

**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

\_\_\_\_\_ Сергій Блаженко  
(підпис) (ім'я та прізвище)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Валентин Петренко  
(підпис) (ім'я та прізвище)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 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: Аналіз режимів роботи холодильної установки для заморожування риби

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ХМ-2-9М

\_\_\_\_\_ Осадчий Владислав Юрійович \_\_\_\_\_

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник \_\_\_\_\_ Масліков Максим \_\_\_\_\_

(прізвище, ім'я)

(підпис)

Консультант \_\_\_\_\_

(прізвище, ім'я)

(підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_

(прізвище, ім'я)

(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 – 2023 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.

“07” листопада 2022 року

## З А В Д А Н Н Я

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Осадчий Владислав Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Аналіз режимів роботи холодильної установки для заморожування риби

керівник роботи к.т.н., Масліков М.М.

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від 07.11.2022 року № 794-к

2. Строк подання здобувачем роботи 06.02.2022 року

3. Вихідні дані до роботи камери для зберігання рибної продукції та морепродуктів, місткість 1200 тон

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

1. Створення технологічних схеми холодильного оброблення продуктів в холодильнику . 2. Розрахунок тривалості холодильного оброблення продукції 3. Техніко-економічне обґрунтування прийнятих технічних рішень 4. Визначення основних розмірів та планування холодильника 5. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника 6. Розрахунок теплонадходжень до охолоджених приміщень 7. Визначення теплового навантаження на обладнання камер та компресор 8. Вибір типу холодильної установки 9. Вибір розрахункового робочого режиму, побудова циклу та розрахунок холодильної машини 10. Вибір теплообмінних апаратів (випарник, конденсатор) 11. Розрахунок та підбір обладнання холодильних камер 12. Розрахунок та вибір допоміжного обладнання 13. Визначення гідравлічного опору 14. Вибір насосів та вентиляторів 15. Розрахунок техніко-економічних показників 16. Охорона праці 17. Аналіз режимів роботи холодильної установки для заморожування і охолодження риби Список використаної літератури

5. Перелік графічного матеріалу

1. План та розріз будівлі

2. Гідравлічна схема

3. Автоматизація

4. План та розріз машинного відділення



## Анотація

У цьому проекті була розроблена система охолодження для холодильника морепродуктів 1200 тонн у місті Києві.

Охолоджену і заморожену рибу зберігають у холодильнику. Для замороженого риби перекладають 4 камери, для охолодженого риби - 1 камеру. Камери згруповані та розташовані таким чином, щоб вони мали найменшу площу зовнішніх стінок, а контур охолодження всього холодильника мав найменшу окружність. У присутності всіх камер дивляться на старовинний бубон, через бубон, на експедицію та транспортні платформи.

Охолоджену заморозку рибаю перенесли в холодильник для продовження терміну зберігання.

Для ручного керування холодильником було передано дві експедиції для охолодження та заморожування продуктів.

Теплоізоляція холодильних камер теплоізоляційним матеріалом - пінополіуретаном.

Здійснювався підігрів тепла до камер охолодження, на базі яких було відкрито, що вібрувало основне до кінця дня.

Система охолодження безаміачна. Модернізовано майно: компресор фірми GEA Grasso, додатковий теплообмінник заводу «Коростенський завод хімічних апаратів» (м. Коростень).

Охолодження камер за додатковим кожухом випарний конденсатор .

**Ключові слова:** холодильна установка , аміак, заморожування риби , охолодження риби, R717,холодильник,холод.

# Зміст

Вступ	
1. Створення технологічних схеми холодильного оброблення продуктів в холодильнику. ....	7
2. Розрахунок тривалості холодильного оброблення продукції.	11
3. Техніко-економічне обґрунтування прийнятих технічних рішень .....	14
4. Визначення основних розмірів та планування холодильника .....	16
5. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника. ....	20
6. Розрахунок теплонадходжень до охолоджених приміщень....	18
7. Визначення теплового навантаження на обладнання камер та компресор .....	24
8. Вибір типу холодильної установки .....	25
9. Вибір розрахункового робочого режиму, побудова циклу та розрахунок холодильної машини.....	27
10. Вибір теплообмінних апаратів (випарник, конденсатор).....	35
11. Розрахунок та підбір обладнання холодильних камер.....	36
12. Розрахунок та вибір допоміжного обладнання.....	38
13. Визначення гідравлічного опору.....	42
14. Вибір насосів та вентиляторів .....	47
15. Розрахунок техніко-економічних показників.....	49
16. Охорона праці .....	61
17. Аналіз режимів роботи холодильної установки для заморожування і охолодження риби .....	68
18. Список використаної літератури.....	70

# **1. Розробка технологічної схеми холодильного оброблення продукції**

Холодильники для риби та молюсків призначені для короткочасної евакуації при пересадці з одного виду транспорту на інший, наприклад з води на залізницю. Ще будуть холодильники в різних портах. Вони характеризуються великими обсягами прибуткових операцій, які прийшли подивитися на асортимент продукції, на яку передана спеціальна заявка. Зокрема, високим може бути ступінь механізації відповідальних робіт.

Технологічна схема пріроптового холодильника передбачає приймання, короткочасне зберігання охоложених продуктів та долого часне зберігання заморожених продуктів і наступним забезпеченням сіми продуктами лодиступни хогол.

Для 1200-тонного щіткового холодильника з туманом я буду використовувати таку структуру туману: 80% камера збереження заморожування, 20% камера запобігання охолодженню.

## **Надходження та приймання продуктів**

Охолоджену продукцію необхідно транспортувати до холодильника.

Враховуючи якість продукту, він змінює зовнішній вигляд продукту на супровідні документи, стандарт гігієни та температуру продукту. Допустима температура продукту, прийнята на складі + 2 ° С.

Більш важливі операції спостерігаються в пункті призначення експедиції з температурою +12 ° С, видимою вологістю 80-85% і швидкістю вітру 0,1-0,15 м / с - звичайно. Охолодження шматка можна спостерігати щодня. Термін застосування охолодження – один день допустимий час охолодження продукту. Прийнято зберігати 100 тонн для охолодження продуктів і 120 тонн для заморожування.

Подібним чином приймають заморожені продукти. Температура приміщення біля експедиційної камери для заморозки продуктів -120 ° С, видима вологість 80-85%, швидкість вітру 0,1-0,15 м / с - природна. Охолодження шматка можна спостерігати щодня.

### **Зберігання охолоджених продуктів**

Охолоджену продукцію зберігають в холодильній камері не довше 5 діб при температурі  $0^{\circ}\text{C}$ , рівні вологості 80-85% і швидкості вітру 0,3-0,5 м / с.

- штучний спосіб. Продукти зберігаються на піддонах, які складаються окремо.

Холодильна потужність камер зберігання охолодженого риби 200 т, сумарно 20% від вмістимості холодильника.

### **Заморожування риби**

Заморожування риби здійснюється на двох плиточних машинах з механізованими завантаженнями з продуктивністю 60 тонн/на добу (приймається самостійно). Таким чином продуктивність заморожування холодильної камери для заморожування становить понад 120 т/добу, або 0,1% від потужності холодильної камери.

Для проведення важливих операцій передається холодильна камера з температурою  $0^{\circ}\text{C}$ , рівнем вологості 80-85% і швидкістю вітру 1,2-1,5 м / с, охолодження централізоване.

Температура риби зазвичай становить  $0^{\circ}\text{C}$ , її потрібно помістити в морозилку. Кінцева температура  $-15^{\circ}\text{C}$ . Продукт заморожений без упаковки.

Продукт фасується після заморожування.

### **Зберігання заморожених продуктів**

Місткість камер для зберігання заморожених продуктів становить 80% місткості холодильної камери, тобто 960 тонн.

Продукти повинні мати температуру  $-15^{\circ}\text{C}$ , упаковані та зберігатися у ваговій упаковці (800 x 1200 x 1000 мм) на піддонах. У камерах пакети лежать розкиданими по полицях. Вінтажна упаковка мокрої заморозки Риби в пакеті, також на модульній стелажній системі. Температура в камерах зберігання  $-18^{\circ}\text{C}$ , вологість 80-85%, витрата повітря 1,2-1,5 м/с, охолодження центральне. Термін накопичення 6-12 місяців.

Розморожування випадків при збереженні і повторному заморожуванні не допускається.

## **Відпуск заморожених та охолоджених продуктів**

Випуск продуктів з холодильника контролюється приміщенням експедиції. Температура в експедиції  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$  для заморожених продуктів і  $+12\text{ }^{\circ}\text{C}$  для охолодження. Вологість 80-85% і швидкість повітря 0,1-0,15 м/с.

Для аварійних робіт зробленр автомобільну платформу.

Для виконання монтажних робіт передано використання електростелажів та електроштабелерів, розрахованих на потужність 5 кВт.

Таблиця 1. Температурні режими приміщень холодильника.

Назва продукту	Температура повітря (кипіння), °С	Відносна вологість повітря, %	Температура прод.,що поступють0С	Температура прод.,що поступють0С	Час холод. обробки, год.	Час збереження, доба	Вид прийнятого обладнання
Експедиція охолод. прод.	+12	80-85	+2	+5	Не більше 1	-	Без штуч. охолодження
Камери зберігання охолод. прод.	0	80-85	+5	0	-	5	Повітро-охолоджувачі
Камера сортування	0	80-85	-	-	-	-	Повітро-охолоджувачі
Морозильний апарат	-40	-	0	-15	2	-	-
Камера зберігання замороженої продукції	-18	80-85	-15	-18	-	180-360	Повітро-охолоджувачі
Експедиція заморожених продуктів	-12	80-85	-18	-15	Не >1	-	Без штучного охолодження

## 2. Розрахунок тривалості холодильного оброблення продукції

### 2.1. Тривалість заморожування риби до кріоскопічної температури в центрі

Товщина продукту в блоці

$$\sigma = 80 \text{ мм.}$$

Приймаю температуру середовища рівною температурі кипіння.

Кріоскопічна температура риби:

$$t_{\text{кр}} = -1,5^{\circ}\text{C.}$$

Густина продукту

$$\rho = 1020 \text{ кг/м}^3.$$

Визначаю коефіцієнти теплопровідності замороженого продукту,  
Вт/(м·К):

$$\lambda_0 = 0,46 \text{ Вт/(м·К);}$$

$$\lambda_3 = \lambda_0 + 0,9\omega = 0,46 + 0,9 \cdot 0,9 = 1,27 \text{ Вт/(м·К);}$$

де  $\omega$  – частина створеної охолодженням вологи, яку можливо прийняти за при кінцевій температурі  $t_{кін} = -15$  °С:

$$\omega = 1 - \frac{t_{\text{êđ}}}{t_{\text{êđ}}} = 1 - \frac{-1,5}{-15} = 0,9.$$

Кількість тепла що потребує охолодження до криоскопічної температури:

$$q_3' = c_0(t_{\text{поч}} - t_{\text{кр}}),$$

де  $c_0$  – теплоємність охолодженого продукту,  $c_0 = 3680$  Дж/кг.

$$q_3' = 3680(0 + 1,5) = 5520 \text{ Дж/кг.}$$

$$\tau_1 = \frac{\left(\frac{0,08}{2}\right)^2 \cdot 5520 \cdot 1020}{2 \cdot 0,46(-1,5 - 0)} \left[ 1 - \frac{1,27(0 - (-40))}{2 \cdot 0,46(-1,5 - 0)} \cdot \ln \left( 1 + \frac{1,27(-1,5 - 0)}{2 \cdot 0,46(-1,5 - (-40))} \right) \right] =$$

$$= 6688,3 \text{ с} = 111,5 \text{ хв.}$$

## 2.2. Тривалість заморожування риби до кінцевої температури в центрі

Коефіцієнт температуропровідності  $a_{\text{пр}}$ .

$$a_{\text{пр}} = 12,2 \cdot 10^{-8} \text{ (м}^2/\text{с)}$$

Безрозмірна температура на поверхні блоку в кінці охолодження:

$$\theta_R = \frac{t_{\text{êđ}} - t_c}{t_{\text{êđ}} - t_c} = \frac{-15 + 40}{-1,5 + 40} = 0,65$$

Число Фур'є  $Fo$  за графіком:

Час охолодження:

$$\tau_2 = \frac{Fo \left( \frac{\delta_2}{2} \right)}{a_{\text{іđ}}} = \frac{0,18 \left( \frac{0,08}{2} \right)}{12,210^{-8}} = 2360 \text{ с} = 39,3 \text{ хв.}$$

$$Fo = 0,18$$

### 2.3. Витрата холоду на заморожування риби

Частка одиниці холоду для заморожування становить при перинній ентальпії продукту 265,8 кДж/кг при 0°C та кінцевій 14,3 при -15°C:

$$Q_{\hat{a}\hat{o}} = m(h_{\hat{i}\hat{t}} - h_{\hat{e}\hat{z}\hat{i}}) = 600 \cdot (265,8 - 14,3) = 150420 \text{ кДж.}$$

Потрібна холодопродуктивність для заморожування риби в одному апараті:

$$Q = Q_{\text{вх}} / \tau = 150420 \cdot 10^3 / (6688 + 2360) = 16,6 \cdot 10^3 \text{ Вт} = 16,6 \text{ кВт.}$$

### **3. Техніко-економічне обґрунтування прийнятих технічних рішень**

Як охолоджуючу рідину використовую аміак . Аміак - найдешевший холодоагент, який не робить негативного впливу на навколишнє середовище при незначних витобах. Крім того, аміак має найкращі термодинамічні властивості, що в кінцевому підсумку знижує витрати електроенергії на охолодження. Аміак набуває вибухонебезпечних властивостей у концентраціях, смертельних для всього живого, тому вибух аміаку не можна вважати основною загрозою для робочого персоналу. Різкий запах аміаку є відмінним індикатором протікання і сигналом для його усунення.

Приймаю централізовану систему охолодження. Така система охолодження більш придатна, оскільки наявність великих накопичувальних камер виключає можливість установки децентралізованих систем великої місткості. Крім того, така система виключає використання аміаку в якості теплоносія. Завдяки центральній системі охолодження всі пристрої знаходяться в одній кімнаті, що значно спрощує експлуатацію та підвищує безпеку роботи.

Приймаю також холодильну систему для камер зберігання та прямого заморожування. Таке рішення є енергетично виправданим, оскільки температура кипіння буде найвищим значенням, яке максимально підвищить ККД чиллерів.

Я використовую систему прямого охолодження з насосною циркуляцією, так як така система забезпечує кращий теплообмін і максимальну подачу рідини, що є першорядним для роботи камерних теплообмінних пристроїв. Оскільки в холодильних системах для камер зберігання охолоджених і заморожених продуктів використовуються поршневі та гвинтові компресори відповідно, я приймаю одноступеневу роботу цих систем. Висока температура стиснення компенсується впорскуванням холодного рідкого аміаку під час стиснення. Крім того, виробником обладнання допускається робота чилерів в одноступінчастому режимі при розрахункових температурних режимах..

Для морозильної камери використовую двоступеневу систему охолодження, так як є ознаки переходу на двоступеневе стиснення: температура в кінці стиснення вище  $16^{\circ}\text{C}$ , а різниця між тиском кипіння і конденсації більше ніж 8.

Охолодження камер зберігання охолоджених і заморожених продуктів здійснюється примусовим рухом повітря. Такий вибір обладнання камери має низку переваг: знижена металомісткість, компактність, спрощена розпайка та проведення сервісних робіт. Такий вид системи охолодних камер збереження дозволяє швидко охолоджувати продукти. Збільшення підсушування продуктів при зберіганні охолодженої риби необхідно компенсувати додатковим зволоженням повітря в камері, а морожену рибу фасують.

Конденсатор вважається випарним. Цей тип конденсатора можна розмістити поза моторним відсіком. Відсутність градирні для цього також є перевагою цього виду конденсатора.

## 4. Визначення габаритних параметрів холодильника

Від вмістимості камер будівельна площа камер зберігання становить:

$$F_k = \frac{E_k}{q_v \cdot h \cdot \beta}, \text{ м}^2;$$

Норма завантаження умовного навантаження  $q_v=0,35 \text{ т/м}^3$ .

Висоту вантажних штабелів  $= h=6000 \text{ мм}$ . Будівельна висота  $7000 \text{ мм}$ .

Коефіцієнт використання:  $\beta =0,85$ .

Кількість прямокутників побудови, включаючи сітку стовпців  $6 \cdot 6\text{м}$ :

$$n_p = F_k / (6 \cdot 6), \text{ шт};$$

Округляю до цілого значення,  $n_{пр}$ .

Для камер зберігання за умовною місткістю:

$$F_{\varepsilon} = \frac{1200}{0.35 \cdot 6 \cdot 0.85} = 672.3 \text{ м}^2, n_p = 672.3 / (6 \cdot 6) = 16 \text{ шт.}$$

Приймаю 4 камери зберігання заморожених продуктів по 3 будівельних прямокутників:

$$F_1 = F_2 = F_3 = F_4 = 3 \cdot 36 = 108 \text{ м}^2.$$

Приймаю 1 камеру зберігання охолоджених продуктів:

$$F_5 = 4 \cdot 36 = 144 \text{ м}^2;$$

Дійсна місткість камер:

$$E_k = F \cdot h_{\text{ван}} \cdot \beta \cdot q_v, \text{ т};$$

де норма навантаження для замороженої риби  $q_v=0,7 \text{ т/м}^3$ , для охолодженої риби  $q_v=0,39 \text{ т/м}^3$ .

Для камер зберігання замороженої риби:

$$\text{Камера №1, 2, 3, 4 } E_k=108 \cdot 6 \cdot 0,85 \cdot 0,7=385,6 \text{ т.}$$

Для камер зберігання охолодженої риби:

$$\text{Камера №5 } E_k=144 \cdot 6 \cdot 0,85 \cdot 0,39=286,4 \text{ т.}$$

Приймаю камеру завантаження для підготовки риби до заморожування площею  $2 \cdot 36=72 \text{ м}^2$ . Місткість камери № 5:

$$\text{Камера №6 } E_k=72 \cdot 6 \cdot 0,85 \cdot 0,39=143,2 \text{ т.}$$

Приймаю машинне приміщення площею 10% від площі холодильної камери, т.е.  $(108 \cdot 4+144) \cdot 0,10=57,6=72 \text{ м}^2$  (округлюємо до цілого значення будівельної сітки).

Приймаю службові приміщення з площею 20% від площі холодильних камер, тобто  $(108 \cdot 4+144) \cdot 0,2=115,2=144 \text{ м}^2$  (округлюємо до цілих значень будівельної сітки).

Площа та кількість будівельних прямокутників камери експедиції:

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

де  $\sum M$  - надходження продукту за добу, т/добу. Приймаю

надходження кількості продуктуна добу 100 т/добу для охолоджених продуктів.

$$F_{\text{âĉĥ}} = 0,4 \cdot \frac{100}{0,35} = 91,4 \text{ м}^2; n_{\text{âĉĥ}} = \frac{91,4}{36} = 2,43.$$

Приймаємо дійсну кількість будівельних прямокутників:  $n_{\text{âñ}} = 2$ .

Приймаю добове надходження продукту 100 т/добу для заморожених продуктів.

$$F_{\text{âñ}} = 0,4 \cdot \frac{100}{0,35} = 114,3 \text{ м}^2; n_{\text{âñ}} = \frac{114,3}{36} = 3,17 .$$

Приймаємо дійсну кількість будівельних прямокутників:  $n_{\text{âñ}} = 3$ .

Планування приміщень холодильника – рис.1.

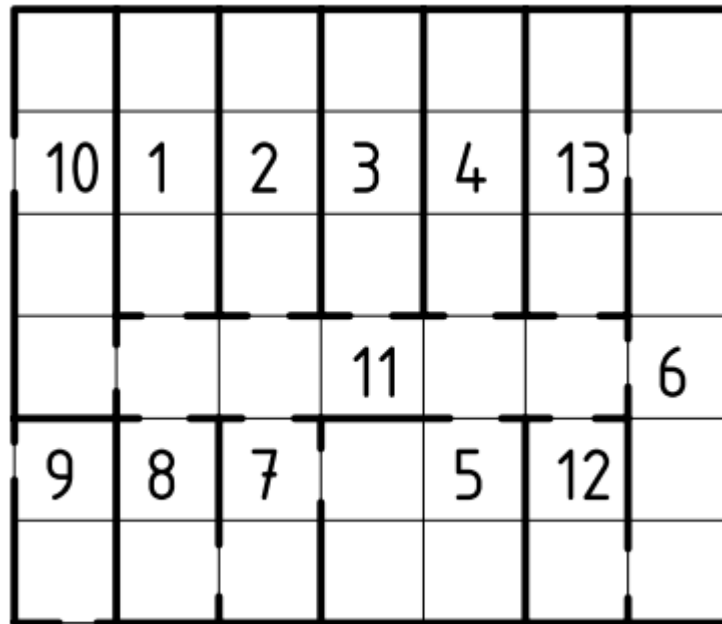


Рис. 1. Планування холодильника: 1, 2, 3, 4 – камери зберігання замороженої риби  $-18^{\circ}\text{C}$ , 5 – камера зберігання охолодженої риби  $0^{\circ}\text{C}$ ; 6 – автомобільна платформа; 7 - камера завантаження риби перед заморожуванням  $0^{\circ}\text{C}$ ; 8 – приміщення розташування морозильних апаратів  $0^{\circ}\text{C}$ ; 9 – машинне відділення; 10 – службові приміщення, автомобільна платформа; 11 – вантажний тамбур; 12 - експедиція охолоджених продуктів  $+12^{\circ}\text{C}$ ; 13 – експедиція заморожених продуктів  $-12^{\circ}\text{C}$ .

## 5. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника

Розрахунок теплоізоляційного шару проводиться відповідно до температурних режимів камер.

Приймаю зовнішні та внутрішні стіни з сендвіч панелей.

Як теплоізоляційний матеріал приймаю: для зовнішніх і внутрішніх стін – плиту ППУ. Коефіцієнт теплопередачі становить 0,036 Вт/(м<sup>2</sup>·К).

Товщина теплоізоляційних шарів:

$$\delta_{із} = \lambda_{із} \left[ \frac{1}{k_0} - \left( \frac{1}{\alpha_H} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_B} \right) \right], \text{ м};$$

де  $\delta_{із}$ ,  $\delta_i$  - товщини теплоізоляційного та будівельного шарів відповідно, м;  $\alpha_B, \alpha_H$  - коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої та зовнішньої поверхні стін відповідно, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $\lambda_{із}$ ,  $\lambda_i$  - коефіцієнти теплопровідності теплоізоляційного та будівельних шарів відповідно, Вт/(м·К);  $k_0$  – коефіцієнт теплопровідності огорож, Вт/(м<sup>2</sup>·К).

Розрахункове значення теплоізоляційного шару треба збільшити до стандартного (25 мм, 50мм, 100мм), тоді дійсний коефіцієнт теплопровідності:

$$k_d = \frac{1}{\frac{1}{\lambda_{із}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_H} + \frac{1}{\alpha_B}}, \text{ Вт/(м·К)};$$

Конструкції шарів і властивості зведені в таблицю 1.

Таблиця 2. Склад та теплофізичні властивості огорожі холодильника.

Тип огороження	Найменування шарів огороження	Товщина $\delta_i$ , м	Коеф. тепло-провідності $\lambda_i$ , Вт/(м·К)	Термічний опір $R_i = \delta_i / \lambda_i$ , м <sup>2</sup> ·К/Вт
Покриття	1. Лист з сталі	0,001	25	0,0004
	2. Плити ППУ	-	0,035	-
	3. Лист з сталі	0,001	25	0,0004
			Разом:	0,0008
Підлога	1. Бетона суміщ	0,04	1,86	0,0215
	2. Армована стяжки	0,08	1,86	0,043
	3. Плити ППУ	-	0,035	-
	4. Залізобетонні плити з електропідігрівачем	0,22	1,86	0,118
	5. Ущільнювальний шар	0,04	-	-
			Разом:	0,183
Зовнішня стіна	1. Лист з сталі	0,001	25	0,0004
	2. Плити ППУ	-	0,035	-
	3. Лист з сталі	0,001	25	0,0004
			Разом:	0,0008
Внутрішня стіна	1. Лист з сталі	0,001	25	0,0004
	2. Плити ППУ	-	0,035	-
	3. Лист з сталі	0,001	25	0,0004
			Разом:	0,0008

Данні заносу в таблиці 3 та 4.

Таблиця 3. Розрахунок товщини теплоізоляційного шару камер зберігання заморожених продуктів.

Назва огорожі	$\alpha_{зов},$ Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	$\alpha_{вн},$ Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	$k_0,$ Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	$R_i,$ м <sup>2</sup> ·К/Вт	$\lambda_i,$ Вт/(м·К)	$\sigma_{із},$ м	$\mu_{із},$ м	$k_d,$ Вт/(м <sup>2</sup> ·К)
Покриття	23	11	0,22	0,0008	0,035	0,154	0,175	0,19
Підлога	-	11	0,21	0,183	0,035	0,157	0,175	0,19
Зов. Стіна	23	11	0,23	0,0008	0,035	0,147	0,15	0,23
Внтр. Стіна	8	11	0,27	0,0008	0,035	0,122	0,125	0,26
Перегородка	11	11	0,58	0,0008	0,035	0,054	0,075	0,43

Таблиця 4. Розрахунок товщини теплоізоляційного шару холодильних камер і зберігання охолоджених продуктів.

Назва огорожі	$\alpha_{зов},$ Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	$\alpha_{вн},$ Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	$k_0,$ Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	$R_i,$ м <sup>2</sup> ·К/Вт	$\lambda_i,$ Вт/(м·К)	$\sigma_{із},$ м	$\mu_{із},$ м	$k_d,$ Вт/(м <sup>2</sup> ·К)
Покриття	23	11	0,37	0,0008	0,035	0,090	0,1	0,33
Підлога	-	11	0,41	0,183	0,035	0,076	0,1	0,32
Зов. Стіна	23	11	0,4	0,0008	0,035	0,083	0,1	0,33
Внтр. Стіна	8	11	0,47	0,0008	0,035	0,067	0,075	0,42
Перегородка	11	11	0,58	0,0008	0,035	0,054	0,075	0,43

## **6. Розрахунок теплонадходжень до охолоджених приміщень**

Відповідно до рекомендацій були проведені теплові розрахунки холодильних камер, на основі яких визначено необхідну потужність холодильної установки та підібрано камерне обладнання.

Загалом кількість тепла, яку необхідно відвести для підтримки заданої температури в охолоджуваному приміщенні, відводиться повітроохолоджувачами. При визначенні цього навантаження враховуються наступні кількості тепла:

- Через огорожувальні конструкції приміщення  $Q_1$ ;
- Від продуктів  $Q_2$ ;
- Від різноманітних джерел при експлуатації камер  $Q_4$  з врахуванням технології зберігання.

Навантаження камерного обладнання я визначаю як суму всіх теплових надходжень в камеру:

$$\sum Q = Q_1 + Q_2 + Q_4, \text{ Вт.}$$

### **Теплопередача через огорожувальні конструкції:**

$$Q_1 = k_d \cdot F \cdot \theta, \text{ Вт.}$$

- де  $k_d$  – дефективний коефіцієнт теплопередачі огорожі з розрахунку товщини теплоізоляційного шару,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;  $F$  – розрахункова площа огорожі,  $\text{м}^2$ ;  $\theta$  - розрахункова різниця температур:

$$\theta = \Delta t_T + \Delta t_c, \text{ } ^\circ\text{C};$$

- де  $\Delta t_T$  - розрахована різниця температури повітря всередині і зовні  $^{\circ}\text{C}$ ;  $\Delta t_c$  - надмірна різниця температур, викликана сонячним випромінюванням,  $^{\circ}\text{C}$ .

Передбачається, що температура ґрунту під камерами  $+10\text{ C}$ , оскільки там є обігрівач.

Температура зовнішнього середовища прийнята для літнього періоду  $+31^{\circ}\text{C}$ .

Площа огорожі розраховується по осі огорожі, тому розрахункова довжина збільшується на товщину огорожі, а розрахункова висота буде  $7,15\text{ м}$ .

Габаритні розміри морозильного апарату  $3500 \times 2800 \times 3600\text{ мм}$ , які розташовані у приміщенні 8.

Оскільки розміри камер № 1, 2, 3, 4 однакові, розраховуємо тільки камери №1.

Різниця температур для внутрішніх оболонок розраховується як  $70\%$  різниці температур для зовнішніх оболонок.

Розрахунок теплонадходжень  $Q_1$  таблиця 4.

#### **Тепло надходження від продукції:**

$$Q_2 = Q_{2\text{ван}} + Q_{2\text{тар}}, \text{ Вт};$$

- де  $Q_{2\text{ван}}$  - тепло від охолоджених продуктів, Вт;  $Q_{2\text{тар}}$  - тепла від охолодження контейнера, Вт.

Надходження тепла від охолоджених продуктів

$$Q_{2\text{ван}} = M_{\text{пр}} \cdot \Delta i \cdot \frac{1}{24 \cdot 3600}, \text{ кВт};$$

- де  $M_{\text{пр}}$  добове надходження продуктів, прийняте 100 т/добу для камер зберігання заморожених продуктів, тобто  $100/4=25$  т/добу на кожну камеру, для камер зберігання охолоджених продуктів відповідно 100 т/добу;  $\Delta i$  - різниця питомих ентальпій при початковій і кінцевій температурах, кДж/кг.

Теплонадходження після холодильної обробки в тарі:

$$Q_{2\text{тар}} = M_{\text{т}} \cdot c_{\text{т}} \cdot (t_1 - t_2) \cdot \frac{1}{24 \cdot 3600}, \text{ кВт};$$

- де  $M_{\text{т}}$  – надходження тари за добу, т/доб :

$$M_{\text{т}}=0.15 \cdot M_{\text{пр}}, \text{ т.}$$

$c_{\text{т}}$  – питома теплоємність в картонній, дерев'яній або металевій тарі, кДж/(кг·К) :

$$c_{\text{т дер}}=2,3 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К}).$$

$$c_{\text{т мет}}=0,46 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К}).$$

Розрахунок теплотрат від охолоджених продуктів і тари Табл.5 .

### **Теплонадходження експлуатаційні:**

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

- де  $q_1$  - теплонадходження від людини, що перебуває у камері, Вт;  $q_2$  - теплонадходження при відкритті дверей, Вт;  $q_3$  - теплонадходження від освітлення, Вт;  $q_4$  - теплонадходження від електродвигунів, Вт.

$$q_1 = 350 \cdot n, \text{ Вт};$$

де  $n$  – кількість працюючих людей,  $n=3$ .

$$q_2 = V \cdot F, \text{ Вт};$$

де  $B$  – питома теплоємність при відкриванні дверей,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ ;  $F$  - площа камер,  $\text{м}^2$ .

$$q_3 = A \cdot F, \text{ Вт};$$

де  $A$  – питома теплонадходження від освітлення,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ . Для камер зберігання  $A=2,3 \text{ Вт}/\text{м}^2$ , для камери завантаження та камери заморожування  $A=4,7 \text{ Вт}/\text{м}^2$ .

$$q_4 = N_{\text{ел}}, \text{ Вт};$$

де  $N_{\text{ел}}$  – потужність працюючих електродвигунів та повітроохолоджувачів та електровантажувачів,  $\text{Вт}$ .

Експлуатаційні теплоприпливі таблиця 4-6.

Розрахунок теплонадходжень  $Q_1$ .

Назва огорожі	Напрямок	$k_d$ , $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	$F, \text{ м}^2$	$\Delta t_r, ^\circ\text{C}$	$\Delta t_c, ^\circ\text{C}$	$\theta, ^\circ\text{C}$	$Q_1, \text{ Вт}$
Камера №1,2,3,4 (-18)							
Стіна зов.	пн	0,23	46,5	49	0	49	524
Перегородка	сх	0,42	132,3	0	0	0	0
Стіна вн.	пд	0,26	46,5	34,3	0	34,3	415
Стіна вн.	зх	0,26	132,3	34,3	0	34,3	1180
Покриття		0,19	120,3	49	14,9	63,9	1461
Підлога		0,19	120,3	21	0	21	480
						Разом:	4059
Камера №5 (0)							
Стіна вн.	пн	0,42	89,4	21,7	0	21,7	815
Перегородка	сх	0,42	89,4	12	0	12	451
Стіна зов.	пд	0,33	89,4	31	4,9	35,9	1059
Перегородка	зх	0,42	89,4	0	0	0	0
Покриття		0,33	156,3	31	14,9	45,9	2367
Підлога		0,32	156,3	1	0	1	50
						Разом:	4742
Камера №7 (0)							
Стіна вн.	пн	0,42	46,5	21,7	0	21,7	424
Перегородка	сх	0,42	89,4	0	0	0	0
Стіна зов.	пд	0,33	46,5	31	4,9	35,9	551
Перегородка	зх	0,42	89,4	0	0	0	0
Покриття		0,33	120,3	31	14,9	45,9	1822
Підлога		0,32	120,3	1	0	1	38
						Разом:	2835

Таблиця 4. Продовження.

Назва огорожі	Напрямок	$k_d$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	F, м <sup>2</sup>	$\Delta t_r$ , °С	$\Delta t_c$ , °С	$\theta$ , °С	Q <sub>1</sub> , Вт
Приміщення морозильних апаратів (0)							
Стіна вн.	пн	0,42	46,5	21,7	0	21,7	424
Перегородка	сх	0,42	89,4	0	0	0	0
Стіна зовн.	пд	0,33	46,5	31	4,9	35,9	551
Стіна вн.	зх	0,42	89,4	21,7	0	21,7	815
Покриття		0,33	120,3	31	14,9	45,9	1822
Підлога		0,32	120,3	1	0	1	38
						Разом:	3650

Таблиця 5. Розрахунок тепловіддачі від охолоджених продуктів і тари.

Назва камери	M <sub>пр</sub> , т	i <sub>поч</sub> , кДж/кг	i <sub>поз</sub> , кДж/кг	$\Delta i$ , кДж/кг	Q <sub>2пр</sub> , Вт	$\Delta t$ , °С	c, кДж/ (К·кг)	M <sub>т</sub> , т	Q <sub>2т</sub> , Вт	Q <sub>2</sub> , Вт
Камера №1	20	14,3	5	9,3	2152,8	3	2,3	3	239,6	2392
Камера №2	20	14,3	5	9,3	2152,8	3	2,3	3	239,6	2392
Камера №3	20	14,3	5	9,3	2152,8	3	2,3	3	239,6	2392
Камера №4	20	14,3	5	9,3	2152,8	3	2,3	3	239,6	2392
Камера №5	80	280	265,8	14,2	13148,1	2	2,3	12	638,9	13787
Морозильний апарат					16600					16600

Таблиця 6. Розрахунок експлуатаційного теплоприпливіву.

Назва камери	n	q <sub>1</sub> , Вт	B, Вт/м <sup>2</sup>	F, м <sup>2</sup>	q <sub>2</sub> , Вт	A, Вт/м <sup>2</sup>	q <sub>3</sub> , Вт	N <sub>ел</sub> , Вт	q <sub>4</sub> , Вт	Q <sub>4</sub> , Вт
Камера №1	3	1050	8	108	864	2,3	248,4	2500	2500	4662,4
Камера №2	3	1050	8	108	864	2,3	248,4	2500	2500	4662,4
Камера №3	3	1050	8	108	864	2,3	248,4	2500	2500	4662,4
Камера №4	3	1050	8	108	864	2,3	248,4	2500	2500	4662,4
Камера №5	2	700	12	144	1728	2,3	331,2	2500	2500	5259,2
Камера №6	6	2100	20	72	1440	4,7	338,4	1500	1500	5378,4
Приміщення морозильного апарату	6	2100	20	72	1440	4,7	338,4	1000	1000	4878,4

## **7. Підбір структур систем охолодження та типу холодильної установки**

Я припускаю, що структура холодильної системи холодильника розділена всіма температурами кипіння та об'єднана загальним вузлом конденсатора. Таке рішення дозволяє оптимально використовувати кожен систему при заданій температурі кипіння.

Система охолодження береться безпосередньо. Таке рішення забезпечує можливість економії електроенергії за рахунок більш високої температури кипіння в порівнянні з проміжною системою охолодження.

Я використовую одноступеневу холодильну систему для камер зберігання охолоджених і заморожених продуктів.

Оскільки для системи охолодження морозильної камери падіння тиску більше 8, а кінцева температура стиснення вища за 160 °С, я приймаю двоступеневе встановлення.

Холодоагент подається за допомогою насосного процесу. Це покращує теплообмін у камерному обладнанні, що покращує якість зберігання продукту та зменшує висихання. Для живлення аміачних насосів рідким аміаком і створення стовпа рідини використовую вертикальний циркуляційний ресивер. Цей тип колектора займає менше місця в машинному відділенні і краще виконує функцію відділення рідини від пари, холодоагенту, що повертається з камерного обладнання.

Я також приймаю резервуар для зневоднення для зберігання рідкого аміаку під час розморожування та холодоагент у разі ремонту або тестування обладнання.

## 8. Визначення навантаження на обладнання камер та компресор

При розрахунку навантаження враховано, що завантаження камерного обладнання становить 100% для всіх видів теплопостачання, а навантаження компресора Q1-80%, Q2-100%, Q4-50% згідно [2]. Розрахунок навантаження на обладнання камерного та компресорного столу.

Навантаження на камерне обладнання та компресор занесено в таблицю 7.

Таблиця 7. Розрахунок навантаження на камерне обладнання та компресор

Назва камери	t, С	Q <sub>1</sub> , Вт		Q <sub>2</sub> , Вт	Q <sub>4</sub> , Вт		ΣQ,
		(КО)	(КМ)		(КО)	(КМ)	
Камера №1	-18	4013	3210	2392	4662,4	2331,2	11067
Камера №2	-18	4013	3210	2392	4662,4	2331,2	11067
Камера №3	-18	4013	3210	2392	4662,4	2331,2	11067
Камера №4	-18	4013	3210	2392	4662,4	2331,2	11067
Камера №5	-18	4823	3858	13787	5259,2	2629,6	23869
Камера №7	0	1822	1458	0	5378,4	2689,2	7200
Приміщення морозильного апарату №8	0	3650	2920	0	4878,4	2439,2	8528
Морозильний апарат		0	0	33200	0	0	33200

Навантаження на компресор при роботі 22 годин над obu (максимальне навантаження):

$$Q_0 = \Sigma Q \cdot k / 0,9, \text{ Вт};$$

де  $k$  – коефіцієнт, що враховує втрати в трубопроводах на температуру кипіння  $-40^{\circ}\text{C}$   $k=1,1$ , для температури в камері  $-18^{\circ}\text{C}$   $k=1,08$ , для температури в камері  $0^{\circ}\text{C}$   $k=1,04$ .

$$Q_{0(0)}=(24422)\cdot 1,04/0,9=28221 \text{ Вт.}$$

$$Q_{0(-18)}=(31736)\cdot 1,08/0,9=38083,2 \text{ Вт.}$$

$$Q_{0 \text{ мор ап.}}=(33200)\cdot 1,1/0,9=40578 \text{ Вт.}$$

(в коефіцієнті вказано температуру повітря в камерах)

## 9. Вибір розрахункового робочого режиму, побудова циклу та розрахунок холодильної машини. Вибір компресору

**Температура кипіння:**

$$t_0 = t_{\text{пов}} - (7 \div 10) \text{ } ^\circ\text{C}.$$

де  $t_{\text{пов}}$  – температура повітря,  $^\circ\text{C}$ .

$$t_0 = 0 - 7 = -7 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$t_0 = -18 - 7 = -25 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$t_0 = -40 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

**Температура конденсації для безпосередньої системи.**

Температуру конденсації приймаю згідно графіку [1с.72 р.11.1] та попередньо прийнятому тепловому навантаженні  $q = 2.5 \text{ кВт/м}^2$ :

$$t_{\text{літня}} = 31 \text{ } ^\circ\text{C}, \varphi = 55\%,$$

$$t_{\text{мт}} = 22,5 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad t_{\text{к}} = 36 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

де  $t_{\text{мт}}$  – температура мокрого термометра за прийнятих параметрах навколишнього повітря,  $^\circ\text{C}$ .

**Температура всмоктування.**

$$t_{\text{вс}} = t_0 + (5 \div 10) \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$t_{\text{вс}} = -7 + 5 = -2 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$t_{\text{вс}} = -25 + 5 = -20 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$t_{\text{вс}} = -40 + 5 = -35 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Температура всмоктування компресорів другого ступеня відповідає температурі насичення проміжної ємності.

### Температура переохолодження.

Переохолодження у конденсаторі становить  $5^{\circ}\text{C}$ .

Температуру переохолодження рідини у змійовику в проміжній посудині вища на  $5^{\circ}\text{C}$  температури в посудині.

### Цикл холодильної машини на температуру кипіння $-7^{\circ}\text{C}$ .

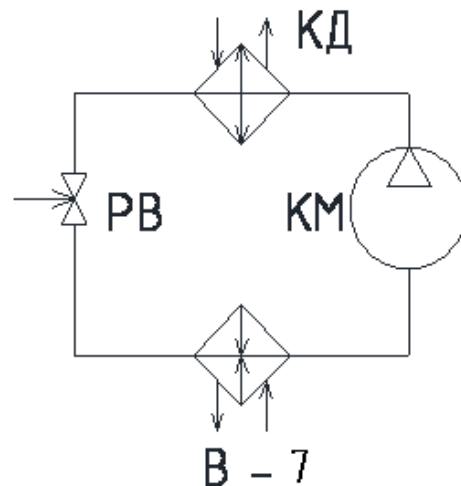


Рис. 3. Схема холодильної машини на температуру кипіння  $-7^{\circ}\text{C}$ .

Таблиця 8. Параметри точок.

Параметри	1'	1	2	3	4
Р, МПа	0.32	0.32	1.4	1.4	0.32
t, $^{\circ}\text{C}$	-7	-2	104	31	-7
h, кДж/кг	1453	1466	1681	342	342
v, м <sup>3</sup> /кг	0.37	0.38	0.12	0.0018	0.05

## Розрахунок холодильної машини на температуру кипіння $-7^{\circ}\text{C}$ .

Масова витрата холодильного агента на компресор:

$$M = Q_{o(-7)}/(h_1 - h_4), \text{ кг/с}; M = 28221/1111 \cdot 10^3 = 0,025 \text{ кг/с};$$

Тепловий розрахунок холодильних машин таблиця 9.

Таблиця 9. Тепловий розрахунок холодильних машин.

Параметр, розрахункова формула та од. вимірювання	$t_0 = -7^{\circ}\text{C}$
Питома холодопродуктивність: $q_0 = h_1 - h_4$ , кДж/кг	1111
Масова витрата: $M = Q_0/q_0$ , кг/с	0.025
Об'ємна витрата: $V = M \cdot v_{вс}$ , м <sup>3</sup> /с	0.01
Коефіцієнт подачі [5]: $\lambda = \lambda_{\omega} \cdot \lambda_i$	0.69
Коефіцієнт невидимих втрат $\lambda_{\omega} = T_o/T_k$	0.85
Коефіцієнт втрат мертвого простору та депресії клапанів: $\lambda_i = \frac{p_o - \Delta p_o}{p_o} - c \left[ \left( \frac{p_k + \Delta p_o}{p_o} \right)^{\frac{1}{\gamma}} - \frac{p_o - \Delta p_o}{p_o} \right]$	0.81
Коефіцієнт мертвого простору: $c$	0.04
Депресія при всмоктуванні: $\Delta p_o = 0,1 p_{н.т}$ , МПа	0.04
Депресія при нагнітанні: $\Delta p_k = 0,1 p_{в.т}$ , МПа	0.153
Дійсна об'ємна витрата: $V_d = V/\lambda$ , м <sup>3</sup> /с	0.013
Дійсна масова витрата: $M_d = V_{д.пр} \cdot \lambda/v_{вс}$ , кг/с	0.064
Дійсна холодопродуктивність: $Q_0 = M_d \cdot q_0$ , кВт	71,9
Теоретична потужність стискання: $N_T = M_d \cdot (h_{наг} - h_{всм})$ , кВт	13
Індикаторна потужність стискання: $N_i = N_T/\eta_i$ , кВт	16,5
Індикаторний ккд компресора, [5]: $\eta_i = \lambda_{\omega} + v \cdot t_o$ , $v = 0,001$ (для аміака)	0.86
Ефективна потужність на валу компресора $N_e = N_i/\eta_{мех}$ , кВт (механічний ккд компресора $\eta_{мех} = 0,9$ )	18,3
Потрібна потужність електродвигунів: $N_{ел} = N_e/\eta_{ел}$ , кВт (ккд електродвигуна $\eta_{ел} = 0,9$ )	20,3

Прийнято холодильний агрегат фірми GEA Grasso RCA 46 W на базі поршневого компресору RCA 46 W, що має  $V_{д.пр} = 130 \text{ м}^3/\text{год} = 0,036 \text{ м}^3/\text{с}$ , з електродвигуном 25 кВт.

### Цикл холодильної машини на температуру кипіння $-25^{\circ}\text{C}$ .

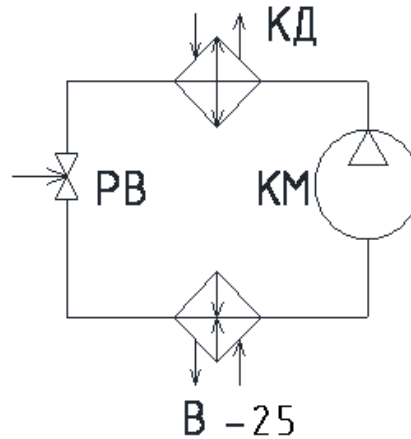


Рис. 4. Схема холодильної машини на температуру кипіння  $-25^{\circ}\text{C}$ .  
 Параметри характерних точок зводжу до таблиці 10.

Таблиця 10. Параметри характерних точок.

Параметри	1'	1	2	3	4
Р, МПа	0,153	0,153	1,38	1,38	0,151
t, °C	-25	-20	141	32	-24
h, кДж/кг	1420	1450	1885	343	343
v, м <sup>3</sup> /кг	0,78	0,8	0,147	0,0016	0,149

### Розрахунок холодильної машини на температуру кипіння $-25^{\circ}\text{C}$ .

Масова витрата холодильного агента на компресор:

$$M = Q_{o(-25)} / (h_1 - h_4), \text{ кг/с}; M = 38083 / 1098 \cdot 10^3 = 0,034 \text{ кг/с};$$

Дані холодильних машин заносу до таблиці 11.

Таблиця 11. Тепловий розрахунок холодильних машин.

Параметр, розрахункова формула та од. вимірювання	$t_0 = -25^\circ\text{C}$
Питома холодопродуктивність: $q_0 = h_1' - h_4$ , кДж/кг	1099
Масова витрата: $M = Q_0/q_0$ , кг/с	0.034
Об'ємна витрата: $V = M \cdot v_{вс}$ , м <sup>3</sup> /с	0.029
Коефіцієнт подачі для гвинтового компресору [5]: $\lambda$	0.82
Дійсна об'ємна витрата: $V_d = V/\lambda$ , м <sup>3</sup> /с	0.037
Дійсна масова витрата: $M_d = V_{д.пр} \cdot \lambda / v_{вс}$ , кг/с	0.067
Дійсна холодопродуктивність: $Q_0 = M_d \cdot q_0$ , кВт	73,8
Теоретична потужність стискання: $N_T = M_d \cdot (h_{наг} - h_{всм})$ , кВт	22,77
Індикаторна потужність стискання: $N_i = N_T / \eta_i$ , кВт	25,3
Індикаторний ккд компресора, [5]: $\eta_i = \lambda_{\omega} + v \cdot t_0$ , $v = 0,001$ (для аміака)	0.89
Ефективна потужність на валу компресора $N_e = N_i / \eta_{мех}$ , кВт (механічний ккд компресора $\eta_{мех} = 0,9$ )	28,1
Потрібна потужність електродвигунів: $N_{ел} = N_e / \eta_{ел}$ , кВт (ккд електродвигуна $\eta_{ел} = 0,9$ )	31,2

Прийнято холодильний агрегат фірми GEA Grasso G 200 S NH 3 гвинтовий компресор GR-S3249-S-28, який має такі параметри  $V_{д.пр} = 232 \text{ м}^3/\text{год} = 0,065 \text{ м}^3/\text{с}$ , з електродвигуном 38 кВт.

### Розрахунок витрати води на охолодження мастила

Оскільки масло гвинтового компресора охолоджується водопроводом, необхідно розрахувати витрату води змастити в

гвинтовий компресор відбирає тепло, що відповідає різниці між точками 2р і 2'.

Потім об'ємна витрата води на охолодження мастила:

$$M_m = \frac{M(h_{2'} - h_{2p})}{c \cdot \rho \cdot \Delta t}, \text{ м}^3/\text{с};$$

де  $h_{2'}$  - ентальпія реальної точки кінця стиснення, кДж/кг;  $h_{2p}=1620$  кДж/кг;  $c$  – теплоємність води,  $c=4200$  Дж/(кг·К);  $\rho$  – густина води  $1000$  кг/м<sup>3</sup>;  $\Delta t$  – нагрів води у мастило охолоднику,  $\Delta t=5^\circ\text{C}$ .

$$h_{2'} = h_1 + \frac{h_2 - h_1}{\eta_i} = 1440 + \frac{1785 - 1440}{0.9} = 1823 \text{ кДж/кг.}$$

$$M_m = \frac{0.066(1823 - 1620) \cdot 10^3}{1000 \cdot 4200 \cdot 5} = 0.0002 \text{ м}^3/\text{с.}$$

**Побудова циклу холодильної машини на температуру кипіння  $-40^\circ\text{C}$ .**

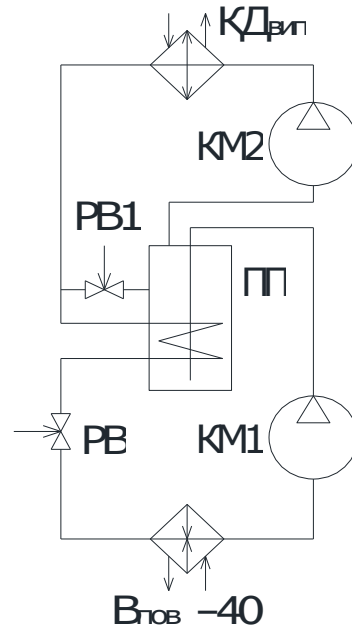


Рис. 5. Схема холодильної машини на температуру кипіння  $-40^\circ\text{C}$ .

Параметри характерних точок зводжу до таблиці 12.

Таблиця 12. Параметри характерних точок.

Параметри	1'	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P, МПа	0,072	0,072	0,32	0,32	1,39	1,39	0,32	1,39	0,072	0,32
t, °С	-40	-35	63	-7,5	99	31	-7,5	-2,5	-40	-7,5
h, кДж/кг	1406	1419	1620	1450	1668	342	342	189	189	165
v, м <sup>3</sup> /кг	1,56	1,6	0,5	0,38	0,12	0,0017	0,055	0,0017	0,19	0,0018

### Розрахунок холодильної машини на температуру кипіння -40<sup>0</sup>С.

Масове споживання холодоагенту для компресора високого ступеня на основі балансу проміжного резервуара:

$$M_2 \cdot h_3 + M_1 \cdot h_7 = M_1 \cdot h_2 + M_2 \cdot h_5,$$

де  $M_1$  – масова витрата холодоагенту компресора першого ступеня, кг/с;

$M_2$  – масова витрата холодоагенту компресора другого ступеня, кг/с.

$$M_1 = Q_{o(-40)} / (h_1 - h_8), \text{ кг/с}; M_1 = 40578 / 1217 \cdot 10^3 = 0,033 \text{ кг/с};$$

Виходячи з призначення рідини у проміжній посудини:

$$M_2 = M_1 \cdot (h_2 - h_7) / (h_3 - h_5), \text{ кг/с}.$$

Таблиця 13. Тепловий розрахунок холодильних машин.

Параметр, розрахункова формула та од. вимірювання	$t_0 = -40^0\text{C}$	Проміжна посудина
Питома холодопродуктивність: $q_o = h_1' - h_{12}$ , кДж/кг	1217	-
Масова витрата: $M = Q_o / q_o$ , кг/с	0.034	0.043
Об'ємна витрата: $V = M \cdot v_{вс}$ , м <sup>3</sup> /с	0,053	0.016
Коефіцієнт подачі [5]: $\lambda = \lambda_{\omega} \cdot \lambda_i$	0.71	0.73

Коефіцієнт невидимих втрат $\lambda_{\omega} = T_o / T_k$	0.88	0.898
Коефіцієнт втрат мертвого простору та депресії клапанів: $\lambda_i = \frac{p_o - \Delta p_o}{p_o} - c \left[ \left( \frac{p_k + \Delta p_o}{p_o} \right)^{\frac{1}{\eta_p}} - \frac{p_o - \Delta p_o}{p_o} \right]$	0.81	0.81
Коефіцієнт мертвого простору: c	0.031	0.031
Депресія при всмоктуванні: $\Delta p_o = 0,1 p_{н.т.}, \text{МПа}$	0.007	0.032
Депресія при нагнітанні: $\Delta p_k = 0,11 p_{в.т.}, \text{МПа}$	0.035	0.153
Дійсна об'ємна витрата: $V_d = V / \lambda, \text{м}^3/\text{с}$	0.075	0.022
Дійсна масова витрата: $M_d = V_{д.пр} \cdot \lambda / v_{вс}, \text{кг/с}$	0,053	0,12
Дійсна холодопродуктивність: $Q_o = M_d \cdot q_o, \text{кВт}$	64,8	-
Теоретична потужність стискування: $N_T = M_d \cdot (h_{наг} - h_{всм}), \text{кВт}$	10,7	26,2
Індикаторна потужність стискування: $N_i = N_T / \eta_i, \text{кВт}$	12,9	30,8
Індикаторний ккд компресора, [5]: $\eta_i = \lambda_{\omega} + v \cdot t_o, v = 0,001$ (для аміаку)	0.84	0.86
Ефективна потужність на валу компресора $N_e = N_i / \eta_{мех},$ кВт (механічний ккд компресора $\eta_{мех} = 0,9$ )	14,3	34,2
Потрібна потужність електродвигунів: $N_{ел} = N_e / \eta_{ел}, \text{кВт}$ (ккд електродвигуна $\eta_{ел} = 0,9$ )	15,9	38

Прийнято три компресорних агрегати GEA Grasso на базі компресорів RCA 2110 W, що має  $V_I = 0,04 \cdot 3 = 0,12 \text{ м}^3/\text{с}$  (перша ступінь) та  $V_{II} = 0,02 \cdot 3 = 0,06 \text{ м}^3/\text{с}$ , з електродвигуном 55 кВт. (2 ступ.).

## 10. Підбір тепломасообмінних апаратів

### Розрахунок конденсатора

Теплове навантаження на випарний конденсатор:

$$Q_k = \Sigma Q_o + \Sigma N_i + N_m, \text{ кВт.}$$

$$Q_k = 64,8 + 12,9 + 30,8 + 25,3 + 73,8 + 72,8 + 16,5 + 4,2 = 300,9 \text{ кВт.}$$

Де  $N_m$  – теплота, що відводиться від мастила для гвинтових компресорів:

$$N_m = (0,0002) \cdot 1000 \cdot 4200 \cdot 5 = 4200 \text{ Вт} = 4,2 \text{ кВт.}$$

При тепловому навантаженні на випарний аміачний конденсатор  $q = 2.5$  кВт/м<sup>2</sup> необхідна площа теплообміну:

$$F = Q_k / (k \cdot \Delta t) = 300,9 \cdot 10^3 / 2500 = 120,4 \text{ м}^2.$$

Прийнято конденсатор ВК-100 з площею теплообміну  $F = 162 \text{ м}^2$ , що підходить по параметрах. З Довжиною 2945 мм, шириною 3685 мм, висотою 2545 мм, кількість вентиляторів 4, потужність вентиляторів 5,6 кВт, кількість води для поповнення 0,0134 м<sup>3</sup>/с, маса 4000 кг.

# 11. Розрахунок та вибір теплообмінного обладнання холодильних камер

Необхідна площа охолодження повітроохолоджувача визначається за формулою:

$$F=Q_0/(k \cdot \Theta), \text{ м}^2;$$

де  $F$  – охолодувальна поверхня повітроохолодників,  $\text{м}^2$ ;  $Q_0$  – розрахункове теплове навантаження на повітроохолодник,  $\text{Вт/с}$ ;  $k$  – коефіцієнт теплопередачі від холодоагенту або теплоносія до повітря,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;  $\Theta$  – різниця температур між повітрям у камері та холодоагентом або теплоносієм у повітроохолоджувачі,  $^{\circ}\text{C}$ .

Приймається розрахована різниця температур між повітрям у камері та холодоагентом  $\Theta=7^{\circ}\text{C}$ .

У практичних розрахунках для більшості повітроохолоджувачів з ребристих труб, що працюють в умовах охолодження при температурах холодоагенту  $-25^{\circ}\text{C}$  і  $-7^{\circ}\text{C}$ , значення коефіцієнта, що відноситься до зовнішньої поверхні теплообмінних ребер, при швидкості повітря в секції під напругою акумулятора охолодження 3 - 5  $\text{м/с}$  з урахуванням теплового опору шару снігового покриву, прийнятого рівним 9,5 і 14 відповідно.  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .

Необхідна кількість повітроохолоджувачів береться з умов виготовлення рівномірні поля температури і швидкості повітря в холодильній камері.

Розрахунки та вибір повітроохолоджувачів Таблиця 14.

Таблиця 14. Розрахунок та вибір повітроохолодників.

Назва камери	$Q_0$ , Вт	$k$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	$\Theta$ , °С	F, м <sup>2</sup>	Прийнято повітроохол. та батареї	Кількість	Площа теплообміну
Камера №1	11067	9,5	7	166,4	НВО-2-200	1	202
Камера №2	11067	9,5	7	166,4	НВО-2-200	1	202
Камера №3	11067	9,5	7	166,4	НВО-2-200	1	202
Камера №4	11067	9,5	7	166,4	НВО-2-200	1	202
Камера №5	23869	14	7	243,6	НВО-2-130	2	250
Камера №6 приміщення завантаження	7200	14	7	73,5	НВО-2-130	1	125
Приміщення морозильного апарату	8528	14	7	87,0	НВО-2-130	1	125

Марка	Площа теплообміну, м <sup>2</sup>	Витрата повітря, м <sup>3</sup> /год	Внутрішній об'єм, м <sup>3</sup>	Потужність двигунів, кВт	Розміри, мм
НВО-2-200	201	18000	0,086	2x1,35	1460x720x752
НВО-2-125	125	20000	0,068	2x1,35	1315x570x608

Об'єм випарної системи морозильного апарату складає 0,46 м<sup>3</sup>.

## 12. Розрахунок та вибір допоміжного обладнання

### Проміжна посудина

Перевірочний розрахунок зміювика проміжної посудини:

$$F_{зм} = M \cdot \Delta h / (k \cdot \Delta t), \text{ Вт};$$

- де  $k$  – коефіцієнт теплопередачі в зміювику,  $k=700 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;  $\Delta t$  – середня логарифмічна різниця температур охолоджуючого аміаку;  $M$  – витрата маси охолодження аміаку,  $\text{кг}/\text{с}$ ;  $\Delta h$  – різниця ентальпій охолодження аміаку,  $\text{кДж}/\text{кг}$ .

Для  $t_o = -40^\circ\text{C}$  :  $M_2 = 0,12 \text{ кг}/\text{с}$ ,  $\Delta h = h_5 - h_7 = 153 \text{ кДж}/\text{кг}$ ,

$$\Delta t = \frac{t_1 - t_2}{2,3 \cdot \lg \frac{t_n - t_1}{t_n - t_2}} = \frac{31 - (-2,5)}{2,3 \cdot \lg \frac{-7,5 - 31}{-7,5 - (-2,5)}} = 16,4^\circ\text{C}.$$

$$F_{зм} = 0,12 \cdot 153 \cdot 10^3 / (700 \cdot 16,4) = 1,59 \text{ м}^2.$$

Обираю проміжну посудину 60ПСз, що задовольняє розрахунку.

Технічні характеристики проміжної посудини:

40ПС<sub>з</sub> - розміри DхS (406х10), Н (2390), В (1010), діаметр умовного проходу патрубків  $d=65 \text{ мм}$ ,  $d_1=20 \text{ мм}$ ,  $d_2=20 \text{ мм}$ ,  $d_3=65 \text{ мм}$ , вага 330кг, площа теплообмінника  $1,75 \text{ м}^2$ .

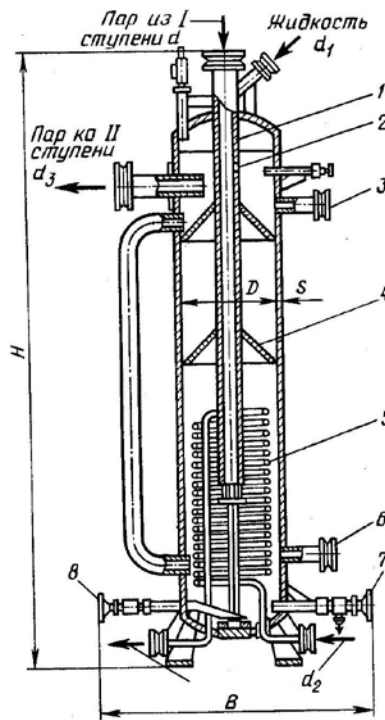


Рис. 6. Проміжна посудина 40ПСз.

### Лінійний ресивер

Дійсна вмістимість лінійного ресивера при умові заповнення на 80%:

$$V_{\text{лр}} = 0,4 \cdot V_{\text{по}}, \text{ м}^3;$$

$V_{\text{по}}$  - об'єм повітроохолоджувачів на всі температури кипіння:

$$V_{\text{по}} = 0,45 \cdot 2 + 0,068 \cdot 4 + 0,085 \cdot 4 = 1,51 \text{ м}^3.$$

$$V_{\text{лр}} = 0,4 \cdot 1,51 = 0,61 \text{ м}^3.$$

Прийнято ресивер 0,75РД, що має  $V_{\text{лр}} = 0,75 \text{ м}^3$ .

Характеристика ресивера 0,75РД:

розміри  $D \times S (620 \times 10)$ ,  $L (3610)$ , умовний діаметр проходу патрубков  $d_1 = 50$  мм,  $d_2 = 24$  мм,  $D_y = 1/2''$ , ємність  $1,66 \text{ м}^3$ , вага  $680$  кг.

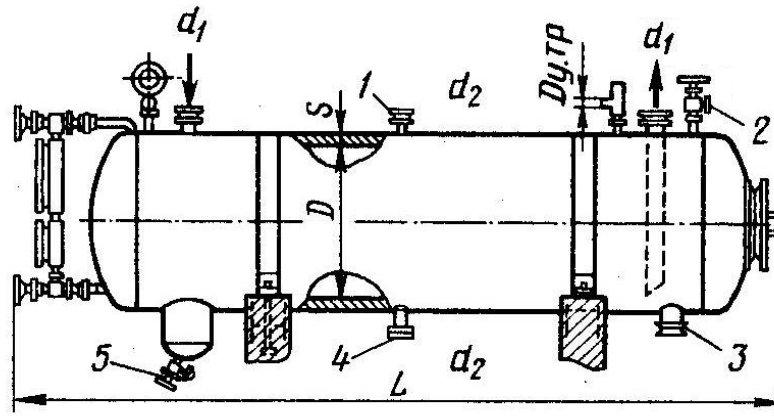


Рис. 7. Ресивер типу РД.

### Дренажний ресивер

Умови вибору дренажного ресиверу:

$$V_{др} \geq 0,8 \cdot V_{(по)}, \text{ м}^3;$$

де  $V_{(по)}$  – місткість повітроохолоджувачів найбільшої камери,  $\text{м}^3$ .

Для  $t_o = -40^\circ\text{C}$  дренажний ресивер:

$$V_{др} \geq 0,8 \cdot (0,9) = 0,72 \text{ м}^3.$$

Прийнято дренажний ресивер 1,5РД, що має  $V_{др} = 1,65 \text{ м}^3$ .

Ємність ресивера на випадок ремонту слід передбачити з аміаком, завдяки чому приймальний ресивер має підвищену місткість..

### Циркуляційний ресивер

Умови вибору циркуляційного ресиверу :

$$V_{шт} = K \cdot (V_{нт} + 0,5 \cdot V_{по} + V_{вт}), \text{ м}^3;$$

де  $K$  – коефіцієнт типу ресивера, для вертикального типу  $K=2$ ;  $V_{нт}$  - об'єм нагнітального трубопроводу насоса,  $V_{нт}=0,04 \text{ м}^3$ ;  $V_{вт}$  - об'єм всмоктувального трубопроводу насоса,  $V_{вт}=0,14 \text{ м}^3$ ;  $V_{по}$  - об'єм повітроохолоджувачів,  $\text{м}^3$ .

Для  $t_0 = -40^\circ\text{C}$ :  $V_{\text{цр}} = K \cdot (V_{\text{нт}} + 0,5 \cdot V_{\text{по}} + V_{\text{вт}}) = 2 \cdot (0,04 + 0,5 \cdot (0,9) + 0,14) = 1,3 \text{ м}^3$ , прийнято дві посудини 1,5РДВ<sup>а</sup>, що має  $V_{\text{цр}} = 1,4 \text{ м}^3$ .

Для  $t_0 = -25^\circ\text{C}$ :  $V_{\text{цр}} = K \cdot (V_{\text{нт}} + 0,5 \cdot V_{\text{по}} + V_{\text{вт}}) = 2 \cdot (0,05 + 0,4 \cdot (4 \cdot 0,085) + 0,14) = 0,65 \text{ м}^3$ , прийнято дві посудини 1,5РДВ<sup>а</sup>, що має  $V_{\text{цр}} = 1,45 \text{ м}^3$ .

Для  $t_0 = -7^\circ\text{C}$ :  $V_{\text{цр}} = K \cdot (V_{\text{нт}} + 0,5 \cdot V_{\text{по}} + V_{\text{вт}}) = 2 \cdot (0,04 + 0,5 \cdot (0,068 \cdot 4) + 0,14) = 0,66 \text{ м}^3$ , прийнято дві посудини 1,5РДВ<sup>а</sup>, що має  $V_{\text{цр}} = 1,45 \text{ м}^3$ .

Технічні характеристики ресивера 1,5РДВ<sup>а</sup>:

розміри DxS (800x8), Н (3380), умовний діаметр проходу патрубків  $d_1 = 150 \text{ мм}$ ,  $d_2 = 80 \text{ мм}$ ,  $d_3 = 40 \text{ мм}$ ,  $d_4 = 15 \text{ мм}$ , ємність  $1,4 \text{ м}^3$ , вага 710 кг.

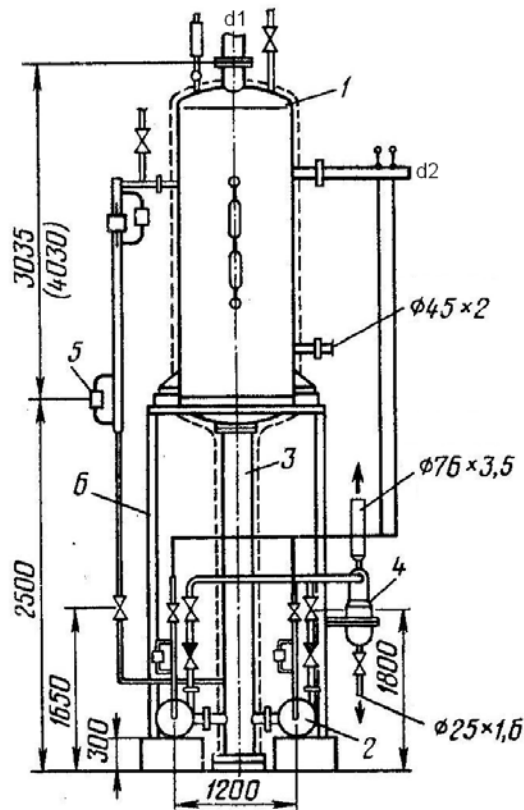


Рис. 8. Ресивер типу РДВ<sup>а</sup>.

### Маслозбірники

Для збору мастила приймаю посудину 60МЗС, яка має вмістимість  $0,06 \text{ м}^3$ .

### 13. Визначення гідравлічного опору

Визначення гідравлічного опору морозильного апарату.

Гідравлічний опір, який долає насос, складається з втрат на тертя, місцевих втрат і втрат тиску в гідрокolonці. Для визначення цих втрат необхідно визначити швидкість руху аміаку, його щільність і в'язкість, діаметр труб..

Визначаю розрахункову потужність насосів для забезпечення роботи морозильної камери.

$$V=M \cdot v, \text{ м}^3/\text{с};$$

де  $M$  – масова витрата аміаку,  $\text{кг}/\text{с}$ ;  $v$  - питомий об'єм аміаку,  $\text{м}^3/\text{кг}$ .

Так як насос працює на два прилади, потужність розрахована на дві камери, я також враховую вимогу циркуляції холодоагенту, яка в 25 разів:

$$V=25 \cdot 0,041 \cdot 1,46 \cdot 10^{-3}=1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}.$$

Потрібний діаметр трубопроводів:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot \omega}}, \text{ м};$$

де  $\omega$  - рекомендована швидкість аміаку, для подачі рідини  $\omega=0,4 \text{ м}/\text{с}$ , для зворотної  $1,2 \text{ м}/\text{с}$ .

Діаметр трубопроводу напірної лінії подачі аміаку в дві камери:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,5 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 0,4}} = 0,069 \text{ м}.$$

Приймаю трубу з внутрішнім діаметром 71 мм, товщиною стінки 3,6 мм.

Діаметр трубопроводу напірної лінії подачі аміаку в дві камери:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 1.5 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 0.4 \cdot 2}} = 0,048 \text{ м.}$$

Я беру трубу з асортименту сталевих безшовних труб з внутрішнім діаметром 50 мм, товщиною стінки 3,5 мм.

Об'ємна витрата аміаку, що повертається в циркуляційний ресивер з камер, з урахуванням частоти циркуляції.:

$$V = M \cdot (v_{\text{парі}}/25 + v_{\text{рід}} \cdot 24/25), \text{ м}^3/\text{с};$$

де  $v_{\text{парі}}$  – питомий об'єм пари,  $v_{\text{парі}} = 1,34 \text{ м}^3/\text{кг}$ ,  $v_{\text{рід}}$  – питомий об'єм рідини,  $v_{\text{рід}} = 1,46 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{кг}$ .

$$V = 25 \cdot 0,041 \cdot (1,34/25 + 1,46 \cdot 10^{-3} \cdot 24/25) = 0,034 \text{ м}^3/\text{с};$$

Діаметр трубопроводу зворотної лінії, що повертає аміак з двох апаратів:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,034}{\pi \cdot 1,2}} = 0,189 \text{ м.}$$

Я беру трубу з асортименту сталевих безшовних труб з внутрішнім діаметром 205 мм, товщиною стінки 7 мм..

Діаметр трубопроводу зворотної лінії, який повертає аміак до колекторів від кожного апарату:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,034}{\pi \cdot 1,2 \cdot 2}} = 0,134 \text{ м.}$$

Я беру трубу з асортименту безшовних сталевих труб з внутрішнім діаметром 150 мм, товщиною стінки 4,5 мм..

Гідрравлічний опір від тертя у трубопроводах :

$$\Delta p_{\text{до}} = \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{\omega^2}{v \cdot 2} \cdot l, \text{ Па};$$

де  $\lambda$  - коефіцієнт тертя, значення якого залежить від режиму руху та шорсткості труби:

$$\lambda = 0.11 \cdot \left( \frac{k}{d} + \frac{64 \cdot \mu \cdot v}{\omega \cdot d} \right)^{0.25};$$

де  $k$  - шорсткість труби, для сталеві труби  $k=0,06$  мм;  $\mu$  - динамічна в'язкість рідини: для подаючої лінії  $\mu=2,8 \cdot 10^{-4}$  Па·с, для зворотної лінії  $\mu=2,7 \cdot 10^{-4}$  Па·с;

$l$  – довжина ділянки труби, м.

Сума буде складати 773,6 Па.

Місцеві гідравлічні втрати:

$$\Delta P = \sum \xi \frac{\omega^2}{v \cdot 2}, \text{ Па};$$

де  $\sum \xi$  - сума коефіцієнтів місцевих опорів.

Сума буде складати 22525,7 Па.

Втрати на подолання напору гідравлічного стовпа:

$$\Delta P = \frac{g \cdot \Delta h}{v}, \text{ Па};$$

де  $\Delta h$  - різниця рівня самої високої точки та самої низької,  $\Delta h=3,2$  м.

$$\Delta P = \frac{3.2 \cdot 4.395}{1.46 \cdot 10^{-3}} = 9833,6 \text{ Па}.$$

Сума гідравлічних опорів буде складати:

$$\Delta P = 773,6 + 22525,7 + 9833,6 = 33132,9 \text{ Па}.$$

Приймаю насос циркуляційний герметичний аміачний марки 1,5ХГ-6х3-2,7-2,9 що має  $V=11$  м<sup>3</sup>/год  $= 3,34 \cdot 10^{-3} \leq 3,26 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/с та напір 56 м. в. ст. = 33242,8 Па  $\leq 52605$  Па. І підходить за умов.

Розрахунок гідравлічних втрат від тертя зводжу до таблиці 15.

Назва ділянки	Довжина, м	Діаметр труби, м	Перерахована швидкість, м/с	В'язкість динамічна, Па*с	Питомий об'єм, кг/м <sup>3</sup>	Коефіцієнт тертя	Гідравлічні втрати
Насос - розгалуження	15	0,1	0,41	0,00028	0,00146	0,021	181,5
розгалуження - колектор	10	0,07	0,42	0,00028	0,00146	0,022	196,2
колектор - апарат	7,5	0,04	0,43	0,00028	0,00146	0,026	307,9
апарат - колектор	3,2	0,08	1,63	0,00027	0,055	0,033	31,7
колектор - розгалуження	5	0,16	1,22	0,00027	0,055	0,030	12,5
розгалуження - ресивер	15	0,2	1,56	0,00027	0,055	0,026	43,9

Розрахунок гідравлічних втрат від тертя зводжу до таблиці 16.

Назва ділянки	Назва місцевих опорів визначених ділянок	Коефіцієнт місцевого опору	Перерахована швидкість, м/с	Питомий об'єм, кг/м <sup>3</sup>	Гідравлічні втрати, Па
Ресивер – колектор	4 вентиля зворотній клапан фільтр вихід з ресиверу 4 повороти	40 5 8 0,5 4	0,41	0,00146	7240,8
Колектор - розгалуження	колектор вентиль 2 повороти	2 10 2	0,42	0,00146	3383,0
Ррозгалуження - повітроохолоджувач	2 повороти 1 трійник вентиль теплообмінник	2 3 10 10	0,43	0,00146	6332,2
Повітроохолоджувач- розгалуження	2 повороти 1 трійник вентиль	20 3 10	1,63	0,055	3188,3
Ррозгалуження - колектор	колектор вентиль 2 повороти	2 10 2	1,22	0,055	757,7
Колектор – ресивер	3 вентиля	30	1,22	0,055	1623,7

## 14. Вибір насосів та вентиляторів

### Аміачні насоси

Насоси необхідно вибирати відповідно до необхідної потужності та тиску. Критерій вибору тиску базується на умовах збільшення циркуляції аміаку в 25-30 разів, що необхідно для оптимального теплообміну в змішувачу повітроохолоджувача. Оптова поставка насосів:

$$V=M \cdot v, \text{ м}^3/\text{с};$$

де  $M$  – масова витрата аміаку,  $\text{кг}/\text{с}$ ;  $v$  - питомий об'єм аміаку,  $\text{м}^3/\text{кг}$ .

Розрахунок та вибір аміачних насосів таблиця 15.

Таблиця 17. Розрахунок та вибір аміачних насосів.

$t_0, \text{ }^\circ\text{C}$	$M, \text{ кг}/\text{с}$	$v, \text{ м}^3/\text{кг}$	$V, \text{ м}^3/\text{с}$	Прийнято	Кількість	Об'ємна подача, $\text{м}^3/\text{с}$
-40	0,053	0,0017	0,00009	ЦНГ-70М-2	1	0,0016
-25	0,066	0,0017	0,00009	ЦНГ-70М-2	1	0,0016
-7	0,065	0,0017	0,00009	ЦНГ-70М-2	1	0,0016

Плюс беру один запасний насос.

Технічні характеристики аміачних насосів:

ЦНГ-70М-2 – подача  $5,5-12 \text{ м}^3/\text{год}$ , напір рідкого аміаку  $38-28 \text{ м}$ , кількість ступенів 2, частота обертання  $49,5 \text{ с}^{-1}$ , потужність  $2,8 \text{ кВт}$ .

### Водяні насоси

Насос вибирається виходячи зі значень подачі і тиску. Так як холодильник цокольний, то необхідні значення тиску невеликі. Для спрощення вибору насоса використовуємо значення подачі:

$$V = \frac{Q}{c \cdot \rho \cdot \Delta t}, \text{ м}^3/\text{с}.$$

де  $c$  – теплоємкість речовини, кДж/(кг·К);  $\rho$  - густина речовини, кг/м<sup>3</sup>;  
 $\Delta t$  – різниця температур в теплообміннику, °С;  $Q$  – теплове навантаження на теплообмінний апарат, кВт.

Для води:  $c=4,187$  кДж/(кг·К),  $\rho=1000$  кг/м<sup>3</sup>,  $\Delta t=3^{\circ}\text{C}$ ,  $Q_k=300,9$  кВт.

$$V = \frac{300,9}{4,187 \cdot 1000 \cdot 3} = 0,023 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Приймаю насоси К20/30, що мають  $V=0,026$  м<sup>3</sup>/с кожен, для роботи та 1 резервний.

Технічна характеристика насосу: продуктивність 0,027 м<sup>3</sup>/с, ккд 0,63, потужність електродвигуна 5 кВт, частота обертання 2950 об/хв.

## **15. Розрахунок техніко-економічних показників**

### **Планова калькуляція собівартості**

#### **одиниці виробленого холоду**

##### **15.1. Замова специфікація на обладнання**

Таблиця 18. Замовна специфікація на обладнання холодильної установки.

№ по схемі	Назва обладнання	Виробник	Ціна, тис. грн.	Вартість упаковки та транспортування, тис. грн.	Кіл-сть, шт	Вартість, тис. грн.
1	Холодильний агрегат RCA 46 W	GEA Grasso	207	20	1	285
2	Холодильний агрегат G 200 S NH3	GEA Grasso	453	20	1	550
3	Компресорні агрегати на базі компресорів RCA 2110 W	GEA Grasso	367	20	3	1250
4	ИК-150	ВАТ «Коростенський завод хімічного машинобудування»	15	1,5	1	18,5
5	Повітроохолоджувачі НВО-2-200	ВАТ «Орелхолодмаш»	7,5	0,1	4	35,4
6	Повітроохолоджувачі НВО-2-130	ВАТ «Орелхолодмаш»	6,7	0,1	4	32,2

7	Проміжна посудина 40ПСз	ВАТ «Коростенський завод хімічного машинобудуванн я»	2,75	0,3	1	4,56
8	Ресивер 1,5РД	ВАТ «Коростенський завод хімічного машинобудуванн я»	2,58	0,3	2	6,96
9	Ресивера 1,5РДВ <sup>а</sup>	ВАТ «Коростенський завод хімічного машинобудуванн я»	3,3	0,3	3	12,7
10	Мастилозбірник 60МЗС	ВАТ «Коростенський завод хімічного машинобудуванн я»	0,8	0,1	1	1,3
11	Морозильний апарат	Плиточний	800	50	2	2300
12	Насос аміачний ЦНГ-70М-2	Валадайський насосний завод	23,9	1	6	165,4
13	Насос водяний К20/30	Валадайський насосний завод	2,83	1	2	8,6
14	Система трубопроводів, арматури та автоматизації	СП «Металл Холдинг»	30%	-	1	1242,4

Разом вартість обладнання буде складати 5913,02 тис. грн. з врахуванням НДС.

## 15.2. Визначення кількості виробленого холоду

Витрати на виробництво холоду при різних температурах кипіння неоднакові, тому їх слід зводити до умовної величини - приведенного виробництва холоду, яка визначається як сума добутків кількості холоду, виробленого в робочих умовах, на коефіцієнт перерахунку. Значення коефіцієнта пропускання приймається в залежності від робочої температури.

Показана потужність охолодження, яка відповідає потребам морозильних камер:

$$Q_0 = Q_{0(-40)} \cdot k_{-40} = 64,8 \cdot 2,79 = 180,8 \text{ кВт.}$$

Показана холодопродуктивність, що відповідає потребам відділень для зберігання заморожених продуктів:

$$Q_0 = Q_{0(-25)} \cdot k_{-25} = 73,8 \cdot 1,46 = 107,7 \text{ кВт.}$$

Зменшена потужність охолодження, яка відповідає потребам камер зберігання охолоджених продуктів:

$$Q_0 = Q_{0(-7)} \cdot k_{-7} = 72,8 \cdot 0,67 = 48,8 \text{ кВт.}$$

Загальна приведенного холодопродуктивність:

$$Q_0 = 180,8 + 107,7 + 48,8 = 337,3 \text{ кВт.}$$

Час роботи обладнання при максимальному навантаженні 5400 годин на рік. Кількість виробленого холоду на протязі року дорівнює:

$$Q_0 = 337,3 \cdot 5400 = 1821420 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

### 15.3. Статті витрат

#### 15.3.1 Витрати на оплату електроенергії

Відповідно до цієї статті розраховуються витрати електроенергії на приводи компресорів, насосів і вентиляторів, встановлених на основному холодильному обладнанні..

Річне споживання електроенергії визначається за формулою:

$$W = \sum N_e \cdot K_c \cdot n, \text{ кВт}\cdot\text{год};$$

$N_e$  - номінальна потужність двигуна, кВт;

$K_c$  - коефіцієнт використання;

$n$  – час роботи обладнання при робочих умовах, год.

Перелік електроприводів, їх характеристики та розрахунок витрат електроенергії зведені в таблицю.

Таблиця 19. Перелік електроприводів, їх характеристика та розрахунок витрат електроенергії.

№ п/п	Назва обладнання	Номінальна потужність, кВт	Кількість, шт	Час роботи, год	Спожита електроенергія, кВт·год
1	Холодильний агрегат RC 46 W	25	1	5400	135000
2	Холодильна машина FX G 200 S NH3	37	1	5400	199800
3	Компресорний агрегат RCA 2110 W	55	3	5400	891000
4	Випарний конденсатор ИК -150	4x5,6	1	3000	67200

5	Повітроохолодник НВО-2-200	2x1,35	3	3000	24300
6	Повітроохолодник НВО-3-130	3x1,35	9	3000	109350
7	Аміачний насос ЦНГ- 70М-2	2,8	1	5000	14000
8	Водяний насос К20/30	4	1	3000	12000

Разом річна витрата електроенергії 1452650 кВт·год.

Тариф оплати за електроенергію складає 1,68 грн. за кВт·год. Тоді витрати на оплату електроенергії складатиме  $1452650 \cdot 1,68 = 2440452$  грн = 2440,5 тис. грн.

### 15.3.2. Витрати на оплату води

Витрати води на охолодження конденсаторів, компресорів і маслоохолоджувачів будуть враховані, оскільки вода забирається з водопроводу. Але так як система рециркуляції води запроектована, витрати підуть тільки на заправку системи.

Передбачуване обладнання: робочі вентиляторні охолоджувачі та випарні конденсатори мають видалення води 3,5% та 1,5% від об'ємної витрати циркулюючої води відповідно.

Річне споживання води, що циркулює в системі, буде для випарного конденсатора  $V = 0,023 \text{ м}^3/\text{с}$ .

При 5400 годинах річної роботи компресора річне споживання підживлювальної води становитиме:

$$V = (0,023 \cdot 0,015) \cdot 3600 \cdot 5400 = 6706,8 \text{ м}^3.$$

Вартість водопостачання складає 16,17 грн за 1 м<sup>3</sup>, тоді витрати на воду будуть складати: 6706,8 · 16,17 = 108449 грн. = 108,4 тис. грн.

### 15.3.3. Витрати на поповнення системи холодоагентом

Ці витрати безпосередньо пов'язані з продуктивністю компресорів. Норма витрати підживлюючого аміаку на рік для компресорів, що працюють на прямому охолодженні, становить 3,1 кг/(ст. кВт).

Вартість доповнення установки аміаком, виходячи з ціни аміаку, становитиме 4,8 грн/кг.:

$$B_{\text{аміак}} = (337,3 \cdot 3,1) \cdot 4,8 = 5019,02 \text{ грн.} = 5,02 \text{ тис. грн.}$$

### 15.3.4. Витрати на поповнення системи мастилом

Незважаючи на те, що після кожного компресора встановлюється масловіддільник, масло видаляється з компресора. Кількість мастила, видаленого з компресора, пропорційна часу роботи компресорів.

Річна потреба в мастилі визначається за формулою:

$$M = \sum (g \cdot z \cdot n) \cdot \frac{n}{n_1}, \text{ кг};$$

де  $g$  – норма витрати мастила на 1 циліндр поршневого компресора або на ротор гвинтового, кг/год;  $z$  – кількість поршнів або роторів, шт;  $n$  – кількість годин роботи компресору, год;  $n_1$  – нормативний час заміни мастила, год.

Для гвинтових компресорів  $g=0,12$  кг/год, для поршневих  $g=0,01$  кг/год, а нормативний час складає 2700 год.

$$M = \sum (0.12 \cdot 1 \cdot 5400 + 0.01 \cdot [4 + 3 \cdot 3] \cdot 5400) \cdot \frac{5400}{2700} = 2700 \text{ кг.}$$

Витрати на поповнення системи мастилом при ціні на мастило 80 грн/кг складатиме:

$$V_{\text{маст}} = 2700 \cdot 80 = 216000 \text{ грн.} = 216 \text{ тис. грн.}$$

### **15.3.5. Витрати на заробітну плату**

Заробітну платню виробничих робітників розраховують по кожному розряду з врахуванням премії та доплат за роботу у нічній час і святкові дні.

Чисельність робочого персоналу компресорного цеху приймається в залежності від ступеня автоматизації установки, кількості компресорів та їх загальної продуктивності.

На холодильниках більше 1200 т передбачається посада начальника цеха.

При комплексній автоматизації холодильної установки, кількості компресорів 5 шт. та загальній холодопродуктивності до 1744 кВт приймається 4 машиністів та помічників та 2 змінних машиніста, також приймаю 2 слюсаря.

Таблиця 20. Фонд по сплаті основної заробітної плати робітників.

Найменування професії та розряд	Тарифна ставка	Проект	Кіл-сть годин на місяць	Додаток за Шкідливість, 10%	Місячний фонд заробітної плати, грн.	Річний фонд заробітної плати, тис. грн.
Машиніст III розряду	9,76	1	240	234,2	7342,4	88,1
Машиніст IV розряду	11,43	2	240	823	9486,4	113,8
Машиніст V розряду	13,4	2	240	643,2	10332	124
Машиніст VI розряду	15,7	1	240	376,8	7768	93,2
Слюсар ремонтник	10,9	2	240	523,2	12432	149,2
Разом						568,3

Фонд додаткової заробітної плати:  $\text{ФДЗП} = \text{ФОЗП} \cdot 0,08$

$\text{ФДЗП} = 568,3 \cdot 0,08 = 45,5$  тис. грн.

Повний фонд заробітної плати:  $\text{ФЗП} = \text{ФОЗП} + \text{ФДЗП}$

$\text{ФЗП} = 568,3 + 45,5 = 613,8$  тис. грн.

Витрати на оплату праці робітників з нарахуваннями:

$\text{ВOPупр} = 613,8 \cdot 0,3708 + 613,8 = 841,4$  тис. грн.

Таблиця 21. Фонд по сплаті основної заробітної плати апарату управління.

Найменування професії та розряд	Посадовий оклад	Чисельність	Місячний фонд заробітної плати, грн.	Річний фонд заробітної плати, тис. грн.
Начальник цеху	12500	1	12500	150
Начальник зміни	10000	1	10000	100
Разом				250

Фонд додаткової заробітної плати:  $\Phi ДЗП = \Phi ОЗП \cdot 0,25$

$\Phi ДЗП = 250 \cdot 0,25 = 62,5$  тис. грн.

Повний фонд заробітної плати:  $\Phi ЗП = \Phi ОЗП + \Phi ДЗП$

$\Phi ЗП = 250 + 62,5 = 312,5$  тис. грн.

### 15.3.6. Амортизація обладнання

Амортизаційні відрахування на обладнання становлять 21,925%:

$5913,02 \cdot 0,21925 = 1296,4$  тис. грн.

### 15.3.7. Витрати на поточні ремонти

Витрати на поточні ремонти складають 50% від амортизаційних витрат:

$V_{\text{поточні}} = 1296,4 \cdot 0,5 = 648,92$  тис. грн.

### **15.3.8. Витрати на охорону праці**

Фінансування заходів з охорони праці складає 0,2 % від фонду оплати праці. Ці кошти витрачають на реалізацію заходів для покращення умов праці, створення кращих побутових і соціальних умов на виробництві, підготовки підприємства до робіт, придбання засобів індивідуального захисту тощо.:

$$V_{\text{оп}}=711,6 \cdot 0,002=1,42 \text{ тис. грн.}$$

### **15.3.9. Утримання будівлі**

Вартість будівлі визначається 2250 грн. за кожен м<sup>2</sup> будівельної площі. Таким чином вартість будівлі буде складати  $2250 \cdot 2376=5346000$  грн. = 5346 тис. грн.

Амортизаційні відрахування на будівлі становлять 7,763%:

$$5346 \cdot 0,07763=415 \text{ тис. грн.}$$

### **15.3.10. Спрацювання швидкозносного інвентарю**

Витрати на знос малоцінного та швидкозносного інвентарю складатиме 10%:

$$V_{\text{інв}}=4843 \cdot 0,1=483 \text{ тис. грн.}$$

### **15.3.11. Інші витрати**

Інші витрати складають 0,5% від загально цехових витрат.

## 15.4. Цехові витрати

Калькуляція цехових витрат зведена до таблиці .

Таблиця 22. Собівартість одиниці виробленого холоду.

Статті витрат	Значення показників, тис. грн.
Електроенергія	2440,5
Вода	108,4
Масило	216
Аміак	5,02
Оплата праці	1153,5
Амортизація	1296,4
Поточні ремонти	648,92
Охорона праці	1,42
Утримання будівлі	415
Спрацювання інвентарю	483
Інші витрати	241,5
Разом	7009,6

## 15.5. Визначення цехової собівартості одиниці виробленого холоду

Собівартість стандартної одиниці виробленого холоду:

$$C = 7009,6 \cdot 10^3 / 1821420 = 3,85 \text{ грн./ст.кВт}\cdot\text{год.}$$

## 16. ОХОРОНА ПРАЦІ

Холодильна камера оснащена сучасним холодильним обладнанням з високим ступенем автоматизації. В якості будівельно-ізоляційної конструкції використано теплоізоляцію з пінополістиролу Піноплекс.

Аміачна холодильна установка працює 14 годин на добу, що скорочує час впливу шкідливих і небезпечних виробничих факторів на обслуговуючий персонал.

При проектуванні враховано вимоги галузевого нормативного документа.

При проектуванні враховано вимоги нормативного документа галузі. 16.1

1 Шкідливе і небезпечне виробництво

фактори. Шкідливі виробничі фактори:

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

Небезпечні виробничі фактори:

- порушення вимог безпеки до розміщення робочих місць, обладнання та технологічних місць;
- наявність посудин під тиском;
- небезпечний рівень напруги в електричному ланцюзі;
- статична електрика, атмосферна електрика.

16.2 2 Санітарно-гігієнічні вимоги до розміщення обладнання. Розміщення обладнання повинно відповідати вимогам галузевого нормативного документа.

Машинне відділення приєднане до холодильника. Огороджувальні конструкції машинного відділення (площа 360 м<sup>2</sup>) мають легкознімні елементи (вікна, двері та ін.) 0,167 м<sup>2</sup> на 1 м<sup>3</sup> об'єму будівлі. Вікна однорядні зі звичайного скла. Над і під машинним відділенням відсутні приміщення з постійними робочими місцями, господарські та підсобні приміщення.

З машинного відділення є два виходи. Двері відчиняються в напрямку виходу і не ведуть безпосередньо у виробничі приміщення або в сполучені

з ними коридори та сходові клітини. Висота машинного відділення до підлоги несучих конструкцій покриття 4,8 м. Висота підвіконь 1,2 м. У моторному відсіку встановлено 6 поршневих компресорів, які розташовані в ряд. Відстань між виступаючими частинами компресорів і стіною 1,0 м, прохід між виступаючими частинами компресорів 1,5 м. Ширина основного коридору в машинному відділенні 3 м. Підлога в цьому відділенні рівна і неслизька. Непрохідні канали та змивні люки зі знімною гофрою. Стіни і стелі машинного приміщення, холодильного обладнання і трубопроводів фарбують згідно з діючими нормативними документами щодо раціонального фарбування поверхонь виробничих приміщень і технологічного обладнання промислових підприємств.

Циркуляційний ресивер встановлюється в траншею глибиною 8 футів (2,6 м) з огорожею та драбинами з обох сторін. Проріз і драбини мають поручні висотою 1,1 м. Відстань між стійками поручнів 0,7 м.

Для обслуговування конденсаційної установки встановлюється майданчик з огорожею і драбинами з обох сторін. Майданчик і драбини мають поручні висотою 1,1 м. Відстань між стійками поручнів 0,7 м.

### 16.3 3 Мікроклімат.

Санітарно-гігієнічні норми параметрів повітря робочої зони регламентуються ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ «Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочих місць».

Мікроклімат в холодну пору року в робочій зоні повинен відповідати наступним параметрам:

- температура повітря – 18-20°C;
- швидкість повітря – до 0,2 м/с;
- відносна вологість – до 75%.

Мікроклімат в теплий період року:

- температура повітря – 22-24°C;
- швидкість повітря – до 0,3 м/с;
- відносна вологість повітря – до 60%.

Досягнення цих параметрів забезпечується в теплу пору року загальнообмінною механічною вентиляцією, а в холодну — підігрівом повітря. У машинному залі передбачаються системи повітряного опалення в поєднанні з припливною вентиляцією без циркуляції повітря, повітрообмін за годину: припливний - 2 об'єми, витяжне повітря - з надлишком припливного.

за 1 том. Повітря викидається в атмосферу без очищення. Житлові приміщення машинного відділення мають систему вентиляції окремо від машинного відділення. припливно-витяжні вентилятори машинного відділення в іскробезпечному виконанні, а їхні електродвигуни вибухозахищені.

Вентиляція щита управління і КВП механічна припливна, не пов'язана з припливно-витяжною вентиляцією машинного приміщення.

### 16.4 4 Шум і вібрація.

Рівень шуму і вібрації регламентується ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. «Шум. Загальні вимоги безпеки», ГОСТ 12.1.0112-90 ССБТ «Вібраційна безпека. Загальні вимоги», СН № 3044-84 «Вібрація. Загальні вимоги безпеки». Допустимий рівень шуму на робочих місцях не перевищує встановлених норм. у діючих документах Рівень шуму в цеху не перевищує 82 дБ. Персонал знаходиться в звукоізовьованому приміщенні та оснащений звуконепроникними навушниками.

Сумарні технологічні вібрації не перевищують гранично допустимого значення - 92 дБ, визначеного ГОСТ 12.1.012-90. ССБТ «Вібраційна безпека. Загальні вимоги».

Компресори встановлені на спеціальних фундаментних плитах окремо від несучих конструкцій машинного приміщення. Для зменшення впливу вібрації, викликані роботою компресорів, дотримуються наступні умови: трубопроводи, підключені до машини, не жорстко закріплені на будівельних конструкціях; якщо необхідно використовувати жорсткі кріплення, передбачають відповідні компенсуючі пристрої; Трубопровід, який з'єднує компресори з обладнанням, досить гнучкий, щоб витримати деформацію.

#### 16.5 Освітлення.

Вимоги до освітлення: рівень освітленості машинного відділення відповідає СНиП 11-4-79 «Освітлення природне і штучне».

У машинному залі підприємства прийнято двостороннє природне бокове освітлення, в якому нормовано мінімальне значення (КПО = 0,2%), а також загальне освітлення - встановлені світильники з люмінесцентними лампами 220 В, вибухозахищені, польові світильники. висота 3,5 м від підлоги. Для машинного відділення при загальному спостереженні за ходом робіт, постійному знаходженні людей і зоровій роботі рівня VIIIб освітленість 50 лк.

Для пульта управління передбачалося штучне загальне освітлення з інтенсивністю 100 люкс.

Напруга 12 В використовується для живлення світильників місцевого освітлення з лампами розжарювання.

Лампи робочого та аварійного освітлення промислових об'єктів і відкритих робочих місць живляться від різних незалежних джерел.

Переносні світильники мають ступінь захисту IP-54, скляний плафон захищений металевою сіткою.

Аварійне та ремонтне освітлення: машинний зал та існуючі тунелі підземних переходів разом з аміакопроводами та розподільною арматурою мають аварійне освітлення від автономного джерела (батареї). Вмикається автоматично при вимкненні робочого світла.

#### 16.6 Техніка безпеки.

Вимоги до засобів безпеки регулюються галузевим нормативним документом і ССБТ.

«Виробниче обладнання. Загальні вимоги безпеки».

На підприємстві наказом керівника призначаються відповідальні особи з числа інженерно-технічних працівників, які пройшли перевірку в установленому порядку.

знання цих Правил, у тому числі здійснення нагляду за технічним станом і безпечною експлуатацією холодильної установки та виконанням вимог цих Правил.

До експлуатації холодильних установок допускаються особи старше 18 років, які мають медичний огляд і свідоцтво про закінчення спеціального навчального закладу чи курсів.:

- про експлуатацію холодильних установок – для машиністів;

- по автоматизації холодильних установок – для слюсарів по КВП і автоматиці.

Слюсарі допускаються до самостійної експлуатації холодильних установок тільки після проходження стажування тривалістю не менше 1 місяця, за результатами якого вони освоюють роботу конкретного агрегату та підтримання його нормальних режимів роботи, а також відповідної перевірки знань.

Стажування проводять досвідчені наставники. Допуск до самостійного стажування здійснюється від імені підприємства.

Холодильну установку обслуговують позмінно два водії. Навчання з охорони праці є обов'язковим для всіх працівників і службовців незалежно від стажу та кваліфікації.

Персонал, який працює у виробничих цехах, де встановлені технологічні апарати з прямим кип'ятінням аміаку, проходить навчання з охорони праці, пов'язані з використанням у виробництві системи прямого аміачного охолодження.

Навчання проводить керівник майстерні, де експлуатуються такі апарати.

Не рідше одного разу на 12 місяців комісія холодильних установ проводить періодичну перевірку знань персоналом інструкції з монтажу холодильної установки, техніки безпеки, експлуатації обладнання та практичних прийомів надання першої медичної допомоги. , електротехніка, пристрої автоматики та безпеки.

Перевірка знань з техніки безпеки керівних, інженерно-технічних працівників і кваліфікованих робітників проводиться відповідно до «Наказу про порядок перевірки знань правил і норм з охорони праці керівних, інженерно-технічних і кваліфікованих працівників. " малювання) і розміщується на видному місці:

- з обладнання та експлуатації аміачних холодильних установок;
- робота холодильної системи;
- обслуговування контрольно-вимірювальних приладів та автоматики;
- пожежна безпека;
- охорона праці (надання медичної допомоги при отруєнні аміаком, дії

персонал для аварійної ліквідації прориву аміаку тощо);

- річний та місячний графіки планово-попереджувальних ремонтів;
- схеми трубопроводів аміаку, рідини, масла та води з пронумерованою (мають і відповідно в натуральному вигляді) запірною арматурою та пристроями автоматики (затверджуються головним інженером);
- показники наявності засобів індивідуального захисту;
- телефони швидкої допомоги, пожежної охорони, диспетчера електромережі, управління цивільної оборони, міліція, найближча військова частина,

начальника компресорного цеху;

- номери телефонів та адреса організації, що експлуатує автоматизований чиллер.

В машинному відділенні встановлено сигналізатор концентрації аміаку ДОЗОР-6-АМЯК-Т. Має шість показчиків концентрації аміаку в машинному відділенні (на кожному компресорі, зливному баку, регулюючій станції). Сигналізація включає аварійну вентиляцію при досягненні концентрації 1500 мг/м<sup>3</sup> (0,21%), світлозвукову сигналізацію та сирену PV-SS, що попереджає про загазованість приміщення..

Для аварійного відключення живлення всіх приладів холодильної системи та робочого освітлення ззовні на стіні машинного приміщення встановлюються кнопки загального аварійного відключення, одна з яких знаходиться біля робочого входу, а друга - біля запасного виходу. Двері. Одночасно з відключенням живлення установки ці кнопки активують аварійну вентиляцію, сирену та аварійне освітлення.

Для надання першої медичної допомоги в машинному відділенні є аптечка..

16.7 7Контрольно-вимірювальні прилади.

Скло оглядове плоске використовується для візуальних індикаторів рівня рідини в приладах, посудинах і ресиверах. Для автоматичного контролю рівня використовуються напівпровідникові реле рівня ПРУ-5М.

Чотири манометри МР-4 встановлені на лінії всмоктування кожного компресора для контролю робочого тиску всмоктування, а чотири манометри МТ-250 для тиску нагнітання встановлені на лініях нагнітання компресорів, при цьому лінія подачі підключається після зворотного клапана. (у бік парів аміаку).

На всіх суднах встановлені манометри: на конденсаторах, лінійному колекторі, зливному колекторі встановлено шість манометрів МТ-250, на розподільних станціях - чотири манометри МТ-250.

Для захисту термометрів від механічних пошкоджень на нагнітальній і всмоктувальній магістралях кожного компресора встановлено вісім манжет термометрів (на відстані 250 мм від запірної арматури) з кришками.

Викид парів аміаку в атмосферу здійснюється через запобіжні клапани по трубі на висоті 1,5 м над дахом виробничого майданчика. Верхню частину труби направляють вгору, захищаючи від опадів. Діаметр відповідної труби дорівнює діаметру запобіжних клапанів - DN25. Всі запобіжні клапани підключаються до загальної напірної лінії.

Спрацьовування пристроїв захисту дублюється звуковим сигналом машинного відділення..

Внутрішній і дренажний ресивер, має два взаємно дублюючих реле рівня ПРУ-5М, які сигналізують лампами наступного кольору:

- червоний – сигнал тривоги на небезпечному рівні (блимає);
- жовтий - сигнал гранично допустимого рівня (не блимає).

Акустичні сигнали гранично допустимих і небезпечних рівнів супроводжуються звуковим сигналом тривоги, який можна вимкнути вручну..

## 16.8 8 Електробезпека.

Електрообладнання компресорного цеху відповідає вимогам ПВЕ «Правила улаштування електроустановок», ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. «Електробезпека. Защитное заземление, зануление», ДНАОП 1.1.10.1.01-97 «Основи безпечної експлуатації електроустановок», а також чинні стандарти безпеки праці та інші нормативні документи.

Встановлені пускові пристрої адаптовані до максимального струму електродвигунів. Вимикачі, призначені для вмикання і вимикання струму навантаження, захищені негорючими кожухами, без отворів і зазорів, мають дистанційне керування. Напруга в ланцюгах керування приладами, встановленими в особливо небезпечних приміщеннях і приміщеннях підвищеної небезпеки, а також поза об'єктом, не перевищує 42 В.

Засоби та способи забезпечення електробезпеки на підприємстві:

1. Недоступність струмопровідних частин від випадкового дотику, блокування (запобіжні огорожі, безпечне розташування струмопровідних частин, наявність запобіжних знаків).
2. Надійна ізоляція (опір ізоляції в електромережі та освітленні електрична установка становить 12 МОм).
3. Заземлення електричних приладів.
4. Організаційні методи (регулярні медичні огляди, навчання, перевірка інструментів, контроль під час роботи, послідовність допусків перед початком роботи).
5. Використання засобів захисту, пристроїв і запобіжних пристроїв.
6. Використання низьких напруг (Згідно ПВЕ передбачено 12В).
7. Планово-попереджувальні роботи.

Для захисту струмоведучих частин і конденсаторно-резервної групи від прямих ударів блискавки застосовуються стрижневі блискавковідводи, які встановлюються на даху машинного відділення і на майданчику з конденсаторами згідно з РД 34.21.122. -87 «Інструкція з укладання та виконання системи блискавкозахисту». 16.9 9 Небезпека пожежі та вибуху.

Пожежо- та вибухобезпека на підприємстві забезпечується відповідно до вимог ГОСТ 12.1.004.91. ССБТ «Пожежна безпека. Загальні вимоги», ДНАОП 0.01-1.01-95 «Правила пожежної безпеки в Україні».

Відповідно до СніП 2.11.01-87 «Холодильники» машинне відділення за вибухонебезпечністю і пожежонебезпекою віднесено до вибухонебезпечних приміщень В-1б або В-1б.

Речовина, що утворює з повітрям вибухову суміш - аміак - відноситься до категорії вибухових сумішей - ПА, групи вибухових сумішей - Т1. Температура в холодильних камерах нижче 2°C, тому вони відносяться до категорії D.

Приміщення з холодильним обладнанням цеху, де температура перевищує 5°C, відносяться до категорії В.

Пожежна безпека на підприємстві включає систему протипожежного та протипожежного захисту та систему протипожежного захисту.

Система запобігання пожежі передбачає:

-наявність огорожуючи конструкції будівлі машинного відділення, легко скидних елементів (вікна, двері);

- контроль концентрації аміаку в машинному відділенні, аварійна витяжна вентиляція;
- світлова та звукова сигналізація, табло над входом до машинного відділення;
- надійне з'єднання проводів від пристрою до контуру заземлення без іскріння;
- використання засобів захисту від атмосферної електрики;
- використання аварійних та витяжних вентиляторів машинного відділення іскра, а їх електродвигуни - у вибухозахищеному виконанні, наземний вентилятор - у звичайному виконанні, а його електродвигун - у закритому виконанні.;
- наявність інструкцій з пожежної безпеки, посвідчень обслуговуючого персоналу; - працювати на електротехнічних пристроях без перевантажень;

- дотримання правил пожежної безпеки при виконанні робіт із застосуванням відкритого вогню;
- заборона куріння на робочих місцях. Система протипожежного захисту включає:
  - наявність двох аварійних виходів у машинному відділенні, причому двері повинні відкриватися у бік виходу;
  - застосування в моторному відсіку конструкційних матеріалів не нижче II ступеня вогнестійкості (СНиП 2.11.01-87, СНиП 2.01-02.85. «Протипожежні правила»);
  - наявність пожежної сигналізації;
  - наявність аварійного відключення обладнання;
  - забезпечення основними засобами пожежогасіння: дві лопати, сокири, металевий мішок, протипожежне покриття азбестовим полотном, ящик з піском; вогнегасники пінні ОВП-5-1шт.;
  - наявність плану евакуації.

16.10 Перша медична допомога при нещасних випадках.

16.11 Нерідко доводиться надавати першу медичну допомогу потерпілим у ДТП ближнім, яким може бути кожен із нас. Тому ми повинні вміти запобігати або зменшувати кількість важких або критичних станів, а коли вони виникають, вживати конкретних заходів для порятунку життів.

16.12 Процедура надання першої допомоги.

16.13 Наслідки ДТП залежать від того, наскільки швидко і кваліфіковано потерпілому буде надана перша допомога. Несвоєчасне надання долікарської допомоги або її відсутність може призвести до тяжких ускладнень лікування, інвалідності та навіть смерті потерпілого. Не можна відмовляти потерпілому в наданні допомоги і вважати його мертвим лише за відсутності ознак життя, таких як дихання і пульс. Травма майже завжди виникає раптово і залишає людину безпорадною та розгубленою. Не всі знають, що робити, як швидко визначити характер і тяжкість травми. У таких випадках необхідний спокій, рішучість і вміння швидко і правильно організувати першу допомогу до прибуття медичної допомоги.

Порядок дій при наданні першої долікарської допомоги:

- вивести потерпілого з оточення, де стався нещасний випадок;
- надати постраждалому максимально зручне положення, що забезпечує спокій;
- визначити вид травми;
- визначити загальний стан потерпілого;
- розпочати впровадження необхідних заходів;
- зупинка кровотечі;
- зафіксувати місця переломів;
- забезпечити виконавчі засоби, штучне дихання, зовнішній масаж серця;
- повідомити керівників закладу про те, що сталося;
- важливо знати обставини, за яких сталася травма, умови, що призвели до неї виникнення та час травми, особливо коли постраждалий втратив свідомість.

## 17. Аналіз режимів роботи холодильної установки для заморожування риби

**Компресорне охолодження:** найпоширеніший спосіб охолодження, який передбачає використання компресора для стиснення газоподібного холодоагенту, який потім конденсується в рідину та поглинає тепло з навколишнього середовища. Потім охолоджений холодоагент циркулює через систему змішувачів або труб для передачі холодного повітря в зону зберігання риби. Цей режим охолодження є відносно ефективним і може використовуватися в різних умовах, але для його роботи потрібна електрика, і він може бути непрактичним у місцях без надійних джерел живлення.

**Холодильна система на сонячних батареях:** у регіонах, де немає надійного доступу до електроенергії, холодильна система на сонячних батареях може бути хорошим варіантом. Це передбачає використання фотоелектричних панелей для виробництва електроенергії, яка потім використовується для живлення холодильної системи на основі компресора. У довгостроковій перспективі це може бути більш стійким і економічно ефективним варіантом, але попередні витрати на встановлення сонячних панелей та інших компонентів можуть бути високими.

**Абсорбційне охолодження:** цей режим охолодження використовує джерело тепла для керування процесом охолодження, а не компресор. У системі використовується суміш води та аміаку (або іншого холодоагенту), яка нагрівається для утворення пари, яка потім конденсується та випаровується для створення ефекту охолодження. Цей режим охолодження часто використовується в місцях, де немає електрики, але він може бути менш ефективним, ніж охолодження на основі компресора, і для роботи потрібне джерело тепла (наприклад, газовий пальник).

**Охолодження випаровуванням:** у деяких випадках для заморожування риби може бути достатньо простої системи охолодження випаровуванням. Це передбачає використання матеріалу, який може поглинати та утримувати воду (наприклад, мокра тканина або солома), щоб охолоджувати навколишнє середовище через процес випаровування. Це може бути низькотехнологічний і недорогий варіант, але він може бути неефективним у дуже вологому середовищі.

**Заморожування на пластинах:** при заморожуванні на пластинах рибу поміщають між двома металевими пластинами, які охолоджуються до дуже низької температури. Це призводить до швидкого зниження температури риби, що сприяє збереженню її якості. Пластинкове заморожування зазвичай використовується в невеликих операціях, оскільки це відносно недорогий спосіб заморожування риби.

**Кріогенне заморожування:** кріогенне заморожування передбачає використання рідкого азоту або вуглекислого газу для заморожування риби. Цей спосіб дуже швидкий і ефективний, але він також дуже дорогий і вимагає спеціального обладнання. Кріогенне заморожування зазвичай використовується на великих комерційних підприємствах з переробки риби.

Зрештою, обраний режим охолодження залежатиме від таких факторів, як наявність електрики, вартість компонентів і монтажу, розмір і тип зони для зберігання риби, а також бажаний рівень ефективності та стійкості.

**Висновок.** Тип охолодження чи замороження вибирається в залежності від розташування, доступності до стабільного джерела електроенергії, географічного розташування, клімату, від віддаленості підприємства, від потреби обробки продукту за годину.

## 18. Список використаної літератури

1. Пирог П. И. Теплоизоляция холодильников. - М.: Пищевая промышленность. - 1966, 272 стр.

2. Явнель Б. К. Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и установок кондиционирования воздуха.-М.:Агропромиздат.-1989, 224 стр.

3. Бараненко А. В. Практикум по холодильным установкам.-СПб.:Профессия.-2001, 272 стр.

4. Холодильні машини: Метод. вказівки до вивч. дисц. та викон. курс. роботи для студ. спец. 6.090500 “Холодильні машини і установки” заоч. форми навчання /Уклад.: А.В.Форсюк, С.М.Василенко, В.І.Гоштовт. – К.: УДУХТ, 2000. – 42с.

### 5. ХОЛОДИЛЬНА ТЕХНОЛОГІЯ курс лекцій

Масліков М.М. Холодильна технологія: Курс лекцій для студ. спец. 6.090500 “Холодильні машини і установки”, напр. 0905 “Енергетика” ден. та заоч. форм навч. - К.: НУХТ, 2009.– 162 с.