПа(кгс/см ²), не менше	12 (120)
Модуль зміщення, МПа(кгс/см ²), не менше	4,5 (45)
Склад добавок, що гасять полум'я, % від ваги, не менше	5
Товщина металевого листа δ, мм	0,5
Коефіцієнт теплопровідності металевого листа λ, Вт/(м ² ·К)	46,5

Стандартний ряд товщин панелей, мм: 30, 40, 50, 60, 80, 100, 120, 150.

Таблиця 2.4.2. Розрахункові параметри зовнішнього повітря

Місто	Розрахункова температура, °С			Відносна вологість повітря, %	
	літня	зимова	середньорічна	літня	зимова
Черкаси	31	-21	7,2	66	88

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4.1. Розрахунок теплоізоляції огорож.

1) Визначаємо потрібну товщину ізоляційного шару для зовнішніх стін за формулою [8.2 літ. 1]. Розраховуємо для камер, температура в яких найнижча $t_{кам} = 0^{\circ}C$:

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

де $\lambda_{із}$ - коефіцієнт теплопровідності ізоляції, $Вт/(м \cdot K)$; K_0 - оптимальний коефіцієнт теплопередачі, $Вт/(м^2 \cdot K)$; α_3 - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої або більш теплої сторони огороження, $Вт/(м^2 \cdot K)$; α_6 - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої або більш холодної сторони огороження, $Вт/(м^2 \cdot K)$

$$\lambda_{із} = 0,022 \text{ Вт}/(м \cdot K) ; K_0 = 0,4 \text{ Вт}/(м^2 \cdot K) ; \alpha_3 = 23 \text{ Вт}/(м^2 \cdot K) ; \alpha_6 = 9 \text{ Вт}/(м^2 \cdot K) .$$

Сумарний термічний опір:

$$R = \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{0,0005 \times 2}{46,5} = 0,000022 \text{ (м}^2 \cdot K) / \text{Вт}$$

Потрібна товщина теплоізоляції:

$$\delta_{із}^n = 0,022 \cdot \left[\frac{1}{0,4} - \left(\frac{1}{23} + 0,000022 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,0516 \text{ м} ;$$

Товщину сендвіч- панелей приймаємо зі стандартного ряду $\delta_{із}^{\partial} = 60 \text{ мм}$.

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

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

$$K_0^{\partial} = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + 0,000022 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,06}{0,022}} = 0,35 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot K};$$

2) Визначаємо потрібну товщину стін сендвіч-панелей між коридором та камерами зберігання з температурою $t_{кам} = 0^{\circ}C$:

$$\lambda_{із} = 0,022 \text{ Вт}/(м \cdot K) ; K_0 = 0,46 \text{ Вт}/(м^2 \cdot K) ; \alpha_3 = 8 \text{ Вт}/(м^2 \cdot K) ; \alpha_6 = 9 \text{ Вт}/(м^2 \cdot K)$$

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сумарний термічний опір:

$$R = \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{0,0005 \times 2}{46,5} = 0,000022 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)} / \text{Вт}$$

Потрібна товщина теплоізоляції:

$$\delta_{із}^n = 0,022 \cdot \left[\frac{1}{0,46} - \left(\frac{1}{8} + 0,000022 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,049 \text{ м} ;$$

Товщину сендвіч- панелей приймаємо зі стандартного ряду $\delta_{із}^0 = 50 \text{ мм}$.

Дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$K_0^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{8} + 0,000022 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,05}{0,022}} = 0,4 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}} ;$$

3) Визначаємо потрібну товщину сендвіч-панелі для перегородок між камерами зберігання $t_{кам} = 0^\circ \text{C}$:

$$\lambda_{із} = 0,022 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}) ; K_0 = 0,58 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) ; \alpha_3 = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) ; \alpha_6 = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Сумарний термічний опір:

$$R = \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{0,0005 \times 2}{46,5} = 0,000022 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)} / \text{Вт}$$

Потрібна товщина теплоізоляції:

$$\delta_{із}^n = 0,022 \cdot \left[\frac{1}{0,58} - \left(\frac{1}{9} + 0,000022 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,033 \text{ м} ;$$

Товщину сендвіч- панелей приймаємо зі стандартного ряду $\delta_{із}^0 = 40 \text{ мм}$.

Дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$K_0^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{9} + 0,000022 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,04}{0,022}} = 0,49 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}} ;$$

4) Визначаємо потрібну товщину сендвіч-панелей покрівлі камер з температурою $t_{кам} = 0^\circ \text{C}$:

$$\lambda_{із} = 0,022 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}) ; K_0 = 0,407 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) ; \alpha_3 = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) ; \alpha_6 = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Сумарний термічний опір:

$$R = \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{0,0005 \times 2}{46,5} = 0,000022 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)} / \text{Вт}$$

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Потрібна товщина теплоізоляції:

$$\delta_{із}^n = 0,022 \cdot \left[\frac{1}{0,407} - \left(\frac{1}{23} + 0,000022 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,051 \text{ м} ;$$

Товщину сендвіч- панелей приймаємо зі стандартного ряду $\delta_{із}^o = 60\text{мм}$.

Дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$K_0^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + 0,000022 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,06}{0,022}} = 0,35 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}} ;$$

Таблиця 2.4.3. Товщини теплоізоляції та коефіцієнти теплопередачі огороджувачих конструкцій

Огородження	t _в , °C	α _{зов} , Вт/(м ² · К)	α _в , Вт/(м ² · К)	Товщина теплоізоляційного шару, мм		Коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м ² · К)	
				δ _{із} ⁿ	δ _{із} ^o	K ₀	K ₀ ^D
Зовнішні стіни	0	23	9	0,0516	0,060	0,4	0,35
Стіни між камерою экс. та коридором	0	8	9	0,049	0,050	0,46	0,4
Стіни між камерами	0	9	9	0,033	0,040	0,58	0,49
Покриття камер	0	23	9	0,051	0,060	0,407	0,35

2.4.2. Гідро та пароізоляція.

Шаром гідро та пароізоляції є металевий лист у сендвіч-панелей, з товщиною шарів металу по 0,55 мм. Стики панелей герметизують силіконом марки CERESIT Silikon (білий).

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень.

Загальна кількість теплоти, що надходить в охолоджуване приміщення холодильника:

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

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

Камера №1а (камера зберігання картоплі).

2.4.1. Теплонадходження через загороджуючі конструкції:

$$Q_1 = Q_{1m} + Q_{1c}, \text{Вт};$$

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

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

1) Визначаємо теплонадходження через стіну між камерою 5 та камерою 1а: $t_{\text{к.зб.}} = 4^{\circ}\text{C}$; $K_{\partial} = 0,4 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}$; $t_{\text{зов.}} = 18^{\circ}\text{C}$;

$$F = 18 \times 7,5 = 135 \text{м}^2;$$

$$Q_{1m} = 0,4 \times 135 \times (18 - 4) \times 10^{-3} = 0,756 \text{кВт};$$

$$\theta = (t_{\text{зов.}} - t_{\text{вн.}}) = (18 - 4) = 14^{\circ}\text{C};$$

Для всіх інших камер розрахунки робимо так само і результати заносимо до таблиці 2.4.1.

2) Визначаємо теплонадходження через стіну між камерою 2б та камерою 1а: $t_{\text{к.зб.}} = 4^{\circ}\text{C}$; $K_{\partial} = 0,49 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}$; $t_{\text{зов.}} = 0^{\circ}\text{C}$;

$$F = 12 \times 7,5 = 90 \text{м}^2;$$

$$Q_{1m} = 0,49 \times 90 \times (0 - 4) \times 10^{-3} = -0,177 \text{кВт};$$

$$\theta = (t_{\text{зов.}} - t_{\text{вн.}}) = (0 - 4) = -4^{\circ}\text{C};$$

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для всіх інших камер розрахунки робимо так само і результати заносимо до таблиці 2.4.1.

3) Визначаємо теплонадходження через стіну між камерою 1б та камерою 1а:

$$t_{к.зб.} = 4^{\circ}C; K_{\partial} = 0,49 \frac{Вт}{м^2 \times K}; t_{зов.} = 4^{\circ}C;$$

$$F = 18 \times 7,5 = 135 м^2;$$

$$Q_{1m} = 0,49 \times 135 \times (0 - 0) \times 10^{-3} = 0 кВт;$$

$$\theta = (t_{зов.} - t_{вн.}) = (0 - 0) = 0^{\circ}C;$$

Для всіх інших камер розрахунки робимо так само і результати заносимо до таблиці 2.4.1.

4) Визначаємо теплонадходження через стіну між коридором та камерою 1а:

$$t_{к.зб.} = 4^{\circ}C; K_{\partial} = 0,4 \frac{Вт}{м^2 \times K}; t_{зов.} = 18^{\circ}C;$$

$$F = (12 \times 7,5) - 7,5 = 82,5 м^2;$$

$$Q_{1m} = 0,4 \times 82,5 \times (18 - 4) \times 10^{-3} = 0,462 кВт;$$

$$\theta = (t_{зов.} - t_{вн.}) = (18 - 4) = 14^{\circ}C;$$

Для всіх інших камер розрахунки робимо так само і результати заносимо до таблиці 2.4.1.

5) Визначаємо теплонадходження через двері:

$$t_{к.зб.} = 4^{\circ}C; K_{\partial} = 0,34 \frac{Вт}{м^2 \times K}; t_{зов.} = 18^{\circ}C;$$

$$F = 3 \times 2,5 = 7,5 м^2;$$

$$Q_{1m} = 0,34 \times 7,5 \times (18 - 4) \times 10^{-3} = 0,0357 кВт;$$

$$\theta = (t_{зов.} - t_{вн.}) = (18 - 4) = 14^{\circ}C;$$

Для всіх інших камер розрахунки робимо так само і результати заносимо до таблиці 2.4.1.

б) Визначаємо теплонадходження між покрівлею та камерою 1а:

$$t_{к.зб.} = 4^{\circ}C; K_{\partial} = 0,35 \frac{Вт}{м^2 \times K}; t_{зов.} = 31^{\circ}C;$$

$$F = 12 \times 18 = 216 м^2;$$

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{1m} = 0,35 \times 216 \times (31 - 4) \times 10^{-3} = 2,04 \text{кВт};$$

$$\theta = (t_{\text{зов.}} - t_{\text{вн.}}) = (31 - 4) = 27^\circ\text{C};$$

Для всіх інших камер розрахунки робимо так само і результати заносимо

до таблиці 2.4.1.

7) Визначаємо теплонадходження від сонячної радіації: $K_{\theta} = 0,35 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}$;

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

де Δt_c – надлишкова різниця температур від впливу прямого сонячного випромінювання на дане огороження

$$Q_{1c} = 0,35 \times 216 \times 4,5 \times 10^{-3} = 0,34 \text{кВт};$$

Для всіх інших камер розрахунки робимо так само і результати заносимо до таблиці 2.4.1.

8) Визначаємо теплонадходження через підлогу:

підлога розміщена на ґрунті та не має обігрівачих пристроїв тому теплопритоки через неї визначається сумою тепловтрат через умовні зони шириною 2 м за формулою (9.5 [1]):

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

де $K_{\text{ум}}$ — умовний коефіцієнт теплопередачі відповідної зони підлоги, Вт/(м²×К)[для I, II, III зон $K_{\text{ум}}$ дорівнює відповідно 0,47; 0,23; 0,12 Вт/(м²×К), а інша зона підлоги (IV зона) $K_{\text{ум}} = 0,07$ Вт/(м²×К)]; площа частини підлоги розміром 2×2, прилегла до кутка зовнішніх стін, враховується двічі.

Для неізольованих підлог, що лежать на ґрунті, $m=1$.

$$Q_{1m} = 0,07 \times 216 \times (31 - 4) \times 10^{-3} = 0,4 \text{кВт};$$

$$Q_1 = Q_{1m} + Q_{1c} = 0,756 + 0,462 + 0,0357 + 2,04 + 0,4 + 0,34 = 4 \text{кВт};$$

Для всіх інших камер розрахунки робимо так само і результати заносимо до таблиці 2.4.1.

4.2.2) Теплонадходження від вантажів при холодильній обробці:

Картопля надходить в камеру з температурою $t = 15^\circ\text{C}$, $t_{\text{к.зб.}} = 4^\circ\text{C}$;

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

де M_{np} - добове надходження продуктів, т/добу; Δh - різниця питомих ентальпій продуктів, КДж/кг;

$$Q_{2np} = 100 \times (328 - 287) \times \frac{10^3}{24 \times 3600} = 47,45 \text{ кВт};$$

Теплонадходження від тари Q_{2m} , кВт:

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

де M_m - добове надходження тари (20% від маси вантажу), т/добу; c_m - питома теплоємність тари, кДж/кг×К; t_1 і t_2 - початкова і кінцева температура тари (приймаються рівними початковій і кінцевій температурі продукту), °С;

$$c_m = 2,3 \text{ кДж/кг} \times \text{К}$$

$$Q_{2m} = 20 \times 2,3 \times (15 - 4) \times \frac{10^3}{24 \times 3600} = 5,85, \text{ кВт};$$

$$Q_2 = Q_{2np} + Q_{2m} = 47,45 + 5,85 = 53,3 \text{ кВт};$$

Для всіх інших камер розрахунки робимо так само і результати заносимо до таблиці 2.4.2.

2.4.3.) Теплонадходження при вентиляції приміщення:

$$Q_3 = M_{нов} \times (h_{зов} - h_{вн}), \text{ кВт};$$

де $M_{нов}$ — масова витрата вентиляційного повітря, кг/с; $h_{зов}$, $h_{вн}$ — питомі ентальпії зовнішнього повітря та повітря в камері, кДж/кг.

$$M_{нов} = \frac{V_k \times a \times \rho_{нов}}{24 \times 3600}, \text{ кг/с};$$

де V_k — об'єм вентилязованого приміщення, м³; a — кратність повітрообміну; $\rho_{нов}$ — густина повітря при температурі та відносній вологості повітря в камері, кг/м³. $V_k = 1620, \text{ м}^3$; $a = 4$; $\rho_{нов} = 1,27, \text{ кг/м}^3$.

$$M_{нов} = \frac{1620 \times 4 \times 1,27}{24 \times 3600} = 0,095, \text{ кг/с};$$

$$Q_3 = 0,095 \times (77 - 16) = 5,8 \text{ кВт};$$

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для всіх інших камер розрахунки робимо так само і результати заносимо до таблиці 2.4.4.

4.4.4) Експлуатаційні теплонадходження:

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

де q_1, q_2, q_3, q_4 – надходження теплоти відповідно від освітлення, перебування людей, працюючих електродвигунів та відчинення дверей.

Теплонадходження від освітлення:

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

де A – теплота, яка виділяється джерелами освітлення за одиницю часу на 1 м^2 площі пола, Вт/м^2 ; F – площа камери, м^2 .

$$q_1 = 2,3 \times 216 \times 10^{-3} = 0,5 \text{ кВт}$$

Теплонадходження від перебування людей:

$$q_2 = 0,35 \times n, \text{кВт}$$

де $0,35$ – тепловиділення однієї людини, кВт ; n – число людей, які працюють в даному приміщенні.

$$q_2 = 0,35 \times 3 = 1,05 \text{ кВт}$$

Теплонадходження від працюючих електродвигунів:

$$q_3 = N_{\text{ел.дв.}} = 3, \text{кВт}$$

Теплонадходження при відкриванні дверей:

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

де K – питома надходження теплоти від відкривання дверей, Вт/м^2 ; F – площа камери, м^2 . $K=4 \text{ Вт/м}^2$ (табл.9.2., [1]); $F=216 \text{ м}^2$;

$$q_4 = 4 \times 216 \times 10^{-3} = 0,86 \text{ кВт};$$

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 = 0,5 + 1,05 + 3 + 0,86 = 5,41 \text{ кВт};$$

Для всіх інших камер розрахунки робимо так само і результати заносимо до таблиці 2.4.3.

2.4.5) Теплонадходження від «дихання» плодів:

$$Q_5 = B_{\kappa} \times (0,1 \times q_n + 0,9 \times q_{\text{зб}}) \times 10^{-3}, \text{кВт}$$

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де V_k — місткість камери, т; $q_n, q_{зб.}$ — тепловиділення плодів при температурах надходження та зберігання (додаток 8[1]), Вт/т. $q_n=31, \text{Вт/т}$; $q_{зб.}=21, \text{Вт/т}$.

$$Q_5 = 430 \times (0,1 \times 36 + 0,9 \times 24) \times 10^{-3} = 10,84, \text{кВт}$$

$$Q = 4 + 53,3 + 5,8 + 5,41 + 10,84 = 79,34, \text{кВт}$$

Для всіх інших камер розрахунки робимо так само і результати заносимо до таблиці 2.4.4.

Таблиця 2.4.2. Теплонадходження від вантажів при холодильній обробці

№ камери	Темп. Продукту, °C		Час охол., год τ	Питома ент. продукту		$Q_{2пр}, \text{кВт}$	$Q_{2м}, \text{кВт}$	$Q_{2об}, \text{кВт}$
	t_1	t_2		i_1	i_2			
1а	15	4	24	328	287	47,45	5,85	53,30
1б	15	4	24	328	287	47,45	5,85	53,30
1в	15	4	24	328	287	47,45	5,85	53,30
1г	15	4	24	328	287	47,45	5,85	53,30
1д	15	4	24	328	287	47,45	5,85	53,30
1е	15	4	24	328	287	47,45	5,85	53,30
1ж	15	4	24	328	287	47,45	5,85	53,30
2а	15	0	24	328	272	16,13	2,72	18,85
2б	15	0	24	328	272	16,13	2,72	18,85
2г	15	0	24	328	272	16,13	2,72	18,85
3а	10	0	24	309	272	14,56	1,81	16,37
3б	10	0	24	309	272	14,56	1,81	16,37
3в	10	0	24	309	272	14,56	1,81	16,37
4а	10	0	24	309	272	14,56	1,81	16,37
4б	10	0	24	309	272	14,56	1,81	16,37
4в	10	0	24	309	272	14,56	1,81	16,37
4г	10	0	24	309	272	14,56	1,81	16,37

Таблиця 2.4.3. Експлуатаційні теплонадходження

№ камери	$F_k, \text{м}^2$	$A, \text{Вт/м}^2$	$q_1, \text{кВт}$	$n, \text{людей}$	$q_2, \text{кВт}$	$q_3, \text{кВт}$	$K, \text{Вт/м}$	$q_4, \text{кВт}$	$Q_{4об}, \text{кВт}$
1а	216	2,3	0,50	3	1,05	3,00	4	0,86	5,41
1б	216	2,3	0,50	3	1,05	3,00	4	0,86	5,41
1в	216	2,3	0,50	3	1,05	3,00	4	0,86	5,41
1г	216	2,3	0,50	3	1,05	3,00	4	0,86	5,41
1д	216	2,3	0,50	3	1,05	3,00	4	0,86	5,41
1е	216	2,3	0,50	3	1,05	3,00	4	0,86	5,41
1ж	216	2,3	0,50	3	1,05	3,00	4	0,86	5,41
2а	216	2,3	0,50	3	1,05	3,00	4	0,86	5,41
2б	216	2,3	0,50	3	1,05	3,00	4	0,86	5,41
2в	216	2,3	0,50	3	1,05	3,00	4	0,86	5,41
3а	216	2,3	0,50	3	1,05	3,00	4	0,86	5,41
3б	216	2,3	0,50	3	1,05	3,00	4	0,86	5,41
3в	216	2,3	0,50	3	1,05	3,00	4	0,86	5,41
4а	216	2,3	0,50	3	1,05	3,00	4	0,86	5,41
4б	216	2,3	0,50	3	1,05	3,00	4	0,86	5,41
4в	216	2,3	0,50	3	1,05	3,00	4	0,86	5,41
4г	216	2,3	0,50	3	1,05	3,00	4	0,86	5,41

Таблиця 2.4.4. Загальні теплонадходження

№камери	F_k, M^2	Температура,	Навантаження на камерне обладнання					$\Sigma q_{об}$
		t_B , °C	$Q_{1 об}$	$Q_{2 об}$	$Q_{3 об}$	$Q_{4 об}$	$Q_{5 об}$	
1а	216	4	4,00	53,3	5,80	5,41	10,84	79,34
1б	216	4	3,28	53,3	5,80	5,41	10,84	78,62
1в	216	4	3,28	53,3	5,80	5,41	10,84	78,62
1г	216	4	5,49	53,3	5,80	5,41	10,84	80,83
1д	216	4	3,28	53,3	5,80	5,41	10,84	78,62
1е	216	4	3,28	53,3	5,80	5,41	10,84	78,62
1ж	216	4	5,49	53,3	5,80	5,41	10,84	80,83
2а	216	0	7,36	18,85	6,56	5,41	7,15	45,32
2б	216	0	5,14	18,85	6,56	5,41	7,15	43,10
2в	216	0	5,30	18,85	6,56	5,41	7,15	43,26
3а	216	0	5,30	16,37	6,46	5,41	9,89	43,43
3б	216	0	5,30	16,37	6,46	5,41	9,89	43,43
3в	216	0	7,70	16,37	6,46	5,41	9,89	45,83
4а	216	0	5,94	16,37	6,46	5,41	9,38	43,56
4б	216	0	5,37	16,37	6,46	5,41	9,38	42,99
4в	216	0	5,37	16,37	6,46	5,41	9,38	42,99
4г	216	0	7,76	16,37	6,46	5,41	9,38	45,38
Сума, кВт								994,75

2.4.6) Розрахунок теплонадходжень для зимового періоду.

Таблиця 2.4.5. Теплонадходження через огорожуючі конструкції взимку

Таблиця 2.4.6. Експлуатаційні тепло надходження взимку

№камер	F_k, M^2	$A, Вт / м^2$	$q_1, кВт$	$n, людей$	$q_2, кВт$	$q_3, кВт$	$K, Вт / м$	$q_4, кВт$	$Q_{4 об}, кВт$
1а	216	2,3	0,00	3	0	3,00	4	0,00	3,00
1б	216	2,3	0,00	3	0	3,00	4	0,00	3,00
1в	216	2,3	0,00	3	0	3,00	4	0,00	3,00
1г	216	2,3	0,00	3	0	3,00	4	0,00	3,00
1д	216	2,3	0,00	3	0	3,00	4	0,00	3,00
1е	216	2,3	0,00	3	0	3,00	4	0,00	3,00
1ж	216	2,3	0,00	3	0	3,00	4	0,00	3,00
2а	216	2,3	0,00	3	0	3,00	4	0,00	3,00
2б	216	2,3	0,00	3	0	3,00	4	0,00	3,00
2в	216	2,3	0,00	3	0	3,00	4	0,00	3,00
3а	216	2,3	0,00	3	0	3,00	4	0,00	3,00
3б	216	2,3	0,00	3	0	3,00	4	0,00	3,00
3в	216	2,3	0,00	3	0	3,00	4	0,00	3,00
4а	216	2,3	0,00	3	0	3,00	4	0,00	3,00
4б	216	2,3	0,00	3	0	3,00	4	0,00	3,00
4в	216	2,3	0,00	3	0	3,00	4	0,00	3,00
4г	216	2,3	0,00	3	0	3,00	4	0,00	3,00

Арк.

КР 000.142.011.002.2022.ПЗ

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Таблиця 2.4.7. Загальні теплонадходження взимку

№ камери	F_k, M^2	Температура, °C	Навантаження на камерне обладнання					$\sum Q_{об}$
			t_B	$Q_{1 об}$	$Q_{2 об}$	$Q_{3 об}$	$Q_{4 об}$	
1а	216	4	-1,00	0	-3,42	3	10,32	8,90
1б	216	4	-1,77	0	-3,42	3	10,32	8,13
1в	216	4	-1,77	0	-3,42	3	10,32	8,13
1г	216	4	-3,50	0	-3,42	3	10,32	6,40
1д	216	4	-1,77	0	-3,42	3	10,32	8,13
1е	216	4	-1,77	0	-3,42	3	10,32	8,13
1ж	216	4	-3,50	0	-3,42	3	10,32	6,40
2а	216	0	-3,63	0	-2,66	3	6,68	3,39
2б	216	0	0,00	0	-2,66	3	6,68	7,02
2в	216	0	-2,30	0	-2,66	3	6,68	4,72
3а	216	0	-2,30	0	-2,76	3	9,35	7,30
3б	216	0	-2,30	0	-2,76	3	9,35	7,30
3в	216	0	-4,00	0	-2,76	3	9,35	5,60
4а	216	0	-1,26	0	-2,76	3	8,25	7,24
4б	216	0	-2,23	0	-2,76	3	8,25	6,27
4в	216	0	-2,23	0	-2,76	3	8,25	6,27
4г	216	0	-4,00	0	-2,76	3	8,25	4,50
Сума, кВт								113,80

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.5. Визначення навантаження на обладнання камер та компресор.

При проектуванні холодильника овочесховища слід враховувати, що навантаження на компресор в період збору врожаю є набагато більшим, ніж потім при подальшому його зберіганні.

Розрахункову холодопродуктивність для підбору компресорів визначаємо за формулою:

$$Q_{0m} = \frac{k \times \sum Q_{км}}{b};$$

де k – коефіцієнт, що враховує втрати в трубопроводах та апаратах холодної установки; $k=1,12$; b – коефіцієнт робочого часу; $b=0,9$;

Навантаження на компресор, що працює при температурі кипіння $t_0 = -10^\circ\text{C}$, визначаємо за формулою:

$$\sum Q_{км} = \sum Q_{1об} + 0,6 \times \sum Q_{2об} + \sum Q_{3об} + 0,5 \times \sum Q_{4об} + \sum Q_{5об}; \text{кВт}$$

$$\begin{aligned} \sum Q_{км} = & (4 + 3,28 + 3,28 + 5,49 + 3,28 + 3,28 + 5,49 + 7,36 + 5,14 + 5,3 + 5,3 + 5,3 + 7,7 + 5,94 + \\ & 5,37 + 5,37 + 7,74) + 0,6 \times ((7 \times 53,3) + (3 \times 18,85)) + ((7 \times 5,8) + (3 \times 6,56) + (7 \times 6,46)) + 0,5 \times \\ & \times (17 \times 5,41) + ((7 \times 10,84) + (3 \times 7,15) + (3 \times 9,89) + (4 \times 9,38)) = 662,5 \text{кВт}; \end{aligned}$$

Розрахункова холодопродуктивність компресора:

$$Q_{0m} = \frac{1,12 \times 662,5}{0,9} = 824,4 \text{кВт};$$

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

2.6.1. Розрахунковий (робочий) режим холодильної установки характеризується температурами кипіння t_0 , конденсації t_k , всмоктування (пари на вході в компресор) t_{ec} і переохолодженням рідкого холодильного агента перед регулюючим вентилем t_u . 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.

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

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

Визначаємо температуру конденсації:

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

Величина переохолодження холодильного агента:

$$\Delta t_{пер} = 3^\circ\text{C}.$$

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:

$$t_{ec} = 15^\circ\text{C}.$$

2.6.1. Вибір схеми та побудова циклу.

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо одноступеневу схему. Температура кипіння у випарниках $t_{01} = -5$ °С. 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.) будуємо 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.

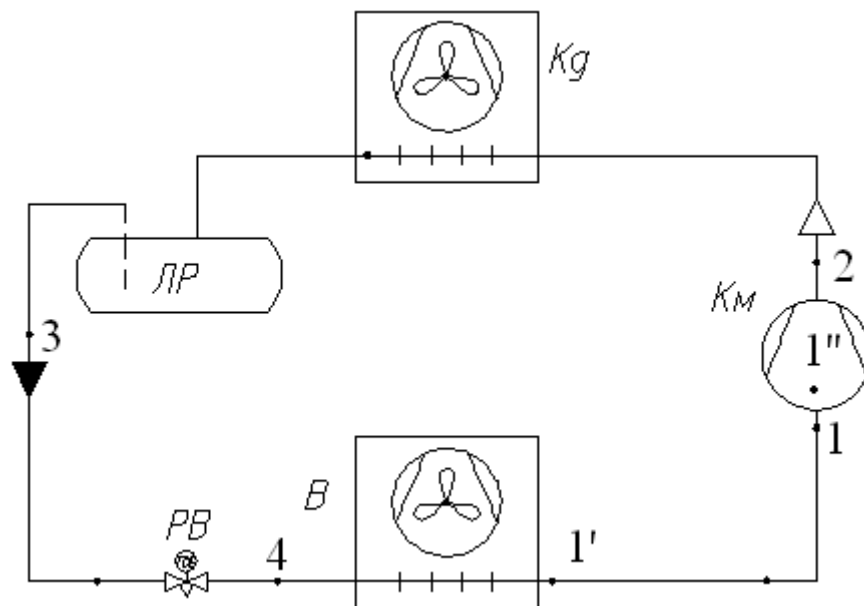


Рис 2.6.1. Схема холодильної установки

Таблиця 2.6.1. Параметри вузлових точок.

№ точки	t, °С	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

2.6.2. Тепловий розрахунок холодильної машини.

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 $t_0 = -5 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$q_0 = i_1' - i_4 = 398,9 - 259,2 = 139,2 \text{ кДж/кг}$$

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.

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

2.6.3. Розрахунок компресора:

Дійсний об'єм всмоктування:

$$V_\delta = M_{км} \times v_1'' = 6,07 \times 0,1149 = 0,698 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Об'єм, що описується поршнем:

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

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
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:

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

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Табл. 2.6.2. Технічні характеристики компресорів

Компресор Bitzer	Об'ємна продуктивність, м ³ /год.	Розміри, мм			d _{вх.} , мм	d _{вих.} , мм	Швидкість Обертання, об/хв.	Потужність електродвигуна, кВт	Маса, кг.
		Д	Ш	В					
CSH95113-320Y	1120	1975	750	812	125	100	3000	277	1500

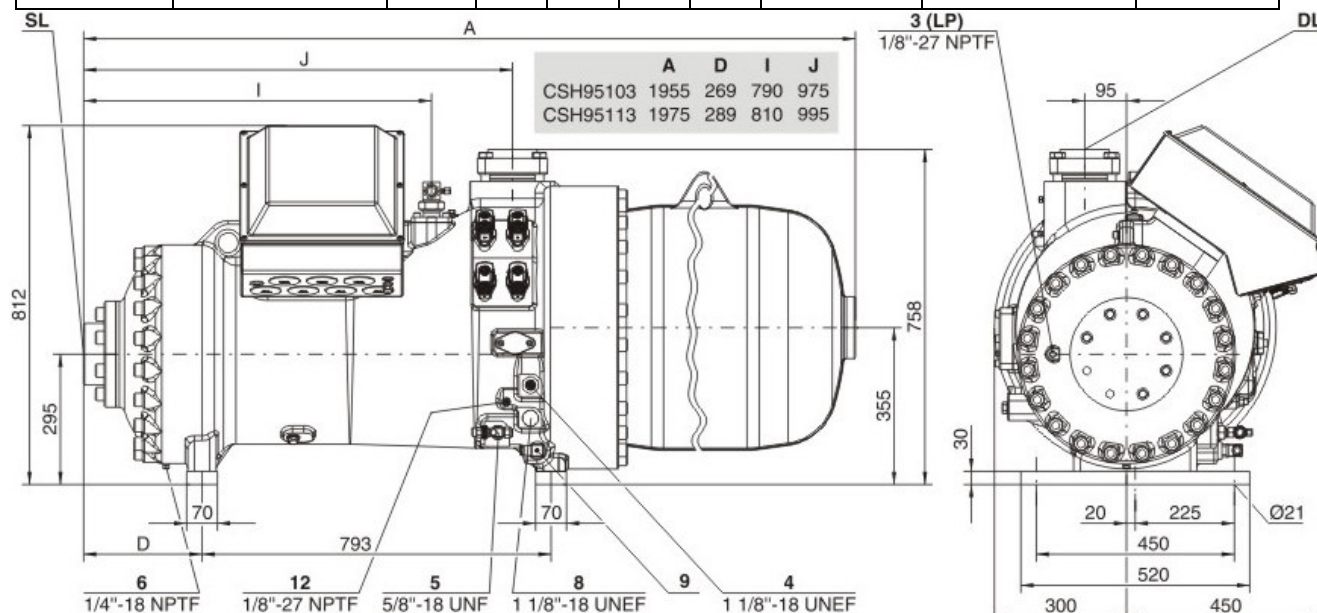


Рис. 2.6.3. Загальний вигляд компресора Bitzer CSH95113-320Y

2.6.4. Тепловий розрахунок комплексної холодильної машини для охолодження проміжного теплоносія. Вибір компресорів.

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:

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

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

Визначаємо температуру кипіння холодильного агента:

КР 000.142.011.002.2022.ПЗ

Арк.

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

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

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

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

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

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.

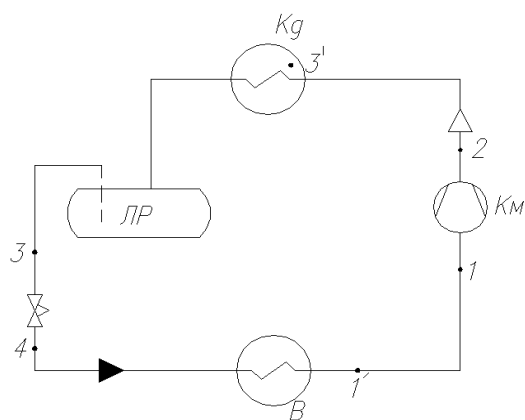


Рис. 2.6.4. Схема холодильної установки.

Таблиця 2.6.3. Параметри холодильного агента

№ точки	$t, ^{\circ}\text{C}$	$P, \text{МПа}$	$v, \text{м}^3/\text{год}$	$h, \text{кДж/кг}$
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

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:

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

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4) Теоретична потужність:

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

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:

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

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

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:

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

2.6.5. Висновок

Зважаючи на:

- більш якісне завантаження компресорів,
- менше навантаження на конденсатор,
- значно меншу необхідну заправку холодильним агентом системи,

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- можливість використання фрікулінгу для охолодження в зимовий та перехідний сезон, приймаємо для подальшого розрахунку систему з проміжним теплоносієм.

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

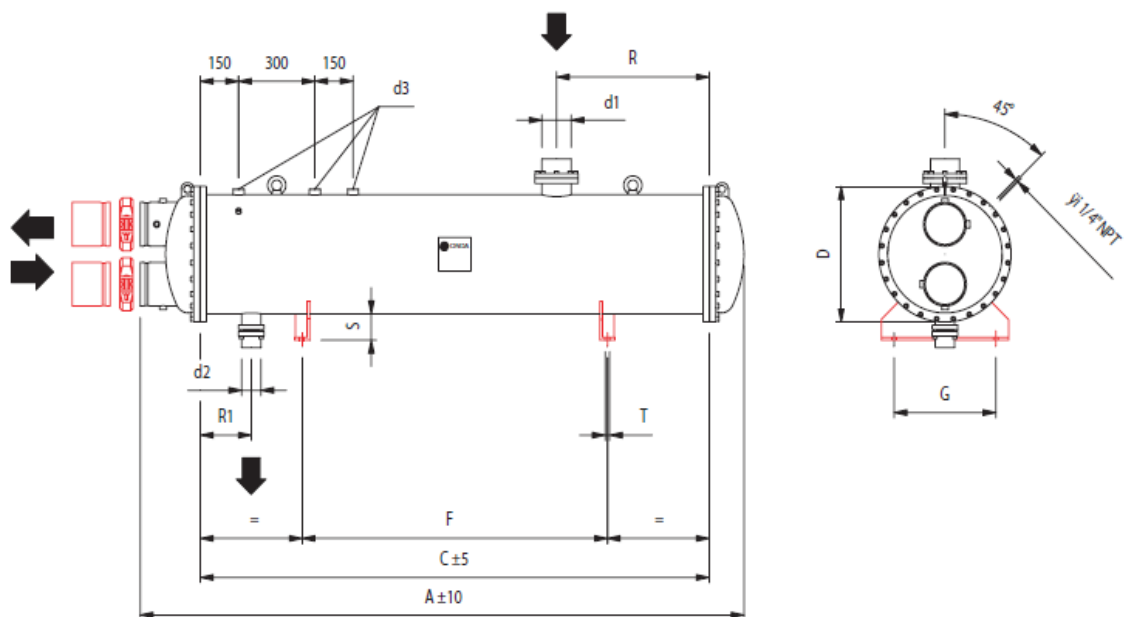


Рис.2.7.1. Габаритні розміри конденсатора, мм.

A	B	C	D	F	G	R	R1	S	T
2385	457	2000	520	1200	400	600	200	100	16

2.7.2. Розрахунок градирні.

Теплове навантаження на градирню визначаємо за формулою:

$$Q_{гр} = 1,03 \times Q_k = 1,03 \times 1060,6 = 1092,4 \text{ кВт};$$

Приймаємо дві градирні ГРД – 100.

Таблиця 2.7.1. Технічні характеристики градирні ГРД – 100

Витрата охолоджуючої води, м ³ /год	100
Тепловий потік, кВт	580
Номінальне охолодження води, °C	5
Кількість форсунок, шт.	21
Діаметр вентилятора, мм	800
Макс. витрата повітря, м ³ /год	44000
Частота обертів, об/хв	1420
Потужність електродвигуна, кВт	3(4)
Маса, кг	1048
Витрата підпитаної води, м ³ /год	1
Габаритні розміри, мм	2130x2018x3370

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КР 000.142.011.002.2022.ПЗ

Арк.

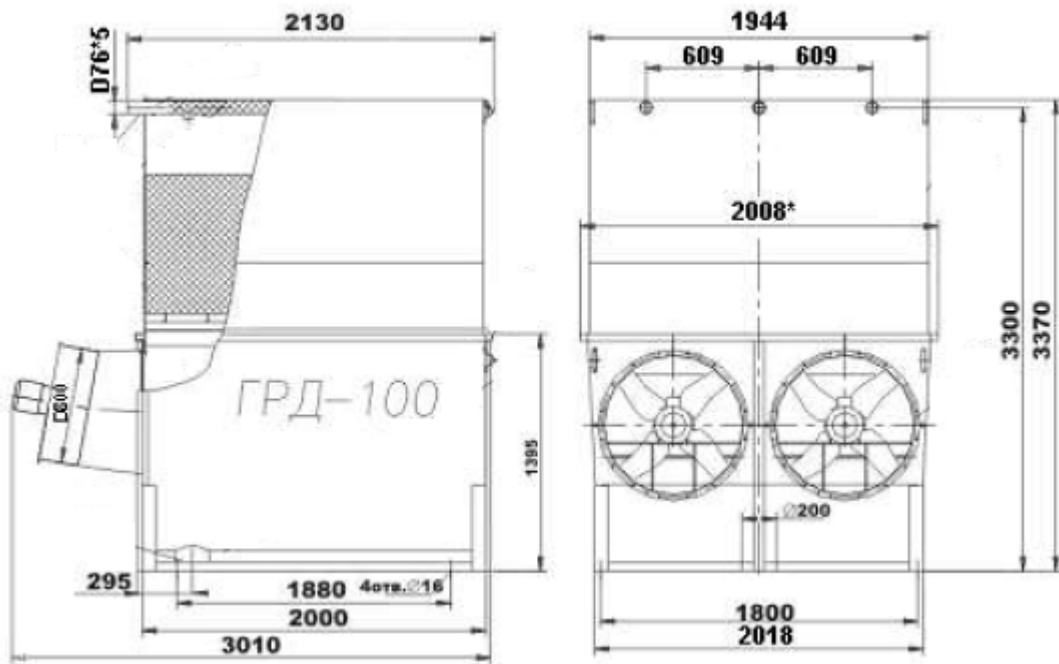


Рис.2.7.2. Габаритні розміри градирні, мм.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КР 000.142.011.002.2022.ПЗ

Арк.

2.8. Розрахунок та вибір теплообмінного обладнання холодильних камер.

2.8.1. Розрахунок кожухотрубного випарника.

1) Тепловий потік теплообмінника визначаємо за формулою:

$$Q_g = M_{км} \times (h_1 - h_4) = 7 \times (358 - 238) = 840 \text{ кВт};$$

де $M_{км}$ - дійсна масова витрата компресора, h_1 та h_4 - ентальпія холодинного агента на виході та вході випарника відповідно.

2) Як і при розрахунку конденсаторів, можна використовувати значення середньоарифметичного температурного напору, який визначається за формулою:

$$\theta_m^{ap} = \frac{t_{s1} + t_{s2}}{2} - t_0 = \frac{-4 + (-8)}{2} - (-12) = 6 \text{ }^\circ\text{C};$$

де t_{s1} і t_{s2} - температура розсолу на вході і виході випарника, t_0 - температура кипіння холодинного агента.

3) Площу теплообміну визначаємо за формулою:

$$F = \frac{Q_g}{k \times \theta_m^{ap}} = \frac{840 \times 10^3}{1200 \times 6} = 116,7 \text{ м}^2;$$

де k_v - коефіцієнт теплопередачі випарника, приймаємо $k=1200 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times \text{К})$.

Для отримання достатньо високого значення k_v в кожухотрубних хладонових випарниках швидкість руху розсолу повинна бути не менше 1 м/с (зазвичай приймають 1 – 2 м/с).

Приймаємо випарник виробництва компанії ONDA TBE 872.

Таблиця 2.8.1. Технічні характеристики випарника ONDA TBE – 872

Q_v , кВт	Витрата розсолу, м ³ /год	Втрати тиску, кПа	Об`єм х.а., л	Об`єм розсолу, л	Маса, кг	$d_{вх}$, мм	$d_{вих}$, мм	$d_{вх}$, та $d_{вих}$, розсолу, мм
871,7	328	66	150	390	470	54	89	DN 200

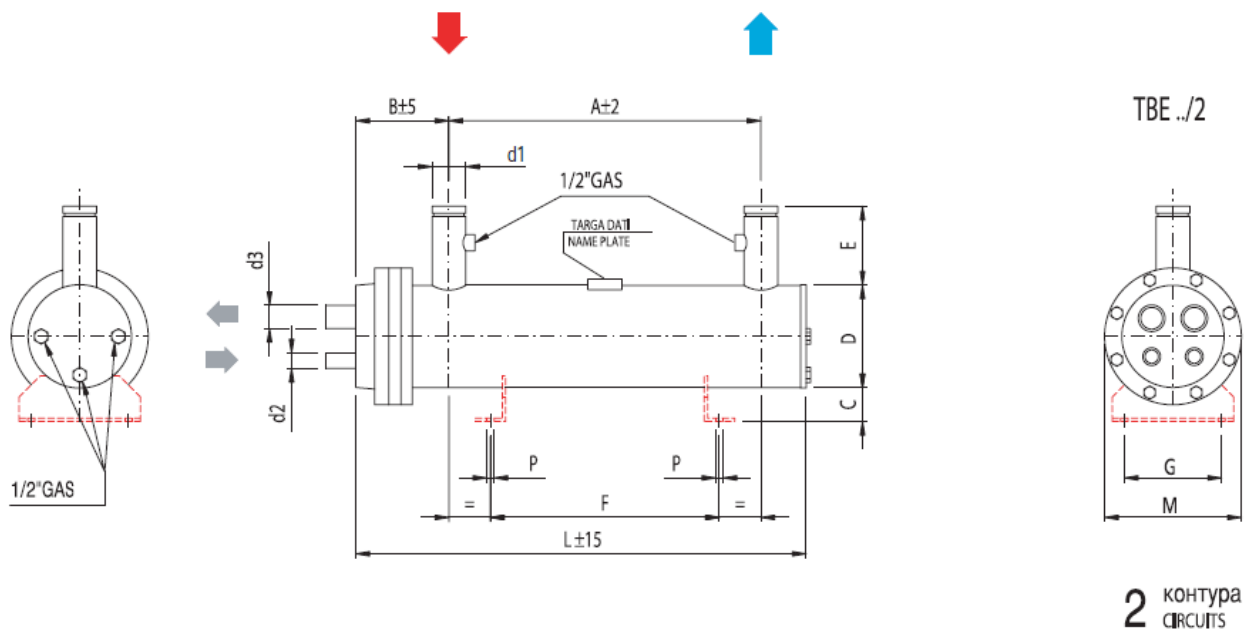


Рис.2.8.1. Габаритні розміри випарника ONDA TBE – 872, мм.

A	B	C	D	E	F	G	L	M	P
2500	313	94	406	200	2000	400	3005	520	16

2.8.2. Розрахунок повітроохолодників для пропіленгліколя.

Повітроохолодники вибираємо по тепловому навантаженні $Q = Q_{обл.}$ на кожен камеру. При підборі користуємося програмою Scelte 32 V3R7M1 виробництва компанії ECO LUVATA. Для підбору задаємо наступні параметри: теплове навантаження на обладнання, температуру повітря в камері, температуру розсолу на вході та виході повітроохолодника.

1) Розраховуємо повітроохолодники для камер зберігання картоплі. Теплове навантаження на одну камеру становить $Q_{обл.} = 81 \text{ кВт}$.

Приймаємо для кожної камери по два підвісних кубічних повітроохолодника ECO LUVATA STE504A8W18ED, технічні характеристики яких наведені в табл. 2.8.2.

Перевіряємо, чи достатня об'ємна подача встановлених вентиляторів:

$$V_{вс} = \frac{Q_{обл.}}{(\rho_{вс} \times (i_1 - i_2))}, \text{ м}^3 / \text{с};$$

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $\rho_{пв}$ - густина повітря, яке виходить з повітроохолодника (визначається за I-d діаграмою); i_1, i_2 - ентальпії повітря на вході і на виході повітроохолодника. $i_1 = 24 \frac{кДж}{кг}$, $i_2 = 16 \frac{кДж}{кг}$.

$$V_{пв} = \frac{81}{1,3 \times (24 - 16)} = 7,8 м^3 / с;$$

Об'ємна подача встановлених вентиляторів достатня.

Таблиця 2.8.2. Технічні характеристики повітроохолодника

СТЕ504A8W18ED

Q, кВт	44
Об'ємна подача, м ³ /с	7,86
Об'єм пропіленгліколя, л	44,5
Витрата рідини, л/с	4,9
Маса, кг	236
d _{вх.} / d _{вих.}	2"
К-ть вентиляторів	4
Загальна потужність вент., кВт	3,44
Діаметр вентиляторів, мм	500
Довжина струменя, м	26

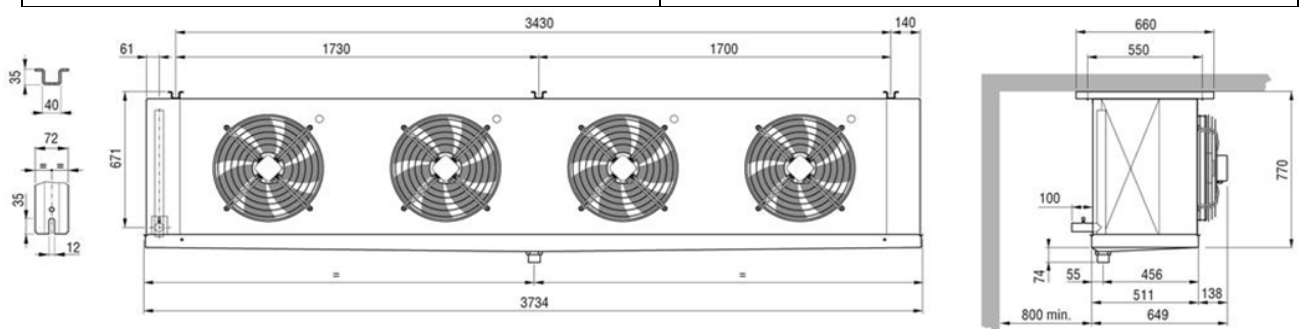


Рис.2.8.2. Габаритні розміри повітроохолодника STE504A8W18ED, мм.

2) Розраховуємо повітроохолодники для камер зберігання цибулі. Теплове навантаження на одну камеру становить $Q_{обл.} = 46 кВт$.

Приймаємо для кожної камери по одному підвісному кубічному повітроохолоднику ECO LUVATA STE504B8W18ED, технічні

характеристики якого наведені в табл. 2.8.3.

					Арк.
КР 000.142.011.002.2022.ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Перевіряємо, чи достатня об'ємна подача встановлених вентиляторів:

$$V_{не} = \frac{46}{1,3 \times (14 - 8)} = 5,8 \text{ м}^3 / \text{с};$$

Об'ємна подача встановлених вентиляторів достатня.

Таблиця 2.8.3. Технічні характеристики повітроохолодника
СТЕ504В8W18ЕD

Q, кВт	47
Об'ємна подача, м ³ /с	7,6
Об'єм пропіленгліколя, л	59,3
Витрата рідини, л/с	2,2
Маса, кг	274
d _{вх.} / d _{вих.}	1 1/4"
К-ть вентиляторів	4
Загальна потужність вент., кВт	3,44
Діаметр вентиляторів, мм	500
Довжина струменя, м	26

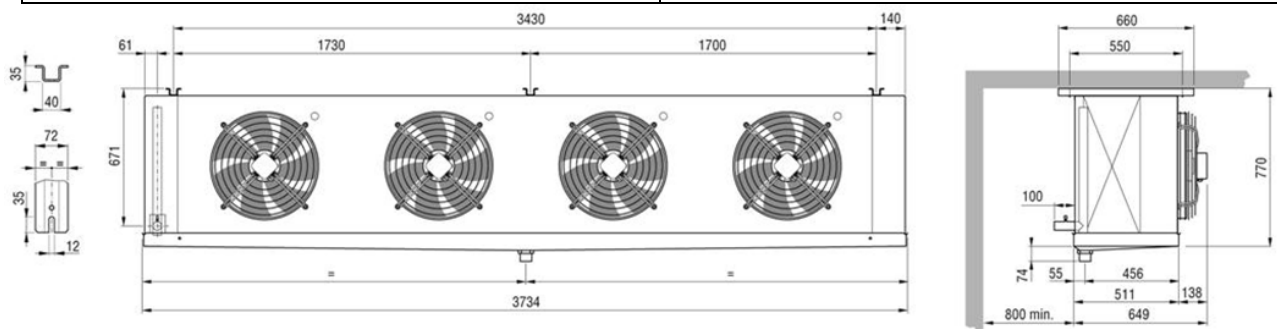


Рис.2.8.3. Габаритні розміри повітроохолодника СТЕ504В8W18ЕD, мм.

3) Розраховуємо повітроохолодники для камер зберігання моркви. Теплове навантаження на одну камеру становить $Q_{обл.} = 46 \text{ кВт}$.

Приймаємо для кожної камери по одному підвісному кубічному повітроохолоднику ЕСО LUVATA СТЕ504В8W18ЕD, технічні характеристики якого наведені в табл. 2.8.3.

Перевіряємо, чи достатня об'ємна подача встановлених вентиляторів:

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_{ns} = \frac{46}{1,3 \times (14 - 8)} = 6 \text{ м}^3 / \text{с};$$

Об'ємна подача встановлених вентиляторів достатня.

4) Розраховуємо повітроохолодники для камер зберігання капусти.
Теплове навантаження на одну камеру становить $Q_{обл.} = 46 \text{ кВт}$.

Приймаємо для кожної камери по одному підвісному кубічному повітроохолоднику ECO LUVATA STE504B8W18ED, технічні характеристики якої наведені в табл. 2.8.3.

Перевіряємо, чи достатня об'ємна подача встановлених вентиляторів:

$$V_{ns} = \frac{46}{1,3 \times (14 - 8)} = 6 \text{ м}^3 / \text{с};$$

Об'ємна подача встановлених вентиляторів достатня.

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.9. Розрахунок та підбирання допоміжного обладнання (ресивер, мастиловіддільники, мастилозбірники).

2.9.1. Розрахунок лінійного ресивера.

Ємність лінійного ресивера при умові його заповнення на 80%, визначаємо за формулою:

$$V_{л.р.} = 0,6 \times (V_{\bar{o}} + V_{\bar{oo}});$$

$$V_{T.O.} = 0,15 \text{ м}^3;$$

$$V_{л.р.} = 0,6 \times 0,15 = 0,09;$$

До установки приймаємо горизонтальний лінійний ресивер Bitzer F1602N.

Таблиця 2.9.1. Технічні характеристики ресивера Bitzer F1602N

Тип	Об'єм, л	Маса R507a, кг	Маса, кг	d _{вх} , мм	d _{вих} , мм
F1602N	160	157	142	54	42

2.9.2. Розрахунок мастиловіддільників.

Мастиловіддільники підбираємо по діаметру нагнітального патрубку компресора та об'єму масла яке заправляється в цей компресор.

Біля кожного гвинтового компресора Bitzer HSK8571-110, у якого d_{наг}=76 мм, на лінії нагнітання встановлюємо по одному мастиловіддільнику Bitzer OA 4188.

Таблиця 2.9.2. Технічні характеристики мастиловіддільника Bitzer OA 4188

Тип	Об'єм, л	d _{вх} , мм	d _{вих} , мм
OA 4188	40	76	76

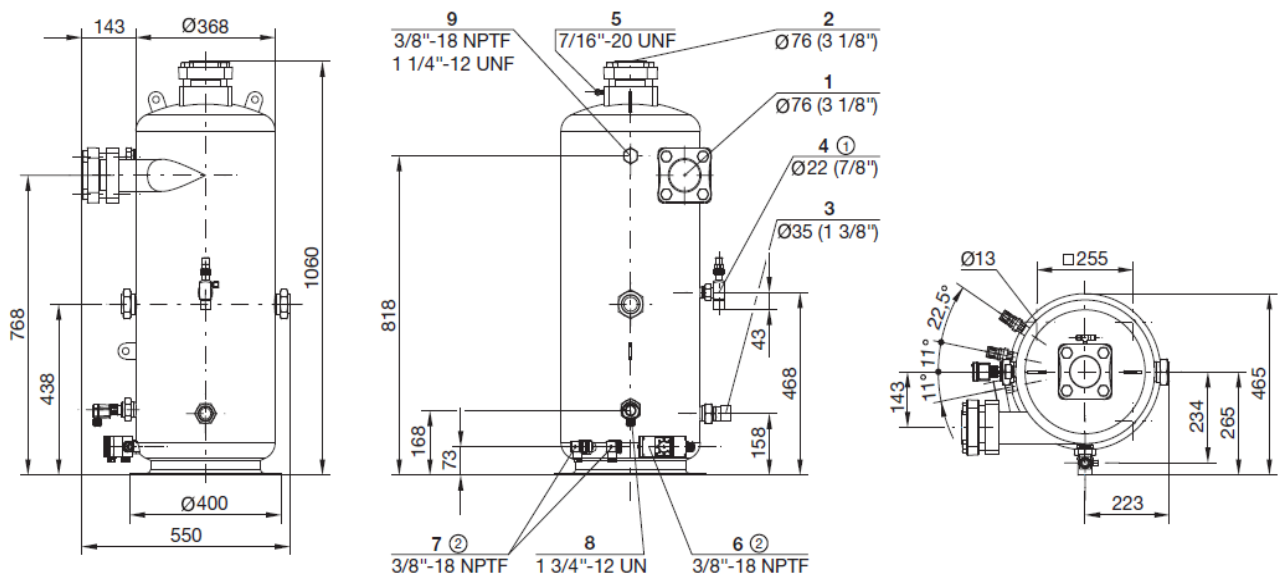


Рис.2.9.1. Габаритні розміри мастиловіддільника Bitzer OA 4188

2.9.3. Розрахунок мастило збірника.

В якості мастило збірника приймаємо вертикальна ємність Bitzer FS1122.

Таблиця 2.9.3. Технічні характеристики ресивера Bitzer FS1122

Тип	Об'єм, л	Маса, кг	d _{вх} , мм	d _{вих} , мм
FS1122	112	86,5	54	42

2.9.4. Розрахунок мастилоохолодника.

Приймаємо мастилоохолодник Bitzer OL 300.

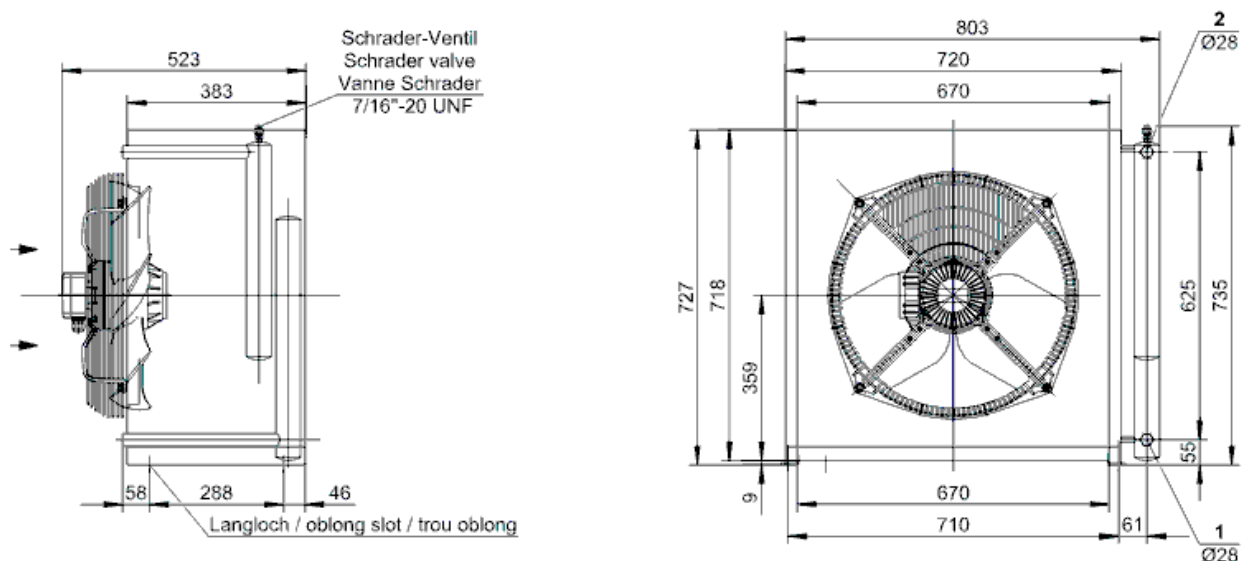


Рис.2.9.2. Габаритні розміри мастилоохолодника Bitzer OL 300.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КР 000.142.011.002.2022.ПЗ

Арк.

3. Автоматизація системи холодильної установки

Вступ

Однією з основних задач автоматизації холодильних машин і агрегатів є підтримання заданих вихідних параметрів. Це досягається шляхом регулювання холодопродуктивності машин і агрегатів. Задача регулювання полягає в тому, щоб досягти підтримання певної температури об'єкту охолодження, яка має властивість змінюватися під дією внутрішніх та зовнішніх теплонадходжень.

Автоматичне регулювання холодильної машини дозволяє забезпечити точність підтримання заданих параметрів, що скорочує втрати продукту в холодильній камері, сприяє збереженню їх якості, знижує експлуатаційні витрати, а також збільшує термін служби холодильного обладнання в результаті підтримання оптимального режиму його експлуатації. Застосування режимів автоматичного захисту дозволяє запобігти аварійним режимам.

Автоматизована установка значно економніша за витратами енергії та забезпечує високу точність контрольованих параметрів. Витрати на її експлуатацію значно менші, порівняно з витратами на експлуатацію аналогічної установки з ручним регулюванням, що пояснюється зменшенням витрат на утримання обслуговуючого персоналу.

Прилади автоматики швидко реагують на відхилення від нормальних умов роботи, а при виникненні небезпеки вимикають установку. До складу приладів автоматики холодильних установок входять прилади керування, регулювання, захисту, сигналізації та контролю.

Прилади автоматичного керування вмикають або вимикають у певній послідовності машини і механізми; вмикають допоміжні апарати при відтаюванні інею з поверхні приладів охолодження, випусканні мастила тощо.

Прилади автоматичного регулювання підтримують в певних межах основні

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		<i>М.О. Кропотов</i>			<i>Проект холодильника для зберігання цибулі місткістю 1000 т у м. Черкаси на базі різних схемних рішень холодильної установки</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>О.М. Рябчук</i>						
Реценз.								
Н. контр.								
Затверд.		<i>В.П. Петренко</i>						
						<i>ТЕХТ ННІТІ НУХТ</i>		

параметри роботи і регулюють їх у відповідності із заданою програмою.

Прилади автоматичного захисту при виникненні небезпечних умов вимикають холодильну установку або її частини.

Прилади автоматичної сигналізації подають світлові або звукові сигнали, в тому випадку, коли контрольована величина досягає заданих або гранично допустимих значень.

Прилади автоматичного контролю реєструють параметри машини.

Комплексна автоматизація передбачає обладнання холодильної установки автоматичними пристроями керування, регулювання та захисту. Засоби контролю і сигналізації потрібні лише для спостереження за правильністю дії цих пристроїв.

Всі елементи системи автоматизації повинні бути об'єднані в одну схему для того, щоб їх взаємодія забезпечувала найкращий результат.

Об'єктом автоматизації у даному дипломному проекті є один з вузлів холодильної установки – холодильний агрегат на базі одноступеневого гвинтового компресора виробництва фірми «Bitzer» (Німеччина). До складу агрегату входять: гвинтовий компресор, електродвигун, масловіддільник, маслоохолоджувач та маслонасос, маслофільтр, фільтр газу, що всмоктується.

Розроблена система автоматизації агрегату передбачає:

- захист компресорів від аварійних режимів роботи;
- контроль та сигналізацію роботи компресорів на щиті холодильної станції;
- можливість дистанційної зупинки машин та компресорів із щита холодильної станції;
- регулювання холодопродуктивності компресорів;
- аварійне відключення холодильної установки;
- світлову сигналізацію;
- дистанційне керування та контроль робочих параметрів.

Контрольованими параметрами агрегату є:

- тиск і температура на всмоктуванні компресора;
- тиск і температура на нагнітанні компресора;

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- тиск і температура мастила, яке подається в компресор;
- холодопродуктивність компресора;
- температура обмоток електродвигуна;
- номінальний струм, що подається на привід компресора.

3.1. Принцип роботи гвинтового компресорного агрегату

3.1.1. Циркуляційний контур холодильного агента

Гвинтовий компресор (1.0) всмоктує пари холодильного агента через запірний клапан на стороні всмоктування (5.1), зворотній клапан на стороні всмоктування (5.2) і фільтр на стороні всмоктування (5.3), стискає пари до кінцевого тиску і подає холодильний агент через масловіддільник (3.0), зворотній клапан на стороні нагнітання (6.2) і запірний клапан на стороні нагнітання (6.1) в конденсатор.

Фільтр на стороні всмоктування (5.3) запобігає потраплянню в компресор частинок бруду, що виносяться потоком всмоктування.

Компресор (1.0) оснащений пристроєм плавного регулювання продуктивності в діапазоні 10-100%.

3.1.2. Циркуляційний контур мастила

Під час процесу стиснення до компресору (1.0) вприскується мастило для холодильних машин з ціллю змащування, герметизації, зменшення шуму і відводу частини тепла, що утворюється в процесі стиснення. Після процесу стиснення мастило в масловіддільнику (3.0) відділяється і збирається. Візуальний контроль за рівнем мастила в масловіддільнику можна здійснювати по оглядовим віконцям на масловіддільнику. Маслонасос (7.0) засмоктує мастило із маслозбірника масловіддільника через маслоохолодник (4.0), запірний клапан (11.3), маслофільтр (11.0) і нагнітає його до підшипників, компенсуючого поршня і сальника, а через запірний клапан (2.1) до пристрою регулювання продуктивності компресора. Маслонасос (7.0) призначений для попереднього змащування і працює під час експлуатації компресору.

Нагріте в компресорі (1.0) мастило, перед повторним його використанням в компресорі, повинно бути охолоджено до температури, що гарантує достатню в'язкість мастила. Для цього в установці використовується маслоохолодник з

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

повітряним охолодженням (4.0). Температура мастила знімається по машинному термометру (13.3).

Після охолодження мастило потрапляє в маслофільтр (11.0) , що затримує тверді частинки із загального маслоструму, а також гарантує дуже тонку фільтрацію мастила.

Маслонасос (7.0) подає більше мастила, ніж приймається компресором. Надлишкова кількість мастила повертається через пружинний регулювальний клапан тиску мастила (8.0).

Мастило, що вприскується, безнадійно подається до компресору (1.0) через зворотній клапан (9.1) і дросельний клапан (9.2). Дросельним клапаном лінії вприску (9.2) встановлюється необхідна кінцева температура процесу стиснення, що вимірюється термометром (13.2) після компресора (1.0).

З ціллю проведення робіт з техобслуговування і ремонту є маслозливні клапани для наступних вузлів:

Масловіддільник (3.0)	Запірний клапан (3.2)
Маслоохолодник (4.0)	Запірний клапан (4.1)
Маслофільтр (11.0)	Запірний клапан (11.1)
Після маслонасосу (7.0)	Запірний клапан (16.1)

Запірні клапани (3.2), (4.1) і (16.1) можуть одночасно використовуватися для заправки мастилом.

Для заправки мастилом і зливу мастила гвинтовий компресорний агрегат під'єднується через запірний клапан (16.1) до окремого маслонасосу або ресиверу мастила. Робочий тиск маслозаправочного насоса повинен перевищувати кінцевий тиск процесу стиснення не менше ніж на 2 бар.

Для проведення робіт з техобслуговування і ремонту клапани для спускання повітря є на наступних вузлах:

Маслофільтр (11.0)	Клапан для спускання повітря (11.2)
Фільтр на стороні всмоктування (5.3)	Клапан для спускання повітря (5.4)

3.2. Регулювання роботи гвинтового компресорного агрегату

3.2.1. Регулювання продуктивності

Регулювання продуктивності здійснюється вкорочуванням ходу в компресорі. Довжина ротора, що визначає процес стиснення, змінюється гідравлічно керуючими регулювальними салазками. Положення регулювальних салазок компресора (1.0) вказується відповідним датчиком положення (1.1) пристрою регулювання продуктивності. Досягнення кінцевого положення МІН або МАКС регулювальними салазками сигналізується оптично світоїдами, а на дисплей індукується положення часткового навантаження в процентах.

3.2.2. Контрольні пристрої

З ціллю проведення контролю роботи ГКА обладнується наступними пристроями:

- манометр для візуального контролю тиску всмоктування компресора (12.1);
- манометр для візуального контролю тиску мастила після маслофільтра (12.2);
- манометр для візуального контролю кінцевого тиску процесу стиснення компресора (12.3);
- термометр (13.1) для візуального контролю температури всмоктування компресора;
- термометр (13.2) для візуального контролю температури після компресора;
- термометр для візуального контролю температури мастила (13.3);

При застосуванні пристрою програмного управління компресором, у поєднанні з перерахованими нижче аналоговими датчиками тиску і температури, можливий додатковий вивід експлуатаційних параметрів на дисплей пристрою управління.

- перетворювач тиску – тиск всмоктування (14.1) компресора;
- перетворювач тиску – тиск мастила після маслонаосу (14.2);
- термометр опору – температура всмоктування компресора (15.1);
- термометр опору (15.2) – кінцева температура процесу стиснення компресора;
- термометр опору – температура мастила (15.3).

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2.3. Запобіжні пристрої

В кожному ГКА передбачені наступні запобіжні пристрої:

- Зворотній клапан на стороні всмоктування (5.2), що запобігає миттєвому вирівнюванню тисків з лінією всмоктування після виводу агрегату із експлуатації.
- Зворотній клапан на стороні нагнітання (6.2), що запобігає зворотній конденсації холодильного агенту в масловіддільник.
- Регулювальний клапан тиску мастила (8.0), що регулює перепад тиску мастила 3,5+0,5 бар між сторонами всмоктування і нагнітання маслonaсосу.
- Запобіжний пристрій від перевищення кінцевої температури процесу стиснення компресора.
- Реле температури на стороні нагнітання компресора (15.4), що вимикає привідний двигун, якщо кінцева температура процесу стиснення перевищує встановлене значення
або
- Термометр опору кінцевої температури процесу стиснення компресора (15.2), сигнал якого призводить до вимикання приводного двигуна пристроєм керування компресором, якщо кінцева температура процесу стиснення перевищує встановлене значення, кінцева температура процесу стиснення також виводиться на дисплей пристрою керування.
- Запобіжний пристрій від перевищення температури мастила.
- Реле температури мастила (15.5), що вимикає привідний двигун компресора, якщо температура мастила перед упорним підшипником компресора перевищує встановлене значення
або
- Термометр опору для температури мастила (15.3), сигнал якого призводить до вимикання приводного двигуна пристроєм керування компресором, якщо температура мастила перевищує встановлене значення, а також температура мастила виводиться на дисплей пристрою керування компресором.

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Запобіжний пристрій від зниження певного тиску всмоктування компресора.
- Перетворювач тиску всмоктування компресора (14.1), сигнал якого призводить до вимикання приводного двигуна пристроєм керування компресором, якщо кінцевий тиск процесу стиснення нижчий встановленого значення.
- Запобіжний пристрій приводного двигуна компресора.
- Обмежувальне регулювання номінального струму (10.1), що реалізується відповідним пристроєм керування компресором. При перевищенні номінального струму двигуна регулювання компресору в напрямку мінімуму продуктивності проводиться до тих пір, поки струм двигуна не досягне допустимого діапазону. Потім знову вступає в силу нормальне регулювання продуктивності.
- Термістор (10.2) вимикає привідний двигун компресора, якщо температура обмоток привідного двигуна перевищила допустиме значення.
- Реле покажчика рівня (3.1) вимикає ГКА, якщо рівень мастила в масловіддільнику (3.0) нижчий допустимого значення, а також здійснює сигналізацію.

Таблиця.3.1. Специфікація на прилади і засоби автоматичного контролю та експлуатацію холодильної установки

Номер позиції	Параметр середовища	Місце установки	Найменування і характеристика	Тип приладу	К-сть	Завод виробник
1а, 5а, 6а, 7а, 8а	Температура	За місцем	Термометр опору мідний, межі вимірювань -50...+150°C	ТРМ1	5	ПП «Овен», м. Київ
2а, 3а, 4а, 9а	Температура	За місцем	Термопара хромель-копельована межі вимірювань -50...+300°C	ТП10	4	ПП «Овен», м. Київ
2б, 4б, 9б	Температура	За місцем	Логометр вузько профільний із світловим покажчиком. Шкала -50...+150°C. Клас точності 0,5	ЛМВ5	3	ПП «Овен», м. Київ

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

16, 66, 76	Температура	На щиті	Логометр одноточковий. Живлення +4В. Шкала - 50...150°C. Клас точності 1,0	ЛВ6	3	ПП «Овен», м. Київ
36, 56	Температура	За місцем	Вторинний вимірювальний прилад з вмонтованою приставкою позиційного регулювання. Шкала - 50...150°C. Клас точності 1,0	ЕКС 67	2	ТОВ «Danfoss»
3в, 11г, 16г		За місцем	Електричний регулятор. Межа пропорційності 0...200%. Час інтегрування 30 хв	КР 15А	3	ТОВ «Danfoss»
106,16 136, 146	Тиск	За місцем	Манометр технічний загального призначення. Шкала 0...10 кгс/см ² . Клас точності 1,5	МТ 15	4	ТОВ «Danfoss»
116,16	Тиск	За місцем	Вимірювальний перетворювач тиску з електричною дистанційною передачею. Межі вимірювань 0...5 кгс/см ² . Вихідний сигнал 0...5мА. Клас точності 0,5.	«Овен-22»	2	ПП «Овен», м. Київ
11в, 15в	Тиск	На щиті	Прилад вторинний. Вхідний струм 0...5мА. Шкала 0...5 кгс/см ² . Клас точності 0,5.	ЕКС 147	2	ТОВ «Danfoss»
16а, 166	Рівень	За місцем	Електронний ємнісний сигналізатор рівня. Похибка спрацювання ±10 мм	RT 281А	1	ТОВ «Danfoss»
3г		На пульті	Блок керування електричний	ТРМ 961	1	«MYCOM Europe»
17а, 176		За місцем	Електричний виконавчий механізм одно-обертальний, з показчиком положення регулювального органу	МЕВ 15	1	ТОВ «Danfoss»

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок

В даному розділі показано автоматизацію одного з вузлів холодильної установки, а саме гвинтового компресорного агрегату. Автоматизована установка значно економніша за витратами енергії ніж не автоматизована. Автоматизація установки забезпечує високу точність контрольованих параметрів. Витрати на експлуатацію значно менші, порівняно з витратами на експлуатацію аналогічної установки з ручним регулюванням, що пояснюється зменшенням витрат на утримання обслуговуючого персоналу.

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Монреальський протокол. Загальні відомості

Атмосферне озон відіграє надзвичайно важливу роль в існуванні життя на Землі. Сучасні методи досліджень реєструють його присутність на висотах від поверхні Землі до 100 км, при цьому основна його маса зосереджена від 10 до 50 км з максимумом концентрації в стратосфері на висоті 19-23 км. Саме ця частина озону утворює так званий озоновий шар.

Стан озонового шару стратосфери знаходиться під наглядом вчених усього світу фактично з початку ХХ століття. В кінці 70-х років було зафіксовано, що зміст в стратосфері озону, безперервно створюється і руйнується в умовах динамічної рівноваги в результаті природних фотохімічних реакцій, почало неухильно скорочуватися зі швидкістю 0,4-0,5% в рік.

Наслідком цього стало збільшення проникнення ультрафіолетової радіації на поверхню землі з наданням глобальних впливів на перебіг біологічних процесів і особливо здоров'я населення. Основною причиною цього стали почалося в 1930-их роках масоване надходження в верхні шари атмосфери хімічних речовин, що містять хлор і / або бром, які є загальновідомими як озоноруйнівні речовини (далі - ОРР). Їх здатність руйнувати озоновий шар характеризується так званим озоноруйнуючим потенціалом (далі - ОРП). За одиницю (1,0) прийнятий ОРП найбільш поширених ХФВ-11 та ХФВ-12. ОРП інших речовин розрахований щодо ОРП = 1,0. Крім того, кожна ОРР має так званим потенціалом глобального потепління - коефіцієнтом, що визначає ступінь впливу ОРР за певний проміжок часу на глобальне потепління. За одиницю (1,0) прийнятий потенціал глобального потепління найбільш поширеного діоксиду вуглецю (CO₂).

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		<i>М.О. Кропотов</i>			<i>Проект холодильника для зберігання цибулі місткістю 1000 т у м. Черкаси на базі різних схемних рішень холодильної установки</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>О.М. Рябчук</i>						
Реценз.								
Н. контр.								
Затверд.		<i>В.П. Петренко</i>						
						<i>ТЕХТ ННІТІ НУХТ</i>		

Міжнародним документом, що передбачає заходи з охорони озонного шару, є Віденська конвенція про охорону озонного шару від 22 березня 1985 року, що вступила в силу у 1987 року.

Наступним кроком з охорони озонного шару стало набуття чинності з 1 січня 1989 року Монреальського протоколу про речовини, що руйнують озонний шар від 16 вересня 1987 року (далі - Монреальський протокол). Оскільки до цього часу руйнівна роль хлору і бромів отримала багато доказів, то в додатках до Монреальського протоколу було викладено перелік озоноруйнівних речовин, які підлягають регулюванню усіма його Сторонами.

У наступні роки було прийнято низку поправок до Монреальського протоколу, відповідно до яких введені додаткові, більш жорсткі умови регулювання скорочення споживання ОРВ: Лондонська поправка (червень 1990 року), Копенгагенська поправка (листопад 1992 року), Монреальська поправка (вересень 1997) та Пекінська поправка (грудень 1999 року) та інші.

Спочатку відповідно до Лондонської поправкою почався процес поступового виведення з обігу найпоширеніших і найбільш небезпечних ОРВ, відомих як хлорфторвуглеці (далі - ХФВ), галонени (Додаток А до Монреальського протоколу), чотирихлористий вуглець (Додаток В до Монреальського протоколу) і багатьох інших хлорованих хімікатів. Наступні Поправки, особливо Копенгагенська поправка, регламентували виведення з обігу інших хімічних речовин, таких як метилбромід, а також класу «перехідних» ОРВ, відомого як гідрохлорфторвуглеці ГХФВ. Вони використовувалися в якості холодоагентів, піноутворювачів, вогнегасників, розчинників і, в разі метилброміду, як знезаражувачів підкарантинних об'єктів і підкарантинних матеріалів.

Відповідно до світової практики, технологія заміни ХФВ в значній мірі базувалася на перехідних холодоагентах, в основному ГХФВ-22 в новому холодильному обладнанні, і сумішевих замінників ХФВ-12 на

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

основі ГХФВ-22 у старому обладнанні, значна частина якого все ще знаходиться в експлуатації . У виробництві піноматеріалів і як розчинник знайшов широке застосування ГХФВ-141b як замітник ХФВ.

ГХФВ мають відносно низький ОРП. Найбільш розповсюджені ГХФВ-22, ГХФВ-141b, ГХФВ-142b мають ОРП 0,055, 0,11, 0,065 відповідно.

Внаслідок офіційного узгодження їх використання в якості заміників ХФВ і інших ОРР з високим ОРП, вимоги щодо поступового скорочення їх використання, що накладалися відповідно до Копенгагенської Поправкою, були відносно м'якими, особливо для країн, що розвиваються.

Однак, в 2007, коли виведення з обігу ОРВ додатків А і В Монреальського протоколу наблизився до глобального завершення, країни-сторони Монреальського Протоколу на 19-му Нараді Сторін погодилися прискорити фазу виведення ГХФВ. Основною причиною прийняття Рішення XIX / 6 стало значне збільшення використання ГХФВ, а також їх істотний внесок в глобальне потепління.

У жовтні 2016 року в Кігалі, Руанда, на 28 нараді Сторін Монреальського протоколу про речовини, що руйнують озоновий шар, прийнята нова Кігалійська поправка, яка включила гідрофторвуглеці в рамки сфери дії Монреальського протоколу. Останні 20 років життя холодильного спільноти багато в чому зумовлювалася Монреальським протоколом про речовини, що руйнують озоновий шар. Це глобальне міжнародне екологічне угоду об'єднало зусилля 197 країн в боротьбі з використанням летючих галогенорганічних з'єднань, широко використовуваних в якості холодоагентів в холодильній техніці.

Україна успішно впоралася з першим етапом Монреальського протоколу. Галузі економіки на даний час відмовилася від використання хлорфторвуглеців (ХФВ), таких як R-12, R-11, R-113, а також галонов і метилброміду, що володіють найвищим потенціалом руйнування озонового шару. До 2030 року наша країна відповідно до прийнятих зобов'язань

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

повинна завершити другий етап - припинити використання в холодильній техніці гідрохлорфторвуглеводів (ГХФВ), в першу чергу фреону R-22.

Сьогодні країна повинна почати підготовку до вирішення нового завдання. На нас чекає третій, найскладніший етап відмови від синтетичних холодоагентів. З 2020 року розпочинається виведення з обігу гідрофторвуглеці (ГФВ), в тому числі R-134a, R-404a, R-407C, R-410A, R-507C і інших озонобезпечних фреонів, які йдуть на заміну ХФВ і ГХФВ і широко використовуються нині в холодильній техніці розвинених країн. До недавнього часу Монреальський протокол регулював оборот озоноруйнуючих речовин (насамперед, ХФВ), які в результаті були виведені з глобального економічного процесу практично повністю і багато в чому замінені на ГФВ. Як це часто буває в житті, хотіли, як краще, - зберегти озоновий захисний шар над планетою, а погіршили ситуацію з кліматом. Величезна кількість (мільйони тонн) ГФВ - найпотужніших парникових газів, які прийшли на зміну озоноруйнуючим речовин (ОРР), - початок отруювати атмосферу нашої планети і підвищувати температуру. З урахуванням цього явища країни-сторони Протоколу затвердили поправку до документа, націлену на поступове виведення з обороту ГФВ, які є вкрай потужними парниковими газами. Затверджена поправка передбачає поступове їх виведення з економічних процесів на 80-85% до 2047 році, що в результаті може загальмувати глобальне потепління на 0,5 оС до кінця століття (з урахуванням подальшого зниження викидів CO₂ та метану).

За новими правилами Монреальського протоколу, всі країни поділяються на три категорії, кожна з яких отримує власний графік виведення ГФВ з обороту. Так, більшість розвинених країн вже заморозили обсяги споживання ГФВ та мають намір знизити їх на 10% до 2019-го і далі поступово знижувати від року до року. Більшість країн, що розвиваються заморозять споживання ГФВ, знизивши його на 10% до 2029 року. Для України затверджений наступний графік поетапного

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

скорочення починаючи з 2023 р до повного виведення із споживання в 2047 році.

Реалізація такої серйозної поправки потребують певних зусиль і витрат як в цілому від країни, так і від підприємств холодительної галузі. Досвід розробки та реалізації заходів щодо скорочення споживання хладагентів у нас є чималий, переведення галузі на міжнародні стандарти розпочато, тому нескладно припустити, що в країні в найближчі два роки будуть здійснені:

1) розробка державного плану дій (стратегії) щодо виведення з обігу ГФВ, що включає розробку і впровадження нових стандартів, які дозволять забезпечити широке впровадження обладнання і технологій із застосуванням природних холодоагентів (аміак, вуглеводні, CO₂, вода, повітря);

2) розширення області дії законодавства, що регламентує поводження з ОРВ на ГФВ;

3) ліцензування діяльності, пов'язаної з поводженням з ГФВ;

4) нормування (квотування) ввезення ГФВ в країну;

5) введення звітності про фактичне споживання країною ГФВ (ввезення в країну) з подальшим регулюванням торгівлі з країнами, які не є Сторонами Кігалійської поправки;

6) перепідготовка (підвищення кваліфікації) та сертифікація фахівців холодительної галузі;

7) сертифікація підприємств, які здійснюють проектування, виготовлення, монтаж, наладку, ремонт та обслуговування обладнання на ГФВ, з урахуванням наявності кадрового потенціалу та забезпечення необхідною матеріальною базою для збору і повторного використання холодоагентів.

Наше завдання - навести порядок на холодительному ринку країни, отримати максимальну вигоду для холодительної галузі країни, зміцнити кадри, створити базу для підготовки і впровадження нових технологій і

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

техніки, підвищити енергетичну ефективність в секторах холодильної та кондиціонерної техніки і максимально знизити імпортозалежність країни від синтетичних холодоагентів.

У зв'язку з застосуванням нових законів і нормативних актів, що забороняють викид холодильних агентів в атмосферу постало питання про збір, регенерацію та переробку холодильних агентів. Необхідність видалення (збору) холодильного агента з установки або агрегату може виникнути в силу наступних причин:

- згоряння компресора;
- демонтаж агрегату в зв'язку з його заміною. В цьому випадку перш, ніж здавати агрегат в утилізацію, необхідно звільнити його від холодильного агента;
- ремонт контуру в умовах, що не дозволяють забезпечити висновок холодильного агента в конденсатор або в балон з використанням компресора.

Для видалення холодильного агента фахівець повинен вивчити стан охолоджувальної системи і вибрати оптимальну процедуру його проведення. При цьому необхідно враховувати різні чинники. За винятком побутових холодильників, морозильників і невеликих кондиціонерів повітря в холодильних контурах можуть бути клапани Шредера або допоміжні клапани, що полегшують проведення операцій зі збору.

Збір холодильного агента

Ця операція полягає у видаленні холодильного агента, в якому б стані вона не перебувала, з накопиченням його в відповідному зовнішньому балоні. Її можна проводити без обов'язкового аналізу складу або обробки холодильного агента. В холодильному агенті можуть перебувати повітря, кислоти, вода, домішки інших холодильних агентів або тверді частинки, що з'явилися в результаті згорання двигуна. Такий холодильний агент не повинен ні за яких умов використовуватися в іншому контурі, якщо не буде перероблений або очищений. У той же час

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

він може бути знову використаний в тому ж холодильному контурі, якщо його стан робить таке використання можливим.

Для збору холодильного агента використовуються два основні методи:

- 1) збір в стані пара;
- 2) збір у стані рідини.

Збір холодильного агента проводиться приблизно так само, як і видалення його з контуру з використанням вакуумного насоса. Природно, що окремі операції виконуються по-різному в залежності від конструкції пристрою для збору. По суті, мова йде про з'єднання за допомогою гнучкої трубки всмоктуючого штуцера пристрої з клапаном Шредера з боку низького тиску установки і про з'єднання випускного штуцера з балоном для збору. На вході встановлено фільтр-осушувач, який повинен замінюватися через певні проміжки часу при кожній зміні холодильного агента. Процес збору починається з запуску установки, в той час як агрегат, з якого проводиться збір, природно, залишається вимкненим. Коли процес завершений, загоряється сигнальна лампочка, і пристрій зі збору може бути вимкнено. Відключення здійснюється вручну або в автоматичному режимі в залежності від конструкції пристрою; потім перекривається клапан на лінії всмоктування. Після цього, як правило, на кілька хвилин слід зробити паузу і переконатися, що тиск в холодильному контурі не підвищується. Якщо таке підвищення більше певного порогу, в тому числі з урахуванням типу холодильного агента, це означає, що в контурі є залишки рідини, і процес видалення холодильного агента слід відновити.

Збір холодильного агента в рідкому стані проводиться швидше, і для його проведення потрібно не тільки спеціальний пристрій зі збору, а й спеціальна схема під'єднання. Балон для збору холодильного агента повинен мати два штуцери, один для рідини, інший для пара.

У контурі, в якому мало місце згоряння компресора, масло слід обов'язково замінити. Фільтр-осушувач замінюється також, якщо тип

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зібраного холодильного агента відрізняється від раніше переробної, або коли проводилася робота з маслом, забрудненим залишками підгоряння після згоряння компресора. Нарешті, слід сказати, що балон може бути заповнений холодильним агентом на 75-80% свого об'єму. Необхідно, щоб при проведенні операції зі збору фахівець стежив за цим показником: балон ніколи не слід занадто сильно заповнювати холодильним агентом.

При регенерації, крім збору, проводиться очищення холодильного агента для зниження рівня його забруднення. Зрозуміло, що цим не досягається доведення холодильного агента до стану його первинної чистоти, а лише проводиться деяка його очищення. Цей процес здійснюється шляхом відділення масла і фільтрації самого холодильного агента через фільтри-осушувачі.

Пристрої для регенерації оснащені системами програмування, що дозволяють задавати тип переробляється холодильного агента: R-12, R-22, R-500 і R-502 або R-134A. Більшість таких пристроїв здатні проводити продування (pump-down) установки і накопичувати холодильний агент в балоні, який іноді входить в їх комплектацію. Потім холодильний агент можна знову використовувати в цьому ж контурі з більш високими показниками його чистоти. Залежно від моделі, деякі пристрої для регенерації можуть проводити операції по відділенню масла або виділенню кислот з холодильного агента. Ці пристрої зазвичай оснащені гільзового фільтрами-осушувачами, що забезпечують утримання вологи, забруднень, металеві стружки і кислот. Відділення масла проводиться за допомогою одного або декількох проходжень його через пристрій для регенерації.

Переробка холодильного агента дозволяє відновити його робочі показники на рівні заданих при виготовленні, що визначається шляхом проведення хімічного аналізу. Для забезпечення відновлення характеристик холодильного агента пристрій з переробки повинно забезпечувати відбір 100% містяться в ньому вологи і масла. Багато моделей пристроїв зі збору цього не забезпечують, тому їх навряд чи можна з повною

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

впевненістю відносити до розряду пристроїв для переробки. На практиці для відновлення початкових параметрів чистоти холодильного агента пристрій з переробки повинно забезпечувати відділення масла, виділення кислот, частинок твердих засмічень, вологи і повітря.

Під час функціонування контуру холодильний агент завантажується і потрапляє в пристрій у вигляді пари або рідини, піддаючись, отже, кипіння при високій температурі і впливу тиску. Потім холодильний агент поступає в сепаратор, де швидкість його руху помітно знижується: це призводить до підняття вгору сильно розігрітого пара, в той час як частки забруднень падають на дно сепаратора, звідки їдуть на певному етапі процесу. Очищений пар надходить в конденсатор з повітряним охолодженням і переходить в стан рідини; потім він потрапляє в одну або кілька камер охолодження, де відбувається його переохолодження зі зниженням температури до 3-4 ° С. Залишкова вологість і мікроскопічні частинки забруднень видаляються фільтром. Охолодження холодильного агента полегшує його перелив у зовнішній балон.

Експлуатація холодильних агентів є однією з нових проблем, що постають перед персоналом, що веде технічне обслуговування, ускладненою тим фактом, що в відношенні азеотропних сумішей при їх витоках з конденсатора або випарника виникає небезпека зміни характеристик і поведінки самих сумішей, що призводить до зміни робочих параметрів установок.

Сильно забруднені холодильні агенти часто можуть проходити утилізацію тільки в спеціальних центрах збору, або, в залежності від ступеня забруднення, повинні знищуватися.

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Розрахунок економічної ефективності

Мета економічного розрахунку полягає у визначенні вартості будівництва холодильника, вартості холодильного обладнання, витрат на використання енергії, витрат по оплаті праці виробничого персоналу, визначення амортизаційних відрахувань, визначення основних показників ефективності проекту фруктосховища.

Вхідні дані

Підраховуємо проектне споживання електроенергії холодильним обладнанням компресорного цеху і камерним обладнанням, всі розрахунки заносимо до табл. 5.1.

Таблиця 5.1. Проектне споживання електроенергії

№	Найменування обладнання	К-ть, шт	P_n , кВт	$P_{ел}$, кВт	$\sum P_{ел}$, кВт	Рік, тис. кВт год
1	Компресор Bitzer CSH95113-320Y	3	277	157	471	932,58
2	Вентилятори ПО Goedhart VNS - 65507	50	0,88	0,84	42	151,2
3	Вентилятори ПО Goedhart VNS – 66457, VNS – 65457, VNS – 64457, VNS - 63457	100	0,88	0,54	54	194,4
4	Вентилятори ПО Goedhart VNS – 65357	10	0,25	0,19	1,9	6,84
5	Вентилятори кодесатора	15	3,0	2,39	35,85	77,44
6	Витяжний вентилятор КМ- цеху(робочий)	2	5,5	5	10	80
7	Приточний вентилятор КМ-цеху	1	5,5	5	5	40
8	Насос Grundfos TP 200-400/4	1	55	50	50	360
Річна витрата електроенергії						1842,46

КР 000.142.011.002.2022.ПЗ				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розробив		М.О. Кропотов		
Перевір.		О.М. Рябчук		
Реценз.				
Н. контр.				
Затверд.		В.П. Петренко		
Проект холодильника для зберігання цибулі місткістю 1000 т у м. Черкаси на базі різних схемних рішень холодильної установки				
		Літ.	Арк.	Аркушів
ТЕХТ ННІТІ НУХТ				

Розрахунок капітальних витрат

Визначаємо капітальні витрати на реалізацію проекту:

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

де $V_{\text{п.р}}$ - витрати на проектні роботи (4-5% загальної кошторисної вартості об'єкта;

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

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

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

$$V_{\text{ін}} := 0.02 \quad V_{\text{п.р}} := 0.05 \quad V_{\text{буд}} := 1 \quad V_{\text{обл}} := 1$$

$$V_{\text{т.з}} := 0.06 \quad V_{\text{н.р}} := 1 \quad V_{\text{т.у}} := 1 \quad V_{\text{м}} := 0.1$$

Розрахунок витрат на теплоізоляцію холодильника наведено в табл. 5.2.

Таблиця 5.2. Витрати на матеріали

№	Назва	Розмір-ність	Зовнішні і внутрішні стіни, перегородки, стеля (сандвіч)	Каркас з гарячекатаної сталі (покрівля, ферми, балки)	Двері відкатні, шт	Підло-га	Разом
1	Загальна вартість матеріалів	тис. грн.	5670,00	6678,00	996,00	2526,00	15870,0
2	Вартість монтажних робіт	тис. грн.	849,00	1002,00	150,00	378,00	2379,00
3	Загальна вартість	тис. грн.	6519,00	7680,00	1146,00	2904,00	18249,0

Розрахунок витрат на будівництво компресорного цеху наведено в табл. 5.3.

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.3. Вартість будівництва компресорного цеху

№	Назва	Розмір-ність	Сендвіч-панелі	Підлога	Покриття	Разом
1	Площа	м ²	345,6	288	288	-
2	Загальна вартість матеріалу	тис. грн..	261,00	195,00	114,00	570,00
3	Вартість монтажних робіт	тис. грн..	27,00	21,00	12,00	60,00
4	Загальна вартість	тис. грн..	288,00	216,00	126,00	630,00

Розрахунок витрат на придбання та монтаж обладнання наведено в табл. 6.4.

Таблиця 5.4. Витрати на придбання обладнання

№	Найменування обладнання	К-ть, шт	Витрата на одиницю обладнання, тис. грн			Загальна вартість, тис. грн
			Ціна обладнання	Монтаж обладнання	Тара і упаковка	
1	Bitzer CSH95113-320Y	3	1000,00	100	-	3300,00
2	KOAL-C-RF-PB105L3V-091H06D	3	450,00	45,00	-	1485,00
3	VNS - 65507	8	360,00	36,00	-	3168,00
4	VNS - 66457	8	390,00	39,00	-	3432,00
5	VNS - 65457	12	345,00	34,50	-	4554,00
6	VNS - 64457	2	300,00	30,00	-	660,00
7	VNS - 65357	2	240,00	24,00	-	528,00
8	VNS - 63457	10	240,00	24,00	-	2640,00
9	ONDA TBE – 872	1	255,00	25,50	-	280,50
10	Bitzer F1602N	1	37,20	3,72	-	40,92
11	Bitzer FS1122	1	19,20	1,92	-	21,12
12	Grundfos TP 200-400	2	405,00	40,50	-	891,00
13	Бак розширювач	1	6,00	0,6	-	6,60
14	R134A	150л	0,36	-	-	54,00
15	Пропіленгліколь	9000л	69,00	6,9	-	621,00
Разом						21682,14

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

$$B_{н.р.} = 0,05 \times (\sum B_{буд.} + \sum B_{обл.}) = 0,05 \times (18879 + 21682,14) = 2028,06 \text{ тис. грн.};$$

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

$$B_{ін} = 0,015 \times (\sum B_{буд.} + \sum B_{обл.}) = 0,015 \times (18879 + 21682,14) = 608,42 \text{ тис. грн.};$$

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальна сума капітальних затрат становитиме:

$$K = B_{n.p} + \sum B_{буд.} + \sum B_{обл} + B_{ін} = 2028,06 + 18879 + 21682,14 + 608,42 = 43197,62 \text{ тис.грн};$$

Виробництво і використання енергії

Річне споживання електроенергії холодильником та компресорним відділенням холодильника становить $E_p = 1842,46 \times 10^3$ кВт год. Ціна за 1 кВт*год електроенергії становить $C_{ел} = 229,2$ коп/кВт год. Визначаємо витрати на споживання електричної енергії за проектними розрахунками:

$$B_{ел.p} = E_p \times C_{ел} = 1842,46 \times 2,292 = 4222,92 \text{ тис.грн};$$

Розрахунок витрати на оплату праці

Фонд основної заробітної плати робітників компресорного цеху наведено в табл. 6.5.

Таблиця 5.5. Фонд заробітної плати робітників

№	Професія	Розряд	Тарифна ставка, грн/год	Чисельність, чол	Місячний фонд	Річний фонд, грн..
1	Машиніст ХУ	III	30	3	14400	172800
2	Машиніст ХУ	IV	34,38	3	16500	198000
3	Слюсар ремонтник	II	31,25	1	5000	60000
Разом				7	35900	430800

Визначаємо додатковий фонд заробітної плати за формулою:

$$\Phi ЗП_{ор} = \Phi ЗП_{осн} \times Д = 430800 \times 0,15 = 64,62 \text{ тис.грн};$$

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

Розраховуємо повний фонд заробітної плати за формулою:

$$\Phi ЗП_{пр} = \Phi ЗП_{осн} + \Phi ЗП_{ор} = 430,8 + 64,62 = 495,42 \text{ тис.грн};$$

Визначаємо нарахування на заробітну плату за формулою:

$$НЗП_{ор} = \Phi ЗП_{пр} \times В = 495,42 \times 0,37 = 183,31 \text{ тис.грн};$$

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

Витрату на оплату праці визначаємо за формулою:

$$В ОП_p = \Phi ЗП_{пр} + НЗП_{ор} = 495,42 + 183,31 = 678,73 \text{ тис.грн};$$

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Фонд основної заробітної плати апарату управління наведено в табл. 5.6.

Таблиця 5.6. Фонд заробітної плати апарату управління

№	Професія	Посадовий оклад грн.	Чисельність, чол	Місячний фонд	Річний фонд, грн..
1	Механік	6000	1	6000	72000
2	Начальник цеху	8000	1	8000	96000
Разом			2	14000	168000

Визначаємо додатковий фонд заробітної плати апарату управління за формулою:

$$\Phi ЗП_{\text{уд}} = \Phi ЗП_{\text{осн}} \times Д = 168000 \times 0,15 = 25,2 \text{ тис.грн};$$

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

Розраховуємо повний фонд заробітної плати апарату управління:

$$\Phi ЗП_{\text{пв}} = \Phi ЗП_{\text{осн}} + \Phi ЗП_{\text{уд}} = 168000 + 25200 = 193200 \text{ тис.грн}$$

Визначаємо нарахування на заробітну плату за формулою:

$$НЗП_{\text{пв}} = \Phi ЗП_{\text{пв}} \times В = 193200 \times 0,37 = 71,48 \text{ тис.грн};$$

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

Витрату на оплату праці визначаємо за формулою:

$$ВОП_{\text{пв}} = \Phi ЗП_{\text{пв}} + НЗП_{\text{пв}} = 193200 + 71480 = 264,68 \text{ тис.грн};$$

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

$$ВОП_{\text{заг}} = ВОП_{\text{р}} + ВОП_{\text{пв}} = 678,73 + 264680 = 943,41 \text{ тис.грн};$$

Визначення амортизаційних відрахувань

Стаття амортизаційних відрахувань розраховується як елемент собівартості.

Приймаємо норми амортизаційних відрахувань:

- для основного обладнання - 22% від вартості обладнання;
- для будівель - 5% від вартості будівель.

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Витрати на амортизацію будівель складають:

для холодильника:

$$A_{хол} = \sum B_{хол} \times 5\% = 18249 \times 5\% = 912,45 \text{ тис.грн};$$

для компресорного цеху:

$$A_{ком} = \sum B_{ком} \times 5\% = 630 \times 5\% = 31,5 \text{ тис.грн};$$

Витрати на амортизацію основного технологічного обладнання:

$$A_{обл} = \sum B_{обл} \times 22\% = 21682,14 \times 22\% = 4770,07 \text{ тис.грн};$$

Загальна сума амортизаційних витрат:

$$\sum A = A_{хол} + A_{ком} + A_{обл} = 912,45 + 31,5 + 4770,07 = 5714,02 \text{ тис.грн};$$

Визначення інших видів витрат

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

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

$$B_{i.рем} = A_{обл} \times 14\% = 4770,07 \times 14\% = 667,81 \text{ тис.грн};$$

Пускові витрати приймаємо 2% від вартості обладнання:

$$B_{i.пуск} = \sum B_{обл} \times 2\% = 21682,14 \times 2\% = 433,64 \text{ тис.грн};$$

Інші витрати приймаємо 3% від загальної суми амортизаційних відрахувань:

$$B_{i.ін} = \sum A \times 3\% = 5714,02 \times 3\% = 171,42 \text{ тис.грн};$$

Загальна сума інших витрат складає:

$$\sum B_{i.} = B_{i.рем} + B_{i.пуск} + B_{i.ін} = 667,81 + 433,64 + 171,42 = 1272,87 \text{ тис.грн};$$

Визначення основних показників економічної ефективності проекту

Результати розрахунків проведених зводимо у таблицю собівартості (табл.5.7.).

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.7. Порівняльна таблиця собівартості

№	Статі витрат	Значення показників, тис.грн
1	Електроенергія	4222,92
2	Оплата праці	943,41
4	Амортизація	5714,02
5	Інші витрати	1272,87
Разом		12153,22

Собівартість експлуатації холодильного господарства становить $C = 12153,22$ тис.грн;. Прибуток холодильника, щодо виробництва пропонується проводитись плановою рентабельністю $R=20\%$.

Таким чином прибуток від реалізації буде становити:

$$\Delta\Pi = C \cdot R = 12153,22 \times 0,2 = 2430,64 \text{ тис.грн}$$

Чистий грошовий потік рівний:

$$\text{ЧГП} = (\Delta\Pi \times 0,77) + A = (2430,64 \times 0,77) + 5714,02 = 6627,60 \text{ тис.грн};$$

Термін служби проекту (життєвий цикл):

$$T_{cl} = \frac{100}{22} = 4,55 \approx 5;$$

Теперішня вартість за весь життєвий цикл проекту:

$$TB = \sum_{t=1}^5 \frac{\text{ЧГП}}{(1+P)^t} = \sum_{t=1}^5 \frac{6627,60}{(1+0,25)^t} = 2368,45 \text{ тис.грн}$$

Приймаємо дисконтну ставку НБУ $P=0,25$ (25%).

Чиста теперішня вартість:

$$\text{ЧТВ} = \sum TB - K = 2368,45 - 43197,62 = -40829,17 \text{ тис.грн};$$

Середньорічна теперішня вартість:

$$TB_{cp} = \frac{\sum TB}{t} = \frac{2368,45}{5} = 473,69 \text{ тис.грн};$$

Дисконтний період повернення інвестицій (гарантований):

$$T_{\delta} = \frac{K}{TB_{cp}} = \frac{43197,62}{473,69} = 91,21 \text{ року};$$

Індекс доходності визначається за формулою:

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D = \frac{\sum TV}{K} = \frac{45566,07}{43197,62} = 1,05;$$

Висновок: на основі проведених розрахунків робимо висновок, що проект доцільно та економічно вигідно впровадити. Термін окупності 4,74 року.
Індекс дохідності 1,05.

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Охорона праці

Холодильне устаткування, що знаходиться на даному підприємстві становить небезпеку, оскільки його апарати та посудини знаходяться під тиском, велика кількість електроустаткування, велика довжина фреонопроводів та ін.

Для унеможливлення виникнення аварійних та небезпечних ситуацій в холодильній системі використовується сучасне та надійне обладнання, що в свою чергу, також покращує умови обслуговування та праці.

На даному підприємстві встановлено дві холодильні компресорні станції, що в свою чергу можуть створювати небезпеку:

Середньотемпературна холодильна компресорна станція, на базі компресорів Bitzer 4GE-30Y – 1 шт та 4HE-25Y – 3 шт.

Низькотемпературна холодильна компресорна станція, на базі компресорів Bitzer 5DES-5Y – 1 шт.

Умови безпечної експлуатації фреонових холодильних установок

Державною нормативною документацією щодо дотримання норм та правил є Державний нормативний акт про охорону праці «Правила будови та безпечної експлуатації фреонових холодильних установок» НПАОП 0.00-1.51-88.

Підтримання необхідних регламентних параметрів та температурних режимів забезпечується за рахунок використання автоматизованих та комп'ютерезованих систем, що міцно займають свої позиції, витісняючи, здебільшого людську працю.

Холодильні станції, компресори, двигуни та інші електроприлади оснащені наступними засобами захисту: давачі температури та тиску, реле тисків, як високого, так і низького, термометрами, манометрами, електричними комбінованими розчеплювачами, плавкими запобіжниками,

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		<i>М.О. Кропотов</i>			<i>Проект холодильника для зберігання цибулі місткістю 1000 т у м. Черкаси на базі різних схемних рішень холодильної установки</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>О.М. Рябчук</i>						
Реценз.								
Н. контр.								
Затверд.		<i>В.П. Петренко</i>						
						ТЕХТ ННІТІ НУХТ		

скидними вентилями, та ін.

Холодильні компресорні станції обладнано системою віддаленого контролю, блокуванням та сигналізацією, що попереджають виникненню руйнування системи та/або розривів посудин, що працюють під тиском, шляхом розмикання кіл живлення компресорів.

Холодоагент R134 рекомендується до використання в низько та середньотемпературних комерційних холодильних установках, транспортних холодильних установках, в тому числі контейнерах, а також низькотемпературному промислового холодильному обладнанні.

Будучи азеотропною сумішшю холодоагент R507 зберігає високу сталість складу, в порівнянні з холодоагентом R502, навіть при неодноразових витоках та заправках.

Завдячуючи цим властивостям він є ідеальним холодоагентом там, де необхідна безпека та сталість експлуатаційних характеристик.

Азеотропні суміші холодильні суміші поводять себе як однокомпонентні холодагенти, навіть враховуючи те, що по факту вони є сумішшю. Обслуговуючий персонал може дозаправляти R507 так само як і будь який одокомпонентний холодоагент, використовуючи його рідинну або парову фазу.

Компонент R143a являється горючим при тиску 139 кПа та температурі 177 °С, а у суміші з повітрям – при об'ємній долі більше 60%. Тому не можна допускати високих концентрацій з повітрям при значних тисках та високих температурах. R507 не можна змішувати з повітрям для перевірок систем під тиском.

При впливі на фреон R507 високих температур відкритого полум'я (>800 °С) він розкладається на отруйні гази, що в сучасності порівнюються з бойовими отруюючими речовинами, та можуть викликати тяжкі захворювання або смерть. Забороняється використовувати будь яке відкрите полум'я в холодильних камерах та компресорному цеху, також перед проведенням робіт по заміні складових системи при її розгерметизації,

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

холодоагент та залишки мастила необхідно видалити з ділянки, на якій будуть проводитись вогневі роботи.

Шум та вібрація

Рівень шуму, що створюється рухомими частинами холодильного устаткування не має перевищувати допустимих норм, що наведено у ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку», та складати значення не більше: в машинному відділенні – 78...80 дБ, на інших робочих місцях – 50...55 дБ.

Компресори холодильних машин є основними джерелами шуму, також шум створюється за рахунок роботи вентиляторів конденсаторів, повітроохолоджувачів в камерах та торгівельному холодильному обладнанні.

Тому використовуються певні заходи, щодо зниження шуму та вібрацій, а саме: досконаліші конструкції виготовлення та балансування рухомих частин, конструкції лопаток вентиляторів, що мають певну форму для зниження шуму.

Згідно з загальними вимогами «ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації» рівень вібрації не має перевищувати такі максимально допустимі значення: в машинних відділеннях – 85...88 дБ, на інших робочих місцях – 75...77 дБ. Для мінімізації передачі вібрації від працюючих компресорів до конструкцій будівлі, в якій встановлено обладнання, застосовуються наступні міри:

- Компресори встановлені на заводські віброподушки.
- Магістральні трубопроводи з'єднані зі станцією віброгасниками.
- Рама станції встановлена на гумо-металеві віброопори.

Освітлення

Рівень освітлення в машинному відділенні має відповідати нормам ДБН В.2.5-28-2006. «Природне і штучне освітлення». Тому в машинному

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відділенні забезпечується освітленість робочих поверхонь 75 Лк, приладів контролю та обліку 300 Лк, аварійне освітлення 7,5 Лк.

Вищеперераховане освітлення виконано суміжною організацією, за вищевказаними нормами та правилами, у світильниках закритого виконання (IP54) за допомогою світлодіодних ламп. Аварійне освітлення підключене до окремого щита незалежною лінією живлення.

Вимоги техніки безпеки при монтажі, експлуатації та ремонті холодильних установок

Холодильне обладнання та трубопроводи повинні розташовуватися в такому машинному відділенні, в якому можна провести їх монтаж із забезпеченням висоти для проходу не менше 2,2 м - від відмітки підлоги до виступаючих частин обладнання (трубопроводів, арматури та ін.).

Забороняється розташовувати в одному приміщенні з холодильною установкою пристрою з відкритим полум'ям, а також вибухонебезпечне обладнання.

Двері машинних відділень повинні відкриватися в бік виходу.

Фундаменти під агрегати повинні бути відокремлені від фундаментів стін або колон будівлі машинного відділення. При установці агрегатів на перекриттях необхідно передбачати заходи, що знижують можливість передачі вібрації на будівельні конструкції відповідно до чинних нормативних документів.

Монтаж і випробування систем вести згідно "НПАОП 0.00-1.5188 "Правила будови і безпечної експлуатації фреонових холодильних установок". Керівники та фахівці організацій, що виконують будівельно-монтажні роботи, повинні пройти перевірку знань вимог промислової безпеки.

Монтаж обладнання, арматури проводити згідно креслень, затвердженого і погодженого проекту, паспортів на обладнання та вказівок щодо їх монтажу і установці, після закінчення всіх будівельних робіт. При

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

монтажі обладнання і трубопроводів скласти виробничу документацію відповідно до Додатку 2 СНиП 3.05.05-84. "Технологічне обладнання і трубопроводи".

При переміщенні обладнання, арматури і трубопроводів під час монтажних робіт необхідно керуватися ДНАОП 0.00-1.01-07 "Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів". Проведення робіт на висоті допускається тільки з риштувань, телескопічної вишки або сходів. Виконання монтажних робіт з відхиленнями від проекту без узгодження з проектною організацією не допускається.

Безфланцевая арматура перед приварюванням повинна бути розібрана або відкрита до упору. Якщо приварювання проводиться без підкладних кілець, арматуру після його закінчення дозволяється зібрати або закрити лише після її внутрішнього очищення.

Забивання зазорів навколо трубопроводів в місцях перетину стін, перегородок виконати з негорючих матеріалів, які забезпечують нормовану ступінь вогнестійкості.

Розмітку труб під нарізку виконати після установки устаткування, монтажу опор, підвісок та інших кріплень трубопроводів, установки арматури на апарати, ємності, компресорні, насосні агрегати.

Не допускати попадання всередину трубопроводів сторонніх предметів, бруду, окалини і т.д.

Зварювання деталей і трубопроводів ГОСТ 8732-87, 8734-78 виконати електродами Е-42 (ГОСТ 9466-75). Контроль якості зварних з'єднань згідно з ГОСТ 3242-79, СНиП 3.05.05-84. Зварені шви трубопроводів розміщувати на відстані не менше 100 мм до опор і підвісних кріплень для труб Ду <50мм і не менше 200 мм для труб Ду > 50мм.

Монтаж трубопроводів виконувати без перекосів, натяжений в фланцях і зварних з'єднаннях. Всі трубопроводи надійно закріпити за місцем на спеціально обладнаних стійках, підвісках, кронштейнах з

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

достатньою гнучкістю для компенсації деформацій. Не допускається передавати навантаження від трубопроводів на обладнання і арматуру.

Крок кріплення трубопроводів забезпечити відповідно до табл. 2 СНиП 3.05.01-85 "Внутрішні санітарно-технічні системи". Кріплення розташувати в зручних місцях.

Нагнітальні трубопроводи виконуються з ухилом 12 мм / м в сторону конденсатора.

Всмоктувальні трубопроводи виконуються з ухилом 12мм / м в сторону холодильної установки.

Категорично забороняється ходити по пенополіуретановим панелям стелі за винятком проходів в межах 0,5 м в кожену сторону від несучих підвісних елементів. Проходи повинні бути показані обмежує стрічкою. Пересуватися по панелям тільки із закріпленням до металевих конструкцій монтажним поясом, не більше 1 людини на панель.

Зварювальні та інші роботи, при яких можлива поява іскор, необхідно проводити не ближче 10м від холодильних панелей, ізоляційних плит, ізоляції трубопроводів та інших горючих матеріалів. Якщо ці роботи проводяться на висоті, горизонтальне відстань до вищевказаних матеріалами повинно бути не менше вертикального відстані до місця проведення робіт.

Після закінчення монтажу по кожній лінії трубопроводів необхідно перевірити всю арматуру, наявність врізок, бобишек, і т.п. Після чого, для видалення окалини, грата і інших забруднень з трубопроводу, необхідно кожну лінію продути стисненим висушеним повітрям. Під час продування системи використовується стиснене повітря або інертні газы (азот) тиском 0,6 МПа.

Після закінчення монтажу та продувки судини, апарати і трубопроводи холодильних установок повинні піддаватися технічному огляду, в яке входять: зовнішній і, при наявності люків, внутрішній огляд; пневматичні випробування на міцність, щільність.

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Величина пробного тиску дорівнює для трубопроводів холодо- і теплоносія (всіх систем):

- $P_{\text{випр}} = 1,5 * P_{\text{роб}}$ – протягом 10 хв на міцність.

- $P_{\text{випр}} = P_{\text{роб}}$ – протягом 24 годин на герметичність.

Норми падіння тиску згідно НПАОП 0.00-1.07-94 "Правила будови і безпечної експлуатації посудин під тиском".

На всіх газових лініях по всій їх протяжності передбачена ізоляція, яка запобігає втрати холоду і утворення конденсату на трубах. Роботи по ізоляції трубопроводів, арматури і обладнання вести згідно СНиП 2.04.14-88 "Теплова ізоляція обладнання і трубопроводів".

Згідно пункту 5.8 в "НПАОП 0.00-1.51-88" Правила будови і безпечної експлуатації фреонових холодильних установок "ресивер середнетемпературной системи обладнаний двома запобіжними клапанами (основний і резервний) з триходовим вентилям для перемикання роботи на обраний запобіжний клапан.

Модель клапана обрана відповідно до пункту 5.13 "НПАОП 0.00-1.51-88" Правила будови і безпечної експлуатації фреонових холодильних установок за формулою в міліметрах:

$$d = A\sqrt{DL} \quad (10.1)$$

де d - мінімальний діаметр проходу клапана в мм;

A - коефіцієнт, що залежить від тиску (високий або низький) в обсязі посудини;

D - діаметр апарату (посудини), м;

L - довжина апарату (посудини), м.

Випуск холодоагенту з ресивера через запобіжний клапан, відповідно до пункту 5.15 "НПАОП 0.00-1.51-88" Правила будови і безпечної експлуатації фреонових холодильних установок" здійснюється через змонтований трубопровід діаметром 15 мм. (Внутрішній діаметр - 13 мм).

Всі магістралі від запобіжних клапанів зводяться в одну загальну магістраль, перетин якої має дорівнювати сумі перерізів відвідних труб,

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відповідно до пункту 5.16 "НПАОП 0.00-1.51-88 "Правила будови і безпечної експлуатації фреонових холодильних установок".

Таким чином три відводять магістралі, внутрішнім діаметром 13мм кожна або загальним перетином 398 мм², зводяться в загальну магістраль внутрішнім діаметром 26мм і перетином 530 мм².

Заходи електробезпеки

Електроприймачі II категорії необхідно забезпечувати електроенергією від двох незалежних взаєморезервуючих джерел живлення. Для електроприймачів II категорії в разі порушення електропостачання від одного з джерел живлення переривання електропостачання є допустимим на час, необхідний для увімкнення резервного живлення діями чергового персоналу або виїзної оперативної бригади.

В будівлі супермаркету знаходиться трансформаторна підстанція, в якій встановлено два понижуючі трансформатори типу «ТМ» повною потужністю 630 кВА. На секціях шин 0,4 кВ встановлено компенсатори реактивної потужності у вигляді конденсаторних батарей. Також на секціях шин 0,4 кВ встановлено вимірювальні прилади та прилади обліку електроенергії. Облік електроенергії здійснюється за допомогою багатозонного лічильника, параметризованого на обрану кількість зон обліку – дві зони.

Електроустаткування супермаркету має глухе робоче заземлення нейтралі трансформатора та захисне заземлення типу TN-S. Опір заземлюючого контуру не більше 4 Ом.

Блискавкозахист другої категорії виконано блискавкозахисною сіткою зі дроту, діаметром 6-8 мм. Дріт з'єднує сітку з заземлювачем не рідше ніж через 25 м.

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Надання першої медичної допомоги

При отруєнні, отриманому шляхом розкладу фреону під дією високої температури відкритого полум'я слід отруєного вивести з загазованого приміщення на свіже повітря, при необхідності має бути застосоване штучне дихання. Незалежно від стану отруєного його якнайшвидше необхідно доправити до медичного закладу.

Особливу небезпеку при потраплянні на шкіру становить рідких фреон, який завдяки своїх властивостям при атмосферному тиску починає інтенсивно відбирати теплоту з поверхні на якій він знаходиться. При даному випадку необхідно пошкоджену кінцівку занурити в теплу воду (30-45°C) на 7-10 хвилин або у випадку пошкодження більшої поверхні тіла необхідно загальну ванну. Після відігрівання необхідно прикласти сухий рушник, який добре вбирає вологу та висушити рану, після чого накласти пов'язку з маззю, або просто гарно намастити маззю Вишневського або Пеніциліновою маззю.

При ураженні електричним струмом, потерпілого необхідно звільнити від дії електричного струму на нього якомога швидше, при цьому дотримуватись особливої уважності, або самому не потрапити під його дію. Невідкладно на підприємство має бути викликана швидка допомога. При відсутності в потерпілого ознак життя необхідно негайно приступити до проведення реанімаційних заходів.

Оживити людину можна не пізніше ніж через 5-7 хвилин після настання клінічної смерті, це пов'язано з швидкою загибеллю клітин кори головного мозку внаслідок кисневого голодування. В інших випадках вмирання організму може продовжуватись поступово, в більш тривалі строки, які вимірюються годинами.

Порядок проведення реанімаційних заходів включає наступні етапи:

1. Визначення наявності дихання та скорочень серця.
2. Визначення наявності абсолютних ознак смерті.

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Ревізія прохідності дихальних шляхів та її відновлення.

4. Штучна вентиляція легень.

5. Масаж серця при його зупинці.

Далі слід твердо запам'ятати, що перед проведенням штучного дихання потрібно відновити прохідність дихального каналу у потерпілого без свідомості.

Заходи з пожежо- та вибухобезпеки

Машинні відділення фреонових холодильних установок відносяться до категорії Д по пожежній та вибухопожежній небезпеці, відповідно до НПАОП 0.00-1.51-88 «Правила будови та безпечної експлуатації фреонових холодильних установок».

Пожежна безпека на підприємстві складається з наступних пунктів:

- світлова сигналізація;
- наявність заземлення;
- надійне приєднання обладнання до заземлення;
- використання блискавковідводів;
- наявність протипожежних інструкцій, атестацій обслуговуючого персоналу;
- помірне навантаження електрообладнання;
- наявність аварійного відключення обладнання;
- забезпечення персоналу засобами пожежогасіння: лопатами, сокирами, багром, пожежним щитом, що має ящик з піском, порошковими та/або вуглекислотними вогнегасниками об'ємом не менше 9 л;
- доведення до відома плану евакуації, та його наглядна ілюстрація.

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаної літератури

1. Методичні вказівки для виконання СРС “Прогнозування і оцінка хімічної обстановки на хімічно небезпечних об’єктах” – К.: УДУХТ, 1995.
2. *Курылёв Е.С., Герасимов Н.А.* Холодильные установки. Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Холодильные и компрессорные машины и установки». - Л.: Машиностроение, 1980. - 622 с.
3. Тепловые и конструктивные расчеты холодильных машин: Учебное пособие / *Под ред. Кошкина Н.Н.* – Л.: Машиностроение, 1976.- 464с.
4. *Ужанский В.С.* Автоматизация холодильных машин и установок.– М.: Пищевая пром-сть, 1973.
5. *Б.К. Явнель.* Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1989. – 223 с., ил. – (Учебники и учеб. пособия для техникумов).
6. *Б.К. Явнель.* Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха. – 1-е изд. – М.: Агропромиздат, 1972. – 348 с., ил. – (Учебники и учеб. пособия для техникумов).
7. *Н.Д. Кочетков.* Холодильная техника. – “Машиностроение”, Москва, 1966.
8. *И.Г. Чумак, Д.Г. Никульшина.* Холодильные установки. – Проектирование: Учеб. Пособие для вузов. – К.: Выща шк.. Головное изд-во, 1988. – 280 с., 97 ил. – Библиогр.: 44 назв.
9. *Сірий , Шестеренко.* – Проектирование: Учеб. Пособие для вузов. – К.: Выща шк.. Головное изд-во, 1988. – 280 с., 97 ил. – Библиогр.: 44 назв.

					КР 000.142.011.002.2022.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		