

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

Інститут (факультет) _____ ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого _____
Кафедра _____ теплоенергетики та холодильної техніки _____

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)

_____ (підпис) _____ (прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 20__ р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

_____ (підпис) _____ (прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 20__ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності _____ 142 Енергетичне машинобудування _____

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми _____ Енергомашинобудування _____

на тему: _____ Проект холодозабезпечення розподільчого холодильника
місткістю 10000 т. у м. Київ _____

Виконав: здобувач _____ 5 _____ курсу, групи _____ ЗХМ-5-бск _____

_____ Наталіч Максим Володимирович _____

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник _____ Бондар Володимир Іванович _____

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти _____

(прізвище та ініціали)

(підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

(підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

(підпис)

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

Здобувач _____

(підпис)

Київ - 2021р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

Кафедра теплоенергетики та холодильної техніки

Освітній ступінь _____

Спеціальність 142 Енергетичне машинобудування
(код і назва)

Освітньо-професійна програма Енергомашинобудування

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач

кафедри ТЕХТ

“ 09 ” листопада 2020 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Наталіч Максим Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект холодозабезпечення розподільчого холодильника місткістю 10000 т. у м. Київ

керівник роботи доцент Бондар Володимир Іванович,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ 09 ” 11 2020 року №934-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 09.02.2021р.

3. Вихідні дані до роботи _____

Холодоагент R717

Тип продукту заморожена риба, заморожене вершкове масло, охолоджені рибні консерви

Ізоляційний сендвіч-панелі на основі ППУ

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

1). Технолог. схема оброблення продукції. _____

2). Розрахунок холодильної частини проекту _____

3). Техніко економічні показники _____

4). Охорона праці _____

5. Перелік графічного матеріалу

1. План будівлі холодильника (3 поверхи) _____

2. Розріз будівлі холодильника _____

3. Схема холодильної установки _____

4. Цикл роботи холодильної установки _____

Зміст

Вступ

1. Технологічна схема холодильного оброблення продукції.....
 2. Техніко-економічне обґрунтування.....
 3. Визначення основних розмірів і планування приміщень холодильника.....
 4. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника.....
 5. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень.....
 6. Визначення навантаження на теплообмінне обладнання камер та компресори...
 7. Вибір структури системи охолодження та типу холодильної установки.....
 8. Вибір розрахункового робочого режиму та тепловий розрахунок холодильної машини.....
 9. Вибір теплообмінних апаратів (конденсатор).....
 10. Розрахунок і вибір теплообмінного обладнання холодильних камер.....
 11. Вибір допоміжного обладнання.....
 12. Визначення гідравлічних втрат у трубопроводах.....
 13. Техніко-економічні показники проекту.....
 14. Охорона праці.....
- Список використаної літератури.....

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|----------------------|---------------|-------------|----------------------------------|-----------------------|--------------|---------------|
| | | | | | <i>00. БП. 142. 010. 011. ПЗ</i> | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Розроб.</i> | | <i>Наталіч М.В.</i> | | | <i>Зміст</i> | <i>Літ.</i> | <i>Лист.</i> | <i>Листів</i> |
| <i>Перевір.</i> | | <i>Бондар В.І.</i> | | | | | | |
| <i>Реценз.</i> | | | | | | | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | | | | |
| <i>Затверд.</i> | | <i>Петренко В.П.</i> | | | | | | |
| | | | | | | <i>НУХТ ЗХМ-5-6ск</i> | | |

Вступ

Призначення розподільчих холодильників – рівномірне постачання населення продуктами харчування протягом усього року. Зазвичай їх розміщують у містах, а також промислових центрах. У сезон заготівель на розподільчих холодильниках створюються резервні запаси продуктів. Постачання продуктів на розподільчі холодильники відбувається з виробничих і заготівельних холодильників в охолодженому та/або замороженому видах. Тому на розподільчих холодильниках в основному тільки зберігають охолоджені та заморожені вантажі. Продукти можуть зберігатися протягом тривалого часу (6 міс. та більше). Ємність розподільних холодильників варіюється від 500 до 15 000 т, а в окремих випадках - 30 000-35 000 т.

Розподільчі холодильники умовно поділяють на універсальні та спеціалізовані (для риби, м'яса, фруктів і т.п.). До складу розподільчих холодильників часто входять цехи з виробництва морозива, водного та сухого льоду, цехи для фасування та заморожування фруктів та овочів, а також для фасування масла, м'яса та інших продуктів. Такі підприємства називають холодокомбінатами.

У даному дипломному проекті проектується розподільчий холодильник місткістю 10000т. у м. Київ.

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|----------------------|---------------|-------------|----------------------------------|-----------------------|--------------|---------------|
| | | | | | <i>00. БП. 142. 010. 011. ПЗ</i> | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | <i>Вступ</i> | <i>Літ.</i> | <i>Лист.</i> | <i>Листів</i> |
| <i>Розроб.</i> | | <i>Наталіч М.В.</i> | | | | | | |
| <i>Перевір.</i> | | <i>Бондар В.І.</i> | | | | | | |
| <i>Реценз.</i> | | | | | | | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | | | | |
| <i>Затверд.</i> | | <i>Петренко В.П.</i> | | | | | | |
| | | | | | | <i>НУХТ ЗХМ-5-6ск</i> | | |

1. Технологічна схема холодильного оброблення продукції

Зазвичай розподільчі холодильники використовуються для недовготривалого зберігання продукції в приміській зоні та подальшого забезпечення продукцією через об'єкти торгівлі кінцевого споживача. В таких холодильниках відсутні технологічні процеси, які пов'язані з переробкою продуктів.

Розподільчий холодильник знаходиться у м. Київ. Загальна місткість холодильника 10000 т, з яких: заморожена риба – 2600 т, заморожене вершкове масло – 4400, консерви рибні – 3000 т. Продукція в розподільчий холодильник доставляється вантажівками, розвантаження виконується за допомогою кар. Також для зручності транспортування між поверхами при проектуванні холодильника передбачено вантажні ліфти. Холодозабезпечення здійснюється від власного холодильно-компресорного цеху, де встановлені аміачні холодильні установки.

Заморожена риба

Заморожена риба надходить до холодильника в картонних коробках з температурою -15°C . Далі транспортується по закритій автоплатформі, яка додатково відіграє роль експедиції та вагової, з параметрами повітря: $t_{\text{в}} = 0^{\circ}\text{C}$, $\varphi = 80 \dots 90\%$. Після експедиції та вагової заморожена риба транспортується в камеру зберігання замороженої риби з параметрами повітря $t_{\text{в}} = -18^{\circ}\text{C}$, $\varphi = 95\%$. Зберігається риба до 8 місяць.

Терміни зберігання мороженої риби залежать від температури та способу консервації. При зберіганні використовують дощаті або ж картонні ящики. Тара повинна бути міцною, чистою, без сторонніх запахів.

Дерев'яну тару вистилають обгортувальним папером. Особливо цінні сорти риби поштучно загортають у пергамент.

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|----------------------|---------------|-------------|---|-----------------------|--------------|---------------|
| | | | | | <i>00. БП. 142. 010. 011. ПЗ</i> | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Розроб.</i> | | <i>Наталіч М.В.</i> | | | <i>Технологічна схема холодильного оброблення продукції</i> | <i>Літ.</i> | <i>Лист.</i> | <i>Листів</i> |
| <i>Перевір.</i> | | <i>Бондар В.І.</i> | | | | | | |
| <i>Реценз.</i> | | | | | | | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | | | | |
| <i>Затверд.</i> | | <i>Петренко В.П.</i> | | | | | | |
| | | | | | | <i>НУХТ ЗХМ-5-бск</i> | | |

Ящики з мороженої рибою укладають в штабелі з прокладками між рядами для забезпечення вільної циркуляції повітря. Чим щільніше покладена морожена риба у штабелі, тим краще її збереженість і менше усушка.

Рибні консерви

Консерви до розподільчого холодильника надходять з переробних заводів автомобільним транспортом на європалетах.

Зберігають консерви в сухих прохолодних приміщеннях, без різких коливань температури. Оптимальний режим зберігання консервів при температурі від 0 до 5°C при відносній вологості повітря не вище 75%.

Консерви надходять у торгівельні мережі в металевих банках, в банках з алюмінієвої фольги, ламінованої поліпропіленом, у скляних банках.

Заморожене вершкове масло

Заморожене масло надходить до розподільчого холодильника фасованим в пачках з температурою -16 °C. Масло потрапляє до загальної експедиції з параметрами повітря: $t_v = 0^\circ\text{C}$, $\varphi = 80 \dots 90\%$. Далі вершкове масло направляється в камери зберігання з параметрами $t_v = -18^\circ\text{C}$, $\varphi = 80\%$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | 00. БП. 142. 010. 011. ПЗ | Лист |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

2. Техніко-економічне обґрунтування

В розробленій схемі даного дипломного проекту я проектую холодильну установку з використанням ступеневого дроселювання аміаку, що дає змогу значно зменшити паровміст в потоці після дроселювання для низьких температур. Це значно знизило об'єм пари, яку необхідно стискати компресорам нижнього ступеня.

В холодильній установці прийнято горизонтальний компаундний ресивер. Його перевагою є велика площа дзеркала аміаку, що забезпечує менш швидко зміну рівня рідкого аміаку в порівнянні з вертикальним ресивером. Як наслідок, це призводить до більш стабільної роботи холодильної установки. Але в якості циркуляційних ресиверів прийнято вертикальні ресивера, перевагою яких є можливість їх одночасного використання як віддільників рідини.

Проведення відтайки повітроохолодників відбувається гарячими парами аміаку, значно економить експлуатаційні витрати електроенергії.

В якості конденсатора обрано випарний конденсатор. Для поповнення втрат води, яка випаровується в процесі теплообміну, використовується живильна вода, яка проходить стадію попередньої очистки та пом'якшення за допомогою установки комплексної очистки ТМ Ecosoft. Пом'якшена вода не залишає відкладень на теплообмінній поверхні конденсатора – відповідно продовжується його безаварійна робота при заданій продуктивності.

| | | | | | | | |
|------------------|-------------|----------------------|---------------|-------------|---|--------------|---------------|
| | | | | | <i>00. БП. 142. 010. 011. ПЗ</i> | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | <i>Техніко-економічне обґрунтування</i> | | |
| <i>Розроб.</i> | | <i>Наталіч М.В.</i> | | | | | |
| <i>Перевір.</i> | | <i>Бондар В.І.</i> | | | | | |
| <i>Реценз.</i> | | | | | | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | | | |
| <i>Затверд.</i> | | <i>Петренко В.П.</i> | | | | | |
| | | | | | <i>Літ.</i> | <i>Лист.</i> | <i>Листів</i> |
| | | | | | <i>НУХТ ЗХМ-5-бск</i> | | |

3. Визначення основних розмірів та планування приміщень холодильника

Об'ємно-планувальні рішення розподільчого холодильника повинні забезпечувати застосування прогресивної технології зберігання вантажів, широке застосування засобів механізації навантажувально-розвантажувальних робіт, поточність переміщення вантажів, зручність обслуговування обладнання.

Враховуючи технічне завдання на проектування, необхідно скласти план холодильника, в якому буде зберігатися:

1. 2600 тон замороженої риби при температурі -18°C ;
2. 4400 тон замороженого масла при температурі -18°C ;
3. 3000 тон рибних консерв при температурі $+5^{\circ}\text{C}$;
4. експедиційні, допоміжні та службові приміщення.

1) Приймаю розмір сітки колон: 6х6 м.

2) Визначаю основну площу камер зберігання:

$$F_{\text{кам.зб.}} = \frac{B_{\text{к}}}{q_{\text{v}} \cdot h_{\text{гр}} \cdot \beta}$$

де: $B_{\text{к}}$ - місткість камер зберігання, т;

q_{v} - норма завантаження на 1 м^3 вантажного об'єму камери;

$h_{\text{гр}}$ - вантажна висота штабеля, приймаю 4,2 м для камери висотою 4,8 м;

β – коефіцієнт використання будівельної площі камери; $\beta=0,8-0,85$ для холодильників з площею більше ніж 400 м^2 [1];

Розрахункові питомі навантаження q_{v} від продуктів приймаю на рівні:

- Заморожена риба в картонних ящиках $q_{\text{v}} = 0,45 \text{ т/м}^3$;
- Рибні консерви в картонних ящиках $q_{\text{v}} = 0,65 \text{ т/м}^3$;
- Заморожене вершкове масло в картонних ящиках $q_{\text{v}} = 0,8 \text{ т/м}^3$.

| | | | | |
|--|-------------|-----------------------|---------------|---------------|
| <i>00. БП. 142. 010. 011. ПЗ</i> | | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |
| <i>Розроб.</i> | | <i>Наталіч М.В.</i> | | |
| <i>Перевір.</i> | | <i>Бондар В.І.</i> | | |
| <i>Реценз.</i> | | | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | |
| <i>Затверд.</i> | | <i>Петренко В.П.</i> | | |
| <i>Визначення основних розмірів та планування приміщень холодильника</i> | | | | |
| | | <i>Літ.</i> | <i>Лист.</i> | <i>Листів</i> |
| | | <i>НУХТ ЗХМ-5-бск</i> | | |

а) Риба морожена в картонних ящиках:

$$F_{к.зб.р} = \frac{B_k}{q_v \cdot h_{сп} \cdot \beta} = \frac{2600}{0,45 \cdot 4,2 \cdot 0,85} = 1618,42 \text{ м}^2;$$

Кількість будівельних прямокутників камер:

$$n = \frac{F_{к.зб.р}}{f}$$

де f – будівельна площа одного прямокутника;

$$f = 6 \times 6 = 36 \text{ м}^2;$$

$$n = \frac{1618,42}{36} = 44,956 \text{ (приймаємо 45 прямокутники)}$$

б) Рибні консерви в картонних ящиках:

$$F_{к.зб.рк} = \frac{3000}{0,65 \cdot 4,2 \cdot 0,85} = 1292,825 \text{ м}^2;$$

Кількість будівельних прямокутників камер:

$$n = \frac{1292,825}{36} = 35,91 \text{ (приймаємо 36 прямокутників)}$$

в) Вершкове масло в картонних ящиках:

$$F_{к.зб.рн} = \frac{4400}{0,65 \cdot 4 \cdot 0,85} = 1540,62 \text{ м}^2;$$

Кількість будівельних прямокутників камер:

$$n = \frac{1540,62}{36} = 42,79 \text{ (для симетрії будівлі приймаємо 45 прямокутників)}$$

3) Визначаємо спільну площу основних камер зберігання:

$$F_{к.зб.} = F_{к.зб.р} + F_{к.зб.рк} + F_{к.зб.рн}$$

$$F_{к.зб.} = 1618,42 + 1292,82 + 1540,62 = 4451,86 \text{ м}^2;$$

4) Площа допоміжних приміщень:

$$F_{доп.} = 0,35 \cdot F_{к.зб.} = 0,35 \cdot 4451,86 = 1558,15 \text{ м}^2;$$

5) Площа холодильника в контурі ізоляції:

$$F_{охл.} = F_{к.зб.} + F_{доп.} = 4451,86 + 1558,15 = 6010,01 \text{ м}^2;$$

$$n = \frac{6010,01}{36} = 166,94 \text{ (приймаємо 167 прямокутників);}$$

6) Площа машинного відділення:

$$F_{м.в.} = (0,05 \div 0,35) \cdot F_{охл.} = 0,05 \cdot 6010,01 = 300,5 \text{ м}^2;$$

$$n = \frac{300,5}{36} = 8,35 \text{ (приймаємо 8 прямокутників);}$$

Зводимо отримані значення площ приміщень до таблиці 1.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | 00. БП. 142. 010. 011. ПЗ | Лист |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Таблиця 1

| Камера | q | F | n |
|--|------|----------|----|
| Заморожена риба в картонних ящиках | 0,45 | 1618,42 | 45 |
| Рибні консерви в картонних ящиках | 0,65 | 1292,825 | 36 |
| Заморожене вершкове масло в картонних ящиках | 0,8 | 1540,62 | 45 |
| | | | |
| Машинне відділення | | 300,5 | 8 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | 00. БП. 142. 010. 011. ПЗ | Лист |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

4. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника

1) Розрахунок ізоляції зовнішніх стін камер зберігання замороженої риби:

Температура в камері зберігання $t_{кам.} = -18^{\circ}C$; охолодження безпосереднє.

Необхідне значення коефіцієнта теплопередачі для камери:

$$K_0^{mp} = 0,25 \frac{Вт}{м^2 \times К}$$

Коефіцієнт тепловіддачі приймаємо по табл. 8.1:

$$\alpha_{зов.} = 23 \frac{Вт}{м^2 \times К}; \quad \alpha_{вн.мор.} = 9 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

Зовнішня стіна камери зберігання

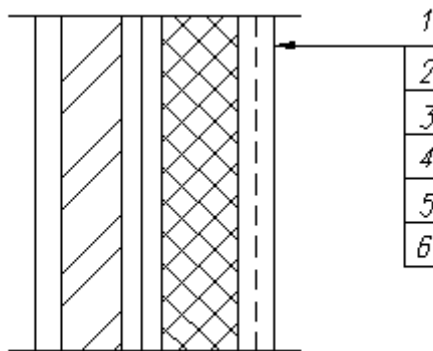


рис. 1

1. Штукатурка складним розчином по металевій стінці.

$$\delta_{шт.сітка} = 0,02 м;$$

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

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

2. Теплоізоляція із сендвіч-панелей на основі ППУ;

$$\lambda_{із.} = 0,022 \frac{Вт}{м \times К};$$

| | | | | | | | |
|-----------|------|---------------|--------|------|--|-------|--------|
| | | | | | 00. БП. 142. 010. 011. ПЗ | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |
| Розроб. | | Наталіч М.В. | | | Літ. | Лист. | Листів |
| Перевір. | | Бондар В.І. | | | | | |
| Реценз. | | | | | Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника НУХТ ЗХМ-5-6ск | | |
| Н. Контр. | | | | | | | |
| Затверд. | | Петренко В.П. | | | | | |

3. Пароізоляція: 2 шари гідроізолю на бітумній мастиці.

$$\delta_{\text{пароізол.}} = 0,04 \text{ м};$$

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

$$R_{\text{пароізол.}} = \frac{\delta_{\text{пароізол.}}}{\lambda_{\text{пароізол.}}} = 0,13 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}};$$

4. Штукатурка цементно-піскова:

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

$$\lambda_{\text{штук.}} = 0,93 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}};$$

$$R_{\text{штук.}} = \frac{\delta_{\text{штук.}}}{\lambda_{\text{штук.}}} = 0,022 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}};$$

5. Кладка цеглова на цементному розчині:

$$\delta_{\text{кл.цегл.}} = 0,065 \text{ м};$$

$$\lambda_{\text{кл.цегл.}} = 0,81 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}};$$

$$R_{\text{кл.цегл.}} = \frac{\delta_{\text{кл.цегл.}}}{\lambda_{\text{кл.цегл.}}} = 0,08 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}};$$

6. Штукатурка складним розчином:

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

$$\lambda_{\text{шт.розч.}} = 0,93 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}};$$

$$R_{\text{шт.розч.}} = \frac{\delta_{\text{шт.розч.}}}{\lambda_{\text{шт.розч.}}} = 0,022 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}};$$

Сумарний термічний опір:

$$\begin{aligned} \sum R_{\text{сум.мор.}} &= R_{\text{шт.сітка}} + R_{\text{пароізол}} + R_{\text{штук.}} + R_{\text{кл.цегл.}} + R_{\text{шт.розч.}} = \\ &= 0,02 + 0,13 + 0,022 + 0,08 + 0,022 = 0,252 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}}; \end{aligned}$$

Необхідна товщина теплоізоляційного шару:

$$\begin{aligned} \delta_{\text{із.}}^{\text{мп.}} &= \lambda_{\text{із.}} \times \left[\frac{1}{K_0^{\text{мп.}}} - \left(\frac{1}{\alpha_{\text{зов.}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн.}}} \right) \right]; \\ \delta_{\text{із.}}^{\text{мп.}} &= 0,022 \times \left[\frac{1}{0,25} - \left(\frac{1}{23} + 0,252 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,079 \text{ м}; \end{aligned}$$

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | 00. БП. 142. 010. 011. ПЗ | | | | |

4. Штукатурка цементно-піскова:

$$\delta_{штук.} = 0,02 м;$$

$$\lambda_{штук.} = 0,93 \frac{Вт}{м \times К};$$

$$R_{штук.} = \frac{\delta_{штук.}}{\lambda_{штук.}} = 0,022 \frac{м^2 \times К}{Вт};$$

5. Кладка цеглова на цементному розчині:

$$\delta_{кл.цегл.} = 0,065 м;$$

$$\lambda_{кл.цегл.} = 0,81 \frac{Вт}{м \times К};$$

$$R_{кл.цегл.} = \frac{\delta_{кл.цегл.}}{\lambda_{кл.цегл.}} = 0,08 \frac{м^2 \times К}{Вт};$$

6. Штукатурка складним розчином:

$$\delta_{шт.розч.} = 0,02 м;$$

$$\lambda_{шт.розч.} = 0,93 \frac{Вт}{м \times К};$$

$$R_{шт.розч.} = \frac{\delta_{шт.розч.}}{\lambda_{шт.розч.}} = 0,022 \frac{м^2 \times К}{Вт};$$

Сумарний термічний опір:

$$\begin{aligned} \sum R_{сум.мор.} &= R_{шт.сітка} + R_{пароізол} + R_{штук.} + R_{кл.цегл.} + R_{шт.розч.} = \\ &= 0,02 + 0,13 + 0,022 + 0,08 + 0,022 = 0,252 \frac{м^2 \times К}{Вт}; \end{aligned}$$

Необхідна товщина теплоізоляції:

$$\begin{aligned} \delta_{із.}^{мп.} &= \lambda_{із.} \times \left[\frac{1}{K_0^{мп.}} - \left(\frac{1}{\alpha_{зов.}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн.}} \right) \right]; \\ \delta_{із.}^{мп.} &= 0,022 \times \left[\frac{1}{0,25} - \left(\frac{1}{23} + 0,252 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,079 м; \end{aligned}$$

Приймаю товщину теплоізоляційного шару 100мм.

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

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

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | 00. БП. 142. 010. 011. ПЗ | | | | |

$$K_0^d = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + 0,252 + \frac{1}{9}\right) + \frac{0,1}{0,022}} = 0,202 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

3) Розрахунок ізоляції зовнішніх стін камер зберігання рибних консерв:

Температура в камері зберігання $t = +5^{\circ}C$; охолодження безпосереднє.

Необхідне значення коефіцієнта теплопередачі для камери:

$$K_0^{mp} = 0,42 \frac{Вт}{м^2 \times К}$$

Коефіцієнт тепловіддачі приймаємо по табл. 8.1:

$$\alpha_{зов.} = 23 \frac{Вт}{м^2 \times К}; \quad \alpha_{вн.мор.} = 9 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

Зовнішня стіна камери зберігання.

1. Штукатурка складним розчином по металевій стінці.

$$\delta_{шт.сімка} = 0,02 м;$$

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

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

2. Теплоізоляція із сендвіч-панелей на основі ППУ;

$$\lambda_{із.} = 0,022 \frac{Вт}{м \times К};$$

3. Пароізоляція: 2 шари гідроізолу на бітумній мастиці.

$$\delta_{пароізол.} = 0,04 м;$$

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

$$R_{пароізол.} = \frac{\delta_{пароізол.}}{\lambda_{пароізол.}} = 0,13 \frac{м^2 \times К}{Вт};$$

4. Штукатурка цементно-піскова:

$$\delta_{штук.} = 0,02 м;$$

$$\lambda_{штук.} = 0,93 \frac{Вт}{м \times К};$$

$$R_{штук.} = \frac{\delta_{штук.}}{\lambda_{штук.}} = 0,022 \frac{м^2 \times К}{Вт};$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | 00. БП. 142. 010. 011. ПЗ | Лист |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$\text{Для } t_{\text{вн.}} = 0^{\circ}\text{C} \Rightarrow K_0^{\text{пр.}} = 0,47 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}};$$

$$\alpha_1 = \alpha_2 = 9 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}};$$

α_1 – в камері з $t_{\text{деф.вант.}} = 0^{\circ}\text{C}$;

α_2 – в камері з $t = +5^{\circ}\text{C}$

1. Штукатурка складним розчином по металевій стінці.

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

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

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

2. Теплоізоляція із сендвіч-панелей на основі ППУ;

$$\lambda_{\text{із.}} = 0,022 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}};$$

3. Пароізоляція: 2 шари гідроізолу на бітумній мастиці.

$$\delta_{\text{пароізол.}} = 0,04\text{м};$$

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

$$R_{\text{пароізол.}} = \frac{\delta_{\text{пароізол.}}}{\lambda_{\text{пароізол.}}} = 0,13 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}};$$

4. Штукатурка цементно-піскова:

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

$$\lambda_{\text{штук.}} = 0,93 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}};$$

$$R_{\text{штук.}} = \frac{\delta_{\text{штук.}}}{\lambda_{\text{штук.}}} = 0,022 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}};$$

5. Кладка цеглова на цементному розчині:

$$\delta_{\text{кл.цегл.}} = 0,065\text{м};$$

$$\lambda_{\text{кл.цегл.}} = 0,81 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}};$$

$$R_{\text{кл.цегл.}} = \frac{\delta_{\text{кл.цегл.}}}{\lambda_{\text{кл.цегл.}}} = 0,08 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}};$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | 00. БП. 142. 010. 011. ПЗ | Лист |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

6. Штукатурка складним розчином:

$$\delta_{шт.розч.} = 0,02 м;$$

$$\lambda_{шт.розч.} = 0,93 \frac{Вт}{м \times К};$$

$$R_{шт.розч.} = \frac{\delta_{шт.розч.}}{\lambda_{шт.розч.}} = 0,022 \frac{м^2 \times К}{Вт};$$

Сумарний термічний опір:

$$\begin{aligned} \sum R_{сум.мор.} &= R_{шт.сітка} + R_{пароізол} + R_{штук.} + R_{кл.цегл.} + R_{шт.розч.} = \\ &= 0,02 + 0,13 + 0,022 + 0,08 + 0,022 = 0,252 \frac{м^2 \times К}{Вт}; \end{aligned}$$

Необхідна товщина теплоізоляції:

$$\begin{aligned} \delta_{із.}^{мп.} &= \lambda_{із.} \times \left[\frac{1}{K_0^{мп.}} - \left(\frac{1}{\alpha_{зов.}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн.}} \right) \right]; \\ \delta_{із.}^{мп.} &= 0,022 \times \left[\frac{1}{0,47} - \left(\frac{1}{23} + 0,252 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,038 м; \end{aligned}$$

Приймаю товщину теплоізоляційного шару 50 мм.

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

$$\begin{aligned} K_0^Д &= \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_{зов.}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн.}} \right) + \frac{\delta_{із.дійсне}}{\lambda_{із.}}}; \\ K_0^Д &= \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + 0,252 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,05}{0,022}} = 0,373 \frac{Вт}{м^2 \times К}; \end{aligned}$$

4.2. Стіна між камерою зберігання $t = -18^\circ C$ і камерою зберігання $t = -18^\circ C$

$$K_0^{мп.} = 0,58 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

$$\alpha_1 = \alpha_2 = 11 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

Сумарний термічний опір:

$$\begin{aligned} \sum R_{сум.мор.} &= R_{шт.сітка} + R_{пароізол} + R_{штук.} + R_{кл.цегл.} + R_{шт.розч.} = \\ &= 0,02 + 0,13 + 0,022 + 0,08 + 0,022 = 0,252 \frac{м^2 \times К}{Вт}; \end{aligned}$$

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | 00. БП. 142. 010. 011. ПЗ | | | | |

Необхідна товщина теплоізоляції:

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

$$\delta_{із.}^{mp.} = 0,022 \times \left[\frac{1}{0,58} - \left(\frac{1}{9} + 0,252 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,027 \text{ м};$$

Приймаю товщину теплоізоляційного шару 50 мм.

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

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

$$K_0^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{9} + 0,252 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,05}{0,022}} = 0,364 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}};$$

4.3. Стіна між камерою зберігання консерв $t = +5^\circ\text{C}$ і службовим приміщенням

$t = +18^\circ\text{C}$

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

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

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

$\alpha_{вн.}$ – в камері зберігання консерв з $t = +5^\circ\text{C}$

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

Сумарний термічний опір:

$$\sum R_{сум.мор.} = R_{шт.сітка} + R_{пароізол} + R_{штук.} + R_{кл.цегл.} + R_{шт.розч.} =$$

$$= 0,02 + 0,13 + 0,022 + 0,08 + 0,022 = 0,252 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}};$$

Необхідна товщина теплоізоляції:

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

$$\delta_{із.}^{mp.} = 0,022 \times \left[\frac{1}{0,47} - \left(\frac{1}{9} + 0,252 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,036 \text{ м};$$

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

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

$$K_0^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{9} + 0,252 + \frac{1}{8} \right) + \frac{0,05}{0,022}} = 0,362 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

4.5. Стіна між автоплатформою $t = 0^\circ C$ і камерою зберігання консерв $t = +5^\circ C$:

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

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

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

Сумарний термічний опір:

$$\begin{aligned} \sum R_{сум.мор.} &= R_{шт.сітка} + R_{пароізол} + R_{штук.} + R_{кл.цегл.} + R_{шт.розч.} = \\ &= 0,02 + 0,13 + 0,022 + 0,08 + 0,022 = 0,252 \frac{м^2 \times К}{Вт}; \end{aligned}$$

Необхідна товщина теплоізоляції:

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

$$\delta_{із.}^{mp.} = 0,022 \times \left[\frac{1}{0,58} - \left(\frac{1}{9} + 0,252 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,027 м;$$

Приймаю товщину теплоізоляційного шару 50 мм.

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

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

$$K_0^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{9} + 0,252 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,05}{0,022}} = 0,364 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

5) Внутрішні стіни

Внутрішні стіни зроблені з цегли

5.1. Стіна між камерою зберігання $t = -18^\circ C$ і коридором $t = 0^\circ C$

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

00. БП. 142. 010. 011. ПЗ

$$K_0^{mp.} = 0,26 \frac{Вт}{м^2 \times К}; \quad [1, \text{табл. 8.4}]$$

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

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

Сумарний термічний опір:

$$\begin{aligned} \sum R_{\text{сум.мор.}} &= R_{\text{шт.сітка}} + R_{\text{пароізол}} + R_{\text{штук.}} + R_{\text{кл.цегл.}} + R_{\text{шт.розч.}} = \\ &= 0,02 + 0,13 + 0,022 + 0,08 + 0,022 = 0,252 \frac{м^2 \times К}{Вт}; \end{aligned}$$

Необхідна товщина теплоізоляції:

$$\begin{aligned} \delta_{із.}^{mp.} &= \lambda_{із.} \times \left[\frac{1}{K_0^{mp.}} - \left(\frac{1}{\alpha_{зов.}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн.}} \right) \right]; \\ \delta_{із.}^{mp.} &= 0,022 \times \left[\frac{1}{0,26} - \left(\frac{1}{9} + 0,252 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,074 м; \end{aligned}$$

Приймаю товщину теплоізоляційного шару 100 мм.

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

$$\begin{aligned} K_0^D &= \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_{зов.}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн.}} \right) + \frac{\delta_{із.дійсне}}{\lambda_{із.}}}; \\ K_0^D &= \frac{1}{\left(\frac{1}{9} + 0,252 + \frac{1}{8} \right) + \frac{0,1}{0,022}} = 0,199 \frac{Вт}{м^2 \times К}; \end{aligned}$$

5.2. Стіна між камерою зберігання консерв $t = +5^\circ C$ і коридором $t = 0^\circ C$

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

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

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

Сумарний термічний опір:

$$\begin{aligned} \sum R_{\text{сум.мор.}} &= R_{\text{шт.сітка}} + R_{\text{пароізол}} + R_{\text{штук.}} + R_{\text{кл.цегл.}} + R_{\text{шт.розч.}} = \\ &= 0,02 + 0,13 + 0,022 + 0,08 + 0,022 = 0,252 \frac{м^2 \times К}{Вт}; \end{aligned}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | 00. БП. 142. 010. 011. ПЗ | Лист |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Необхідна товщина теплоізоляції:

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

$$\delta_{із.}^{mp.} = 0,022 \times \left[\frac{1}{0,58} - \left(\frac{1}{9} + 0,252 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,027 \text{ м};$$

Приймаю товщину теплоізоляційного шару 50 мм.

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

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

$$K_0^D = \frac{1}{\left(\frac{1}{9} + 0,252 + \frac{1}{8} \right) + \frac{0,05}{0,022}} = 0,364 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}};$$

5.3. Стіна між камерою дефектних вантажів $t = 0^\circ\text{C}$ і коридором $t = 0^\circ\text{C}$

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

$$\alpha_{вн.} = 8 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}; \quad [1, \text{табл. 8.1}]$$

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

Сумарний термічний опір:

$$\sum R_{\text{сум.мор.}} = R_{\text{шт.сітка}} + R_{\text{пароізол}} + R_{\text{штук.}} + R_{\text{кл.цегл.}} + R_{\text{шт.розч.}} =$$

$$= 0,02 + 0,13 + 0,022 + 0,08 + 0,022 = 0,252 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}};$$

Необхідна товщина теплоізоляції:

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

$$\delta_{із.}^{mp.} = 0,022 \times \left[\frac{1}{0,58} - \left(\frac{1}{8} + 0,252 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,027 \text{ м};$$

Приймаю товщину теплоізоляційного шару 50 мм.

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

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | 00. БП. 142. 010. 011. ПЗ | Лист |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

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

$$K_0^{\text{л}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{8} + 0,252 + \frac{1}{8} \right) + \frac{0,05}{0,022}} = 0,36 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}};$$

6) Покрівля камери зберігання (рис.3) $t = -18^\circ\text{C}$;

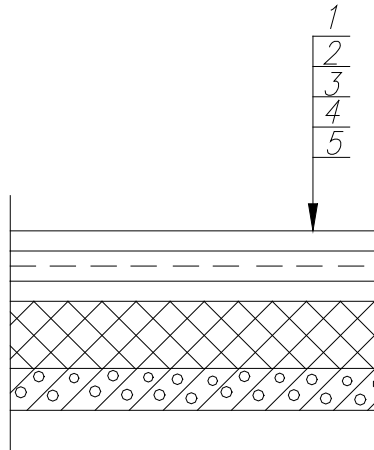


рис.3

1.- 5 шарів гідроізолю на бітумній містиці:

$$\delta_1 = 0,012\text{м};$$

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

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

2.- стяжка з бетону по металевій сітці;

$$\delta_2 = 0,04\text{м};$$

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

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

3.- пароізоляція (шар пергаміну):

$$\delta_3 = 0,001\text{м};$$

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

R_3 - не враховуємо;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | 00. БП. 142. 010. 011. ПЗ | Лист |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

4.- теплоізоляція із сендвіч-панелей на основі ППУ;

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

5.- залізобетонна плита покрівлі:

$$\delta_5 = 0,035 м;$$

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

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

Сумарний термічний опір:

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

$$K_0^{mp.} = 0,17 \frac{Вт}{м^2 \times К}; \text{ (табл. 8.4, Явнель)}$$

$$\alpha_{вн.} = 11 \frac{Вт}{м^2 \times К}; \text{ (табл. 8.1, Явнель)}$$

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

Необхідна товщина теплоізоляції:

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

$$\delta_{із.}^{mp.} = 0,022 \times \left[\frac{1}{0,17} - \left(\frac{1}{11} + 0,079 + \frac{1}{23} \right) \right] = 0,125 м;$$

Приймаю товщину теплоізоляційного шару 150 мм.

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

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

$$K_0^д = \frac{1}{\left(\frac{1}{11} + 0,079 + \frac{1}{23} \right) + \frac{0,15}{0,05}} = 0,142 \frac{Вт}{м^2 \times К};$$

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | 00. БП. 142. 010. 011. ПЗ | | | | | |

Зведена таблиця 4.1

| Огородженн я | t кам, °C | t зов, °C | α зов, Вт/м ² ·К | α вн, Вт/м ² ·К | Товщина теплоізоляції, мм | | Коефіцієнт теплопередачі Вт/м ² ·К | |
|---|--------------|--------------|-----------------------------------|-------------------------------|------------------------------|--------|---|--------|
| | | | | | потрібна | дійсна | потрібн а | дійсна |
| Зовнішня стіна камери зберігання (заморожена риба) | -18 | - | 23 | 9 | 79 | 100 | 0,25 | 0,202 |
| Зовнішня стіна камери зберігання консерв | +5 | - | 23 | 9 | 40 | 100 | 0,42 | 0,202 |
| Стіна між камерою зберігання консерв і камерою дефектних вантажів | +5 | 0 | 9 | 8 | 27 | 50 | 0,58 | 0,364 |
| Стіна між камерою зберігання(- 18 °C) і камерою зберігання(- 18 °C) | -18 | -18 | 11 | 11 | 27 | 50 | 0,58 | 0,364 |
| Стіна між камерою зберігання консерв і службовим приміщення м | +5 | 18 | 8 | 9 | 36 | 50 | 0,47 | 0,362 |
| Стіна між камерою зберігання консерв і машинним відділенням | +5 | 18 | 8 | 9 | 36 | 50 | 0,47 | 0,362 |
| Стіна між камерою зберігання консерв і автоплатфор мою | +5 | 0 | 9 | 9 | 27 | 50 | 0,58 | 0,364 |

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | 00. БП. 142. 010. 011. ПЗ | | | | Лист |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

| | | | | | | | | |
|--|-----|---|----|----|-----|-----|------|-------|
| Стіна між камерою зберігання масла та коридором | -18 | 0 | 9 | 8 | 74 | 100 | 0,26 | 0,199 |
| Стіна між камерою зберігання консерв і коридором | +5 | 0 | 9 | 8 | 27 | 50 | 0,58 | 0,364 |
| Стіна між камерою дефектних вантажів і коридором | 0 | 0 | 8 | 8 | 27 | 50 | 0,58 | 0,36 |
| Покрівля камери зберігання | -18 | - | 23 | 11 | 125 | 150 | 0,17 | 0,142 |

5. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень

Кількість теплоти, що необхідно відводити вів охолоджуваного 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 – теплонадходження відповідно через огорожувальні будівельні конструкції, від продуктів при холодильній обробці, від вентиляції приміщень, пов'язане з експлуатацією камери, що виділяється продуктами під час дихання.

1) Розраховуємо теплонадходження через огорожуючі конструкції.

$$Q_1 = Q_{1m} + Q_{1c}, \text{Вт};$$

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

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

Камера №2.1. Визначаю надходження теплоти через зовнішні стіни в камері зберігання замороженої риби.

Стіна зовнішня західна:

$$t_{\text{к.зб.}} = -18^{\circ}\text{C};$$

$$K_{\theta} = 0,202 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}};$$

$$t_{\text{зов.}} = 31^{\circ}\text{C};$$

$$F = 18 \times 4,8 = 86,4 \text{ м}^2;$$

$$a = 18 \text{ м};$$

$$h = 4,8 \text{ м};$$

$$Q_{1m} = 0,202 \cdot 86,4 \cdot (31 - (-18)) \times 10^{-3} = 0,855 \text{ кВт};$$

Теплонадходження від сонячної радіації:

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

| | | | | | | | | |
|-----------|------|---------------|--------|------|--|-----------------------|-------|--------|
| | | | | | 00. БП. 142. 010. 011. ПЗ | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | |
| Розроб. | | Наталіч М.В. | | | Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень | Літ. | Лист. | Листів |
| Перевір. | | Бондар В.І. | | | | | | |
| Реценз. | | | | | | | | |
| Н. Контр. | | | | | | | | |
| Затверд. | | Петренко В.П. | | | | НУХТ ЗХМ-5-6ск | | |

Стіна цегляна, покрита світлою штукатуркою:

$$\Delta t_c = 13.2^\circ\text{C} \text{ [1. табл. 9.1.]}$$

$$K_o = 0,202 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}};$$

$$Q_{1c} = 0,202 \cdot 86,4 \cdot 13,2 \cdot 10^{-3} = 0,217 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = Q_{1m} + Q_{1c} = 0,855 + 0,217 = 1,072 \text{ кВт};$$

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

Таблиця №5.1.1

| Загорожа | $K_o^A \text{ (Вт)/(м}^2 \cdot \text{К)}$ | $F, \text{ м}^2$ | $t_{\text{зов.}}, ^\circ\text{C}$ | $\theta, ^\circ\text{C}$ | $Q_{1m}, \text{ кВт}$ | $\Delta t_c, ^\circ\text{C}$ | $Q_{1c}, \text{ кВт}$ | $Q_{1об}, \text{ кВт}$ |
|---|---|------------------|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------|
| Камера 2.1 (Камера зберігання замороженої риби -18°C) | | | | | | | | |
| північ | 0,202 | 86,4 | 31 | 49 | 0,855187 | 0 | 0 | 0,855187 |
| південь | 0,364 | 86,4 | -18 | 0 | - | 0 | 0 | 0 |
| захід | 0,202 | 86,4 | 31 | 49 | 0,855187 | 13,2 | 0,230377 | 1,085564 |
| схід | 0,199 | 86,4 | -18 | 0 | - | 0 | 0 | 0 |
| підлога | 0,18 | 324 | 1 | 19 | 1,10808 | 0 | 0 | 1,10808 |
| покрівля | 0,142 | 324 | 1 | 19 | 0,874152 | 0 | 0 | 0,874152 |
| | | | | | | | | 3,922983 |

Таблиця №5.1.2

| Загорожа | $K_o^A \text{ (Вт)/(м}^2 \cdot \text{К)}$ | $F, \text{ м}^2$ | $t_{\text{зов.}}, ^\circ\text{C}$ | $\theta, ^\circ\text{C}$ | $Q_{1m}, \text{ кВт}$ | $\Delta t_c, ^\circ\text{C}$ | $Q_{1c}, \text{ кВт}$ | $Q_{1об}, \text{ кВт}$ |
|---|---|------------------|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------|
| Камера 2.2 (Камера зберігання замороженої риби -18°C) | | | | | | | | |
| північ | 0,364 | 86,4 | -18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| південь | 0,202 | 86,4 | 31 | 49 | 0,855187 | 6,6 | 0,115188 | 0,970376 |
| захід | 0,202 | 86,4 | 31 | 49 | 0,855187 | 13,2 | 0,230377 | 1,085564 |
| схід | 0,199 | 86,4 | -18 | 0 | - | 0 | 0 | 0 |
| підлога | 0,18 | 324 | 1 | 19 | 1,10808 | 0 | 0 | 1,10808 |
| покрівля | 0,142 | 324 | 1 | 19 | 0,874152 | 0 | 0 | 0,874152 |
| | | | | | | | | 4,038172 |

Таблиця №5.1.3

| Загорожа | $K_o^A \text{ (Вт)/(м}^2 \cdot \text{К)}$ | $F, \text{ м}^2$ | $t_{\text{зов.}}, ^\circ\text{C}$ | $\theta, ^\circ\text{C}$ | $Q_{1m}, \text{ кВт}$ | $\Delta t_c, ^\circ\text{C}$ | $Q_{1c}, \text{ кВт}$ | $Q_{1об}, \text{ кВт}$ |
|---|---|------------------|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------|
| Камера 2.3 (Камера зберігання замороженої риби -18°C) | | | | | | | | |
| північ | 0,199 | 86,4 | 0 | 18 | 0,309485 | 0 | 0 | 0,309485 |
| південь | 0,199 | 86,4 | 0 | 18 | 0,309485 | 0 | 0 | 0,309485 |
| захід | 0,364 | 86,4 | -18 | 0 | - | 0 | 0 | 0 |
| схід | 0,364 | 86,4 | -18 | 0 | - | 0 | 0 | 0 |
| підлога | 0,18 | 324 | 1 | 18 | 1,04976 | 0 | 0 | 1,04976 |
| покрівля | 0,142 | 324 | 1 | 19 | 0,874152 | 0 | 0 | 0,874152 |
| | | | | | | | | 2,542882 |

Таблиця №5.1.4

| Загорожа | $K_0^A (Вт)/(м^2*К)$ | F, м ² | t _{зов.} , °С | θ, °С | Q _{1m} , кВт | Δtс °С | Q _{1с} , кВт | Q _{1об} , кВт |
|---|----------------------|-------------------|------------------------|-------|-----------------------|--------|-----------------------|------------------------|
| Камера 2.4 (Камера зберігання замороженої риби -18°С) | | | | | | | | |
| північ | 0,202 | 86,4 | 31 | 49 | 0,855187 | 0 | 0 | 0,855187 |
| південь | 0,364 | 86,4 | -18 | 0 | - | 0 | 0 | 0 |
| захід | 0,199 | 86,4 | -18 | 0 | - | 0 | 0 | 0 |
| схід | 0,202 | 86,4 | 31 | 49 | 0,855187 | 11 | 0,191981 | 1,047168 |
| підлога | 0,18 | 324 | 5 | 23 | 1,34136 | 0 | 0 | 1,34136 |
| покрівля | 0,142 | 324 | 1 | 19 | 0,874152 | 0 | 0 | 0,874152 |
| | | | | | | | | 4,117867 |

Таблиця №5.1.5

| Загорожа | $K_0^A (Вт)/(м^2*К)$ | F, м ² | t _{зов.} , °С | θ, °С | Q _{1m} , кВт | Δtс °С | Q _{1с} , кВт | Q _{1об} , кВт |
|---|----------------------|-------------------|------------------------|-------|-----------------------|--------|-----------------------|------------------------|
| Камера 2.5 (Камера зберігання замороженої риби -18°С) | | | | | | | | |
| північ | 0,364 | 86,4 | -18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| південь | 0,202 | 86,4 | 31 | 49 | 0,855187 | 6,6 | 0,115188 | 0,970376 |
| захід | 0,199 | 86,4 | -18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| схід | 0,202 | 86,4 | 31 | 49 | 0,855187 | 11 | 0,191981 | 1,047168 |
| підлога | 0,18 | 324 | 5 | 23 | 1,34136 | 0 | 0 | 1,34136 |
| покрівля | 0,142 | 324 | 1 | 19 | 0,874152 | 0 | 0 | 0,874152 |
| | | | | | | | | 4,233056 |

Таблиця №5.1.6

| Загорожа | $K_0^A (Вт)/(м^2*К)$ | F, м ² | t _{зов.} , °С | θ, °С | Q _{1m} , кВт | Δtс °С | Q _{1с} , кВт | Q _{1об} , кВт |
|--|----------------------|-------------------|------------------------|-------|-----------------------|--------|-----------------------|------------------------|
| Камера 1.1 (Камера зберігання замороженого вершкового масла -18°С) | | | | | | | | |
| північ | 0,202 | 86,4 | 31 | 49 | 0,855187 | 0 | 0 | 0,855187 |
| південь | 0,364 | 86,4 | -18 | 0 | - | 0 | 0 | 0 |
| захід | 0,202 | 86,4 | 31 | 49 | 0,855187 | 13,2 | 0,230377 | 1,085564 |
| схід | 0,199 | 86,4 | -18 | 0 | - | 0 | 0 | 0 |
| підлога | 0,18 | 324 | 1 | 19 | 1,10808 | 0 | 0 | 1,10808 |
| покрівля | 0,142 | 324 | 31 | 49 | 2,254392 | 14,9 | 0,685519 | 2,939911 |
| | | | | | | | | 5,988743 |

Таблиця №5.1.7

| Загорожа | $K_0^A (Вт)/(м^2*К)$ | F, м ² | t _{зов.} , °С | θ, °С | Q _{1m} , кВт | Δtс °С | Q _{1с} , кВт | Q _{1об} , кВт |
|--|----------------------|-------------------|------------------------|-------|-----------------------|--------|-----------------------|------------------------|
| Камера 1.2 (Камера зберігання замороженого вершкового масла -18°С) | | | | | | | | |
| північ | 0,364 | 86,4 | -18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| південь | 0,202 | 86,4 | 31 | 49 | 0,855187 | 6,6 | 0,115188 | 0,970376 |
| захід | 0,202 | 86,4 | 31 | 49 | 0,855187 | 13,2 | 0,230377 | 1,085564 |
| схід | 0,199 | 86,4 | -18 | 0 | - | 0 | 0 | 0 |
| підлога | 0,18 | 324 | 1 | 19 | 1,10808 | 0 | 0 | 1,10808 |
| покрівля | 0,142 | 324 | 31 | 49 | 2,254392 | 14,9 | 0,685519 | 2,939911 |
| | | | | | | | | 6,103931 |

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | 00. БП. 142. 010. 011. ПЗ | | | | Лист |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

Таблиця №5.1.8

| Загорожа | $K_0^{Av} (Вт)/(м^2*К)$ | $F, м^2$ | $t_{зов.}, °С$ | $\theta, °С$ | $Q_{1m}, кВт$ | $\Delta t_c, °С$ | $Q_{1c}, кВт$ | $Q_{1об}, кВт$ |
|--|-------------------------|----------|----------------|--------------|---------------|------------------|---------------|----------------|
| Камера 1.3 (Камера зберігання замороженого вершкового масла -18°С) | | | | | | | | |
| північ | 0,199 | 86,4 | 0 | 18 | 0,309485 | 0 | 0 | 0,309485 |
| південь | 0,199 | 86,4 | 0 | 18 | 0,309485 | 0 | 0 | 0,309485 |
| захід | 0,364 | 86,4 | -18 | 0 | - | 0 | 0 | 0 |
| схід | 0,364 | 86,4 | -18 | 0 | - | 0 | 0 | 0 |
| підлога | 0,18 | 324 | 1 | 19 | 1,10808 | 0 | 0 | 1,10808 |
| покрівля | 0,142 | 324 | 31 | 49 | 2,254392 | 14,9 | 0,685519 | 2,939911 |
| | | | | | | | | 4,666961 |

Таблиця №5.1.9

| Загорожа | $K_0^{Av} (Вт)/(м^2*К)$ | $F, м^2$ | $t_{зов.}, °С$ | $\theta, °С$ | $Q_{1m}, кВт$ | $\Delta t_c, °С$ | $Q_{1c}, кВт$ | $Q_{1об}, кВт$ |
|--|-------------------------|----------|----------------|--------------|---------------|------------------|---------------|----------------|
| Камера 1.4 (Камера зберігання замороженого вершкового масла -18°С) | | | | | | | | |
| північ | 0,202 | 86,4 | 31 | 49 | 0,855187 | 0 | 0 | 0,855187 |
| південь | 0,364 | 86,4 | -18 | 0 | - | 0 | 0 | 0 |
| захід | 0,199 | 86,4 | -18 | 0 | - | 0 | 0 | 0 |
| схід | 0,202 | 86,4 | 31 | 49 | 0,855187 | 11 | 0,191981 | 1,047168 |
| підлога | 0,18 | 324 | 1 | 19 | 1,10808 | 0 | 0 | 1,10808 |
| покрівля | 0,142 | 324 | 31 | 49 | 2,254392 | 14,9 | 0,685519 | 2,939911 |
| | | | | | | | | 5,950346 |

Таблиця №5.1.10

| Загорожа | $K_0^{Av} (Вт)/(м^2*К)$ | $F, м^2$ | $t_{зов.}, °С$ | $\theta, °С$ | $Q_{1m}, кВт$ | $\Delta t_c, °С$ | $Q_{1c}, кВт$ | $Q_{1об}, кВт$ |
|--|-------------------------|----------|----------------|--------------|---------------|------------------|---------------|----------------|
| Камера 1.5 (Камера зберігання замороженого вершкового масла -18°С) | | | | | | | | |
| північ | 0,364 | 86,4 | -18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| південь | 0,202 | 86,4 | 31 | 49 | 0,855187 | 6,6 | 0,115188 | 0,970376 |
| захід | 0,199 | 86,4 | -18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| схід | 0,202 | 86,4 | 31 | 49 | 0,855187 | 11 | 0,191981 | 1,047168 |
| підлога | 0,18 | 324 | 1 | 19 | 1,10808 | 0 | 0 | 1,10808 |
| покрівля | 0,142 | 324 | 31 | 49 | 2,254392 | 14,9 | 0,685519 | 2,939911 |
| | | | | | | | | 6,065535 |

Таблиця №5.1.11

| Загорожа | $K_0^{Av} (Вт)/(м^2*К)$ | $F, м^2$ | $t_{зов.}, °С$ | $\theta, °С$ | $Q_{1m}, кВт$ | $\Delta t_c, °С$ | $Q_{1c}, кВт$ | $Q_{1об}, кВт$ |
|---|-------------------------|----------|----------------|--------------|---------------|------------------|---------------|----------------|
| Камера 3.1 (Камера зберігання рибних консерв 5°С) | | | | | | | | |
| північ | 0,364 | 86,4 | 0 | -5 | -0,15725 | 0 | 0 | -0,15725 |
| південь | 0,364 | 86,4 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| захід | 0,202 | 86,4 | 31 | 26 | 0,453773 | 13,2 | 0,230377 | 0,68415 |
| схід | 0,364 | 86,4 | 0 | -5 | -0,15725 | 0 | 0 | -0,15725 |
| підлога | 0,18 | 324 | 1 | -4 | -0,23328 | 0 | 0 | -0,23328 |
| покрівля | 0,18 | 324 | 1 | -4 | -0,23328 | 0 | 0 | -0,23328 |
| | | | | | | | | -0,09691 |

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | 00. БП. 142. 010. 011. ПЗ | | | | Лист |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

Таблиця №5.1.12

| Загорожа | $K_0^{A_0} (Вт)/(м^2*К)$ | $F, м^2$ | $t_{зов.}, °C$ | $\theta, °C$ | $Q_{1т}, кВт$ | $\Delta t_c, °C$ | $Q_{1с}, кВт$ | $Q_{1об}, кВт$ |
|---|--------------------------|----------|----------------|--------------|---------------|------------------|---------------|----------------|
| Камера 3.2 (Камера зберігання рибних консерв 5°C) | | | | | | | | |
| північ | 0,364 | 86,4 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| південь | 0,364 | 86,4 | 0 | -5 | -0,15725 | 0 | 0 | -0,15725 |
| захід | 0,202 | 86,4 | 31 | 26 | 0,453773 | 13,2 | 0,230377 | 0,68415 |
| схід | 0,364 | 86,4 | 0 | -5 | -0,15725 | 0 | 0 | -0,15725 |
| підлога | 0,18 | 324 | 1 | -4 | -0,23328 | 0 | 0 | -0,23328 |
| покрівля | 0,18 | 324 | 1 | -4 | -0,23328 | 0 | 0 | -0,23328 |
| | | | | | | | | -0,09691 |

Таблиця №5.1.13

| Загорожа | $K_0^{A_0} (Вт)/(м^2*К)$ | $F, м^2$ | $t_{зов.}, °C$ | $\theta, °C$ | $Q_{1т}, кВт$ | $\Delta t_c, °C$ | $Q_{1с}, кВт$ | $Q_{1об}, кВт$ |
|---|--------------------------|----------|----------------|--------------|---------------|------------------|---------------|----------------|
| Камера 3.3 (Камера зберігання рибних консерв 5°C) | | | | | | | | |
| північ | 0,364 | 86,4 | 0 | -5 | -0,15725 | 0 | 0 | -0,15725 |
| південь | 0,364 | 86,4 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| захід | 0,364 | 86,4 | 0 | -5 | -0,15725 | 0 | 0 | -0,15725 |
| схід | 0,362 | 86,4 | 18 | 13 | 0,406598 | 0 | 0 | 0,406598 |
| підлога | 0,18 | 324 | 1 | -4 | -0,23328 | 0 | 0 | -0,23328 |
| покрівля | 0,18 | 324 | 1 | -4 | -0,23328 | 0 | 0 | -0,23328 |
| | | | | | | | | -0,37446 |

Таблиця №5.1.14

| Загорожа | $K_0^{A_0} (Вт)/(м^2*К)$ | $F, м^2$ | $t_{зов.}, °C$ | $\theta, °C$ | $Q_{1т}, кВт$ | $\Delta t_c, °C$ | $Q_{1с}, кВт$ | $Q_{1об}, кВт$ |
|--|--------------------------|----------|----------------|--------------|---------------|------------------|---------------|----------------|
| Камера 3.4. (Камера зберігання рибних консерв 5°C) | | | | | | | | |
| північ | 0,364 | 86,4 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| південь | 0,364 | 86,4 | 0 | -5 | -0,15725 | 0 | 0 | -0,15725 |
| захід | 0,364 | 86,4 | 0 | -5 | -0,15725 | 0 | 0 | -0,15725 |
| схід | 0,362 | 86,4 | 18 | 13 | 0,406598 | 0 | 0 | 0,406598 |
| підлога | 0,18 | 324 | 1 | -4 | -0,23328 | 0 | 0 | -0,23328 |
| покрівля | 0,18 | 324 | 1 | -4 | -0,23328 | 0 | 0 | -0,23328 |
| | | | | | | | | -0,37446 |

Таблиця №5.1.15

| Загорожа | $K_0^{A_0} (Вт)/(м^2*К)$ | $F, м^2$ | $t_{зов.}, °C$ | $\theta, °C$ | $Q_{1т}, кВт$ | $\Delta t_c, °C$ | $Q_{1с}, кВт$ | $Q_{1об}, кВт$ |
|--|--------------------------|----------|----------------|--------------|---------------|------------------|---------------|----------------|
| Камера 4 (Камера дефектних вантажів 0°C) | | | | | | | | |
| північ | 0,364 | 57,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| південь | 0,364 | 57,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| захід | 0,373 | 86,4 | 5 | -5 | -0,16114 | 0 | 0 | -0,16114 |
| схід | 0,364 | 86,4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| підлога | 0,18 | 216 | 1 | 1 | 0,03888 | 0 | 0 | 0,03888 |
| покрівля | 0,18 | 216 | 1 | 1 | 0,03888 | 0 | 0 | 0,03888 |
| | | | | | | | | -0,08338 |

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | 00. БП. 142. 010. 011. ПЗ | | | | Лист |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

2) Теплонадходження від вантажів при холодильній обробці

Камера № 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5 (камери зберігання замороженого вершкового масла):

$$t_{к.зб.} = -18^{\circ}\text{C};$$

Вершкове масло поступає в камеру зберігання при температурі:

$$t = -15^{\circ}\text{C}.$$

Розраховуємо теплонадходження при зберіганні продуктів в камері:

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

де M_{np} - добове надходження продуктів, т/добу;

Δi - різниця питомих ентальпій продуктів, кДж/кг;

Приймаю, що продукція надходить в камери зберігання пропорційно.

$$M_{np} = 100 \text{ т / добу};$$

$$t_1 = -15^{\circ}\text{C}; \quad t_2 = -18^{\circ}\text{C};$$

$$i_1 = 10,1 \text{ кДж / кг}; \quad i_2 = 0 \text{ кДж / кг}; [1, \text{ додаток } 10]$$

$$\Delta i = 10,1 \text{ кДж / кг};$$

$$Q_{2np} = 100 \cdot 10,1 \cdot \frac{10^3}{24 \times 3600} = 11,69 \text{ кВт};$$

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 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;

Таблиця №5.2.1

| Назва камери | т/доб | тп, °С | тк, °С | Іп кДж/кг | Ік кДж/кг | Ст кДж/кгК | Q2пр кВт | Q2т кВт | Q2 кВт |
|--|------------|------------|------------|-------------|-----------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| Камера зберігання замороженої риби № 2.1-2.5 | 150 | -15 | -18 | 14,3 | 5 | 1,46 | 16,15 | 0,08 | 16,23 |

Теплонадходження від працюючих електродвигунів:

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

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 .

Камери №1.1 – 1.5:

Теплонадходження від освітлення:

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

$F=324 \text{ м}^2$;

$A=2,3 \text{ Вт/м}^2$;

$$q_1 = 2,3 \cdot 324 \cdot 10^{-3} = 0,745 \text{ кВт};$$

Теплонадходження від перебування людей:

$$q_2 = 0,35 \times n, \text{кВт}$$

$n=2$ чоловіки;

$$q_2 = 0,35 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,7 \text{ кВт};$$

Теплонадходження від працюючих електродвигунів:

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

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

Теплонадходження при відкриванні дверей:

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

$K=8 \text{ Вт/м}^2$ [1, табл.9.2.]

$F=324 \text{ м}^2$;

$$q_4 = 8 \cdot 324 \cdot 10^{-3} = 2,592 \text{ кВт};$$

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 = 0,745 + 0,7 + 3,2 + 2,592 = 7,237 \text{ кВт};$$

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

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | 00. БП. 142. 010. 011. ПЗ | Лист |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Таблиця №5.4.1

| № камери | F _к , м ² | A, | q ₁ , кВт | п, | q ₂ , | q ₃ , кВт | K, | q ₄ , кВт | Q _{4об.} , |
|--------------------------|---------------------------------|-------------------|----------------------|-------|------------------|----------------------|------|----------------------|---------------------|
| | | Вт/м ² | | людей | кВт | | Вт/м | | кВт |
| 1.1 | 324 | 2,3 | 0,745 | 2 | 0,7 | 3,2 | 8 | 2,592 | 7,237 |
| 1.2 | 324 | 2,3 | 0,745 | 2 | 0,7 | 3,2 | 8 | 2,592 | 7,237 |
| 1.3 | 324 | 2,3 | 0,745 | 2 | 0,7 | 3,2 | 8 | 2,592 | 7,237 |
| 1.4 | 324 | 2,3 | 0,745 | 2 | 0,7 | 3,2 | 8 | 2,592 | 7,237 |
| 1.5 | 324 | 2,3 | 0,745 | 2 | 0,7 | 3,2 | 8 | 2,592 | 7,237 |
| 2.1 | 324 | 2,3 | 0,745 | 2 | 0,7 | 3,2 | 8 | 2,592 | 7,237 |
| 2.2 | 324 | 2,3 | 0,745 | 2 | 0,7 | 3,2 | 8 | 2,592 | 7,237 |
| 2.3 | 324 | 2,3 | 0,745 | 2 | 0,7 | 3,2 | 8 | 2,592 | 7,237 |
| 2.4 | 324 | 2,3 | 0,745 | 2 | 0,7 | 3,2 | 8 | 2,592 | 7,237 |
| 2.5 | 324 | 2,3 | 0,745 | 2 | 0,7 | 3,2 | 8 | 2,592 | 7,237 |
| 3.1 | 324 | 2,3 | 0,745 | 2 | 0,7 | 2,6 | 12 | 3,888 | 7,933 |
| 3.2 | 324 | 2,3 | 0,745 | 2 | 0,7 | 2,6 | 12 | 3,888 | 7,933 |
| 3.3 | 324 | 2,3 | 0,745 | 2 | 0,7 | 2,6 | 12 | 3,888 | 7,933 |
| 3.4 | 324 | 2,3 | 0,745 | 2 | 0,7 | 2,6 | 12 | 3,888 | 7,933 |
| 4 | 216 | 4,7 | 1,015 | 3 | 1,05 | 3,2 | 20 | 4,32 | 9,585 |
| Коридор та автоплатформа | 608 | 4,7 | 2,857 | 6 | 2,1 | 3,2 | 20 | 12,16 | 20,317 |

Загальна зведена таблиця

| № камери | Q ₁ , кВт | Q ₂ , кВт | Q ₄ , кВт | ∑Q, кВт |
|--------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------|
| 1.1 | 5,989 | 2,348 | 7,237 | 15,574 |
| 1.2 | 6,104 | 2,348 | 7,237 | 15,689 |
| 1.3 | 4,667 | 2,348 | 7,237 | 14,252 |
| 1.4 | 5,95 | 2,348 | 7,237 | 15,535 |
| 1.5 | 6,065 | 2,348 | 7,237 | 15,65 |
| 2.1 | 3,923 | 3,246 | 7,237 | 14,406 |
| 2.2 | 4,038 | 3,246 | 7,237 | 14,521 |
| 2.3 | 2,543 | 3,246 | 7,237 | 13,026 |
| 2.4 | 4,118 | 3,246 | 7,237 | 14,601 |
| 2.5 | 4,233 | 3,246 | 7,237 | 14,716 |
| 3.1 | -0,097 | 0,355 | 7,933 | 8,191 |
| 3.2 | -0,097 | 0,355 | 7,933 | 8,191 |
| 3.3 | -0,374 | 0,355 | 7,933 | 7,914 |
| 3.4 | -0,374 | 0,355 | 7,933 | 7,914 |
| 4 | -0,083 | 1,14 | 9,585 | 10,642 |
| Коридор та автоплатформа | - | - | 20,317 | 20,317 |
| Всього | 46,605 | 30,53 | 134 | 211,14 |

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

00. БП. 142. 010. 011. ПЗ

Лист

6. Визначення навантаження на теплообмінне обладнання камер та компресори

6.1. Розраховую навантаження на компресор, який працює на температуру кипіння $t_0 = -5^\circ\text{C}$:

$$\sum Q_{-5} = 0,9 \cdot \sum Q_{10\text{об}} + 0,6 \cdot \sum Q_{20\text{об}} + 0,7 \cdot \sum Q_{40\text{об}} = 0,9 \cdot (-0,097 - 0,097 - 0,374 - 0,374 - 0,083) + 0,6 \cdot (0,355 \cdot 4 + 1,14) + 0,7 \cdot (7,933 \cdot 4 + 9,585 + 20,317) = 43,757 \text{ кВт};$$

Визначаю холодопродуктивність компресора:

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

де k – коефіцієнт, що враховує втрати в трубопроводах та апаратах холодильної установки; $k=1,05$;

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

$$Q_0 = \frac{1,05 \cdot 43,757}{0,9} = 51,05 \text{ кВт};$$

6.2 Розраховую навантаження на компресор, який працює на температуру кипіння $t_0 = -25^\circ\text{C}$:

$$\begin{aligned} \sum Q_{-25} &= 0,9 \cdot \sum Q_{10\text{об}} + 0,6 \cdot \sum Q_{20\text{об}} + 0,7 \cdot \sum Q_{40\text{об}} = \\ &= 0,9 \cdot (5,989 + 6,104 + 4,667 + 5,95 + 6,065 + 3,923 + 4,038 + 2,543 + 4,118 + 4,233) + \\ &+ 0,6 \cdot (2,348 \cdot 5 + 3,246 \cdot 5) + 0,7 \cdot (7,237 \cdot 10) = 110,308 \text{ кВт}; \end{aligned}$$

Холодопродуктивність компресора:

$$Q_0 = \frac{k \cdot \sum Q_{-25}}{b};$$

де k – коефіцієнт, що враховує втрати в трубопроводах та апаратах холодильної установки; $k=1,05$;

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

$$Q_0 = \frac{1,05 \cdot 110,308}{0,9} = 128,693 \text{ кВт};$$

| | | | | | | | | |
|-----------|------|---------------|--------|------|---|-----------------------|-------|--------|
| | | | | | 00. БП. 142. 010. 011. ПЗ | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | |
| Розроб. | | Наталіч М.В. | | | <i>Визначення навантаження на теплообмінне обладнання камер та компресори</i> | Літ. | Лист. | Листів |
| Перевір. | | Бондар В.І. | | | | | | |
| Реценз. | | | | | | | | |
| Н. Контр. | | | | | | | | |
| Затверд. | | Петренко В.П. | | | | НУХТ ЗХМ-5-бск | | |

7. Вибір структури системи охолодження та типу холодильної установки

Для розподільчого холодильника, який проектується у даному дипломному проекті, обираю аміачну парокомпресійну холодильну машину на дві температури кипіння. Система буде централізована та без проміжного холодоносія. Установка матиме два ступеня. Причиною переходу до двохступеневої установки є потреба в низьких температурах, великий перепад тисків, який призводить до зменшення коефіцієнта подачі.

Подача аміаку до приладів охолодження буде відбуватися за допомогою насосно-циркуляційної схеми з нижньою подачею аміаку. В якості теплообмінного обладнання для камер зберігання використовую повітроохолодники.

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|----------------------|---------------|-------------|--|-----------------------|--------------|---------------|
| | | | | | <i>00. БП. 142. 010. 011. ПЗ</i> | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Розроб.</i> | | <i>Наталіч М.В.</i> | | | <i>Вибір структури системи охолодження та типу холодильної установки</i> | <i>Літ.</i> | <i>Лист.</i> | <i>Листів</i> |
| <i>Перевір.</i> | | <i>Бондар В.І.</i> | | | | | | |
| <i>Реценз.</i> | | | | | | | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | | | | |
| <i>Затверд.</i> | | <i>Петренко В.П.</i> | | | | | | |
| | | | | | | <i>НУХТ ЗХМ-5-6ск</i> | | |

8. Вибір розрахункового робочого режиму та тепловий розрахунок холодильної машини

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

Значення цих параметрів обирають в залежності від призначення холодильної установки та розрахункових зовнішніх умов. Температуру кипіння холодильного приймаю на 7°C нижчою, ніж температура у камерах зберігання.

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

$$t_k = t_{w2} + (2 \div 4)^\circ\text{C} = t_{w1} + \Delta t_w + (2 \div 4)^\circ\text{C}. \quad (9.1)$$

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

Для м. Київ розрахунковими параметрами є $t_c = 31^\circ\text{C}$; $\phi = 52\%$, $t_{m.m.} = 23,5^\circ\text{C}$.

За формулою (9.1) визначаємо:

$$t_k = t_{w2} + (2 \div 4) = 24 + 5 + 4 = 33^\circ\text{C}.$$

Величина перегрівання пари холодильного агенту:

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

Будуємо цикл в $\lg P - i$ діаграмі для R717. Значення параметрів х.а. у вузлових точках циклу заносимо до табл. 9.1.

| | | | | | | | | |
|-----------|------|---------------|--------|------|--|-----------------------|-------|--------|
| | | | | | 00. БП. 142. 010. 011. ПЗ | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | |
| Розроб. | | Наталіч М.В. | | | Вибір розрахункового робочого режиму та тепловий розрахунок холодильної машини | Літ. | Лист. | Листів |
| Перевір. | | Бондар В.І. | | | | | | |
| Реценз. | | | | | | | | |
| Н. Контр. | | | | | | НУХТ ЗХМ-5-бск | | |
| Затверд. | | Петренко В.П. | | | | | | |

$$V_{\partial} = M_{(км)} \cdot v_1 = 0,16 \cdot 0,363 = 0,058 \frac{м^3}{с};$$

$$\lambda = 0,82;$$

2. Розраховую теоретичний об'єм, що описується поршнем:

$$V_h = \frac{V_{\partial}}{\lambda} = \frac{0,058}{0,82} = 0,0708 \frac{м^3}{с};$$

$$V_h = 255 \text{ м}^3/\text{год}$$

Для заданого холодильного агенту за отриманими значеннями теоретичної подачі (V_h), електричної та ефективної потужності вибираємо компресор, об'ємна подача яких $V_{км}$ на (5–20)% більша за необхідну, що забезпечує роботу компресора з коефіцієнтом робочого часу $b = 0,8 \div 0,6$.

Обираю 2 компресори Bitzer – W6FA-K (сумарна $V_k = 303,2 \text{ м}^3/\text{год}$)

$$V_k = 0,042 \frac{м^3}{с}$$

$$M_{км-5(\text{реал.})} = \frac{\lambda \cdot V_k}{v_1} = \frac{0,82 \cdot 0,042}{0,363} = 0,0949 \text{ кг/с}$$

3. Розраховую адіабатну потужність:

$$N_A = M_{(-5)} \cdot (i_2 - i_1) = 0,0949 \cdot (1676,3 - 1480,7) = 18,56 \text{ кВт};$$

4. Розраховую індикаторний ККД:

$$\eta_i = \lambda_{w1} + b \cdot t_{(-5)};$$

$$b=0,001;$$

$$\eta_i = 0,8758 + 0,001 \cdot (-5) = 0,8708;$$

5. Розраховую індикаторну потужність:

$$N_i = \frac{N_A}{\eta_i} = \frac{18,56}{0,8708} = 21,31 \text{ кВт};$$

6. Визначаю потужність тертя:

$$N_{mp} = V_h \cdot P_{mp} = 0,042 \cdot 59 = 2,48 \text{ кВт};$$

7. Визначаю ефективну потужність компресора:

$$N_e = N_i + N_{mp} = 21,31 + 2,48 = 23,79 \text{ кВт};$$

8. Визначаю потужність двигуна компресора:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | 00. БП. 142. 010. 011. ПЗ | Лист |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$N_{\text{дв}} = \frac{N_e}{\eta_{\text{ел}}} = \frac{23,79}{0,9} = 26,43 \text{ кВт};$$

Тобто необхідна встановлена потужність електродвигуна для підібраного компресора має бути не менше 26,5 кВт. Обираємо два двигуни АИР 180 М2 (30 кВт).

Розрахунок компресора КМ2:

1. Розраховую дійсний об'єм всмоктування:

$$V_{\text{д}} = M_{(-25)} \cdot v_5 = 0,1028 \cdot 0,8066 = 0,0829 \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

$$\lambda = 0,883;$$

2. Розраховую теоретичний об'єм, що описується поршнем:

$$V_h = \frac{V_{\text{д}}}{\lambda} = \frac{0,0829}{0,883} = 0,0939 \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

$$V_h = 338,06 \text{ м}^3/\text{год}$$

Для заданого холодильного агенту за отриманими значеннями теоретичної подачі (V_h), електричної та ефективної потужності вибираємо компресор, об'ємна подача яких $V_{\text{км}}$ на (5–20)% більша за необхідну, що забезпечує роботу компресора з коефіцієнтом робочого часу $b = 0,8 \div 0,6$.

Обираю 3 компресори фірми Bitzer – W6FA (сумарна $V_{\text{к}} = 454,8 \text{ м}^3/\text{год}$)

$$V_{\text{к}} = 0,042 \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

$$M_{\text{км-25(реал.)}} = \frac{\lambda \cdot V_{\text{к}}}{v_5} = \frac{0,883 \cdot 0,042}{0,8066} = 0,046 \text{ кг/с}$$

3. Розраховую адіабатну потужність компресора:

$$N_A = M_{(-25)} \cdot (i_2 - i_1) = 0,1028 \cdot (1676,3 - 1480,7) = 20,1 \text{ кВт};$$

4. Розраховую індикаторний ККД компресора:

$$\eta_i = \lambda_{w2} + b \cdot t_{(-25)};$$

$$b = 0,001;$$

$$\eta_i = 0,925 + 0,001 \cdot (-25) = 0,9;$$

5. Розраховую індикаторну потужність компресора:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | 00. БП. 142. 010. 011. ПЗ | Лист |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$N_i = \frac{N_A}{\eta_i} = \frac{20,1}{0,9} = 22,33 \text{ кВт};$$

6. Розраховую потужність тертя:

$$N_{mp} = V_h \cdot P_{mp} = 0,042 \cdot 59 = 2,478 \text{ кВт};$$

7. Розраховую ефективну потужність компресора:

$$N_e = N_i + N_{mp} = 22,33 + 2,478 = 24,808 \text{ кВт};$$

8. Визначаю потужність двигуна компресора:

$$N_{дв} = \frac{N_e}{\eta_{ел}} = \frac{24,808}{0,9} = 27,564 \text{ кВт};$$

Тобто необхідна встановлена потужність електродвигуна для підбраного компресора має бути не менше 27,564 кВт. Обираємо три двигуни АИР 180 М2 (30 кВт).

Навантаження на конденсатор визначаю з врахуванням втрат в процесі стискання:

$$Q_{кд} = \sum Q_0 + \sum N_i, \text{ кВт.}$$

$$Q_{кд} = 51,05 + 128,693 + 21,31 + 22,33 = 223,383 \text{ кВт.}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | 00. БП. 142. 010. 011. ПЗ | Лист |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

9. Вибір теплообмінних апаратів (конденсатор)

Тепловий розрахунок теплообмінних апаратів зводиться до визначення площі поверхні теплопередачі. В основу розрахунків покладено розв'язання рівняння теплопередачі:

$$F = Q_{\text{кд}} / q_f, \text{ м}^2$$

Розрахунок конденсатора

$$Q_{\text{кд}} = 223,383 \text{ кВт};$$

$$q_f = 2,5 \text{ кВт} / \text{ м}^2;$$

$$F = Q_{\text{кд}} / q_f = 223,383 / 2,5 = 89,35 \text{ м}^2;$$

Приймаю 1 випарний конденсатор фірми Decsa серії TRM24 з робочою тепловою потужністю 252 кВт.

Характеристика випарного конденсатора TRM24:

Номінальна тепла потужність - 252 кВт;

Число вентиляторів – 2;

Об'ємна витрата повітря – 5 м³/с;

Потужність двигуна вентилятора – 3 кВт;

Габаритні розміри:

довжина – 2040 мм; ширина – 1590 мм; висота – 1910 мм;

Маса – 485 кг.

| | | | | | | | | | | |
|-----------|------|---------------|--------|------|---|--|--|-----------------------|-------|--------|
| | | | | | 00. БП. 142. 010. 011. ПЗ | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | |
| Розроб. | | Наталіч М.В. | | | Вибір теплообмінних апаратів (конденсатор) | | | | | |
| Перевір. | | Бондар В.І. | | | | | | Літ. | Лист. | Листів |
| Реценз. | | | | | | | | | | |
| Н. Контр. | | | | | | | | НУХТ ЗХМ-5-бск | | |
| Затверд. | | Петренко В.П. | | | | | | | | |

10. Розрахунок і вибір теплообмінного обладнання холодильних камер

Теплове навантаження на камерне обладнання, яке було розраховано в попередніх розділах, зводимо до таблиці 10.1.

Таблиця №10.1

| № камери | Q1, кВт | Q2, кВт | Q4, кВт | ΣQ , кВт |
|--------------------------|---------------|--------------|------------|------------------|
| 1.1 | 5,989 | 2,348 | 7,237 | 15,574 |
| 1.2 | 6,104 | 2,348 | 7,237 | 15,689 |
| 1.3 | 4,667 | 2,348 | 7,237 | 14,252 |
| 1.4 | 5,95 | 2,348 | 7,237 | 15,535 |
| 1.5 | 6,065 | 2,348 | 7,237 | 15,65 |
| 2.1 | 3,923 | 3,246 | 7,237 | 14,406 |
| 2.2 | 4,038 | 3,246 | 7,237 | 14,521 |
| 2.3 | 2,543 | 3,246 | 7,237 | 13,026 |
| 2.4 | 4,118 | 3,246 | 7,237 | 14,601 |
| 2.5 | 4,233 | 3,246 | 7,237 | 14,716 |
| 3.1 | -0,097 | 0,355 | 7,933 | 8,191 |
| 3.2 | -0,097 | 0,355 | 7,933 | 8,191 |
| 3.3 | -0,374 | 0,355 | 7,933 | 7,914 |
| 3.4 | -0,374 | 0,355 | 7,933 | 7,914 |
| 4 | -0,083 | 1,14 | 9,585 | 10,642 |
| Коридор та автоплатформа | - | - | 20,317 | 20,317 |
| Всього | 46,605 | 30,53 | 134 | 211,14 |

Враховуючи те, що у даному розподільчому холодильнику є камери з однаковими продуктами, то розрахунок будемо вести для однієї з камер, яка завантажена тим самим продуктом, але має найбільші теплонадходження.

| | | | | |
|---|------|---------------|-----------------------|-------|
| <i>00. БП. 142. 010. 011. ПЗ</i> | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
| Розроб. | | Наталіч М.В. | | |
| Перевір. | | Бондар В.І. | | |
| Реценз. | | | | |
| Н. Контр. | | | | |
| Затверд. | | Петренко В.П. | | |
| <i>Розрахунок і вибір теплообмінного обладнання холодильних камер</i> | | | | |
| | | | Літ. | Лист. |
| | | | <i>НУХТ ЗХМ-5-бск</i> | |

Камери №1.1 – 1.5 (зберігання замороженого вершкового масла):

Площу поверхні теплопередачі повітроохолодника розраховують за формулою, підставивши в неї значення коефіцієнта теплопередачі повітроохолодника. $Q = Q_{обл}$.

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t} = 15689 / 12 \cdot 7 = 186,77 \text{ м}^2$$

До установки приймаємо 2 підвісних повітроохолодники Guntner GHS 051D/15 з площею поверхні теплопередачі $F=108,1 \text{ м}^2$ (по 2 в кожену камеру).

Камери №2.1 – 2.5 (зберігання замороженої риби):

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t} = 14716 / 12 \cdot 7 = 175,19 \text{ м}^2$$

До установки приймаємо 2 підвісних повітроохолодники Guntner GHS 051D/15 з площею поверхні теплопередачі $F=108,1 \text{ м}^2$ (по 2 в кожену камеру).

Камера №3.1 – 3.4 (зберігання рибних консерв):

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t} = 8191 / 12 \cdot 10 = 68,26 \text{ м}^2$$

До установки приймаємо 2 підвісних повітроохолодники Guntner GHS 041C/15 з площею поверхні теплопередачі $F=38,9 \text{ м}^2$ (по 2 в кожену камеру).

Камери №4 (камера дефектів):

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t} = 10642 / 12 \cdot 5 = 177,37 \text{ м}^2$$

До установки приймаємо підвісний повітроохолодник Guntner GHS 066D/15 з площею поверхні теплопередачі $F=179,3 \text{ м}^2$.

Коридори та автоплатформа:

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t} = 20317 / 12 \cdot 5 = 338,62 \text{ м}^2$$

До установки приймаємо 5 підвісних повітроохолодники Guntner GHS 051C/15 з площею поверхні теплопередачі $F=81 \text{ м}^2$.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | 00. БП. 142. 010. 011. ПЗ | Лист |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

11. Вибір допоміжного обладнання

Ресивер

Ресивер – це ємність для збору рідкого холодильного агенту. Їх розрізняють за призначенням, типорозмірами та розташуванням. Лінійний ресивер встановлюють на стороні високого тиску після конденсатора. Він необхідний для збору рідини після конденсатора та створює рівномірний потік рідкого холодильного агенту до регулюючого вентиля.

Для розрахунку ресиверів необхідно розрахувати місткість приладів охолодження. Для цього знаходимо внутрішні об'єм прийнятих повітроохолодників.

1. Ємність лінійного ресивера в автоматизованих насосно-циркуляційних схемах з нижньою подачею аміаку в прилади охолодження:

$$V_{л.р.} = 0,6 \times (V_B + V_{B.O.});$$

Загальний об'єм приладів охолодження :

$$V_{B.O.} = 20 \cdot 0,028 + 8 \cdot 0,011 + 0,046 + 5 \cdot 0,021 = 0,799 \text{ м}^3;$$

$$V_{л.р.} = 0,6 \cdot (0 + 0,799) = 0,479 \text{ м}^3;$$

До встановлення приймаю лінійний ресивер 0,75 РД

2.Компаудний циркуляційний ресивер ($t = -5 \text{ }^\circ\text{C}$).

Розраховую ємність циркуляційного ресивера РД в системах з нижньою подачею холодильного агента в прилади охолодження [14]:

$$V_{ц.р.} = 2,7 \times (V_{н.т.} + 0,2V_{бат} + 0,3V_{B.т.});$$

$$V_{ц.р.} = 2,7 \cdot (0,1 + 0,3 \cdot 0,12) = 0,367;$$

Приймаю до встановлення ресивер 0,5РД об'ємом $V = 0,5 \text{ м}^3$;

3.Циркуляційний ресивер ($t = -25 \text{ }^\circ\text{C}$).

Розраховую ємність циркуляційного ресивера РД в системах з нижньою подачею холодильного агенту в прилади охолодження [14]:

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|----------------------|---------------|-------------|---|-----------------------|--------------|---------------|
| | | | | | <i>00. БП. 142. 010. 011. ПЗ</i> | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Розроб.</i> | | <i>Наталіч М.В.</i> | | | <i>Вибір допоміжного обладнання</i> | <i>Літ.</i> | <i>Лист.</i> | <i>Листів</i> |
| <i>Перевір.</i> | | <i>Бондар В.І.</i> | | | | | | |
| <i>Реценз.</i> | | | | | | | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | | | | |
| <i>Затверд.</i> | | <i>Петренко В.П.</i> | | | | | | |
| | | | | | | <i>НУХТ ЗХМ-5-бск</i> | | |

$$V_{ц.р.} = 2.7 \times (V_{н.т.} + 0.2V_{бат} + 0.3V_{В.м.});$$

$$V_{ц.р.} = 2,7 \cdot (0,125 + 0,3 \cdot 0,134) = 0,446 м^3;$$

Приймаю до встановлення ресивер 0,75РДВ об'ємом $V = 0,75 м^3$;

4. Дренажний ресивер

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

Обираю дренажний ресивер 1,5РД.

Мастилозбірник

В якості мастилозбірника приймаю мастилозаправочну ємкість 60МЗС.

Розміри:

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

$d_2=18$, ємність 60 л, маса 85 кг.

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|----------------------------------|-------------|
| | | | | | <i>00. БП. 142. 010. 011. ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | |

12. Визначення гідравлічних втрат у трубопроводах

У даному розділі проводимо розрахунок діаметрів основних трубопроводів холодильної установки, гідравлічних втрат у мережах та вибір насосів.

Водяні трубопроводи:

витрата води: $V_{\text{вод}} = 0,02 \text{ м}^3/\text{с}$;

трубопроводи на стороні всмоктування: $\dot{\phi} = 0,8 \text{ м/с}$;

$$d_{\text{вс}} = \sqrt{\frac{4 \cdot V_{\text{вод}}}{\pi \cdot \omega_{\text{вс}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,02}{3,14 \cdot 0,8}} = 178 \text{ мм.}$$

$d_{\text{вс}} = 0,178 \text{ м.}$

прийемо трубу: $d_{\text{вс.д}} = 185 \text{ мм}$;

трубопровід на стороні нагнітання: $\dot{\phi} = 1,2 \text{ м/с}$;

$$d_{\text{наг}} = \sqrt{\frac{4 \cdot V_{\text{вод}}}{\pi \cdot \omega_{\text{наг}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,02}{3,14 \cdot 1,2}} = 146 \text{ мм.}$$

$d_{\text{наг}} = 0,146 \text{ м.}$

прийемо трубу: $d_{\text{наг.д}} = 150 \text{ мм}$;

Обираю 2 відцентрових насоса для переміщення води фірми SAER серії IR50-125 С з подачею 11,1 л/с і повним напором 14,3 м.

Аміачні трубопроводи:

Витрата аміаку для КМ1: $V_{\text{ам}} = 0,0842 \text{ м}^3/\text{с}$;

Трубопроводи на стороні всмоктування: $\dot{\phi} = 20 \text{ м/с}$;

$$d_{\text{вс}} = \sqrt{\frac{4 \cdot V_{\text{ам}}}{\pi \cdot \omega_{\text{вс}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0842}{3,14 \cdot 20}} = 0,073 \text{ м.}$$

Приймаю діаметр труби: $d_{\text{вс.д}} = 80 \text{ мм}$;

Трубопровід на стороні нагнітання: $\dot{\phi} = 25 \text{ м/с}$;

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|----------------------|---------------|-------------|--|-----------------------|--------------|---------------|
| | | | | | <i>00. БП. 142. 010. 011. ПЗ</i> | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Розроб.</i> | | <i>Наталіч М.В.</i> | | | <i>Визначення гідравлічних втрат у трубопроводах</i> | <i>Літ.</i> | <i>Лист.</i> | <i>Листів</i> |
| <i>Перевір.</i> | | <i>Бондар В.І.</i> | | | | | | |
| <i>Реценз.</i> | | | | | | | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | | | | |
| <i>Затверд.</i> | | <i>Петренко В.П.</i> | | | | | | |
| | | | | | | <i>НУХТ ЗХМ-5-бск</i> | | |

$$d_{\text{наг}} = \sqrt{\frac{4 \cdot V_{\text{ам}}}{\pi \cdot \omega_{\text{наг}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0842}{3,14 \cdot 25}} = 0,065 \text{ м.}$$

Приймаю діаметр труби: $d_{\text{наг.д}} = 70 \text{ мм}$;

Витрата аміаку для КМ2: $V_{\text{ам}} = 0,1263 \text{ м}^3/\text{с}$;

Трубопроводи на стороні всмоктування: $\dot{\phi} = 20 \text{ м/с}$;

$$d_{\text{вс}} = \sqrt{\frac{4 \cdot V_{\text{ам}}}{\pi \cdot \omega_{\text{вс}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,1263}{3,14 \cdot 20}} = 0,0897 \text{ м.}$$

Приймаю діаметр труби: $d_{\text{вс.д}} = 100 \text{ мм}$;

Трубопровід на стороні нагнітання: $\dot{\phi} = 25 \text{ м/с}$;

$$d_{\text{наг}} = \sqrt{\frac{4 \cdot V_{\text{ам}}}{\pi \cdot \omega_{\text{наг}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,1263}{3,14 \cdot 25}} = 0,08 \text{ м}$$

Приймаю діаметр труби: $d_{\text{наг.д}} = 90 \text{ мм}$;

Витрата рідкого аміаку для циркуляційного трубопроводу:

1) Температура – 25 °C

$M_{\text{ам}} = 0,138 \text{ кг/с}$

Трубопровід на стороні напірній: $\dot{\phi} = 0,5 \text{ м/с}$;

$$d_{\text{нап}} = \sqrt{\frac{4 \cdot M_{\text{ам}}}{\pi \cdot \rho \cdot \omega_{\text{нап}}}}$$

Приймаю діаметр труби: $d=40 \text{ мм}$;

Трубопроводи на зворотній стороні: $\dot{\phi} = 1,2 \text{ м/с}$;

$$d_{\text{об}} = \sqrt{\frac{4 \cdot M_{\text{ам}}}{\pi \cdot \rho \cdot \omega_{\text{об}}}}$$

Приймаю діаметр труби: $d=60 \text{ мм}$;

Обираю 2 відцентрових насоси для переміщення аміаку: 2ХГ-5-4.5-2 з подачею $12-28 \text{ м}^3/\text{год}$.

2) Температура – 5 °C

$M_{\text{ам}} = 0,1898 \text{ кг/с}$

трубопровід на стороні напірній: $\dot{\phi} = 0,5 \text{ м/с}$;

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|----------------------------------|-------------|
| | | | | | <i>00. БП. 142. 010. 011. ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | |

$$d_{\text{нап}} = \sqrt{\frac{4 \cdot M_{\text{ам}}}{\pi \cdot \rho \cdot \omega_{\text{нап}}}}$$

Приймаю діаметр труби: $d=60$ мм;

трубопроводи на оборотній стороні: $\dot{\omega} = 1,2$ м/с;

$$d_{\text{об}} = \sqrt{\frac{4 \cdot M_{\text{ам}}}{\pi \cdot \rho \cdot \omega_{\text{об}}}}$$

Приймаю діаметр труби: $d=80$ мм;

Обираю 2 відцентрових насоси для переміщення аміаку: 1,25ХГ-6-2,8 з подачею $5,5-12 \text{ м}^3/\text{год}$.

Визначення гідравлічних втрат у трубопроводах

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

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

$$\Delta P^{\text{дф}} = \Delta P_{\text{тр}}^{\text{дф}} + \Delta P_{\text{м}}^{\text{дф}} + \Delta P_{\text{н}}^{\text{дф}} + \Delta P_{\text{ст}}^{\text{дф}}.$$

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

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|----------------------------------|-------------|
| | | | | | <i>00. БП. 142. 010. 011. ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | |

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

Визначимо втрати тиску в трубопроводі від циркуляційного насосу до повітроохолодника, який розміщений в камері зберігання $t = -18^{\circ}\text{C}$.

Повна втрата тиску на ділянці трубопроводу:

$$\Delta P_i = \Delta P_{mp} + \Delta P_{m.c.};$$

$$\Delta P_{m.c.} = Z = \sum \xi_m \cdot \frac{\rho \cdot \omega^2}{2};$$

$$\sum \xi_m = \xi_{зв.клапан} + \xi_{коліно} + \xi_{відвід 90^{\circ}} = 5 + 1 + 1 = 7;$$

$$\omega = 0,5 \text{ м/с};$$

$$Z = 7 \cdot \frac{561 \cdot 0,5^2}{2} = 0,49 \text{ кПа};$$

$$\text{Re} = \frac{\omega \cdot d_{\text{вн}} \cdot \rho}{\mu} = \frac{0,5 \cdot 0,02 \cdot 561}{25,9 \cdot 10^{-3}} = 541,5; \quad \text{Re} < 2000;$$

$$\lambda_{mp} = 0,11 \cdot \left(\frac{k}{d_{\text{вн}}} + \frac{64}{\text{Re}} \right)^{0,25} = 0,11 \cdot \left(\frac{0,06}{20} + \frac{64}{541,5} \right)^{0,25} = 0,065;$$

Втрати тиску від тертя по довжині 1 м:

$$\Delta P_{mp} = R = \frac{0,065}{0,05} \cdot \frac{561 \times 0,5^2}{2} \cdot 1 = 91,2 \text{ Па/м};$$

Втрати тиску на тертя на ділянці довжиною $l = 40 \text{ м}$:

$$\Delta P_{mp} = R \cdot l = 91,2 \cdot 40 = 3,65 \text{ кПа};$$

Загальна втрата тиску:

$$\Delta P = 0,49 + 3,65 = 4,14 \text{ кПа}.$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | 00. БП. 142. 010. 011. ПЗ | Лист |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

13. Техніко-економічні показники

Для розрахунку собівартості холоду необхідно знати суму коштів за спожиту: електроенергію, мастило, холодоагент R717, оплату праці, амортизаційні відшкодування, та інші витрати, які вираховуються від вартості обладнання.

13.1. Розрахункове споживання електроенергії холодильним обладнанням зводимо до таблиці 13.1

Споживання електроенергії за рік розраховуємо за формулою:

$$N = P_{\text{ел}} \cdot n$$

Де n – час роботи компресорів, насосів, вентиляторів в рік при відповідних робочих умовах, год, приймаємо 6480 год.

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

Таблиця 13.1

| № п/п | Найменування обладнання | К-ть | $P_{\text{ел}}$, кВт | $\Sigma P_{\text{ел}}$, кВт | Рік, тис. кВт·год |
|-------------------------------------|--------------------------------------|------|-----------------------|------------------------------|-------------------|
| 1 | Компресор Bitzer – W6FA | 5 | 30 | 150 | 972 |
| 2 | Повітроохолодник Guntner GHS 051D/15 | 20 | 4 | 80 | 518,4 |
| 3 | Повітроохолодник Guntner GHS 041C/15 | 8 | 2 | 16 | 103,68 |
| 4 | Повітроохолодник Guntner GHS 066D/15 | 1 | 0,6 | 0,6 | 3,888 |
| 5 | Повітроохолодник Guntner GHS 051C/15 | 5 | 1,5 | 7,5 | 48,6 |
| 6 | Насос SAER IR50-125 C | 2 | 2,2 | 4,4 | 28,512 |
| 7 | Насос 2ХГ-5-4.5-2 | 2 | 4,5 | 9 | 58,32 |
| 8 | Насос 1,25ХГ-6-2,8 | 2 | 2,8 | 5,6 | 36,288 |
| 9 | Випарний конденсатор Decsa TRM24 | 1 | 2,2 | 2,2 | 14,256 |
| Річна витрата електроенергії | | | | | 1783,944 |

13.2 Розрахунок витрат на придбання та монтаж обладнання наведено в таблиці 13.2

Витрати на монтаж приймаємо 10% від вартості обладнання.

Інші витрати складають 1% від вартості обладнання.

| | | | | | | | |
|-----------|------|---------------|--------|------|--|--|--|
| | | | | | 00. БП. 142. 010. 011. ПЗ | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |
| Розроб. | | Наталіч М.В. | | | Техніко-економічні показники НУХТ ЗХМ-5-бск | | |
| Перевір. | | Бондар В.І. | | | | | |
| Реценз. | | | | | | | |
| Н. Контр. | | | | | | | |
| Затверд. | | Петренко В.П. | | | | | |

13.6 Розрахунок витрат на оплату праці

Фонд основної заробітної плати робітників компресорного цеху наведено в таблиці 13.3

Таблиця 13.3

| № п/п | Професія | Тарифна ставка грн/год | Чисельність, чол | Місячний фонд, грн | Річний фонд, грн |
|-------|------------------|------------------------|------------------|--------------------|------------------|
| 1 | Машиніст ХУ | 60 | 8 | 80640 | 967680 |
| 2 | Слюсар-ремонтник | 45 | 2 | 15120 | 181440 |
| | Разом | | 10 | 95760 | 1149120 |

13.7 Визначення амортизаційних відрахувань

Приймаємо норми амортизаційних відрахувань:

Для основного обладнання – 22% від вартості обладнання;

Витрати на амортизацію основного технологічного обладнання:

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

$$A_{обл} = 2910,31 \times 0,22 = 640,268 \text{ тис. грн}$$

13.8 Визначення інших видів витрат

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

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

$$B_{рем} = A_{обл} \times 0,20$$

$$B_{рем} = 640,268 \times 0,2 = 128,053 \text{ тис. грн}$$

Пускові витрати приймаємо 2% від вартості обладнання:

$$B_{пуск} = B_{обл} \times 0,02$$

$$B_{пуск} = 2910,31 \times 0,02 = 58,206 \text{ тис. грн}$$

Інші витрати приймаємо 3% від загальної суми амортизаційних відрахувань:

$$B_{ін} = A_{обл} \times 0,03$$

$$B_{ін} = 640,268 \times 0,03 = 19,208 \text{ тис. грн}$$

Загальна сума інших витрат складає:

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

$$\Sigma B = 128,053 + 58,206 + 19,208 = 205,467 \text{ тис. грн}$$

| | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|---------------------------|------|
| | | | | | | 00. БП. 142. 010. 011. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |

13.9 Визначення основних показників економічної ефективності проекту
 Результати розрахунків, проведених у попередніх розділах, зводимо у порівняльну таблицю собівартості енергії:

Таблиця 13.4

| Статті витрат | Значення витрат тис. грн |
|------------------------|--------------------------|
| | Проект |
| Електроенергія | 5708,62 |
| Мастило | 21,6 |
| Холодильний агент R717 | 31,5 |
| Оплата праці | 1149,12 |
| Амортизація | 640,268 |
| Інші витрати | 205,467 |
| Разом | 7756,57 |

Кількість виробленого холоду за рік:

$$22 \cdot 365 \cdot (51,05 + 128,693) = 1443,3363 \text{ МВт} \cdot \text{год}$$

Собівартість холоду:

$$\Delta C = \frac{7756,57 \text{ тис. грн}}{1443,3363 \text{ МВт} \times \text{год}} = 5,37 \frac{\text{грн}}{\text{кВт} \times \text{год}}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | 00. БП. 142. 010. 011. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

14. Охорона праці

Тема дипломного проекту: «Проект холодозабезпечення розподільчого холодильника місткістю 10000 т у м. Київ».

В проекті враховані новітні досягнення в об'ємно-планувальних та конструктивних рішеннях холодильників, системах і схемах охолодження холодильних камер та технологічних процесів. Для отримання холоду використовується двоступенева холодильна машина. В якості холодильного агенту використовується аміак. На холодильнику впроваджене нове більш вдосконалене обладнання, що полегшує його експлуатацію.

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

-Конституція України;

-Кодекс законів про працю;

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

За типовими правилами внутрішнього трудового розпорядку при прийомі на роботу робітників або переведенні їх на іншу роботу роботодавець зобов'язаний ознайомити їх з порядком виконання виробничих процесів та технологічним обладнанням або машинами, з правилами трудової і технологічної дисципліни; проінструктувати з техніки безпеки, виробничої санітарії і протипожежної охорони. Із цією метою на підприємствах проводяться різні види інструктажів. За характером та часом проведення інструктажі з питань охорони праці поділяються на вступний, первинний, повторний, позаплановий та цільовий.

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|----------------------|---------------|-------------|----------------------------------|-----------------------|--------------|---------------|
| | | | | | <i>00. БП. 142. 010. 011. ПЗ</i> | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Розроб.</i> | | <i>Наталіч М.В.</i> | | | <i>Охорона праці</i> | <i>Літ.</i> | <i>Лист.</i> | <i>Листів</i> |
| <i>Перевір.</i> | | <i>Бондар В.І.</i> | | | | | | |
| <i>Реценз.</i> | | | | | | | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | | | | |
| <i>Затверд.</i> | | <i>Петренко В.П.</i> | | | | | | |
| | | | | | | <i>НУХТ ЗХМ-5-6ск</i> | | |

14.1 Виробнича санітарія

Загальні санітарні вимоги до виробничого приміщення

Приміщення машинного відділення прибудовано до основної виробничої будівлі та відгороджене від нього капітальною вогнетривкою стіною з цегли, товщиною 380мм. Довжина приміщення машинного відділення становить 24 м, ширина –12 м, висота – 6 м. Вікна дворядні із звичайного скла. Над та під машинним відділенням не має побутових та допоміжних приміщень. З машинного відділення є один вихід на зовні та один в побутові та допоміжні приміщення. Двері відчиняються у бік виходу. Підлога даного відділення є рівною, неслизькою і виконана з вогнетривкого матеріалу. Непрохідні канали та люки зачиняються під рівнем з підлогою з'ємними металевими рифленими листами. Стіни машинного відділення, холодильне обладнання, трубопроводи пофарбовані у відповідності з діючими нормативами щодо раціонального фарбування поверхонь виробничих приміщень та технологічного обладнання промислових підприємств.

Ширина основного проходу складає 3 м, прохід між виступаючими частинами компресорів – 1,5 м. Циркуляційні ресивери встановлені в апаратному відділенні біля стіни без проходу. З метою безпеки експлуатації холодильної установки конденсатор, лінійний та циркуляційні ресивери розміщені на антресолі на висоті 2.5м над рівнем підлоги цеху. При машинному відділенні у відгородженому приміщенні передбачений пункт управління (ПУ), в якому встановлений центральний щит управління (ЦЩУ), стіл машиніста біля оглядового вікна.

Мікроклімат та чистота повітря виробничого середовища

У виробничих приміщеннях повітря рідко має природній склад. Майже усі технологічні процеси супроводжуються виділенням шкідливих газів або пилу.

Основними шляхами забруднення повітряного середовища в приміщеннях холодильних установок є: витікання газів і парів через нещільності, розлив рідини і дифузія парів або газів через стінки і ущільнення. Тепловиділення від нагрітого обладнання спричиняє вплив на температурний режим у приміщенні. Категорія робіт в машинному відділенні:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | 00. БП. 142. 010. 011. ПЗ | Лист |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Параметри повітря (мікроклімат, запиленість, загазованість) в машинному відділенні та ПУ повинні відповідати вимогам ДСН 3.3.6.042-99 “Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень”. Для аміачних компресорних відділень вони мають такі значення:

Таблиця 14.1

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

Аміак, який використовується на даному розподільчому холодильнику, сильнодіюча отруйна речовина. Отруєння можливе тільки у випадку, коли концентрація аміаку в повітрі робочої зони, перевищує визначену межу. Гранично допустима концентрація (ГДК) аміаку в робочій зоні складає 20 мг/м^3 . Небезпечним для життя є вміст аміаку в повітрі 0,21 - 0,39% (призводить до смерті в разі дії на організм людини протягом 30-60 хвилин). Навіть при незначних концентраціях аміак викликає опіки шкіри, слизових оболонок. Особливо небезпечне попадання аміаку в очі. При отруєнні аміаком активізується туберкульоз, можливі паралічі та глухота. Вражаюча концентрація аміаку при годинній експозиції 7 мг/л. При більш високих концентраціях, від 50 до 100 мг/л –смерть може наступити миттєво.

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

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | 00. БП. 142. 010. 011. ПЗ | Лист |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

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

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

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

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

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

Виробничі випромінювання

Джерелами теплоти (інфрачервоного випромінювання) є переважна більшість виробничих процесів, поверхні обладнання, паропроводи, газоходи, відкрите полум'я. Теплота виділяється при нагріванні матеріалів, переході електричної енергії в теплову, при терті рухомих частин машин тощо. В теплий період року додається ще й теплота сонячного випромінювання.

У виробничих приміщеннях передача теплоти здійснюється в основному конвекцією та випромінюванням. Передача теплоти випромінюванням залежить від температури поверхні та ступеня чорноти тіла (темні шорсткі поверхні випромінюють теплоти більше ніж гладкі).

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | 00. БП. 142. 010. 011. ПЗ | | | | | |

Шум та вібрація на виробництві

Допустимий рівень шуму в машинному відділенні та на робочому місці на ПУ не перевищує встановлених норм (ДСН 3.3.6.037-99 “Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку”): в машинному відділенні – 78...80 дБ, в ПУ – 50 ...55 дБ.

Допустимі норми шуму для промислових підприємств:

Таблиця 14.2

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

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

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

Зменшення загальної вібрації від роботи компресорів досягається за рахунок:

- не жорсткого кріплення до конструкцій будівлі трубопроводів, які приєднуються до холодильної машини;
- встановлення компресорів на спеціальних фундаментальних плитах, відокремлених від несучих конструкцій будівлі;
- встановлення компресорів на амортизатори

Освітлення виробничого приміщення

Рівень освітленості в приміщенні машинного відділення та ПУ відповідає вимогам ДБН 8.2.5-28-2006 р. “Природне та штучне освітлення”. У машинному відділенні й ПУ присутнє як природне, так і штучне освітлення. Природне освітлення здійснюється через односторонні бічні прорізи. КПО у машинному відділенні становить 0,2% , у ПУ –0,2 %.

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

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | 00. БП. 142. 010. 011. ПЗ | Лист |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Список використаної літератури

1. Б.К. Явнель. Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1989. – 223 с.
2. Б.П. Якшаров, И.В. Смирнова. Справочник механика по холодильным установкам. – Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд-ние. 1989. – 312с.
3. Е.В. Мальгина, Ю.В. Мальвин. Холодильные машины и установки. – М.: «Пищевая промышленность».1973. – 608с.
4. Лебедев, Юренев. Теплофизический справочник.
5. И.Г. Чумак, Д.Г. Никульшина. Холодильные установки. - Проектирование: Учеб. пособие для вузов. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1988. – 280с.
6. Свердлов Г.З., Явнель Б.К. Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха – М.Пищевая пром-сть,1978г.-236 с.
7. Морозюк Т.В. Теория холодильных машин и тепловых насосов. – Одесса: Студия «Негоциант»,2006. – 712 с.(с приложением).
8. Масліков М.М. Холодильна технологія харчових продуктів: Навч.посіб. – К,:НУХТ.2007 – 335с.
9. Брайдерт Г.Й. Проектирование холодильных установок. Расчеты,параметры,примеры. Москва:Техносфера,2006. – 336 с.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|---------------------------|------|
| | | | | | 00. БП. 142. 010. 011. ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |