

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

«До захисту в ЕК»

Директор інституту

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

« ____ » _____ 2021 р.

«До захисту допущено»

В.о.завідувача кафедри

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

« ____ » _____ 2021 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

зі спеціальності _____ 142 Енергетичне машинобудування
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми _____

_____ Холодильна техніка та технології

на тему: _____ Проект фруктосховища місткістю 6500 т у м. Вінниця, з аналізом ефективності роботи на різних типах конденсаторів

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

_____ Гнатюк Дмитро Андрійович _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник _____ Мирошник Марія Миколаївна _____
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультант _____ _____
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Рецензент _____ _____
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

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

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2021 р.

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 Холодильна техніка та технології

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач

кафедри ТЕХТ

“ 10 ” листопада 2020 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Гнатюка Дмитра Андрійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект фруктосховища місткістю 6500 т у м. Вінниці, з аналізом ефективності роботи на різних типах конденсаторів

керівник роботи доц. Мирошник Марія Миколаївна,

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ 05 ” 11 2020 року №925-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 01.02.2021р.

3. Вихідні дані до роботи _____

Холодоагент R717, аміак

Тип продукту виноград, персики, морожена полуниця

Ізоляційний матеріал ППУ

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

1). Технолог. схема оброблення продукції.

2). Розрахунок холодильної частини проекту

3). Техніко економічні показники

4). Охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу _____

1. План та розріз будівлі холодильника

2. Схема холодильної установки, два варіанти

Анотація

В даному дипломному проекті розраховано та спроектовано фруктосховище місткістю 6500 тон в м. Вінниця.

В проекті розроблено холодильну схему з насосно-циркуляційною випарною системою, виконано підбір необхідного холодильного обладнання з метою досягнення максимальної ефективності по витраті електроенергії при роботі холодильної установки та досягнення найбільш високих показників збереження властивостей продукції, що зберігається. Наведено розрахунки будівельно-ізоляційних конструкцій, площ камер холодильника, основного та допоміжного обладнання холодильної установки.

В дипломі описані такі розділи: “Технологічна частина”, “Електрообладнання та електропостачання”, “Автоматизація”, “Цивільна оборона”, “Охорона праці” та “Розрахунок економічної ефективності”.

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

В графічній частині проекту представлені креслення: схема розводки трубопроводів, автоматизації та електропостачання, а також план та розріз холодильника.

Ключові слова: повітряний конденсатор, водяний конденсатор, варіативні розрахунки, аміак, фруктосховище.

Зміст

Вступ.....	
1. Техніко-економічне обґрунтування.....	
2. Розробка технології.....	
3. Об'ємно-планувальні рішення будови підприємства.....	
4. Несучі конструкції будівлі підприємства.....	
5. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника.....	
6. Розрахунок теплонадходжень до охолоджувальних приміщень.....	
7. Визначення навантаження на обладнання камер та компресор.....	
8. Вибір розрахункового робочого режиму та тепловий розрахунок холодильної машини. Вибір компресорів.....	
9. Розрахунок і вибір тепломасообмінних апаратів.....	
10. Розрахунок та вибір теплообмінного обладнання холодильних камер.....	
11. Розрахунок та підбирання допоміжного обладнання.....	
12. Визначення діаметрів основних трубопроводів, гідравлічних втрат у мережах та вибір насосів.....	
13. Автоматизація.....	
14. Електропостачання.....	
15. Охорона праці.....	
16. Цивільна оборона.....	
17. Розрахунок економічної ефективності.....	
Список використаної літератури.....	
Специфікація.....	

Вступ

Процес зберігання фруктів та ягід тісно пов'язаний з холодильною технологією та холодильною технікою, так як вони належать до продуктів, які швидко псуються і потребують холодильної обробки. Це пов'язано з тим, що при зберіганні не спеціально обладнаному сховищі погіршуються властивості продуктів.

Якщо ж є спеціальні холодильники, з устаткуванням, яке здатне підтримувати оптимальні температурні режими, це дає можливість зберігати продукти без втрати їх властивостей. Тому доцільним є проектування і побудова логістичних складів із застосуванням сучасного обладнання, яке дасть змогу зменшити собівартість холоду, та збільшити прибуток від реалізації продукції, що зберігається.

Головним завданням при проектуванні фруктосховища є:

- Вибір температурного режиму в камерах зберігання
- Визначення основних розмірів холодильника
- Розробка плану холодильника
- Вибір будівельних та ізоляційних матеріалів
- Вибір та обґрунтування типу системи охолодження.

В даному дипломному проєкті запроектовано холодильник для зберігання фруктів та ягід місткістю 6500т у м.Вінниця.

1. Техніко-економічне обґрунтування

Застосування сучасних передових технологій зберігання і переробки продукції дозволяє суттєво знизити втрати фруктів, що закладені на зберігання, а також дасть можливість довготривалого зберігання аж до майбутнього врожаю. Так, на даний момент втрати при збиранні, транспортуванні і зберіганні складають 30...40% врожаю, у більшості випадків ближче до кінця терміну зберігання втрати досягають 60%.

Дане фруктосховище передбачає з одного боку зону для прийомки, сортування та попередньої обробки фруктів, що дозволяє забезпечити якісну закладку. Також передбачена зона експедиції та обробки після зберігання. Тут буде розташовано обладнання, що здійснює фасування, сортування, упаковку, миття продукції з метою донесення її до кінцевого споживача.

Рентабельність проекту складає 23%, а реальний період повернення інвестицій в межах життєвого циклу проекту і складає 4,6 роки.

З урахуванням цих переваг і потреб було прийнято рішення про будівництво фруктосховища у м. Вінниці.

2. Розробка технології

На фруктосховищі місткістю 6500т. зберігаються такі фрукти та ягоди як: виноград, персики, морожена полуниця.

Після надходження свіжих ягід та фруктів на зберігання вони відвантажуються до цеху сортування в якому підтримується температура $t_n = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ за середньої швидкості руху повітря $v = 1 \dots 1,5\text{ м/с}$, де частково охолоджуються, а також проходять попередній контроль, перебираються, сортуються, миються та складаються в спеціальні ящики (Рис. 2.1).



Рис. 2.1 Пластиковий ящик для зберігання 600x400x135 мм

Ящики з фруктами та ягодами складають на пластикові палети (Рис. 2.2) по 68 штук та відправляють до камер зберігання на палетні стелажі (Рис. 2.3), де вони охолоджуються при середніх швидкостях руху повітря 3...4 м/с та помірної кратності циркуляції 30...40 об'ємів/год, за



Рис. 2.2 Пластикові палети 1200 x 800 x 140 мм

температури 0°C, відносної вологості 85-90%. Потім в камерах встановлюють режим зберігання.

Персики складають в ящик поштучно, розміщуючи в коміркових прокладках з пресованого картону. Зберігають за температури +1 °С та відносної вологості 80-85%.

Виноград сорту Карабурну укладають грона в один ряд у вистелені чистим папером решітчасті ящики. Зберігають за температури +1 °С та відносної вологості 80-85%.



Рис. 2.3 Палетні стелажі

Полуницю після охолодження частину тимчасово зберігають, іншу відправляють на флюїдизаційних швидкокоморозильних апаратах розсипом при температурі -35°C до заданої кінцевої температури в центрі продукту (-18 ... -25°C). Заморожену розсипом полуницю, одразу фасуємо в герметичні пакети з полімерних матеріалів, які помішують в картонні ящики (Рис. 2.4). Коробки ставимо на палету по 24 штуки



Рис. 2.4 Гофроящик для зберігання 600x400x400 мм

№	Назва	t,°C	φ,%	w,m/c	Тривалість обробки
1	Камера попереднього охолодження	-1-0	85-90	3-4	24 год.
2	Апарат заморожування	-35	90	2-5	0,1 год.
3	Камера зберігання персиків	-1-0(0-1)	80-85	-	1 міс.
4	Камера зберігання винограду	-1-0 (0+4)	85-90	-	6 міс.
5	Камера зберігання замороженої суниці	-18	90	-	12 міс.
6	Камера заморожування	-1-0	-	-	-

Для автоматизації розвантажувально-навантажувальних робіт на підприємстві використовуватимемо газові погрузчики H14-H20 T “Linde” (Рис. 2.5), а також вузькопрохідні штабелери K011 “Linde”, для яких необхідна ширина робочого проходу не менше ніж 1650 мм (Рис. 2.6).



Рис. 2.5 газовий погрузчик 3112X1086x2123 мм



Рис. 2.6 електричний вузькопрохідний штабелер

3. Об'ємно-планувальні рішення будови підприємства

3.1 Генеральний план

Згідно санітарних норм (СН 245-71) холодильник відноситься до 5-го класу промислових підприємств, тобто для нього передбачена санітарно-захисна зона шириною 50 м.

Ширина під'їзду до підприємства 30 м.

Машинне відділення розміщується в контурі будівлі заводу, зовні якого встановимо повітряні конденсатори.

Для артезіанської свердловини спроектована санітарна зона радіусом 30 м з огорожею навколо неї.

На території підприємства передбачені приміщення трансформаторної підстанції і ХВО.

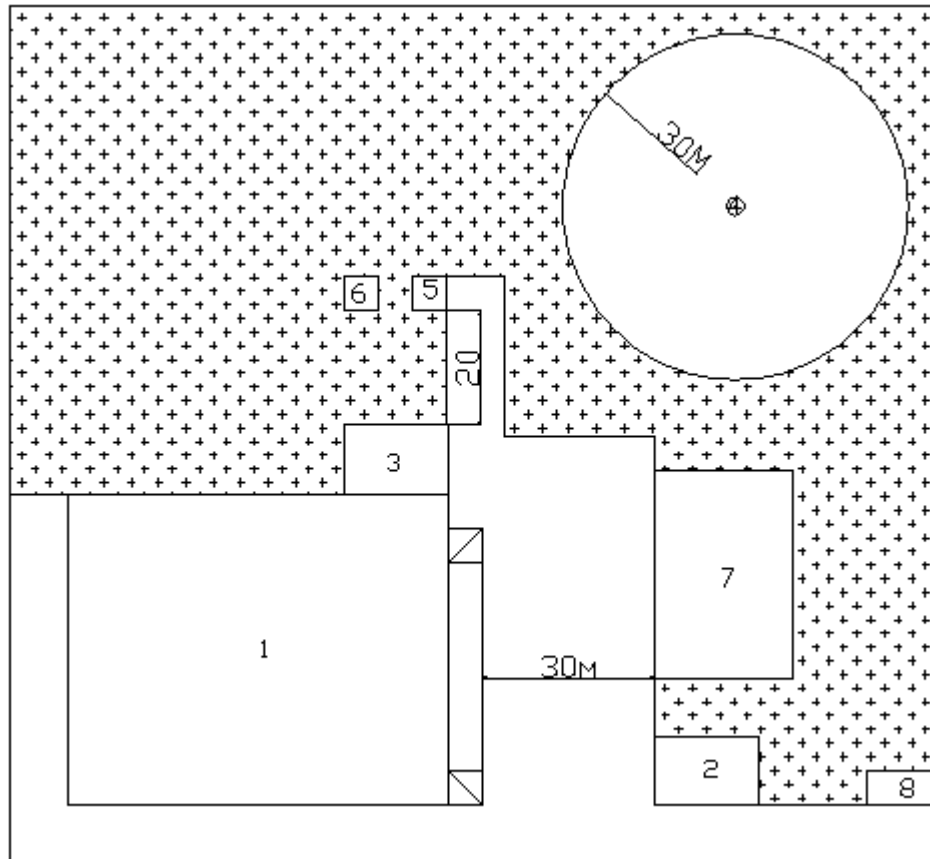


Рис. 3.1 Генеральний план

- 1 — фруктосховище;
- 2 — адміністративно-побутовий корпус;
- 3 — машинне відділення;
- 4 — артезіанська свердловина;
- 5 — трансформаторної підстанції і ХВО;
- 6 — склад аміаку і масла;
- 7 — склад пустої тари;
- 8 — автомобільна платформа.

3.2 Визначення основних розмірів та планування приміщень підприємства

- 1) Розмір сітки колон — 6x18
- 2) Висота приміщень одноповерхової будівлі — 16 м.

3) Визначаємо необхідну площу основних камер:

Розмір камери 24x18 м. Згідно графічного розрахунку (Рис. 3.2) маємо такі дані: максимальна кількість палетів, що можуть бути завантажені до камери — 1020, як наслідок, вага цього вантажу складатиме — 1200 т. мороженої полуниці, 1025 т. винограду.

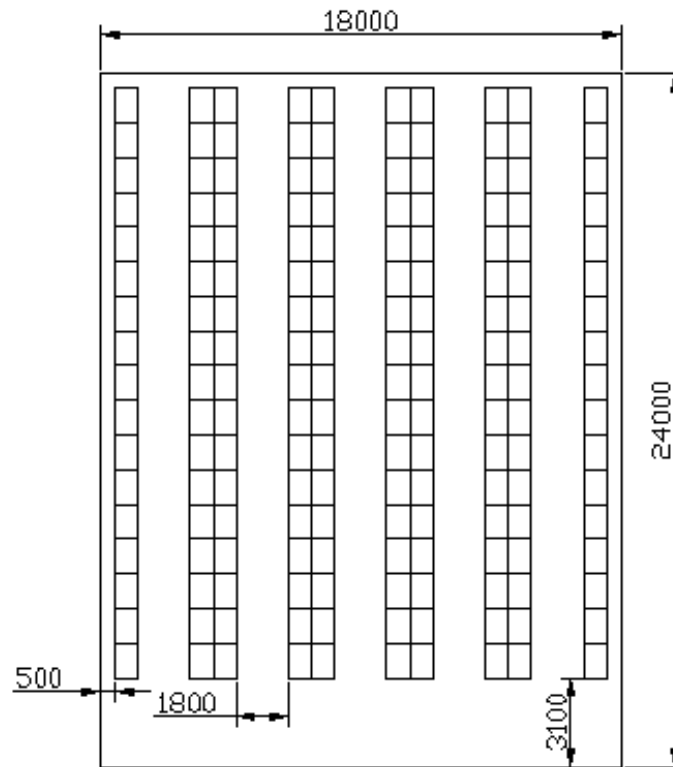


Рис. 3.2 Камера зберігання

4) Знаходимо площу допоміжних приміщень:

$$F_{\text{доп}} = 792 \text{ м}^2$$

5) Розраховуємо необхідну площу охолоджувального складу:

$$F_{\text{ох}} = F_{\text{к.зб}} + F_{\text{к.з}} + F_{\text{доп}}$$

$$F_{\text{ох}} = 1728 + 864 + 792 = 3564 \text{ м}^2$$

6) Необхідна площа машинного відділення:

$$F_{\text{м.в}} = 0,125 \cdot 3564 = 445,5 \text{ м}^2$$

7) Площа службових приміщень:

$$F_{\text{сл}} = 0,4 \cdot 3564 = 1425,6 \text{ м}^2$$

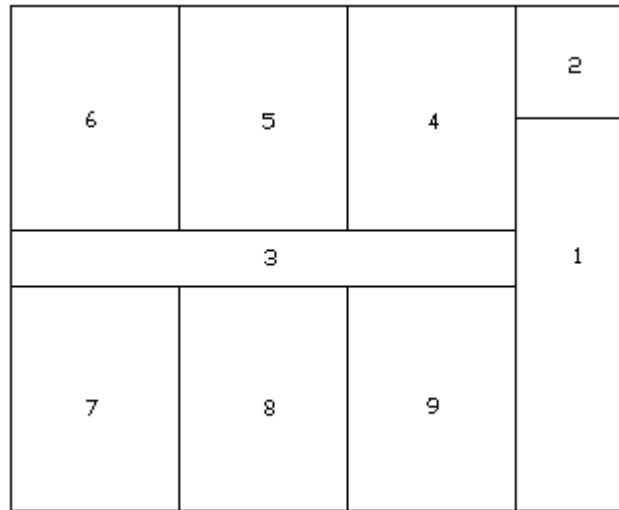


рис. 3.3 Планування

1. Цех товарної обробки
2. Камера з швидкоморозильними апаратами
3. Коридор
- 4, 5. Камера зберігання мороженої продукції
- 6 – 9. Камера зберігання охолодженої продукції

4. Несучі конструкції будівлі підприємства

4.1 Вимоги до конструкції будівлі підприємства

Холодильник підприємства за характером конструкційних рішень відноситься до промислових будівель. Однак на відмінну від звичайних промислових споруд, в їх приміщеннях (камерах) підтримується постійна низька температура при високій вологості повітря.

Конструкція холодильника має забезпечувати можливість створення в камерах цих умов і належного санітарного режиму зберігання плодово-ягідної продукції, а разом з тим бути стійкими до дії вказаних температур і вологості.

Проектування будівельних конструкцій холодильника підприємства здійснюємо відповідно до СНиП 2.11.02-87 «Холодильники».

Основні конструкції будівлі холодильника II ступеня вогнестійкості повинні бути вогнетривкими з межею вогнетривкості 0,75 години.

4.2 Основні конструктивні матеріали

Приймаємо, що сама будівля підприємства — каркасного типу з самонесучими стінами і монолітним фундаментом з пірамідальною плитною частиною. (Рис. 4.1). Схема спирання металевих колон показана на (Рис. 4.2).

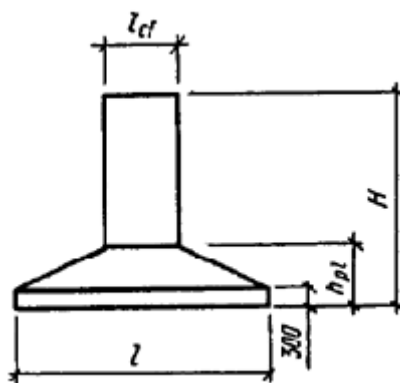


Рис. 4.1 Монолітний фундамент з пірамідальною плитною частиною

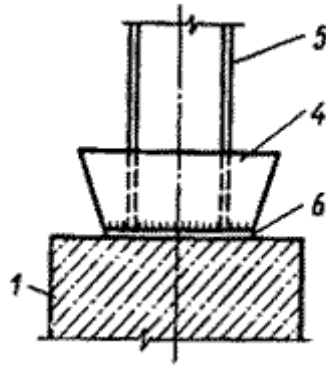


Рис. 4.2 Схема спирання металевих колон на фундаменти зведений до проектної відмітки

1 – залізобетонний фундамент, 5 - колона, 6 – опорна плита башмака.

Складається зі сталевих колон висотою 16 м на які зверху опираються 18 м металеві балки (Рис. 4.3).

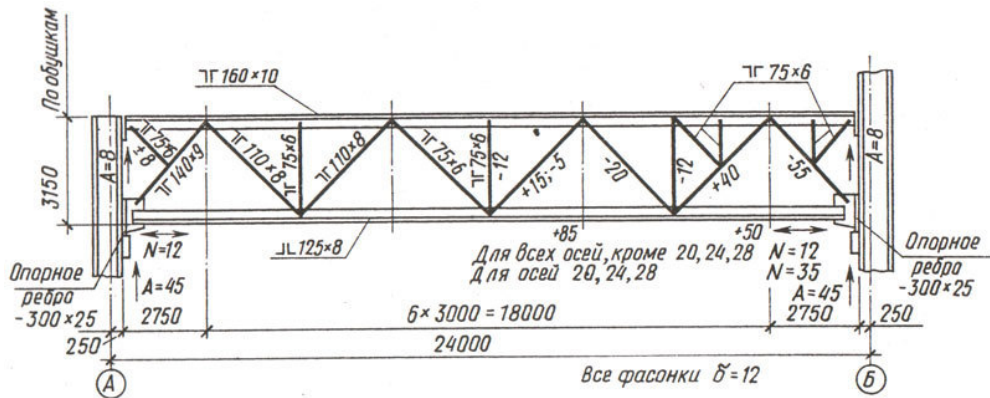


Рис. 4.3 металева балка

Ззовні все обшиваємо сендвіч панелями (Рис. 4.4), які також використовуємо для внутрішніх стін і перегородок, окрім стін машинного відділення й адміністративно-побутового корпусу. Де застосуємо цеглу глиняну, пластичного пресування марки не нижче 100 з морозостійкістю — Мрз 25.

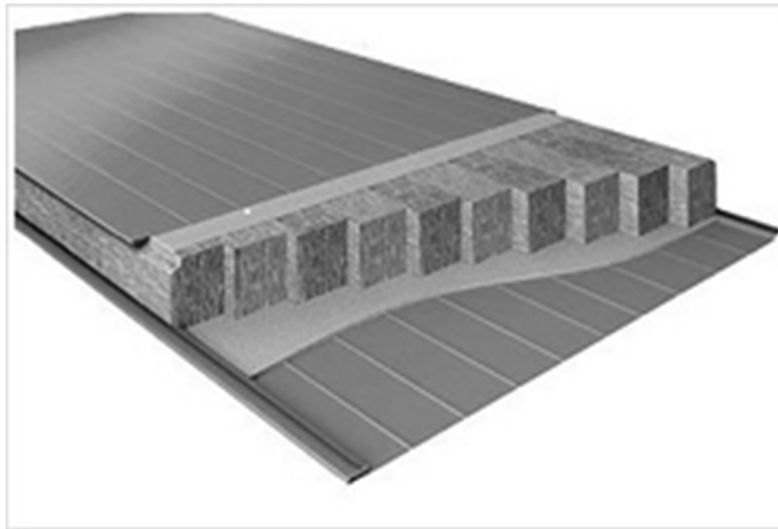


Рис. 4.4 Сендвіч панель

Під час будівництва підприємства використовуємо бетон марки не нижче 200 і арматуру (СНиП 2.03.01-84). Для виготовлення металевих конструкцій (ферм, майданчиків, драбин тощо) застосовуємо прокат вуглецевої сталі марки В Ст.3.

Монтаж стінових сендвіч панелей

- Монтажне різання відбувається за допомогою ножиць і пил, дозволяють виключно «холодне» різання (ручна циркулярна пила). Щоб не створювати перегріву металевого покриття панелі, та не порушувати протикорозійний шар.
- Кріплення сендвіч-панелей
- Кріпимо сендвіч панелі до металевих колон. Використовуємо для цього самонарізні шурупи. Відстань від краю панелі до саморіза повинна бути не менше 50 мм.
- Всі сполучні елементи повинні розташовуватися під кутом 90°. Все, що не відповідає цим параметром має вважатися бракованим.
- Зайвий утеплювач видаляється, перед тим як початком монтажу сендвіч-панелей.
- Кріплення самоклеючої стрічки до зовнішньої поверхні колони має бути товщиною 2-4 мм.

- Герметизація. Силіконовий герметик закладається з внутрішньої сторони стінової панелі в паз замка плунжерним пістолетом, перед закладанням кожної панелі.
- У конструкціях підвісних стель панелі закріплюються на несучі профілі.
- До несучої конструкції профілі закріплюють за допомогою навісний систем.
- До несучих профілів підвісних стель панелі кріплять сверлящими самонарізними болтами, а місце з'єднання прикривають нащільниками

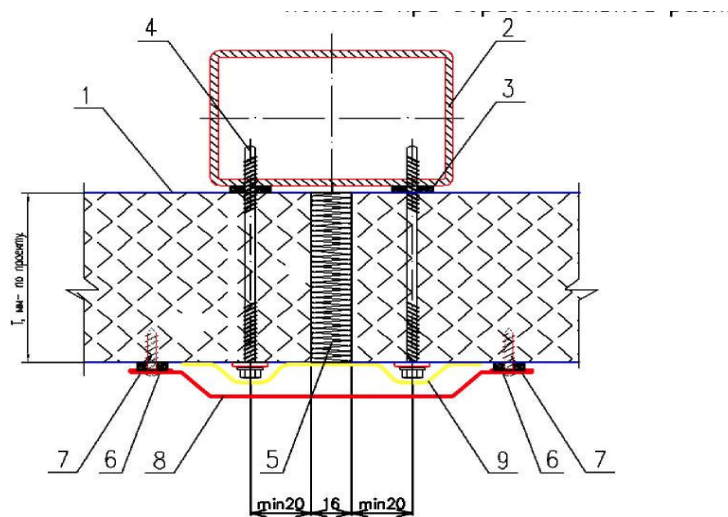


Рис.4.5 Примикання панелей до металевої колони.

- 1 Панель стінова; 2 Колона (показана умовно); 3 Ущільнююча стрічка; 4 Самонарізний гвинт,
 5 Теплоізоляція (піна монтажна); 6 Ущільнююча стрічка; 7 Самонарізний гвинт; 8 Фасадний елемент; 9 Ущільнююча стрічка

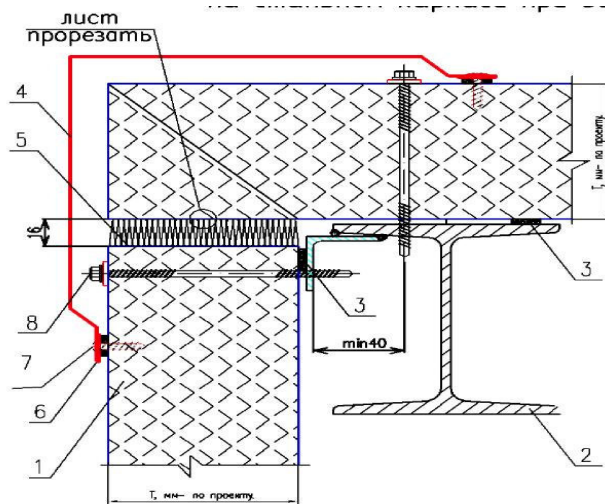


Рис.4.6-Кутове з'єднання панелей

1 Панель стінова; 2 Колона (показана умовно); 3 Ущільнююча стрічка; 4 Фасадний елемент; 5 Теплоізоляція (піна монтажна); 6 Ущільнююча стрічка; 7 Самонарізний гвинт або заклепки; 8 Самонарізний гвинт,

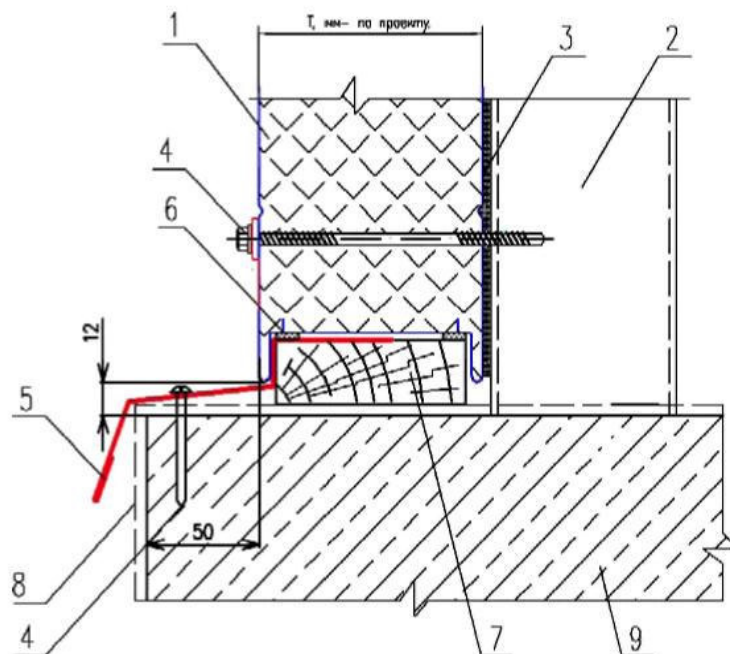


Рис.4.7-Примикання до цоколя

1 Панель стінова; 2 Сталева колона; 3 Ущільнююча стрічка; 4 Самонарізний гвинт, Фасадний елемент; 6 Ущільнююча стрічка; 7 Дошка антисептована товщиною; 8 Гідроізоляція за проектом; 9 Цоколь.

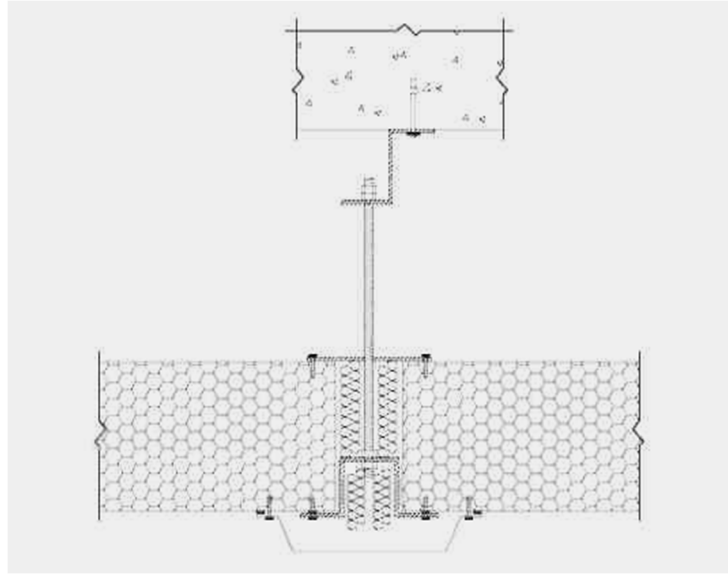


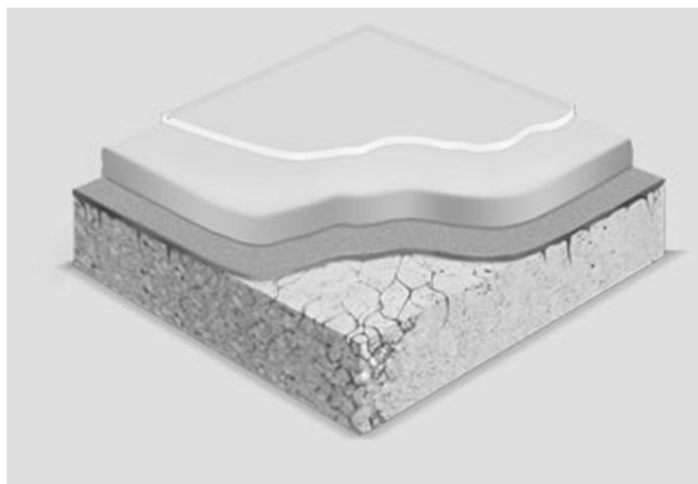
Рис.4.8-Кріплення панелей в конструкціях підвісних стель

1-панель стельова;2- несуча конструкція(умовно);3- несучий профіль;4-самонарізний болт

Покриття виконано з профільованого заліза з гідроізоляцією швів.

Приймаємо безчердачну («совмещенную») двухскатну покрівлю з нахилом 1,5-2%, з рулонною покрівлею гідроізолю, склорубероїда і звичайного рубероїда, покляний в декілька шарів на бітумній мастиці. Для відводу води з покрівлі використовується неорганізований тип відводу.

Для даного фруктосховища застосовуємо наливну підлогу.



1. Прозорий двокомпонентний світло-стійких захисний лак для декоративного оздоблення та захисту полімерних покриттів від зносу.

2. Двокомпонентна еластична саморастекаючаяся кольорова композиція для пристрою наливних підлог.

3. Грунтовка для нормально і слабо поглинають підстав і заповнення дрібних пор

4. При розведенні може використовуватися для зміцнення і знепилення пористих мінеральних підстав.

5. Бетонна основа.

5. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника

Середньорічна температура зовнішнього повітря в м. Вінниця становить $t_{cp} = 13\text{ }^{\circ}\text{C}$.

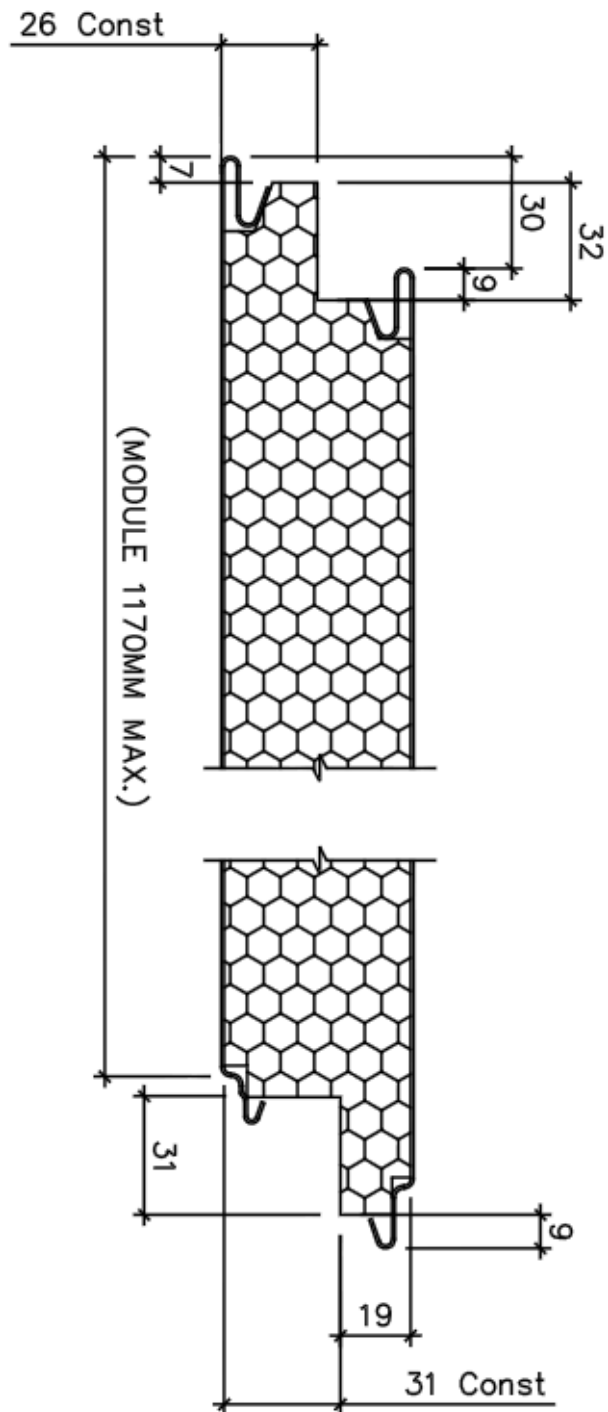


Рис. 5.1 Сендвіч панель на основі пінополіуретану

5.1 Зовнішні стіни

Камери зберігання заморожених ягід

Температура повітря в камерах

$$t_{\text{п}} = -18 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Необхідний коефіцієнт теплопередачі для цих камер становить:

$$k_0^{\text{нб}} = 0,22 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Коефіцієнти тепловіддачі приймаємо:

$$\alpha_3 = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}); \quad \alpha_{\text{в}} = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Необхідну товщину ізоляційного шару визначаємо за формулою:

$$\delta_{i3}^{\text{нб}} = \lambda_{i3} \left[\frac{1}{k_0^{\text{нб}}} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} \right) \right]$$
$$\delta_{i3}^{\text{нб}} = 0,025 \cdot \left[\frac{1}{0,22} - \left(\frac{1}{23} + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,109 \text{ м}$$

Приймаємо товщину ізоляційного шару 120 мм. Оскільки прийнята товщина теплоізоляції відрізняється від необхідної більше ніж на 10 мм, то нам необхідно знайти дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$k_0^{\text{д}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} \right) + \frac{\delta_{i3,\text{д}}}{\lambda_{i3}}}$$
$$k_0^{\text{д}} = \frac{1}{0,155 + \frac{0,120}{0,025}} = 0,20 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Камера зберігання охолоджених продуктів

Температура повітря $t_{\text{п}} = 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Необхідний коефіцієнт теплопередачі:

$$k_0^{\text{нб}} = 0,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні:

$$\alpha_{\text{в}} = 11 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Необхідна товщина ізоляційного шару:

$$\delta_{i3}^{\text{нб}} = 0,025 \cdot \left[\frac{1}{0,3} - \left(\frac{1}{23} + \frac{1}{11} \right) \right] = 0,0799 \text{ м}$$

Приймаємо товщину ізоляції 80 мм.

Дійсне значення коефіцієнта теплопередачі стіни

$$k_0^A = \frac{1}{0,134 + \frac{0,08}{0,025}} = 0,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Цех товарної обробки

Необхідний коефіцієнт теплопередачі:

$$k_0^{H6} = 0,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Коефіцієнт тепловіддачі для внутрішньої поверхні

$$\alpha_B = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Необхідна товщина ізоляції

$$\delta_{iz}^{H6} = 0,025 \cdot \left[\frac{1}{0,3} - \left(\frac{1}{23} + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,079 \text{ м}$$

Приймаємо товщину шару ізоляції 80 мм.

Дійсне значення коефіцієнта теплопередачі покриття

$$k_0^A = \frac{1}{0,134 + \frac{0,08}{0,025}} = 0,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

5.2 Покриття

Камери зберігання заморожених ягід

Температура повітря в камерах:

$$t_{\text{п}} = -18 \text{ }^\circ\text{С}.$$

Необхідний коефіцієнт теплопередачі покриття становить $k_0^{H6} = 0,22 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. Коефіцієнт тепловіддачі для внутрішніх поверхонь приймаємо рівним $\alpha_B = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Необхідну товщину ізоляційного шару:

$$\delta_{iz}^{H6} = 0,025 \cdot \left[\frac{1}{0,22} - \left(\frac{1}{23} + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,110 \text{ м}$$

Приймаємо товщину ізоляційного шару 120 мм.

Дійсне значення коефіцієнта теплопередачі

$$k_0^d = 0,20 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Цех товарної обробки

Необхідний коефіцієнт теплопередачі:

$$k_0^{нб} = 0,29 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Коефіцієнт тепловіддачі для внутрішньої поверхні

$$\alpha_B = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Необхідна товщина ізоляції

$$\delta_{із}^{нб} = 0,025 \cdot \left[\frac{1}{0,29} - \left(\frac{1}{23} + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,082 \text{ м}$$

Приймаємо товщину шару ізоляції 100 мм.

Дійсне значення коефіцієнта теплопередачі покриття

$$k_0^d = \frac{1}{0,134 + \frac{0,100}{0,025}} = 0,24 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Камера зберігання охолоджених продуктів

Необхідний коефіцієнт теплопередачі покриття становить $k_0^{нб} = 0,29 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. Коефіцієнти тепловіддачі для внутрішньої поверхні приймаємо рівним $\alpha_B = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Необхідна товщина ізоляційного шару

$$\delta_{із}^{нб} = 0,025 \cdot \left[\frac{1}{0,29} - \left(\frac{1}{23} + \frac{1}{11} \right) \right] = 0,083 \text{ м}$$

Приймаємо товщину ізоляційного шару 100 мм.

Дійсне значення коефіцієнта теплопередачі покриття

$$k_0^d = \frac{1}{0,134 + \frac{0,100}{0,025}} = 0,24 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

5.3 Підлога

Камери зберігання заморожених ягід

Склад підлоги наведений в табл. 5.1.

Необхідний коефіцієнт теплопередачі складає $k_0^{нб} = 0,21 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Коефіцієнти тепловіддачі поверхні підлоги прийmemo рівним

$$\alpha_6 = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Термічний опір шарів конструкції (крім теплоізоляції)

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 1,34 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

Необхідна товщина шару ізоляції

$$\delta_{із}^{нб} = 0,025 \cdot \left[\frac{1}{0,21} - \left(1,34 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,083 \text{ м}$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 100 мм.

Дійсне значення коефіцієнта теплопередачі підлоги

$$k_0^A = 0,18 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

5.4 Внутрішні стіни

Камери зберігання заморожених ягід

Зі сторони коридору:

Необхідний коефіцієнт теплопередачі:

$$k_0^{нб} = 0,28 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Необхідна товщина ізоляції для внутрішніх стін

$$\delta_{із}^{нб} = 0,025 \cdot \left[\frac{1}{0,28} - \left(\frac{1}{9} + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,084 \text{ м}$$

Приймаємо теплоізоляційний шар товщиною 100 мм.

$$k_0^A = \frac{1}{0,222 + \frac{0,100}{0,025}} = 0,24 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Зі сторони камер зберігання охолоджених продуктів:

Необхідний коефіцієнт теплопередачі:

$$k_0^{нб} = 0,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Необхідна товщина ізоляції для внутрішніх стін

$$\delta_{із}^{нб} = 0,025 \cdot \left[\frac{1}{0,3} - \left(\frac{1}{9} + \frac{1}{11} \right) \right] = 0,078 \text{ м}$$

Приймаємо теплоізоляційний шар товщиною 80 мм.

$$k_0^A = \frac{1}{0,202 + \frac{0,080}{0,025}} = 0,29 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Між собою:

Необхідний коефіцієнт теплопередачі:

$$k_0^{H6} = 0,58 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Необхідна товщина ізоляції

$$\delta_{iz}^{H6} = 0,025 \cdot \left[\frac{1}{0,58} - \left(\frac{1}{9} + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,038 \text{ м}$$

Приймаємо шар теплоізоляції товщиною 50 мм

$$k_0^A = \frac{1}{0,222 + \frac{0,050}{0,025}} = 0,45 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Камери зберігання охолоджених продуктів

Зі сторони коридору:

Необхідний коефіцієнт теплопередачі:

$$k_0^{H6} = 0,58 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Необхідна товщина ізоляції

$$\delta_{iz}^{H6} = 0,025 \cdot \left[\frac{1}{0,58} - \left(\frac{1}{11} + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,038 \text{ м}$$

Приймаємо шар теплоізоляції товщиною 50 мм.

$$k_0^A = \frac{1}{0,202 + \frac{0,050}{0,025}} = 0,45 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Між собою:

Необхідний коефіцієнт теплопередачі:

$$k_0^{H6} = 0,58 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

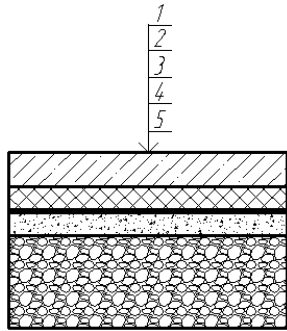
Необхідна товщина ізоляції

$$\delta_{iz}^{H6} = 0,025 \cdot \left[\frac{1}{0,58} - \left(\frac{1}{11} + \frac{1}{11} \right) \right] = 0,039 \text{ м}$$

Приймаємо шар теплоізоляції товщиною 50 мм

$$k_0^A = \frac{1}{0,182 + \frac{0,050}{0,025}} = 0,46 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Таблиця 5.1

Назва і конструкція огороження	№ шару	Назва і матеріал шару	$\delta_i, \text{ м}$	$\lambda_i, \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$	$R_i, \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$
<p>Підлога</p> 	1	Фібробетон	0,150	0,55	0,273
	2	Теплоізоляція з жорсткого пінополіуретану	н. в.	0,025	н. в.
	3	Гідроізоляція	0,004	0,3	0,013
	4	Бетонна підготовка М200	0,100	1,86	0,054
	5	Ущільнена гравійно-піщана суміш	0,200	0,2	1
					1,34

Таблиця 5.2

Огороження	$t_n, ^\circ\text{C}$	$\alpha_z, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	$\alpha_e, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	$\delta_{iz}^{нб}, \text{ мм}$	$\delta_{iz}^d, \text{ мм}$	$k_0^A, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$
Зовнішня стіна	0	23	9	79	80	0,3
	0	23	11	79,9	80	0,3
	-18	23	9	109	120	0,2
покриття	0	23	9	82	100	0,24
	0	23	11	83	100	0,24
	-18	23	9	110	120	0,2
підлога	-18	-	9	83	100	0,18
Внутрішня стіна	-18/0	9	9	84	100	0,24
	-18/0	11	9	78	80	0,24
	-18/-18	9	9	38	50	0,45
	0/0	11	11	39	50	0,45
	0/0	9	11	38	50	0,46

6. Розрахунок теплонадходжень до охолоджувальних приміщень

Навантаження на камерне обладнання визначають як суму всіх теплонадходжень в дану камеру, так як камерне обладнання має забезпечити відбір теплоти за самих несприятливих умов

$$\sum Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = Q_{\text{заг}}$$

Теплонадходження через огорожуючі конструкції

Розміри огорожень в плані і площу камер приймаємо за осями колон, висоту стін — на 16 м. Приймаємо також, що покрівля світла ($\Delta t = 14,9$ °C).

Розрахунок теплонадходжень виконуємо для літнього періоду в м. Сімферополь ($t_3 = 33$ °C) та зимового ($t_3 = -8$ °C). Результати розрахунку заносимо в табл. 6.1. Отриманні сумарні значення теплонадходжень заносимо в зведену таблицю.

Теплонадходження через огорожуючі конструкції Q_1 визначають як суму теплонадходжень (через стіни, перегородки, перекриття чи покриття, через підлогу), які виникають за рахунок різниці зовнішньої і внутрішньої температур Q_{1m} , а також теплонадходжень за рахунок дії сонячної радіації Q_{1c} через покриття і зовнішні стіни

$$Q_1 = Q_{1m} + Q_{1c}$$

Теплонадходження через стіни, перегородки, перекриття чи покриття

Q_{1m} розраховують по формулі:

$$Q_{1m} = k_{\partial} F (t_3 - t_6) \cdot 10^{-3}$$

де k_{∂} — дійсний коефіцієнт теплопередачі огороження, Вт/(м²К); F — розрахункова площа поверхні огороження, м²; t_3 — розрахункова температура повітря з зовнішньої сторони огороження, °C; t_6 — розрахункова внутрішня температура охолоджувальних приміщень, °C.

Теплонадходження через підлогу з підігрівом, розміщену на ґрунті, визначають за формулою:

$$Q_{1m} = k_{\partial} F (t_2 - t_g) \cdot 10^{-3}$$

де k_{∂} — коефіцієнт теплопередачі конструкції підлоги; t_2 — середня температура приладу для підігріву ґрунту ($t_2=1$ °С).

Теплонадходження від сонячної радіації через зовнішні стіни і покриття холодильників Q_{1c} розраховують по формулі:

$$Q_{1c} = k_{\partial} F \Delta t_c \cdot 10^{-3}$$

де k_{∂} — дійсний коефіцієнт теплопередачі огороження, Вт/(м²К); F — площа поверхні огороження, що опромінюється сонцем, м²; Δt_c — надлишкова різниця температур, °С за таблицею 9.1.

Літній період

Камера №1

Стіна зовнішня:

Південна

$$Q_m = 0,3 \cdot 192 \cdot 33 \cdot 10^{-3} = 1,9 \text{ кВт}$$

$$Q_c = 0,3 \cdot 192 \cdot 4,25 \cdot 10^{-3} = 0,24 \text{ кВт}$$

Східна

$$Q_m = 0,3 \cdot 672 \cdot 33 \cdot 10^{-3} = 6,65 \text{ кВт}$$

$$Q_c = 0,3 \cdot 672 \cdot 6 \cdot 10^{-3} = 1,21 \text{ кВт}$$

Внутрішня стіна:

Західна

$$Q_{m1} = 0,24 \cdot 192 \cdot (-18) \cdot 10^{-3} = -0,83 \text{ кВт}$$

$$Q_{m2} = 0,45 \cdot 96 \cdot 0 \cdot 10^{-3} = 0,0 \text{ кВт}$$

$$Q_{m3} = 0,46 \cdot 384 \cdot 0 \cdot 10^{-3} = 0,0 \text{ кВт}$$

$$Q_m = Q_{m1} + Q_{m2} + Q_{m3} = -0,83 \text{ кВт}$$

Північна

$$Q_m = 0,45 \cdot 192 \cdot 0 \cdot 10^{-3} = 0,0 \text{ кВт}$$

Двері:

$$Q_m = 0,4 \cdot 6 \cdot 0 \cdot 10^{-3} = 0,0 \text{ кВт}$$

Покриття:

$$Q_m = 0,24 \cdot 504 \cdot 33 \cdot 10^{-3} = 4,0 \text{ кВт}$$

$$Q_c = 0,24 \cdot 504 \cdot 14,9 \cdot 10^{-3} = 1,8 \text{ кВт}$$

Зимовий період

Камера №1

Стіна зовнішня:

Південна

$$Q_m = 0,3 \cdot 192 \cdot (-8) \cdot 10^{-3} = -0,46 \text{ кВт}$$

$$Q_c = 0,3 \cdot 192 \cdot 1,42 \cdot 10^{-3} = 0,8 \text{ кВт}$$

Східна

$$Q_m = 0,3 \cdot 672 \cdot (-8) \cdot 10^{-3} = -1,61 \text{ кВт}$$

$$Q_c = 0,3 \cdot 672 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,4 \text{ кВт}$$

Внутрішня стіна:

Західна

$$Q_{m1} = 0,24 \cdot 192 \cdot (-18) \cdot 10^{-3} = -0,83 \text{ кВт}$$

$$Q_{m2} = 0,45 \cdot 96 \cdot 0 \cdot 10^{-3} = 0,0 \text{ кВт}$$

$$Q_{m3} = 0,46 \cdot 384 \cdot 0 \cdot 10^{-3} = 0,0 \text{ кВт}$$

$$Q_m = Q_{m1} + Q_{m2} + Q_{m3} = -0,83 \text{ кВт}$$

Північна

$$Q_m = 0,45 \cdot 192 \cdot 0 \cdot 10^{-3} = 0,0 \text{ кВт}$$

Двері:

$$Q_m = 0,4 \cdot 6 \cdot 0 \cdot 10^{-3} = 0,0 \text{ кВт}$$

Покриття:

$$Q_m = 0,24 \cdot 504 \cdot (-8) \cdot 10^{-3} = -0,97 \text{ кВт}$$

$$Q_c = 0,24 \cdot 504 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 0,6 \text{ кВт}$$

Всі інші камери розраховуються аналогічно, дані заносимо до таблиці 6.1. Таблиця 6.1

Огородження	k_0 , $Вт/(м^2 \cdot К)$	$F, м^2$	$\theta, ^\circ C$	$Q_{1Г}$, $кВт$	$\Delta t_c, ^\circ C$	$Q_{1с}$, $кВт$	$Q_{1заг}$, $кВт$	$\theta_3, ^\circ C$	$Q_{31Г}$, $кВт$	$Q_{31заг}$, $кВт$
Камера №1										
Стіна зовнішня:										
Південна	0,3	192	33	1,9	4,25	0,24	2,14	-8	-0,46	-0,34
Східна	0,3	672	33	6,65	6	1,21	7,86	-8	-1,61	-1,21
Стіна внутрішня:										
Північна	0,45	192	0	0	—	—	0	0	0	0
Західна	0,24	192	-18	-0,83	—	—	-0,83	-18	-0,83	-0,83
Покриття	0,24	504	33	4,0	14,9	1,8	5,8	-8	-0,97	-0,37
Σ							14,97			-2,75
Камера №2										
Стіна зовнішня:										
Північна	0,3	192	33	1,9	0	0	1,9	-8	-0,46	-0,46
Східна	0,3	192	33	1,9	6	0,35	2,25	-8	-0,46	-0,34
Стіна внутрішня:										
Південна	0,45	192	0	0	—	—	0	0	0	0
Західна	0,24	192	-18	-0,83	—	—	-0,83	-18	-0,83	-0,83
Покриття	0,24	144	33	1,14	14,9	0,51	1,65	-8	-0,28	-0,11
Σ							4,97			-1,74
Камера №3										
Стіна зовнішня:										
Західна	0,3	96	33	0,77	7,2	0,21	0,98	-8	-0,23	-0,16
Стіна внутрішня:										
Південна	0,45	864	0	0	—	—	0	0	0	0
Північна	0,24	96	0	0	—	—	0	0	0	0
Східна	0,45	576	-18	-2,49	—	—	-2,49	-18	-2,49	-2,49
Покриття	0,24	324	33	2,57	14,9	1,16	3,73	-8	-0,62	-0,25
Σ							7,2			-2,9
Камера №4										
Стіна зовнішня:										
Північна	0,2	288	51	2,94	0	0	2,94	10	0,58	3,52
Стіна внутрішня:										
Південна	0,24	288	18	1,24	—	—	1,24	18	1,24	1,24
Західна	0,45	384	0	0	—	—	0	0	0	0
Східна	0,24	384	18	1,66	—	—	1,66	18	1,66	1,66
Двері	0,4	6	18	0,04	—	—	0,04	18	0,04	0,04
Покриття	0,2	432	51	4,41	14,9	1,23	5,64	10	0,86	2,09
Підлога	0,18	432	21	1,63	—	—	1,63	21	1,63	1,27
Σ							13,11			6,88

Камера №5										
Стіна зовнішня: Північна	0,2	288	51	2,94	0	0	2,94	10	0,58	3,52
Стіна внутрішня: Південна	0,24	288	18	1,24	—	—	1,24	18	1,24	1,24
Східна	0,45	384	0	0	—	—	0	0	0	0
Західна	0,24	384	18	1,66	—	—	1,66	18	1,66	1,66
Двері	0,4	6	18	0,04	—	—	0,04	18	0,04	0,04
Покриття	0,2	432	51	4,41	14,9	1,23	5,64	10	0,86	2,09
Підлога	0,18	432	21	1,63	—	—	1,63	21	1,63	1,27
Σ							13,11			6,88
Камера №6										
Стіна зовнішня: Північна	0,3	288	33	2,85	0	0	2,85	-8	-0,69	-0,69
Західна	0,3	384	33	3,8	7,2	0,83	4,63	-8	-0,92	-0,64
Стіна внутрішня: Південна	0,45	288	0	0	—	—	0	0	0	0
Східна	0,24	384	-18	-1,66	—	—	-1,66	-18	-1,66	-1,66
Покриття	0,24	432	33	3,42	14,9	1,54	4,96	-8	-0,83	-0,31
Σ							10,78			-3,3
Камера №7										
Стіна зовнішня: Південна	0,3	288	33	2,85	4,25	0,37	3,22	-8	-0,69	-0,57
Західна	0,3	384	33	3,8	7,2	0,83	4,63	-8	-0,92	-0,64
Стіна внутрішня: Північна	0,45	288	0	0	—	—	0	0	0	0
Східна	0,45	384	0	0	—	—	0	0	0	0
Покриття	0,24	432	33	3,42	14,9	1,54	4,96	-8	-0,83	-0,31
Σ							12,81			-1,52
Камера №8										
Стіна зовнішня: Південна	0,3	288	33	2,85	4,25	0,37	3,22	-8	-0,69	-0,57
Стіна внутрішня: Північна	0,45	288	0	0	—	—	0	0	0	0
Східна	0,45	384	0	0	—	—	0	0	0	0
Західна	0,45	384	0	0	—	—	0	0	0	0
Покриття	0,24	432	33	3,42	14,9	1,54	4,96	-8	-0,83	-0,31
Σ							8,18			-0,88
Камера №9										
Стіна зовнішня: Південна	0,3	288	33	2,85	4,25	0,37	3,22	-8	-0,69	-0,57
Стіна внутрішня: Північна	0,45	288	0	0	—	—	0	0	0	0
Східна	0,45	384	0	0	—	—	0	0	0	0
Західна	0,45	384	0	0	—	—	0	0	0	0
Покриття	0,24	432	33	3,42	14,9	1,54	4,96	-8	-0,83	-0,31
Σ							8,18			-0,88

6.2 Теплонадходження від вантажів при холодильній обробці

Теплонадходження при охолодженні і заморожуванні продуктів в камерах зберігання визначають за формулою:

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

де M_{np} — добове надходження продукту, т/доб; Δi — різниця питомих ентальпій продуктів, кДж/кг.

Теплонадходження від продуктів при холодильній обробці в камерах охолодження і заморожування періодичної дії розраховують по формулі:

$$Q_{2np} = 1,3 M_{np} \Delta i \frac{10^3}{\tau_{обр} \cdot 3600}$$

де $1,3$ — коефіцієнт, що враховує нерівномірність теплового навантаження; $\tau_{обр}$ — тривалість холодильної обробки, год/доб.

Теплонадходження від тари

$$Q_{2m} = M_m c_m (t_1 - t_2) \frac{10^3}{24 \cdot 3600}$$

де c_m — питома теплоємність тари, кДж/(кгК); t_1 і t_2 — початкова і кінцева температура тари, °С.

Камери №1

$$Q_{2np} = 1,3 \cdot 200 \cdot 22 \frac{10^3}{24 \cdot 3600} = 66,2 \text{ кВт}$$

$$Q_{2m} = 1,93 \cdot 14,6(26 - 20) \frac{10^3}{24 \cdot 3600} = 1,96 \text{ кВт}$$

Камера №2

$$Q_{2np} = 50 \cdot 265 \frac{10^3}{24 \cdot 3600} = 155 \text{ кВт}$$

$$Q_{2т} = 0,25 \cdot 0,7(20 - 4) \frac{10^3}{24 \cdot 3600} = 0,03 \text{ кВт}$$

Камери №4,5

$$Q_{2m} = 1,93 \cdot 1,88(20 - (-18)) \frac{10^3}{24 \cdot 3600} = 1,6 \text{ кВт}$$

Камери №6-9

$$Q_{2np} = 1,3 \cdot 50 \cdot 75 \frac{10^3}{24 \cdot 3600} = 56,42 \text{ кВт}$$

$$Q_{2т} = 1,93 \cdot 3,65(20 - 0) \frac{10^3}{24 \cdot 3600} = 1,63 \text{ кВт}$$

Таблиця 6.2

№ камери	Q_{2np} , кВт	$Q_{2т}$, кВт	$Q_{2заз}$, кВт
1	66,22	1,96	68,18
2	0	0,03	0,03
апарати	155	0	155
3	0	0	0
4	0	1,6	1,6
5	0	1,6	1,6
6	56,42	1,63	58,05
7	56,42	1,63	58,05
8	56,42	1,63	58,05
9	56,42	1,63	58,05

6.3 Теплонадходження при вентиляції приміщень

Теплонадходження від зовнішнього повітря розраховують за формулою:

$$Q_3 = M_{en} \Delta i$$

де M_{en} — масова витрата вентиляційного повітря, кг/с; Δi — різниця питомих ентальпій зовнішнього повітря і повітря в камері, кДж/кг.

Масову витрату вентиляційного повітря визначають, виходячи з необхідності забезпечити кратність повітрообміну декількох об'ємів за добу:

$$M_{en} = \frac{V_k a \rho_n}{24 \cdot 3600}$$

де V_k — об'єм приміщення, що вентилюється, м³; a — кратність повітрообміну (3...4 об'єму камери за добу); ρ — густина повітря при температурі і відносній вологості повітря в камері, кг/м³.

Камера №1

$$M_{en} = \frac{8064 \cdot 3 \cdot 1,28}{24 \cdot 3600} = 0,36 \text{ кг/с}$$

$$Q_3 = 0,36 \cdot 27 = 9,7 \text{ кВт}$$

Камера №6-9

$$M_{en} = \frac{6912 \cdot 3 \cdot 1,28}{24 \cdot 3600} = 0,31 \text{ кг/с}$$

$$Q_3 = 0,31 \cdot 27 = 8,3 \text{ кВт}$$

Зимомою:

$$Q_3 = 0,31 \cdot (-6) = -1,84 \text{ кВт}$$

6.4 Експлуатаційні теплонадходження

Теплонадходження від освітлення розраховують за формулою:

$$q_1 = AF \cdot 10^{-3}$$

де A — теплота, що виділяється джерелом світла за одиницю часу на 1 м² площі підлоги, Вт/м²; F — площа камери, м².

Теплонадходження від людей

$$q_2 = 0,35n$$

де $0,35$ — тепловиділення однієї людини при тяжкій фізичній роботі, кВт; n — кількість людей.

Теплонадходження від роботи двигунів при розташуванні електродвигунів в охолоджувальному приміщенні знаходять по формулі:

$$q_3 = N_e$$

де N_e — сумарна потужність електродвигунів, кВт.

Теплонадходження при відкриванні дверей:

$$q_4 = KF \cdot 10^{-3}$$

де K — питомий потік теплоти від відкривання дверей, Вт/м²; F — площа камери, м².

Експлуатаційні теплонадходження визначаються, як сума тепло надходжень різних видів:

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4$$

Камера №1

$$q_1 = 4,7 \cdot 504 \cdot 10^{-3} = 2,37 \text{ кВт}$$

$$q_2 = 0,35 \cdot 12 = 4,2 \text{ кВт}$$

$$q_3 = 3 \text{ кВт}$$

$$q_4 = 24 \cdot 504 \cdot 10^{-3} = 12,1 \text{ кВт}$$

Камера №2

$$q_1 = 4,7 \cdot 144 \cdot 10^{-3} = 0,68 \text{ кВт}$$

$$q_2 = 0,35 \cdot 2 = 0,7 \text{ кВт}$$

$$q_3 = 8 \text{ кВт}$$

$$q_4 = 0 \text{ кВт}$$

Камера №3

$$q_1 = 4,7 \cdot 324 \cdot 10^{-3} = 1,52 \text{ кВт}$$

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

$$q_3 = 2 \text{ кВт}$$

$$q_4 = 0 \text{ кВт}$$

Камеры №4,5

$$q_1 = 2,3 \cdot 432 \cdot 10^{-3} = 0,99 \text{ кВт}$$

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

$$q_3 = 2 \text{ кВт}$$

$$q_4 = 17 \cdot 432 \cdot 10^{-3} = 7,3 \text{ кВт}$$

Камеры №6-9

$$q_1 = 2,3 \cdot 432 \cdot 10^{-3} = 0,99 \text{ кВт}$$

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

$$q_3 = 3 \text{ кВт}$$

$$q_4 = 0 \text{ кВт}$$

Таблиця 6.3

№ камери	$F_{к}, м^2$	$A, Вт/м^2$	$q_1, кВт$	$n, чоловік$	$q_2, кВт$	$q_3, кВт$	$K, Вт/м^2$	$q_4, кВт$	$Q_{заг}, кВт$
1	504	4,7	2,37	12	4,2	3	24	12,1	21,67
2	144	4,7	0,68	2	0,7	8	0	0	9,37
3	324	4,7	1,52	3	1,05	2	0	0	4,57
4	432	2,3	0,99	3	1,05	2	17	7,3	11,34
5	432	2,3	0,99	3	1,05	2	17	7,3	11,34
6	432	2,3	0,99	3	1,05	3	0	0	5,04
7	432	2,3	0,99	3	1,05	3	0	0	5,04
8	432	2,3	0,99	3	1,05	3	0	0	5,04
9	432	2,3	0,99	3	1,05	3	0	0	5,04

6.5 Теплонадходження при «диханні»

Теплонадходження від фруктів при «диханні» можна визначити за формулою:

$$Q_5 = V_k(0,1q_n + 0,9q_3)10^{-3}$$

де V_k — місткість камери, т; q_n, q_3 — тепловиділення плодів при температурах надходження і зберігання, Вт/т.

Камери №1

$$Q_5 = 200(0,1 \cdot 267 + 0,9 \cdot 219)10^{-3} = 44,76 \text{ кВт}$$

Камери №6-9

В режимі охолодження

$$Q_5 = 50(0,1 \cdot 267 + 0,9 \cdot 219)10^{-3} = 11,19 \text{ кВт}$$

В режимі зберігання

$$Q_5 = 1025 \cdot 9 \cdot 10^{-3} = 9,23 \text{ кВт}$$

По полуниці

$$Q_5 = 412,5 \cdot 21 \cdot 10^{-3} = 8,66 \text{ кВт}$$

Літній режим

Таблиця 6.4

№ камери	Призначення	Площа камери $F_{к}, м^2$	Температура, °C		Навантаження на камерне обладнання					
			t_{\square}	t_0	$Q_{1заг}$	$Q_{2заг}$	$Q_{3заг}$	$Q_{4заг}$	Q_5	$\Sigma Q_{заг}$
1	Цех товарної обробки	504	0	-5	14,97	68,18	9,7	21,67	4,48	119
2	Камера с апаратами	144	0	-5	4,97	0,03	0	9,37	—	14,37
2	апарати	—	-35	-40	0	155	0	180	—	335
3	коридор	324	0	-5	7,2	0	0	4,57	—	11,77
4	Камера зберігання	432	-18	-25	13,11	1,6	0	11,34	—	26,05
5	заморожених продуктів	432	-18	-25	13,11	1,6	0	11,34	—	26,05
Σ_{-25}					26,22	3,2	0	22,68		52,1
6	Камера охолодження	432	0	-5	10,78	58,05	8,3	5,04	19,85	102
7	та зберігання	432	0	-5	12,81	58,05	8,3	5,04	19,85	104
8	охолоджених продуктів	432	0	-5	8,18	58,05	8,3	5,04	19,85	99,4
9		432	0	-5	8,18	58,05	8,3	5,04	19,85	99,4
Σ_{-5}					67,09	300,4	42,9	55,77	79,4	546,4

Зимовий режим

Таблиця 6.5

№ камери	Призначення	Площа камери $F_{к}, м^2$	Температура, °C		Навантаження на камерне обладнання					
			t_{\square}	t_0	$Q_{1заг}$	$Q_{2заг}$	$Q_{3заг}$	$Q_{4заг}$	Q_5	$\Sigma Q_{заг}$
1	Цех товарної обробки	504	0	-5	-2,75	0	0	2,37	0	-0,38
2	Камера с апаратами	144	0	-5	-1,74	0	0	0	—	-1,74
2	апарати	—	-35	-40	—	—	—	—	—	—
3	коридор	324	0	-5	-2,9	0	0	3,52	—	-0,62
4	Камера	432	-18	-25	6,88	0	0	7,34	—	14,58

5	<i>зберігання заморожених продуктів</i>	432	-18	-25	6,88	0	0	7,34	—	14,58
Σ_{-25}					13,76	0	0	14,68		28,44
6	<i>Камера</i>	432	0	-5	-3,3	0	0	4,69	9,23	10,62
7	<i>охолодження та зберігання</i>	432	0	-5	-1,52	0	0	4,69	9,23	12,4
8	<i>охолоджених</i>	432	0	-5	-0,88	0	0	4,69	9,23	13,04
9	<i>продуктів</i>	432	0	-5	-0,88	0	0	4,69	9,23	13,04
Σ_{-5}					-13,97	0	0	24,65	36,92	47,6

Як видно таблиці, зимою в камерах зберігання охолодженої продукції підігріву не потрібно.

7. Визначення навантаження на обладнання камер та компресор

Навантаження на компресори, що працюють при температурі кипіння $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$\sum Q_{-40} = 335 \text{ кВт}$$

при температурі кипіння $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$\sum Q_{-25} = 0,9 \sum Q_{1\text{заг}} + 0,5 \sum Q_{2\text{заг}} + 0,7 \sum Q_{4\text{заг}}$$

$$\sum Q_{-25} = 0,9 \cdot 26,22 + 0,5 \cdot 3,2 + 0,7 \cdot 22,68 = 41,1 \text{ кВт}$$

при температурі кипіння $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$\sum Q_{-5} = 0,9 \sum Q_{1\text{заг}} + \sum Q_{2\text{заг}} + \sum Q_{3\text{заг}} + 0,7 \sum Q_{4\text{заг}} + \sum Q_5$$

$$\sum Q_{-5} = 0,9 \cdot 67,09 + 300,4 + 42,9 + 0,7 \cdot 55,8 + 79,4 = 521,4 \text{ кВт}$$

8. Вибір розрахункового робочого режиму та тепловий розрахунок холодильної машини. Вибір компресорів

Для охолодження декількох груп споживачів холоду з різними температурами кипіння холодильного агента, приймаю схему двоступеневої аміачної холодильної машини з трьома температурами кипіння, компаундним циркуляційним ресивером та насосно-циркуляційною схемою подачі холодильного агента. (Рис. 8.1). Конденсатори з повітряним охолодженням.

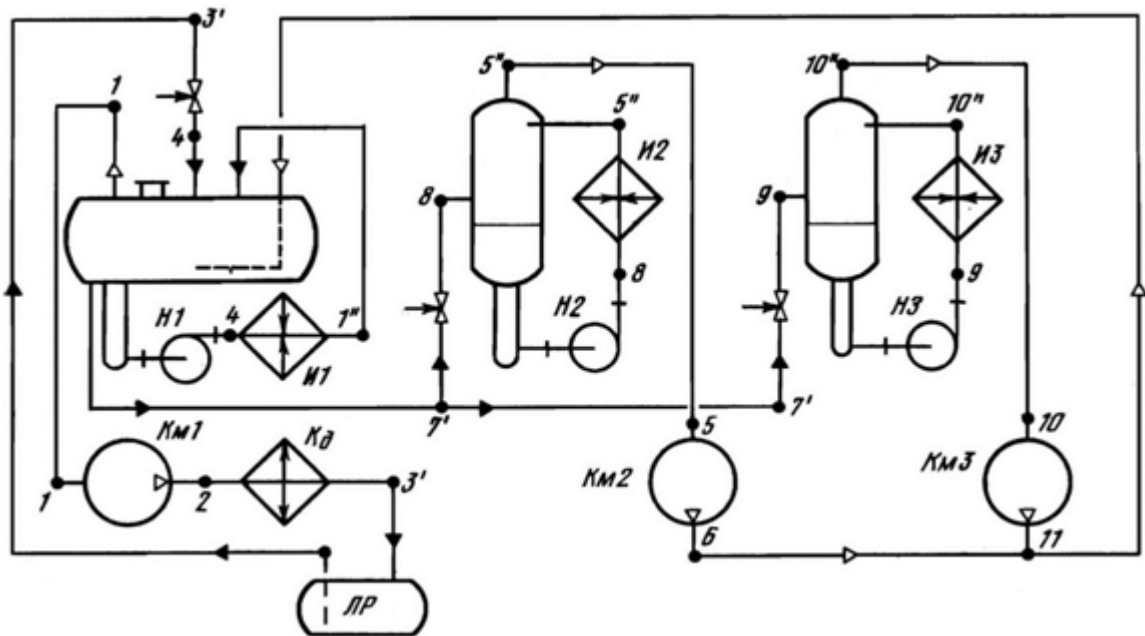


Рис. 8.1 схема двоступеневої аміачної холодильної машини з трьома температурами кипіння.

Застосування такої схеми дозволяє використовувати на кожну температуру кипіння одноступеневий агрегат. В цій схемі застосовується компаундний циркуляційний ресивер, що виконує функції проміжної посудини та циркуляційного ресивера.

Будуємо цикл в $i-lgp$ діаграмі для R717. Під час побудови приймають, що: температура конденсації для аміачних установок з повітряним охолодженням конденсатора на $9...11$ °С вище розрахункової температури

зовнішнього повітря:

$$t_k = t_z + (9 \dots 11)^\circ\text{C}$$

$$t_k = 33 + 10 = 43^\circ\text{C}$$

Підігрів повітря в повітряному конденсаторі $\Delta t_{\text{нов}} = 5 \dots 6^\circ\text{C}$.

Температура кипіння в приладах охолодження для аміаку на $5 - 10^\circ\text{C}$ нижча за температуру в камерах, при розрахунку камер зберігання охолоджених фруктів приймають перепад температур в $5 - 6^\circ\text{C}$ щоб виключити підморожування продукту.

- 1) температура кипіння для камер охолодження (зберігання охолодженої продукції):

$$t_{0\text{ох.}} = t_{\text{ох.}} - (5 \dots 6) = 0 - 5 = -5^\circ\text{C};$$

- 2) температура кипіння для камер зберігання замороженої продукції:

$$t_{0\text{зб}} = t_{\text{зб}} - (5 \dots 10) = -18 - 7 = -25^\circ\text{C}.$$

- 3) температура кипіння для апарату заморожування:

$$t_{0\text{зам}} = t_{\text{зам}} - (5 \dots 10)^\circ\text{C} = -35 - 5 = -40^\circ\text{C}.$$

температуру перегріву пари перед всмоктуванням приймаємо однаковою для всіх груп компресорів:

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

$$t_{\text{вс1}} = -5 + 10 = +5^\circ\text{C}$$

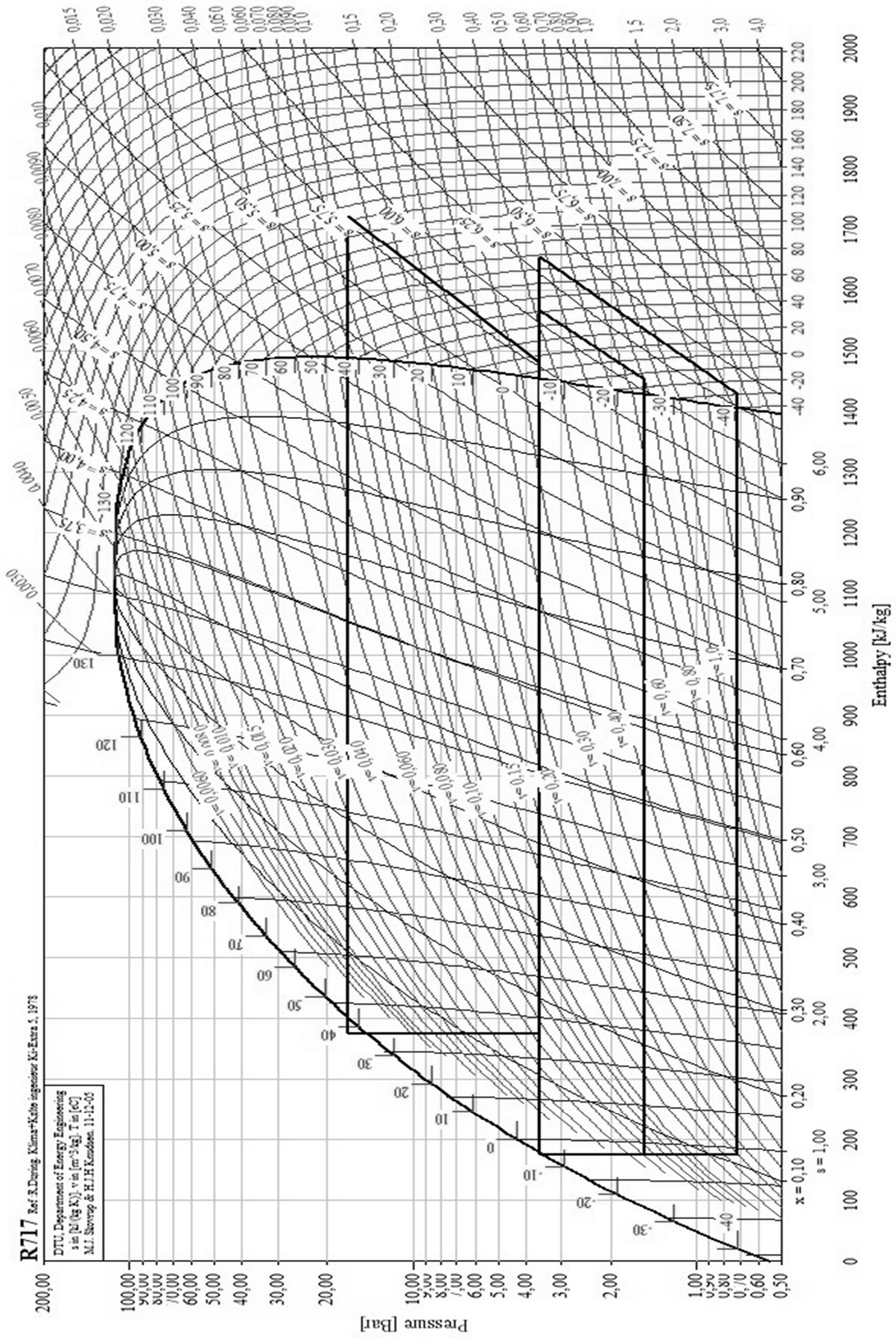
$$t_{\text{вс2}} = -25 + 10 = -15^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{вс3}} = -40 + 10 = -30^\circ\text{C}$$

Значення параметрів холодоагенту в основних точках циклу заносимо до табл.8.1.

R717 Ref. R. Döring, Kumar-Katze Ingenieur K.-Extra 5, 1978

DTU, Department of Energy Engineering
 s in [J/(kg K)], v in [m³/kg], T in [°C]
 M.J. Stavropoulos & R.H. Kramann, 11-12-05



Таблиця 8.1

Точки Пар-ри	1'	1	2	2'	3	4	5	5'	6	7	8	9	10'	10	11
t, °C	-5	5	122	43	38	-5	-15	-25	41	-5	-25	-40	-40	-30	79
p, МПа	0,355	0,355	1,687	1,687	1,687	0,355	0,152	0,152	0,355	0,355	0,152	0,072	0,072	0,072	0,355
h, кДж/кг	1456	1481	1720	1491	377	377	1454	1430	1568	177	177	177	1407	1429	1655
v, м³/кг	0,347	0,364	0,107	0,107	—	0,055	0,808	0,772	0,48	—	0,053	0,177	1,551	1,624	0,456

Тепловий розрахунок схеми холодильної машини.

Масова витрата холодильного агента, який треба відводити від циркуляційних ресиверів :

а) при $t_{01} = -5$ °C:

$$M_{(-5)} = \frac{Q_{OT(-5)}}{i_{1'} - i_4} = \frac{521,4}{1456 - 377} = 0,483 \text{ кг/с};$$

б) при $t_{02} = -25$ °C:

$$M_{(-25)} = \frac{Q_{OT(-25)}}{i_{5'} - i_8} = \frac{41,1}{1429 - 177} = 0,035 \text{ кг/с};$$

в) при $t_{03} = -40$ °C:

$$M_{(-40)} = \frac{Q_{OT(-40)}}{i_{10'} - i_9} = \frac{335}{1407 - 177} = 0,272 \text{ кг/с}.$$

В КРЦ рідкий агент охолоджується до стану насиченої рідини, тому масову витрату в СВТ визначають за формулою:

$$M_{\text{СВТ}} = M_{(-5)} + M_{(-25)} \cdot \frac{i_6 - i_7}{i_{1'} - i_4} + M_{(-40)} \cdot \frac{i_{11} - i_7}{i_{1'} - i_4}$$

$$M_{\text{СВТ}} = 0,483 + 0,033 \cdot \frac{1568 - 177}{1456 - 377} + 0,272 \cdot \frac{1655 - 177}{1456 - 377} = 0,9 \text{ кг/с}$$

Для визначення необхідної об'ємної продуктивності компресора, необхідно визначити коефіцієнти подачі.

а) при $t_{01} = -5 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$\frac{p_k}{p_{\text{пр}}} = \frac{1,687}{0,355} = 4,75 \quad \lambda_{(-5)} = 0,79$$

б) при $t_{02} = -25 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$\frac{p_{\text{пр}}}{p_0} = \frac{0,355}{0,152} = 2,34 \quad \lambda_{(-25)} = 0,84$$

в) при $t_{03} = -40 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$\frac{p_{\text{пр}}}{p_0} = \frac{0,355}{0,072} = 4,93 \quad \lambda_{(-40)} = 0,8$$

Потрібна продуктивність компресорів:

$$V_{\text{T(СВТ)}} = \frac{M_{(\text{свт})} \cdot v_1}{\lambda_{(-5)}} = \frac{0,9 \cdot 0,364}{0,79} = 0,415 \text{ м}^3/\text{с} = 1494 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$V_{\text{T(-25)}} = \frac{M_{(-25)} \cdot v_5}{\lambda_{(-25)}} = \frac{0,035 \cdot 0,808}{0,84} = 0,034 \text{ м}^3/\text{с} = 122,4 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$V_{\text{T(-40)}} = \frac{M_{(-40)} \cdot v_{10}}{\lambda_{(-40)}} = \frac{0,272 \cdot 1,624}{0,8} = 0,55 \text{ м}^3/\text{с} = 1980 \text{ м}^3/\text{год}$$

Для роботи на ступінь високого тиску (СВТ) ($t_{01} = -5 \text{ }^\circ\text{C}$, $p_{01} = 0,355 \text{ МПа}$; $t_k = 43 \text{ }^\circ\text{C}$, $p_k = 1,687 \text{ МПа}$) приймаємо 3 гвинтових компресори відкритого типу (Рис. 8.2) фірми Bitzer OSKA8591 з сумарною об'ємною подачею $V_{\text{км(-5)}} = 1605 \text{ м}^3/\text{год}$.

Таблиця 8.2

Марка компресора	Продуктивність, $\text{м}^3/\text{год}$	Габаритні розміри, мм			Вага, кг
		довжина	ширина	висота	
Bitzer OSKA8591	535	874	586	496	370

Для роботи на ступінь низького тиску (СНТ) ($t_{02} = -25 \text{ }^\circ\text{C}$, $p_{02} = 0,152 \text{ МПа}$; $t_{\text{пр}} = -5 \text{ }^\circ\text{C}$, $p_{\text{пр}} = 0,335 \text{ МПа}$) приймаємо 2 (1 робочий, 1 резерв) гвинтових компресори відкритого типу фірми Bitzer OSNA7441 з об'ємною подачею $V_{\text{км(-25)}} = 165 \text{ м}^3/\text{год}$.

Таблиця 8.3

Марка компресора	Продуктивність, $\text{м}^3/\text{год}$	Габаритні розміри, мм			Вага, кг
		довжина	ширина	висота	
Bitzer OSNA7441	165	540	569	470	176



Рис 8.2 гвинтовий компресор відкритого типу

Для роботи на ступінь низького тиску ($t_{02} = -40\text{ }^{\circ}\text{C}$, $p_{02} = 0,072\text{ МПа}$; $t_{np} = -5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $p_{np} = 0,335\text{ МПа}$) приймаємо 4 гвинтових компресори відкритого типу фірми Bitzer OSNA8591 з сумарною об'ємною подачею $V_{км(-40)} = 2140\text{ м}^3/\text{год}$

Таблиця 8.4

Марка компресора	Продуктивність, $\text{м}^3/\text{год}$	Габаритні розміри, мм			Вага, кг
		довжина	ширина	висота	
Bitzer OSNA8591	535	874	586	496	370

Дійсна масова витрата:

$$\Sigma M_{км(свт)} = \frac{\lambda_{(-5)} \cdot \Sigma V_{км(-5)}}{v_1} = \frac{0,79 \cdot 1605}{0,364} = 3483,4\text{ кг}/\text{год} = 0,968\text{ кг}/\text{с}$$

$$\Sigma M_{км(-25)} = \frac{\lambda_{(-25)} \cdot \Sigma V_{км(-25)}}{v_5} = \frac{0,84 \cdot 165}{0,808} = 171,5\text{ кг}/\text{год} = 0,048\text{ кг}/\text{с}$$

$$\Sigma M_{км(-40)} = \frac{\lambda_{(-40)} \cdot \Sigma V_{км(-40)}}{v_{10}} = \frac{0,8 \cdot 2140}{1,624} = 1054,2\text{ кг}/\text{год} = 0,293\text{ кг}/\text{с}$$

Сумарна теоретична потужність:

$$\Sigma N_{Т(свт)} = \Sigma M_{км(свт)} \cdot (i_2 - i_1) = 0,968 \cdot (1720 - 1481) = 231,35\text{ кВт}$$

$$\Sigma N_{Т(-25)} = \Sigma M_{км(-25)} \cdot (i_6 - i_5) = 0,048 \cdot (1568 - 1454) = 5,47\text{ кВт}$$

$$\Sigma N_{Т(-40)} = \Sigma M_{км(-40)} \cdot (i_{11} - i_{10}) = 0,293 \cdot (1655 - 1429) = 66,22\text{ кВт}$$

Індикаторна потужність компресорів $N_i = \frac{N_T}{\eta_i}$. Приймаємо $\eta_i = \lambda_i$.

$$\Sigma N_{i(\text{свт})} = \frac{231,35}{0,79} = 293 \text{ кВт}$$

$$\Sigma N_{i(-25)} = \frac{5,47}{0,84} = 6,6 \text{ кВт}$$

$$\Sigma N_{i(-40)} = \frac{66,22}{0,8} = 82,8 \text{ кВт}$$

Електрична потужність:

$$\Sigma N_{\text{ел}} = \frac{\Sigma N_i}{\eta_{\text{мех}} \cdot \eta_{\text{ел}}}$$

Приймаємо :

$$\eta_{\text{мех}} = 0,9$$

$$\eta_{\text{ел}} = 0,9$$

$$\Sigma N_{\text{ел}(\text{свт})} = \frac{293}{0,9 \cdot 0,9} = 362 \text{ кВт}$$

$$\Sigma N_{\text{ел}(-25)} = \frac{6,6}{0,9 \cdot 0,9} = 8,2 \text{ кВт}$$

$$\Sigma N_{\text{ел}(-40)} = \frac{82,8}{0,9 \cdot 0,9} = 102,3 \text{ кВт}$$

Розрахункова електрична потужність компресора:

$$N_{\text{ел}(\text{свт})} = 120,7 \text{ кВт}$$

Приймаємо електродвигун АИР 280М2 потужністю 132кВт

$$N_{\text{ел}(-25)} = 8,2 \text{ кВт}$$

Приймаємо електродвигун АИР 132М2 потужністю 11кВт

$$N_{\text{ел}(-40)} = 25,6 \text{ кВт}$$

Приймаємо електродвигун АИР 180М2 потужністю 30кВт

Теплове навантаження на конденсатор в теоретичному циклі:

$$Q_k = \Sigma M_{\text{км}(\text{свт})} \cdot (i_2 - i_3) = 0,968 \cdot (1720 - 377) = 1300 \text{ кВт}$$

Дійсне теплове навантаження на конденсатор:

$$Q_{\text{кд}} = Q_{\text{OT}(-15)} + Q_{\text{OT}(-30)} + Q_{\text{OT}(-40)} + \Sigma N_{\text{i}(-15)} + \Sigma N_{\text{i}(-30)} + \Sigma N_{\text{i}(-40)}$$

Дійсну холодопродуктивність компресорів кожної ступені знайдемо з відношення:

$$Q_o = Q_{\text{OT}} \cdot \Sigma V_{\text{км}} / \Sigma V_{\text{T}}$$

Оскільки компресори підібрані з деяким запасом по продуктивності, тоді теплове навантаження на конденсатор:

$$\begin{aligned} Q_{\text{кд}} &= Q_{\text{OT}(-15)} + Q_{\text{OT}(-30)} + Q_{\text{OT}(-40)} + \Sigma N_{\text{i}(-15)} + \Sigma N_{\text{i}(-30)} + \Sigma N_{\text{i}(-40)} = \\ &= 546,4 \cdot \frac{1508,4}{1605} + 52,1 \cdot \frac{126}{165} + 335 \cdot \frac{1980}{2140} + \\ &\quad + 308,47 + 7,29 + 88,3 = 1267,3 \text{ кВт} \end{aligned}$$

Середні коефіцієнти робочого часу компресорів:

$$b_{(\text{свт})} = V_{\text{T}} / V_{\text{км}} = \frac{1508,4}{1605} = 0,94$$

$$b_{(-25)} = V_{\text{T}} / V_{\text{км}} = \frac{126}{165} = 0,76$$

$$b_{(-40)} = V_{\text{T}} / V_{\text{км}} = \frac{1980}{2140} = 0,93$$

Проведемо порівняльний розрахунок холодильної установки при роботі з водяним конденсатором.

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

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

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

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

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

$$\eta = \frac{t_{w2} - t_{w1}}{t_{w2} - t_{m.m.}},$$

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

$$\Delta t_w = t_{w2} - t_{w1} = 4^\circ\text{C};$$

Для м. Вінниця температура мокрого термометра при $t_c = 31^\circ\text{C}$; $\varphi = 52\%$,
 $t_{m.m.} = 23,5^\circ\text{C}$.

З формули (5.2) визначаємо, що

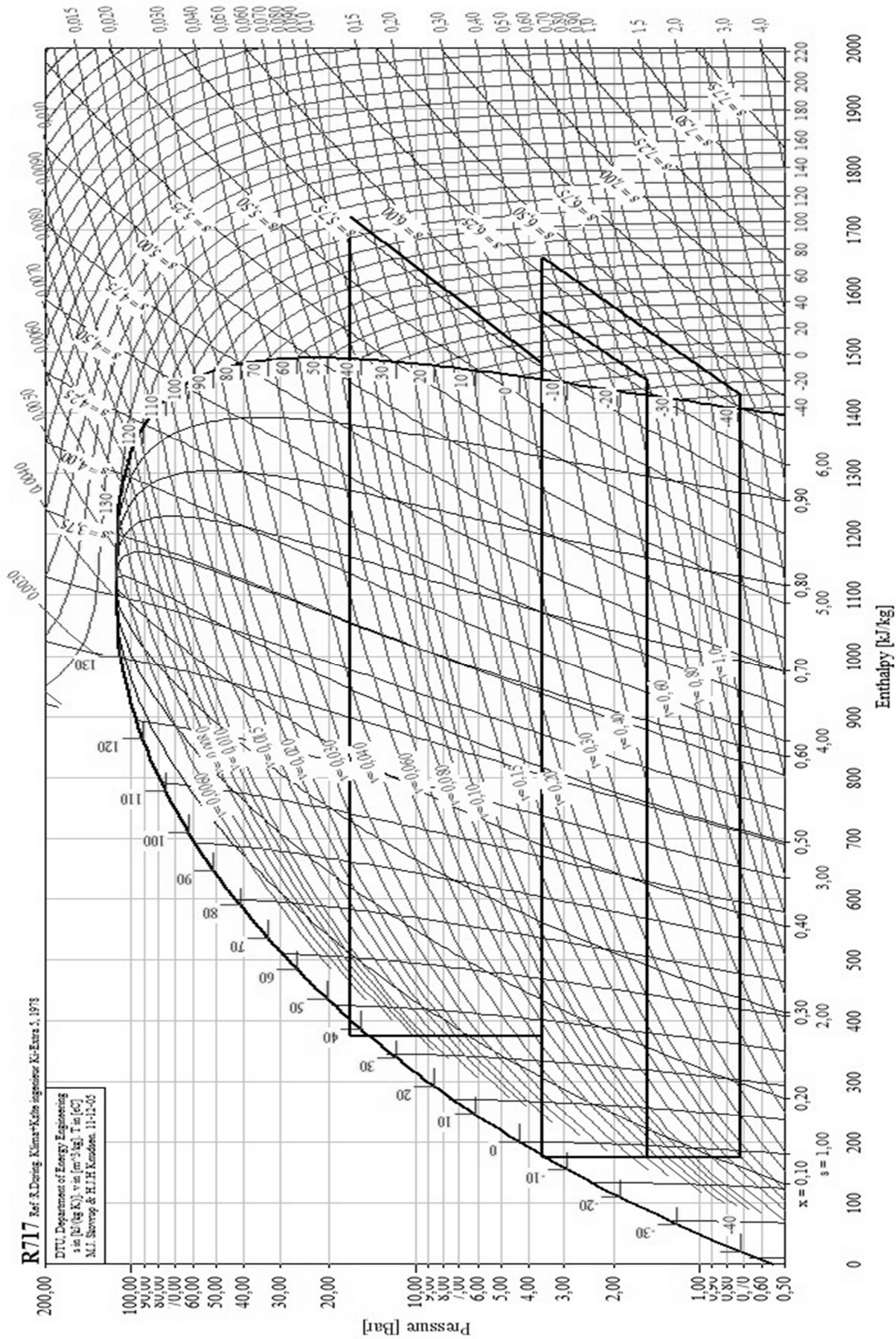
$$t_{w2} = \frac{\Delta t_w}{\eta} + t_{m.m.} = \frac{4}{0,8} + 23,5 = 28,75^\circ\text{C};$$

За формулою (5.2) визначаємо:

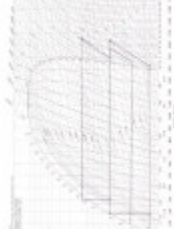
$$t_k = t_{w2} + (2 \div 4) = 29 + 3 = 32^\circ\text{C}.$$

R717 Ref. R. Döring, Kumar-Katze Ingenieur K.-Extra 5, 1978

DTU, Department of Energy Engineering
 s in [kJ/(kg K)], v in [m³/kg], T in [°C]
 M.J. Storrø & R.H. Knudsen, 11-12-05



UNIT 1: THE HISTORY OF THE UNITED STATES



UNIT 1: THE HISTORY OF THE UNITED STATES
POPULATION GROWTH IN THE UNITED STATES, 1790-1990

Таблиця 8.1

Точки Пар-ри	1'	1	2	2'	3	4	5	5'	6	7	8	9	10'	10	11
t, °C	-5	5	95	32	25	-5	-15	-25	41	-5	-25	-40	-40	-30	79
p, МПа	0,355	0,355	1,287	1,287	1,287	0,355	0,152	0,152	0,355	0,355	0,152	0,072	0,072	0,072	0,355
h, кДж/кг	1456	1481	1650	1491	377	377	1454	1430	1568	177	177	177	1407	1429	1655
v, м ³ /кг	0,347	0,364	0,107	0,107	—	0,055	0,808	0,772	0,48	—	0,053	0,177	1,551	1,624	0,456

Тепловий розрахунок схеми холодильної машини.

Масова витрата холодильного агента, який треба відводити від циркуляційних ресиверів :

а) при $t_{01} = -5$ °C:

$$M_{(-5)} = \frac{Q_{OT(-5)}}{i_{1'} - i_4} = \frac{521,4}{1456 - 377} = 0,483 \text{ кг/с};$$

б) при $t_{02} = -25$ °C:

$$M_{(-25)} = \frac{Q_{OT(-25)}}{i_{5'} - i_8} = \frac{41,1}{1429 - 177} = 0,035 \text{ кг/с};$$

в) при $t_{03} = -40$ °C:

$$M_{(-40)} = \frac{Q_{OT(-40)}}{i_{10'} - i_9} = \frac{335}{1407 - 177} = 0,272 \text{ кг/с}.$$

В КРЦ рідкий агент охолоджується до стану насиченої рідини, тому масову витрату в СВТ визначають за формулою:

$$M_{\text{СВТ}} = M_{(-5)} + M_{(-25)} \cdot \frac{i_6 - i_7}{i_{1'} - i_4} + M_{(-40)} \cdot \frac{i_{11} - i_7}{i_{1'} - i_4}$$

$$M_{\text{СВТ}} = 0,483 + 0,033 \cdot \frac{1568 - 177}{1456 - 377} + 0,272 \cdot \frac{1655 - 177}{1456 - 377} = 0,9 \text{ кг/с}$$

Для визначення необхідної об'ємної продуктивності компресора, необхідно визначити коефіцієнти подачі.

а) при $t_{01} = -5 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$\frac{p_k}{p_{\text{пр}}} = \frac{1,287}{0,355} = 3,62 \quad \lambda_{(-5)} = 0,79$$

б) при $t_{02} = -25 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$\frac{p_{\text{пр}}}{p_0} = \frac{0,355}{0,152} = 2,34 \quad \lambda_{(-25)} = 0,84$$

в) при $t_{03} = -40 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$\frac{p_{\text{пр}}}{p_0} = \frac{0,355}{0,072} = 4,93 \quad \lambda_{(-40)} = 0,8$$

Потрібна продуктивність компресорів:

$$V_{\text{T(СВТ)}} = \frac{M_{(\text{свм})} \cdot v_1}{\lambda_{(-5)}} = \frac{0,9 \cdot 0,364}{0,79} = 0,415 \text{ м}^3/\text{с} = 1494 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$V_{\text{T(-25)}} = \frac{M_{(-25)} \cdot v_5}{\lambda_{(-25)}} = \frac{0,035 \cdot 0,808}{0,84} = 0,034 \text{ м}^3/\text{с} = 122,4 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$V_{\text{T(-40)}} = \frac{M_{(-40)} \cdot v_{10}}{\lambda_{(-40)}} = \frac{0,272 \cdot 1,624}{0,8} = 0,55 \text{ м}^3/\text{с} = 1980 \text{ м}^3/\text{год}$$

Для роботи на ступінь високого тиску (СВТ) ($t_{01} = -5 \text{ }^\circ\text{C}$, $p_{01} = 0,355 \text{ МПа}$; $t_k = 32 \text{ }^\circ\text{C}$, $p_k = 1,287 \text{ МПа}$) приймаємо 3 гвинтових компресори відкритого типу (Рис. 8.2) фірми Bitzer OSKA8591 з сумарною об'ємною подачею $V_{\text{км(-5)}} = 1605 \text{ м}^3/\text{год}$.

Таблиця 8.2

Марка компресора	Продуктивність, $\text{м}^3/\text{год}$	Габаритні розміри, мм			Вага, кг
		довжина	ширина	висота	
Bitzer OSKA8591	535	874	586	496	370

Для роботи на ступінь низького тиску (СНТ) ($t_{02} = -25 \text{ }^\circ\text{C}$, $p_{02} = 0,152 \text{ МПа}$; $t_{\text{пр}} = -5 \text{ }^\circ\text{C}$, $p_{\text{пр}} = 0,335 \text{ МПа}$) приймаємо 2 (1 робочий, 1 резерв) гвинтових компресори відкритого типу фірми Bitzer OSNA7441 з об'ємною подачею $V_{\text{км(-25)}} = 165 \text{ м}^3/\text{год}$.

Таблиця 8.3

Марка компресора	Продуктивність, $\text{м}^3/\text{год}$	Габаритні розміри, мм			Вага, кг
		довжина	ширина	висота	
Bitzer OSNA7441	165	540	569	470	176



Рис 8.2 гвинтовий компресор відкритого типу

Для роботи на ступінь низького тиску ($t_{02} = -40\text{ }^{\circ}\text{C}$, $p_{02} = 0,072\text{ МПа}$; $t_{np} = -5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $p_{np} = 0,335\text{ МПа}$) приймаємо 4 гвинтових компресори відкритого типу фірми Bitzer OSNA8591 з сумарною об'ємною подачею $V_{км(-40)} = 2140\text{ м}^3/\text{год}$

Таблиця 8.4

Марка компресора	Продуктивність, $\text{м}^3/\text{год}$	Габаритні розміри, мм			Вага, кг
		довжина	ширина	висота	
Bitzer OSNA8591	535	874	586	496	370

Дійсна масова витрата:

$$\Sigma M_{км(свт)} = \frac{\lambda_{(-5)} \cdot \Sigma V_{км(-5)}}{v_1} = \frac{0,79 \cdot 1605}{0,364} = 3483,4\text{ кг}/\text{год} = 0,968\text{ кг}/\text{с}$$

$$\Sigma M_{км(-25)} = \frac{\lambda_{(-25)} \cdot \Sigma V_{км(-25)}}{v_5} = \frac{0,84 \cdot 165}{0,808} = 171,5\text{ кг}/\text{год} = 0,048\text{ кг}/\text{с}$$

$$\Sigma M_{км(-40)} = \frac{\lambda_{(-40)} \cdot \Sigma V_{км(-40)}}{v_{10}} = \frac{0,8 \cdot 2140}{1,624} = 1054,2\text{ кг}/\text{год} = 0,293\text{ кг}/\text{с}$$

Сумарна теоретична потужність:

$$\Sigma N_{т(свт)} = \Sigma M_{км(свт)} \cdot (i_2 - i_1) = 0,968 \cdot (1650 - 1481) = 163,59\text{ кВт}$$

Майже в два рази зменшилась потужність порівняно з роботою на повітряному конденсаторі.

$$\Sigma N_{т(-25)} = \Sigma M_{км(-25)} \cdot (i_6 - i_5) = 0,048 \cdot (1568 - 1454) = 5,47\text{ кВт}$$

$$\Sigma N_{T(-40)} = \Sigma M_{KM(-40)} \cdot (i_{11} - i_{10}) = 0,293 \cdot (1655 - 1429) = 66,22 \text{ кВт}$$

Індикаторна потужність компресорів $N_i = \frac{N_T}{\eta_i}$. Приймаємо $\eta_i = \lambda_i$.

$$\Sigma N_{i(\text{свт})} = \frac{163,35}{0,79} = 206 \text{ кВт}$$

$$\Sigma N_{i(-25)} = \frac{5,47}{0,84} = 6,6 \text{ кВт}$$

$$\Sigma N_{i(-40)} = \frac{66,22}{0,8} = 82,8 \text{ кВт}$$

Електрична потужність:

$$\Sigma N_{\text{ел}} = \frac{\Sigma N_i}{\eta_{\text{мех}} \cdot \eta_{\text{ел}}}$$

Приймаємо :

$$\eta_{\text{мех}} = 0,9$$

$$\eta_{\text{ел}} = 0,9$$

$$\Sigma N_{\text{ел}(\text{свт})} = \frac{206}{0,9 \cdot 0,9} = 254 \text{ кВт}$$

$$\Sigma N_{\text{ел}(-25)} = \frac{6,6}{0,9 \cdot 0,9} = 8,2 \text{ кВт}$$

$$\Sigma N_{\text{ел}(-40)} = \frac{82,8}{0,9 \cdot 0,9} = 102,3 \text{ кВт}$$

Приймаємо електродвигун АИР 280М2 потужністю 132кВт

$$N_{\text{ел}(-25)} = 8,2 \text{ кВт}$$

Приймаємо електродвигун АИР 132М2 потужністю 11кВт

$$N_{\text{ел}(-40)} = 25,6 \text{ кВт}$$

Приймаємо електродвигун АИР 180М2 потужністю 30кВт

Оскільки компресори підібрані з деяким запасом по продуктивності, тоді теплове навантаження на конденсатор:

$$\begin{aligned} Q_{\kappa d} &= Q_{OT(-15)} + Q_{OT(-30)} + Q_{OT(-40)} + \Sigma N_{i(-15)} + \Sigma N_{i(-30)} + \Sigma N_{i(-40)} = \\ &= 1002,3 \kappa Bm \end{aligned}$$

9. Розрахунок і вибір тепломасообмінних апаратів

9.1 Розрахунок конденсаторів

Площу теплопередаючої поверхні конденсаторів визначають за формулою:

$$F = \frac{Q_{к.д}}{k\theta_m}$$
$$F = \frac{1267,3}{0,025 \cdot 12} = 4224,3 \text{ м}^2$$

Об'ємна витрата повітря на охолодження конденсатора розраховуємо за формулою:

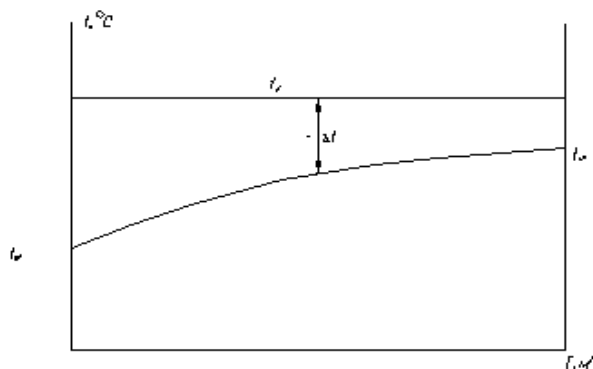
$$V_{нов} = \frac{Q_{к.д}}{c_{нов}\rho_{нов}\Delta t_{нов}}$$
$$V_{нов} = \frac{1267,3}{1,0 \cdot 1,15 \cdot 6} = 188,6 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 678960 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

де $Q_{к.д}$ — тепловий потік в конденсаторі, кВт; $c_{нов}$ — питома теплоємність повітря, кДж/(кг·К); $\rho_{нов}$ — густина повітря, кг/м³.

Приймаємо 2 повітряних конденсатори фірми Guntner AGVH 090.1B/2x4

Повітряний конденсатор	Площа теплопередаючої поверхні, м ²	Габаритні розміри, мм			Об'ємна витрата повітря, м ³ /год	Об'єм труб, м ³
		довжина	ширина	висота		
AGVH090.1B/2x4	2425	9500	2291	1480	696000	0,228

Повторно розрахуємо водяний конденсатор для порівняльного аналізу.



$$\Delta t = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\mathcal{M}}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\mathcal{M}}}} = \frac{(32 - 25) - (32 - 29)}{\ln \frac{(32 - 25)}{(32 - 29)}} = 4,7^{\circ}\text{C};$$

$$F = Q / (k \times \Delta t_{cp}) = 1002,3 \times 10^3 / (700 \times 4,7) = 304 \text{ м}^2;$$

Приймаємо 3 конденсатори ИТГА-125 з площею теплообмінної поверхні
 $F = 125 \text{ м}^2$.

10. Розрахунок та вибір теплообмінного обладнання холодильних камер

Теплове навантаження на камерне обладнання, дорівнює сумі теплонадходжень в камеру, що були визначені раніше. Охолодження у камерах здійснюється двопоточними повітроохолодниками (Рис. 10.1).



Рис. 10.1 двопоточний повітроохолодник

Площу теплообмінної поверхні повітроохолодників визначають за формулою:

$$F = \frac{Q_{обл}}{k \cdot \Delta t}$$

де $Q_{обл}$ — сумарне навантаження на камерне обладнання, що було визначено тепловим розрахунком, Вт; k — коефіцієнт теплопередачі приладу охолодження, Вт/(м²·К); Δt — різниця температур між повітрям в камері і киплячим холодоагентом, °С.

Камери №6...№9

$$Q=104 \text{ кВт}$$

Необхідна площа поверхні повітроохолодників

$$F = \frac{104000}{42,5 \cdot 5} = 489,4 \text{ м}^2$$

На кожну камеру приймаємо по 3 повітроохолодників фірми Guntner ADHN 066C/310 (Рис. 10.2, табл. 10.1).

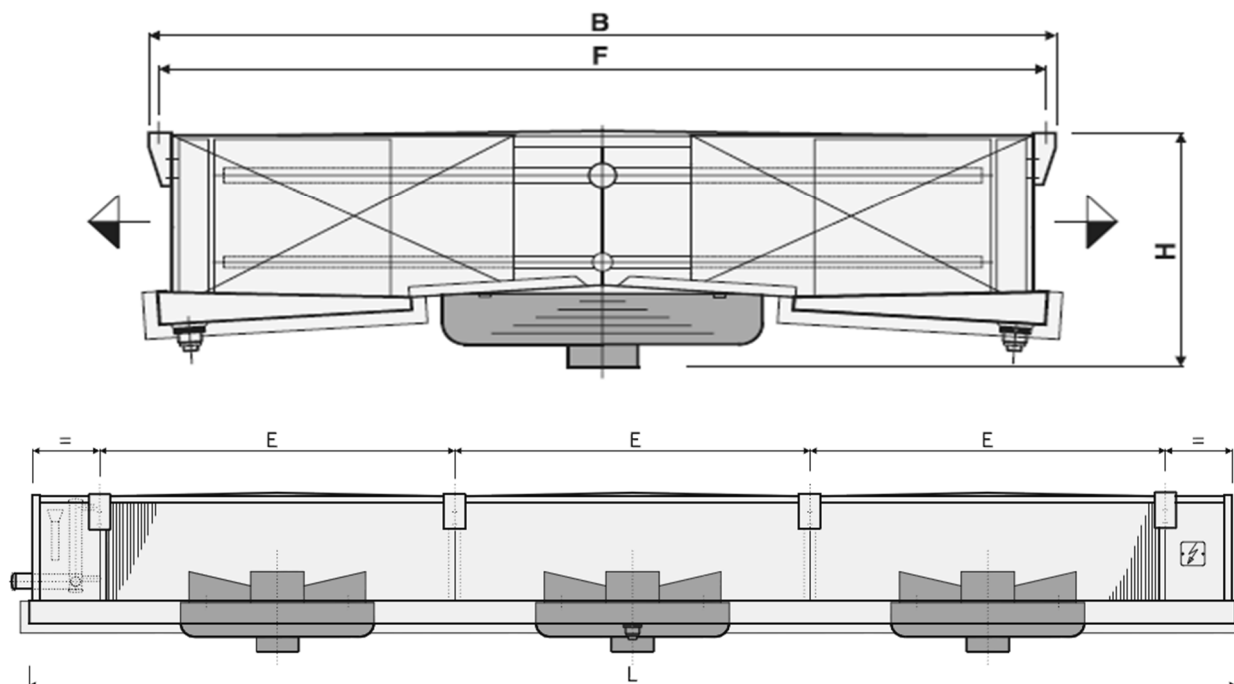


Рис. 10.2 Повітроохолодник Guntner ADHN

Табл.10.1

Повітроохолодники	Потужність $t_0 = -5$ кВт	Площа поверхні, м ²	Витрата повітря м ³ /год	Габаритні розміри, мм					Місткість, л
				L	B	H	E	F	
ADHN 066C/310	37,4	176	25830	4300	1945	510	1200	1890	65

Камера №4,5

$$Q=52,1 \text{ кВт}$$

Необхідна площа поверхні повітроохолодника

$$F = \frac{52100}{25 \cdot 7} = 297,7 \text{ м}^2$$

На кожную камеру приймаемо 3 повітроохолодника фірми Guntner ADHN 051C/310. (Рис. 10.2, табл. 10.2).

Табл.10.2

Повітроохолодники	Потужність $t_0 = -25$ кВт	Площа поверхні, м ²	Витрата повітря м ³ /год	Габаритні розміри, мм					Місткість, л
				L	B	H	E	F	
ADHN 051C/310	21,8	152,8	16860	3700	1565	450	1000	1510	39

Камера №1

$$Q=119 \text{ кВт}$$

Необхідна площа поверхні повітроохолодника

$$F = \frac{119000}{42,5 \cdot 5} = 560 \text{ м}^2$$

На дану камеру приймаемо 7 повітроохолодника фірми Guntner ADHN 066D/17. (Рис. 10.3, табл. 10.3).

Камера №2

$$Q=14,37 \text{ кВт}$$

Необхідна площа поверхні повітроохолодника

$$F = \frac{14370}{42,5 \cdot 5} = 67,6 \text{ м}^2$$

На дану камеру приймаемо 1 повітроохолодник фірми Guntner ADHN 066D/110. (Рис. 10.3, табл. 10.3).

Камера №3

$$Q=11,77 \text{ кВт}$$

Необхідна площа поверхні повітроохолодника

$$F = \frac{11770}{42,5 \cdot 5} = 55,4 \text{ м}^2$$

На дану камеру приймаемо 2 повітроохолодника фірми Guntner ADHN 046C/110. (Рис. 10.3, табл. 10.3).

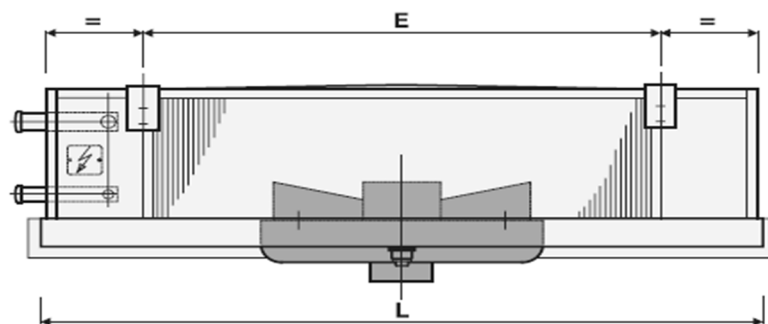


Рис. 10.3 Повітроохолодник Guntner ADHN

Табл.10.3

Повітроохолодники	Потужність $t_0 = -5$ кВт	Площа поверхні , м ²	Витрата повітря м ³ /Год	Габаритні розміри, мм					Місткість, л
				L	B	H	E	F	
ADHN 066D/17	18,0	108,6	8090	1900	1945	510	1200	1890	30
ADHN 066D/110	15,8	78,2	8230	1900	1945	510	1200	1890	30
ADHN 046C/110	6,2	29,3	4250	1250	1565	450	800	1510	12

Камера №2

В цю камеру встановлюємо швидкоморозильний флюїдизаційний апарат типу ФСМА-3000, який було підбрано по продуктивності, щоб забезпечити добову норму заморозки ягід.

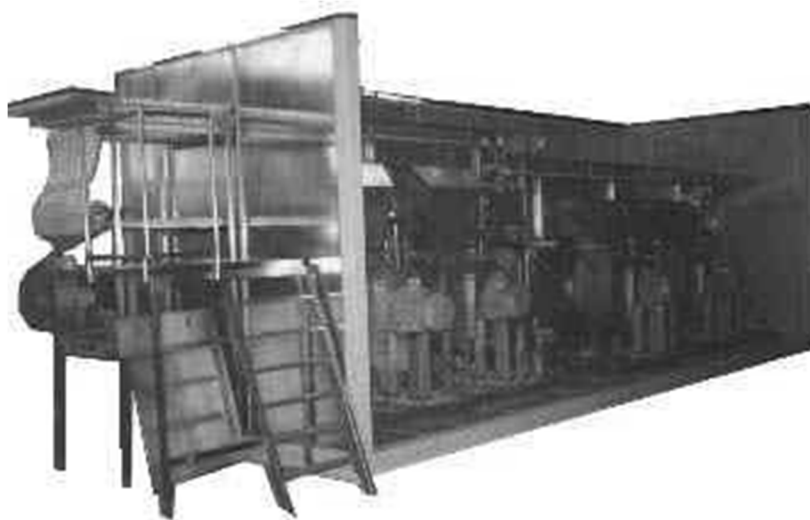


Рис. 10.4 флюїдизаційний апарат ФСМА

Таблица 10.4

Назва	Продуктивність, кг/год	Габаритні розміри, мм			Холодоспожи вання, кВт	Місткість, л
		довжина	ширина	висота		
ФСМА-3000	2100	10700	4400	4400	335	1250

11. Розрахунок та підбирання допоміжного обладнання

11.1 Ресивера

Об'єм лінійного ресивера в насосно-циркуляційній системі з нижньою подачею аміака в прибори охолодження

$$V_{л.р} = 0,6 \cdot V_{вип}$$

де $V_{вип}$ — місткість випарної системи, м³.

$$V_{л.р} = 0,6 \cdot 2,528 = 1,5 \text{ м}^3$$

Приймаємо 1 горизонтальний ресивер виробництва фірми COOLTECH:

CTXLR 1500

Таблиця 11.1

Ресивер	Розміри, мм						Діаметр, мм			Місткість, м ³
	A	B	C	D	E	F				
CTXLR 1500	2280	1410	1020	960	1190	930	80	80	40	1,5

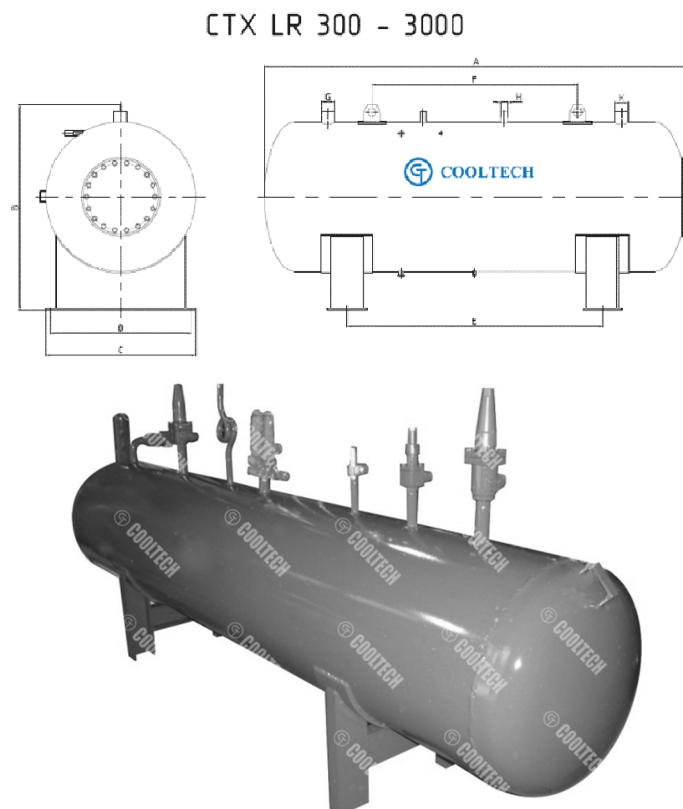


Рис. 2.10.1 Горизонтальний ресивер COOLTECH CTXLR

Циркуляційний ресивер в насосно-циркуляційній системі:

$$V_{ц,р} = K \cdot (V_{н.м} + 0,2V + 0,3V_{н.м})$$

$$t_n = -40 \text{ }^\circ\text{C:}$$

$$V_{ц,р} = 2 \cdot (0,015 + 0,2 \cdot 1,25 + 0,3 \cdot 0,5) = 0,83 \text{ м}^3$$

Приймаємо 1 горизонтальний ресивер виробництва фірми COOLTECH:
CTXLR 1000

$$t_n = -25 \text{ }^\circ\text{C:}$$

$$V_{ц,р} = 2 \cdot (0,01 + 0,2 \cdot 0,23 + 0,3 \cdot 0,3) = 0,3 \text{ м}^3$$

Приймаємо 1 горизонтальний ресивер виробництва фірми COOLTECH:
CTXLR 300

Об'єм дренажного ресивера горизонтального типу

$$V_{д,р} = 0,8 \cdot V_{н.вип}$$

де $V_{н.вип}$ — місткість найбільш аміакаемкої випарної системи, м^3 .

$$V_{д,р} = 0,8 \cdot 1,25 = 1,0 \text{ м}^3$$

Приймаємо 1 горизонтальний ресивер виробництва фірми COOLTECH:
CTXLR 1000

Таблиця 11.3

Ресивер	Розміри, мм						Діаметр, мм			Місткість, м^3
	A	B	C	D	E	F				
CTXLR 1000	2740	1025	740	700	1510	1980	80	80	40	1,0
CTXLR 300	1730	815	520	460	985	795	40	40	32	0,3

Об'єм компаундного ресивера горизонтального типу

$$V_{л,р} = K \cdot (V_{н.м} + 0,2V + 0,3V_{н.м})$$

де $V_{вип}$ — місткість випарної системи, м^3 .

$$V_{л,р} = 2 \cdot (0,69 + 0,2 \cdot 1,05 + 0,3 \cdot 0,5) = 2,1 \text{ м}^3$$

Приймаємо 1 горизонтальний ресивер виробництва фірми COOLTECH:
CTXLR 2500

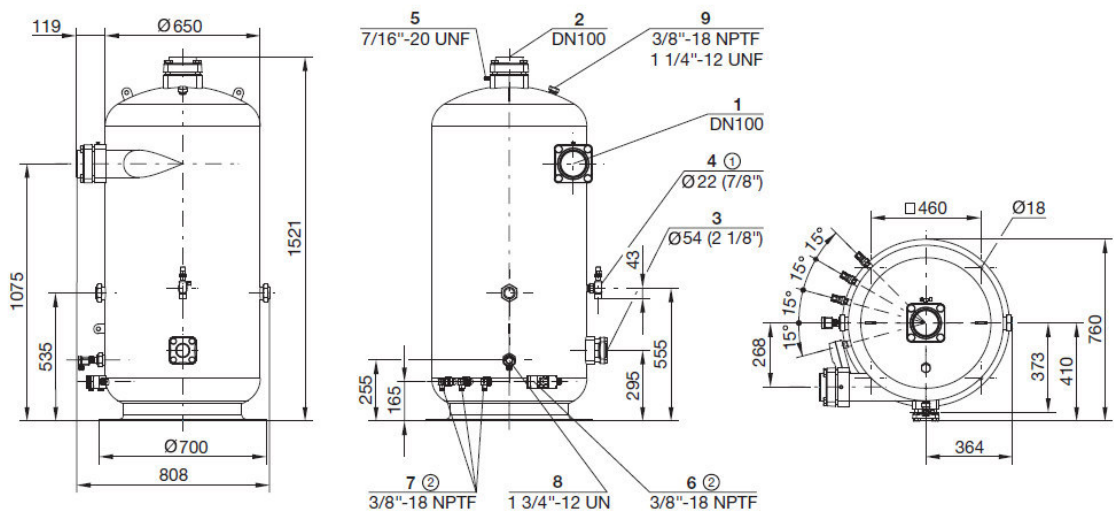
Таблиця 11.1

Ресивер	Розміри, мм						Діаметр, мм			Місткість, м ³
	A	B	C	D	E	F				
CTXLR 2500	3480	1410	1020	960	2170	1700	100	100	50	2,5

Мастиловіддільники вибираємо за програмою Bitzer нагнітального трубопроводу

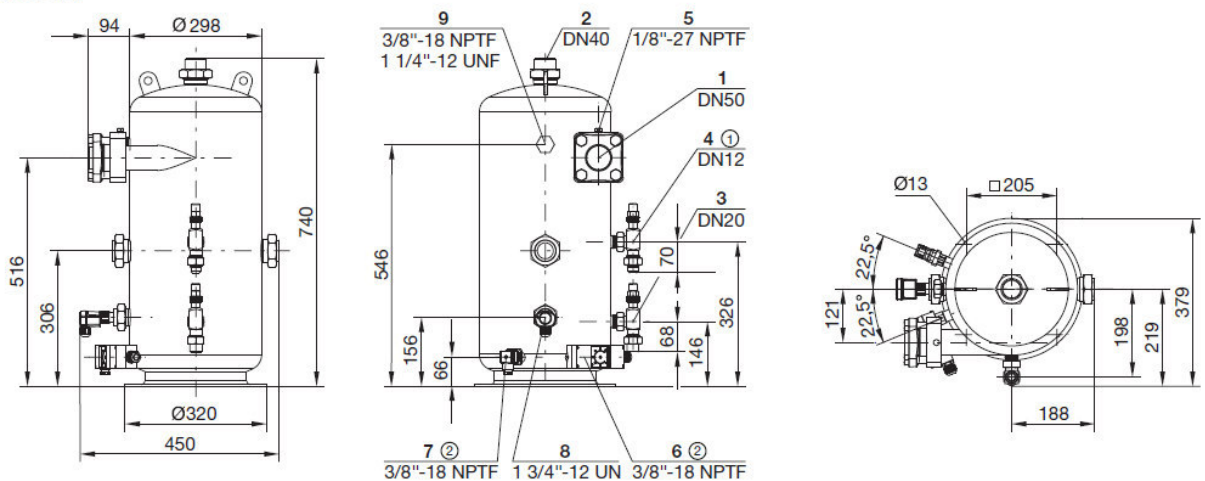
На -5, 40 вибираємо мастиловіддільник фірми Bitzer OA14111

OA14111



На -25 вибираємо мастиловіддільник фірми Bitzer OA1954A

OA1954A



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.

12. Визначення діаметрів основних трубопроводів, гідравлічних втрат у мережах та вибір насосу

12.1 Визначення діаметрів аміачн трубопроводів

Діаметр всмоктувального трубопроводу компресорів

$$d_{вн} = \sqrt{\frac{4Mv_1}{\pi\omega}}$$

$$d_{вн(свт)} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,968 \cdot 0,364}{3,14 \cdot 15}} = 0,149 \text{ м}$$

Приймаємо сталю безшовну трубу з $d_{вн}=150$ мм.

$$d_{вн(-25)} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,048 \cdot 0,808}{3,14 \cdot 11}} = 0,067 \text{ м}$$

Приймаємо сталю безшовну трубу з $d_{вн}=70$ мм.

$$d_{вн(-40)} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,293 \cdot 1,624}{3,14 \cdot 16}} = 0,194 \text{ м}$$

Приймаємо сталю безшовну трубу з $d_{вн}=200$ мм.

Діаметр нагнітального трубопроводу компресорів

$$d_{вн(свт)} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,968 \cdot 0,107}{3,14 \cdot 14}} = 0,097 \text{ м}$$

Приймаємо сталю безшовну трубу з $d_{вн}=100$ мм.

$$d_{вн(-25)} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,048 \cdot 0,42}{3,14 \cdot 20}} = 0,036 \text{ м}$$

Приймаємо сталю безшовну трубу з $d_{вн}=40$ мм.

$$d_{вн(-40)} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,293 \cdot 0,456}{3,14 \cdot 17}} = 0,1 \text{ м}$$

Приймаємо сталю безшовну трубу з $d_{вн}=100$ мм.

Діаметр трубопроводу на рідинній лінії (зливна від конденсатора до ресивера)

$$d_{вн} = \sqrt{\frac{4M}{\pi\rho\omega}}$$

$$d_{вн} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,968}{3,14 \cdot 681,4 \cdot 0,6}} = 0,055 \text{ м}$$

Приймаємо сталю безшовну трубу з $d_{вн}=70$ мм.

Діаметри трубопроводів на рідинних лініях в насосно-циркуляційній системі (напірна)

$$d_{вн(свт)} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,627}{3,14 \cdot 681,4 \cdot 0,4}} = 0,054 \text{ м}$$

Приймаємо сталю безшовну трубу з $d_{вн}=70$ мм.

$$d_{вн(-25)} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,048}{3,14 \cdot 681,4 \cdot 0,4}} = 0,013 \text{ м}$$

Приймаємо сталю безшовну трубу з $d_{вн}=16$ мм.

$$d_{вн(-5)} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,293}{3,14 \cdot 681,4 \cdot 0,4}} = 0,037 \text{ м}$$

Приймаємо сталю безшовну трубу з $d_{вн}=40$ мм.

Діаметри трубопроводів на рідинних лініях в насосно-циркуляційній системі (оборотна)

$$d_{вн(свт)} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,627}{3,14 \cdot 681,4 \cdot 0,9}} = 0,036 \text{ м}$$

Приймаємо сталю безшовну трубу з $d_{вн}=40$ мм.

$$d_{\text{вн}(-25)} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,048}{3,14 \cdot 681,4 \cdot 0,7}} = 0,01 \text{ м}$$

Приймаємо стальну безшовну трубу з $d_{\text{вн}}=10$ мм.

$$d_{\text{вн}(-5)} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,293}{3,14 \cdot 681,4 \cdot 0,9}} = 0,024 \text{ м}$$

Приймаємо стальну безшовну трубу з $d_{\text{вн}}=25$ мм.

12.2 Розрахунок гідравлічних втрат на аміачних лініях.

Визначаємо динамічний тиск на рідинних лініях в насосно-циркуляційній системі:

$$-5: \frac{\rho \omega^2}{2} = \frac{681,4 \cdot 0,4^2}{2} = 54,5 \frac{\text{кг}}{\text{м} \cdot \text{с}^2}$$

$$-25: \frac{\rho \omega^2}{2} = \frac{681,4 \cdot 0,4^2}{2} = 54,5 \frac{\text{кг}}{\text{м} \cdot \text{с}^2}$$

$$-40: \frac{\rho \omega^2}{2} = \frac{681,4 \cdot 0,4^2}{2} = 54,5 \text{ кг}/(\text{м} \cdot \text{с}^2)$$

Розраховуємо число Рейнольдса за формулою:

$$Re = \frac{\omega d_{\text{вн}} \rho}{\mu}$$

на рідинних лініях в насосно-циркуляційній системі:

$$-5: Re = \frac{0,4 \cdot 0,07 \cdot 681,4}{13,6 \cdot 10^{-3}} = 1385$$

$$-25: Re = \frac{0,4 \cdot 0,016 \cdot 681,4}{23,1 \cdot 10^{-3}} = 186,4$$

$$-40: Re = \frac{0,4 \cdot 0,025 \cdot 681,4}{34,5 \cdot 10^{-3}} = 195$$

Визначаємо коефіцієнт тертя для ламінарного потоку за формулою:

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

$$\lambda_{\text{тр}(-5)} = 0,11 \left(\frac{0,06}{70} + \frac{64}{1385} \right)^{0,25} = 0,051$$

$$\lambda_{mp(-25)} = 0,11 \left(\frac{0,06}{16} + \frac{64}{186,4} \right)^{0,25} = 0,084$$

$$\lambda_{mp(-40)} = 0,11 \left(\frac{0,06}{25} + \frac{64}{195} \right)^{0,25} = 0,083$$

Втрати тиску від тертя:

$$\Delta p_{тр} = \frac{\lambda_{тр} \rho \omega^2 l}{2d}$$

$$\Delta p_{mp(-5)} = \frac{0,051 \cdot 681,4 \cdot 0,4^2 \cdot 180}{2 \cdot 0,07} = 7,06 \text{ кПа}$$

$$\Delta p_{mp(-25)} = \frac{0,084 \cdot 681,4 \cdot 0,4^2 \cdot 12}{2 \cdot 0,016} = 3,4 \text{ кПа}$$

$$\Delta p_{mp(-40)} = \frac{0,083 \cdot 681,4 \cdot 0,4^2 \cdot 50}{2 \cdot 0,04} = 8,93 \text{ кПа}$$

Втрати тиску в місцевих опорах за формулою:

$$Z = \sum \xi_m \frac{\rho \omega^2}{2}$$

$$Z_{(-5)} = (2 \cdot 0,5 + 8 \cdot 1 + 16 \cdot 1) 54,5 = 1360 \text{ Па}$$

$$Z_{(-25)} = (2 \cdot 0,5 + 8 \cdot 1 + 4 \cdot 1) 54,5 = 708 \text{ Па}$$

$$Z_{(-40)} = (2 \cdot 0,5 + 8 \cdot 1 + 1) 54,5 = 545 \text{ Па}$$

Загальна втрата тиску:

$$\Delta p = \Delta p_{mp} + Z$$

$$\Delta p_{(-5)} = 7060 + 1360 = 8420 \text{ Па} = 8,4 \text{ кПа}$$

$$\Delta p_{(-25)} = 3400 + 708 = 4108 \text{ Па} = 4,1 \text{ кПа}$$

$$\Delta p_{(-40)} = 8930 + 545 = 9475 \text{ Па} = 9,5 \text{ кПа}$$

12.3 Підбір Ам'ячного насосу

Розрахунковий напір за формулою:

$$h = h_{nid} + \frac{\Delta p_{ec}}{\rho g}$$

$$h_{(-5)} = 16 + \frac{8400}{681,4 \cdot 9,81} = 17,27 \text{ м}$$

$$h_{(-25)} = 16 + \frac{4100}{681,4 \cdot 9,81} = 16,62 \text{ м}$$

$$h_{(-40)} = 1,5 + \frac{9500}{681,4 \cdot 9,81} = 2,92 \text{ м}$$

Потрібна подача насоса:

$$V = n_{ц} \cdot \frac{\Sigma M}{\rho}$$

$$V_{(-5)} = 6 \cdot \frac{0,627}{681,4} \cdot 3600 = 19,87 \text{ м}^3/\text{год}$$

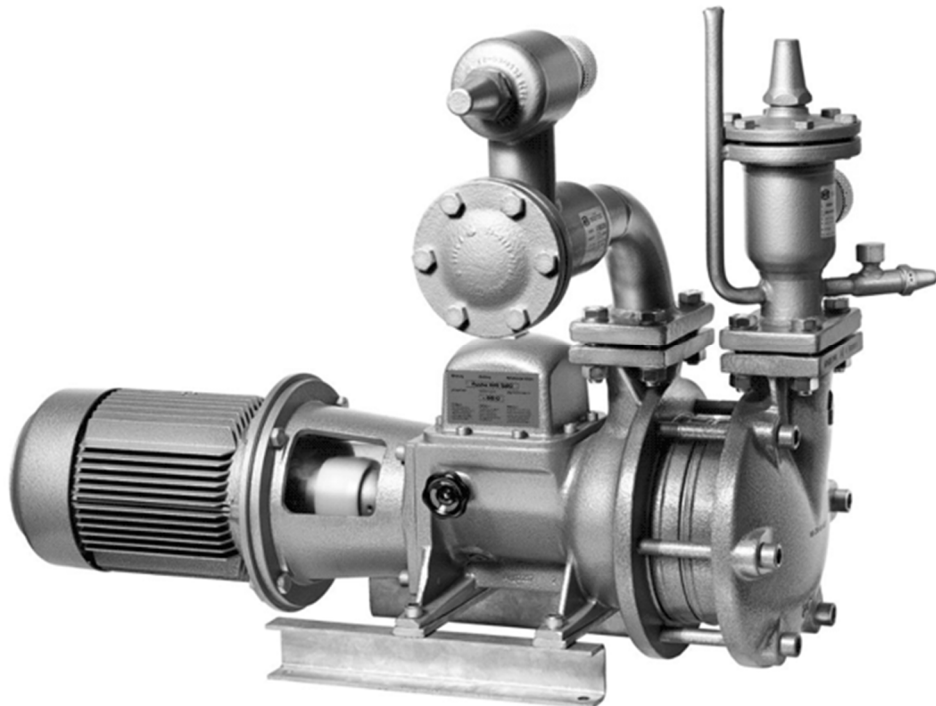
Встановлюємо по два аміачних насоса марки WITT GP51-1450 , один з яких буде резервним.

$$V_{(-25)} = 6 \cdot \frac{0,048}{681,4} \cdot 3600 = 1,52 \text{ м}^3/\text{год}$$

Встановлюємо по два аміачних насоса марки WITT GP41-1450 , один з яких буде резервним.

$$V_{(-40)} = 6 \cdot \frac{0,293}{681,4} \cdot 3600 = 9,3 \text{ м}^3/\text{год}$$

Встановлюємо по два аміачних насоса марки WITT GP51-960 , один з яких буде резервним.



13. Автоматизація

Вступ

Завдання автоматизації полягає в тому, щоб досягти підтримання певної температури об'єкту охолодження, яка має властивість змінюватись під дією внутрішніх та зовнішніх теплонадходжень.

Системи автоматизації вирішують комплекс задач, які пов'язані з управлінням та роботою холодильної установки. Автоматичне регулювання холодильної машини дозволяє забезпечити точність підтримання заданих параметрів, що скорочує втрати продукту в холодильній камері, сприяє збереженню їх якості, знижує експлуатаційні витрати, збільшує термін служби холодильного обладнання в результаті підтримання оптимального режиму його експлуатації. Застосування режимів автоматичного захисту дозволяє запобігти аварійним режимам.

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

Прилади автоматики швидко реагують на відхилення від нормальних умов роботи, а при виникненні небезпеки вимикають установку.

До складу приладів автоматики холодильних установок входять прилади керування, регулювання, захисту, сигналізації та контролю.

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

Прилади автоматичного регулювання підтримують в певних межах основні параметри роботи і регулюють їх у відповідності з заданою програмою.

Прилади автоматичного захисту при виникненні небезпечних умов

вимикають холодильну установку або її частини.

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

Прилади автоматичного контролю реєструють параметри машини.

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

Всі елементи системи автоматизації повинні бути об'єднані в одну схему для того, щоб їх взаємодія забезпечувала найкращий результат. Система автоматизації холодильної станції розподільчого холодильника, що реконструюється, передбачає :

- регулювання та підтримання термодинамічних параметрів вологого повітря в холодильних камерах ;
- захист компресорів від аварійних режимів роботи ;
- контроль та сигналізацію роботи компресорів на щиті холодильної станції;
- можливість дистанційної зупинки машин та компресорів із щита холодильної станції;
- регулювання холодопродуктивності компресорів;
- регулювання подачі аміаку у випарники;
- керування аміачними та водяними насосами;
- керування роботою вентиляторів повітроохолоджувачів;
- аварійне відключення холодильної установки;
- регулювання та контроль рівня рідкого аміаку в ресиверах;
- регулювання подачі води для охолодження апаратів;
- світлову та звукову сигналізацію;
- припинення роботи холодильної установки в разі виникнення аварійної ситуації;
- дистанційне керування та контроль робочих параметрів.

Об'єктом автоматизації в даному дипломному проекті є один з вузлів холодильної установки – холодильний агрегат на базі гвинтового компресора, який використано в якості ступеня низького тиску двоступеневої холодильної машини. До складу агрегату входять: гвинтовий компресор з вмонтованим електродвигуном, мастилоохолоджувач, мастиловіддільник та мастилонасос.

Контрольованими параметрами агрегату є: тиск на всмоктуванні та нагнітанні компресора, різниця тисків нагнітання та мастила, температура мастила, яке подається в компресор, температура нагнітання компресора, холодопродуктивність компресора.

Контрольно-вимірювальні прилади

Для налагодження системи автоматизації та для оглядового контролю технологічних параметрів за місцем встановлюються ртутні термометри типу "А" та ТТ, манометри МА-1 та ОБМ-160.

Для врахування витрати рідкого аміаку встановлюються дифманометри сильфонні, що показують з інтегралом типу ДСП-781.

Передбачено крім режиму "автоматика" ручне керування всіма механізмами.

Захист компресорів

Всі компресори захищаються:

1. Від неприпустимого пониження тиску всмоктування та збільшення тиску нагнітання:

- для компресора високого ступеня нижче 1,5 ата, вище 15 ата;
- для компресора низького ступеня нижче 0,5 ата, вище 6 ата;

Захист здійснюється за допомогою РДА-2 та РДА.

2. Від неприпустимого збільшення температури парів аміаку на лініях нагнітання за допомогою електроконтактного термометра типу ЕКТ-1.

3. Від неприпустимого пониження перепаду тиску в системі змащення (картер-мастильний насос) компресора нижче 0,5 - 1 кгс/см² за допомогою реле

контролю змащення РКС-В-16.

4. Від неприпустимого збільшення рівня аміаку в ресиверах за допомогою реле рівня ПРУ-4.

При спрацюванні будь-якого з вищезгаданих захистів компресор зупиняється та подається світло-звуковий сигнал аварії.

Повторний запуск компресора можливий лише після усунення причини аварії та деблокування захисту ключем.

Регулювання та сигналізація рівня аміаку

Для регулювання рівня рідкого аміаку в ресиверах використовують поплавкові регулятори рівня прямої дії типу ПРУ, які із збільшенням рівня в посудині закривають клапан на лінії рідкого аміаку в відповідний апарат.

Для контролю та для сигналізації рівня рідкого аміаку в ресиверах встановлюються напівпровідникові регулятори рівня типу ПРУ-4. Здійснюють світло-звукову сигналізацію, аварійне вимкнення та управління соленоїдом на загальній лінії рідкого аміаку.

Управління аміачними насосами

Передбачено дистанційне керування з щитової. Контроль роботи насосів здійснюється за допомогою реле тиску РДА. На панель управління виносяться сигналізація роботи та аварії насосів.

Автоматизація насосів перекачування стоків

Для збору стоків встановлюються два баки з двома насосами для перекачування.

Для контролю рівня в баках та управління насосами використовуються електронні регулятори – сигналізатори рівня типу ЕРСУ-2.

ЕРСУ-2 при верхньому рівні стоків в баку вмикають насоси, а при нижньому зупиняють їх.

Крім того регулятори ЕРСУ-2 здійснюють сигналізацію аварійного рівня в

баках.

Аварійна зупинка холодильної установки

Передбачена аварійна зупинка всіх механізмів холодильної установки при аварійному рівні аміаку в будь-якому ресивері та посудині. Крім того аварійна зупинка може бути проведена з вулиці та з щитової. При аварійній зупинці автоматично вмикається аварійна вентиляція.

Відновлення схеми після аварійної зупинки виконується кнопкою в щитовій.

Автоматизація тепловпункту

Тепловий пункт вбудовано в приміщення холодильника.

В тепловому пункті встановлюються:

1. Два мережевих насоси.
2. Мережеві, ємні та швидкісні водопідігрівники.
3. Охолодник конденсату.
4. Насоси конденсату.
5. Бак для збору конденсату.

Передбачено автоматизація роботи мережевих насосів та насосів конденсату.

Запуск "I" мережевого насосу виконується вручну. У випадку виходу з ладу "I"-го насосу автоматично вмикається "II"-насос. Контроль роботи та запуск резервного насосу виконується за допомогою релейного блоку та електроконтактного манометра. Передбачена світлозвукова сигналізація аварії.

У відповідності до сантехнічної схеми один насос конденсату робочий, один – резервний. Запуск та зупинка робочого насосу конденсату здійснюється в залежності від рівня в баку конденсату. В якості датчиків рівня конденсату прийняті поплавкові реле рівня типу РП-40.

У випадку виходу з ладу робочого насосу конденсату автоматично вмикається резервний насос. Передбачена світлозвукова сигналізація аварії.

Для регулювання температури гарячої води до споживачів використовується терморегулятор гарячого водозабезпечення ТРЖ-ОРГР ЕС-3.

Для обліку пари, що поступає на холодильник, на лінії пари встановлюється діафрагма, що працює з поплавковим дифманометром типу ДП-712.

Для контролю витрати води на гаряче водопостачання на лінії води з водопроводу встановлюється водомір ВК-10. Забір тиску та температури в контрольних точках здійснюється за допомогою технічних манометрів типу ОБМ-160 та ртутних манометрів.

Дистанційне заміряння температур

Для дистанційного контролю температури в контрольних точках холодильної установки та на підлозі камер, в яких здійснюється електрообігрів ґрунту використовуються термометри опору типу ТСМ-Х, ТСМ-ХІІ та ТСМ-ІV, що працюють в комплекті з логометрами типу ЛПр-53М. Логометри встановлюються в щитовій.

Автоматичний випуск повітря з системи

Автоматичний випуск повітря з системи холодильної установки здійснюється за допомогою автоматичного віддільника повітря.

Віддільник повітря постачається комплектно з приладами автоматики.

Регулювання температури повітря в камерах

Для регулювання температури в камерах холодильника приймається багатоточкова машина "АМУР", що працює в комплекті з мідними термометрами опору ТСМ-ХІІ. В камерах встановлюється по одному термометру опору.

При підвищенні температури в камерах термометра опору через "Амур" та через промреле керують соленоїдними вентилями на лініях рідкого аміаку в повітроохолодниках.

На лініях рідкого аміаку в повітроохолодники встановлюються термо-регулюючі вентилі ТРВА.

Машина "АМУР" одночасно з регулюванням здійснює вимірювання температури в контрольних точках.

Оперативна та аварійна сигналізація

Передбачено світло-звукова оперативна та аварійна сигналізація роботи механізмів та технологічних параметрів, що винесена на панелі та щитову. Крім того звуковий сигнал аварії виноситься на прохідну холодильника.

Облік робочого часу механізмів

Для нормальної роботи механізмів необхідно контролювати їх робочий час. Передбачено встановлення в щитовій КВП та автоматики, імпульсних лічильників, що зв'язані з відповідними магнітними пускачами та з первинним електрогодинником. При підключенні механізму в роботу його лічильник веде відлік імпульсів з інтервалом в одну хвилину.

Робота схеми автоматизації гвинтового агрегату

Система автоматизації гвинтового агрегату здійснює автоматичну зміну холодопродуктивності, захисту агрегату від шкідливих режимів, а також контроль і регулювання в контурі циркуляції масла.

При роботі агрегату пар засмоктується із випарної системи, стискається в компресорі і в суміші з мастилом потрапляє в масловіддільник МВ, де відбувається відокремлення мастила від аміачної пари. З МВ очищена пара подається до конденсатора.

На всмоктувальному трубопроводі встановлений зворотний клапан, який перешкоджає потраплянню холодильного агента із компресора у випарну систему при зупинці агрегату. Мастило з МВ забирається насосом МН і направляється у мастилоохолоджувач МОх, де мастило охолоджується водою. Охолоджений потік мастила розділяється, і одна частина його направляється в порожнину компресора, де надходить до вхідного та вихідного підшипників, а інша повертається до МВ.

Пуск агрегату починається з увімкнення мастилонасосу, яке здійснюється кнопкою SB4: при її натискуванні спрацьовує магнітний пускач КМ2 і вмикає електродвигун насоса. Якщо мастильна система справна, то через деякий час тиск в ній підніметься і захисне реле різниці тисків замкне свій контакт.

Якщо решта реле захисту фіксують нормальні значення контрольованих параметрів і немає заборон з ланцюга загального захисту ЗЗ, то натиском кнопки SB1 схема автоматичного захисту AZ вводиться в робочий стан.

Однак пуск можливий в тому випадку, якщо температура мастила не нижча допустимого значення. Це блокування здійснює реле температури. Термобалон якого встановлений на мастилопроводі після насоса.

Після здійснення всіх вимог пуску загорається сигнальна лампа (HL6) ("запуск дозволено"). Натиском пускової кнопки (SB2) вмикається пускач (КМ1) і подає живлення на електродвигун М. Про запуск компресора в роботу подається сигнал на головний щит управління (лінія Б).

Зміна холодопродуктивності відбувається за допомогою золотника, який приводиться в рух виконавчим механізмом ВМ. Зміна відбувається регулюванням тиску кипіння аміаку. Регулятор тиску сприймає тиск всмоктуванням і через ключі управління (SA1, SA2) і реверсивний пускач (КМЗ) керує роботою виконавчого механізму ВМ. При підвищенні тиску регулятор переміщує золотник в бік збільшення продуктивності, при пониженні тиску – в бік зменшення.

Ключ управління SA1 служить для вибору режиму регулятора : в положенні А виконавчим механізмом керує регулятор тиску, в положенні Р – керування ведеться за допомогою ключа SA2, в положенні 0 – регулятор відключений. Ключ SA2 має два положення: відкрите і закрите.

При роботі регулятора здійснюється дистанційне керування положенням золотника компресора. Для цього призначений регулятор положення золотника, який працює від датчика, вмонтованого в виконавчий механізм ВМ. Шкала показчика положення має градацію від 0 до 100%.

Крім того, механізм ВМ має сигнальний контакт, який замикається при виході золотника в положення, яке відповідає мінімальній продуктивності (як правило не нижче 10%). При цьому починає світитись сигнальна лампа (НЛЛ) і подається сигнал на головний щит автоматики (лінія В).

Існуючий зв'язок між схемою АС і регулятором забезпечує вивід золотника в положення "мінімум" при зупинці агрегату. Такий захід потрібен для розвантаження приводу при наступному пуску.

Регулювання в контурі циркуляції масла здійснюється двома автоматичними регуляторами прямої дії.

Регулятор різниці тисків сприймає різницю між тиском нагнітання і тиском мастила. Його призначенням є підтримання різниці в межах 200-400 кПа при зміні тиску нагнітання. Це здійснюється зворотнім викидом частини мастила в мастиловіддільник. Різниця тисків необхідна для надійного змащування частин, які знаходяться під тиском нагнітання.

Регулятор температури використовується для підтримання температури мастила, яке подається в компресор, в оптимальних межах. Чутливий елемент регулятора встановлений на лінії виходу мастила із мастилоохолоджувача МОх. Регулювання відбувається шляхом зміни витрати охолоджуючої води.

Система автоматичного захисту САЗ включає п'ять приладів захисту і схему захисту АЗ.

Реле низького тиску захищає компресор від роботи при низьких тисках, подає сигнал захисту при зниженні тиску.

Реле високого тиску запобігає недопустимому підвищенню тиску нагнітання при порушенні роботи конденсатора, подає сигнал захисту при підвищенні тиску.

Реле різниці тиску контролює роботу системи змащення і захищає компресори від роботи при порушеннях роботи насоса або одного із регуляторів, подає сигнал захисту при зниженні різниці тисків. Реле розмикає контакт при зниженні різниці тисків до мінімально допустимої межі.

Реле температури захищає компресор від роботи з неприпустимо високою температурою нагнітання, яка може бути наслідком несправності компресора або порушення умов його роботи, подає сигнал захисту при підвищенні температури.

Реле температури захищає деталі, що труться від перегріву, фіксуючи температуру мастила при виході його із масловіддільника МВ.

Контакти захисних реле включені в схему АЗ, яка виконана за методом однократної дії. При спрацюванні будь-якого із захисних реле (при розмиканні його контакту) схема АЗ посилає сигнал аварійної зупинки в схему АС. Остання негайно зупиняє компресор. При цьому починає світитись відповідна сигнальна лампа (HL1...HL5), що вказує на причину аварійної зупинки. Наступний пуск можливий при натисканні на кнопку SB1 і введення у дію схеми АЗ, в роботу.

Налагодження і спостереження за роботою автоматизованого агрегату ведуть за допомогою вимірювальних приладів. Тиск в системі змащення, на всмоктувальній і нагнітальній сторонах компресора визначається за ам'ячними

манометрами. Для вимірювання температури передбачений логометр з перемикачем (SA3). До логометра під'єднані термометри опору, які сприймають температуру нагнітаючої пари і температуру мастила, яке подається в компресор.

Вибір типу приладів та пристроїв

Тип вибраних приладів та пристроїв автоматизації гвинтового агрегату наведено в таблиці 3.

Таблиця 3

Замовна специфікація на прилади і засоби автоматизації

Номер позиції	Параметр середовища	Місце установки	Найменування і характеристика	Тип приладу	Завод-виготовлювач
16 26	Температура	На щиті За місцем	Термометр опору мідний, градування 50 М, межі вимірювань 50 ...+150°C	ТСМ-0879	„Львів-прилад”, м. Львів
36	Температура	За місцем	Реле температури, межі вимірювання 80...150°C	КР81	Danfoss
46, 96 66, 76	Температура	За місцем На щиті	Термометр опору мідний, градування 50 М, межі вимірювань 50 ...+150°C	ТСМ-0879	„Львів-прилад”, м. Львів
56	Температура	За місцем	Реле температури, межі вимірювання 80...150°C	КР81	Danfoss
106	Тиск	За місцем	Манометр аміачний шкала 0...25 кгс/см ² , клас точності 1,5	АМВ У-1	„Манометр”, м. Москва
116,156 11в, 15в	Тиск	За місцем На щиті	Регулятор тиску, межі вимірювання	RT1А	Danfoss

			0,8...0,5МПа.		
11г	Тиск	На щиті	Реле різниці тисків, межі вимірювання 0,03...0,45Мпа	MP55A	Danfoss
166	Тиск	За місцем	Реле показчика рівня		Danfoss
176		На щиті	Показчик положення золотника, шкала 0...100%.	УП	„Тиз-прибор”, м. Москва
186	Струм	На щиті	Обмежувач номінального струму		
126	Тиск	За місцем	Реле високого тиску, межі вимірювання 0,8...2,8Мпа	КР1А	Danfoss

14 Електропостачання

14.1 Загальна характеристика технологічної схеми ХКУ

На підприємстві встановлена централізована система холодопостачання. Основними споживачами холоду є флюїдизаційний апарат та холодильник зберігання ягід та фруктів (безпосередня система охолодження).

Централізована система холодопостачання холодильника насосно - циркуляційного типу й структурно, за розташуванням основного технологічного устаткування складається з трьох ділянок:

- 1 — машинної зали з 9 компресорами установленою холодопродуктивністю 900 кВт, насосами подачі холодоносія та інше;
- 2 — повітряні конденсатори.
- 3 — випарників в холодильних камерах (на заданій відстані).

В подібних технологічних схемах ХКУ середньої та великої продуктивності використані відповідної потужності електроприводи компресорів, насосів та інше допоміжне обладнання з необхідною електроапаратурою і системою електропостачання.

14.2 Вибір електрообладнання приводу технологічного устаткування ХКУ

Визначення та вибір потужності двигуна електроприводу

Електричну потужність двигунів приводу компресорів розраховуємо в першому наближенні до оптимального згідно технологічних параметрів за формулою, в кВт:

$$(P_{\text{ел}})_{\text{розр}} = M_{\text{км}} \times \omega / (\eta_i \times \eta_{\text{мех}} \times \eta_{\text{ел}}), \text{ кВт}$$

де $M_{\text{км}}$ — масова витрата холодоагента в компресорі, кг/с;

ω_t — питома робота стискання холодоагенту в компресорі, кДж/кг;

η_i – індикаторний ККД компресора;

$\eta_{\text{мех}}$ – механічний ККД компресора;

$\eta_{\text{ел}}$ - електричний ККД компресора;

Для прикладу розраховуємо потужність двигуна гвинтового компресора Bitzer OSKA8591:

$$(P_{\text{ел}})_{\text{розр}} = 0,3 \times (1720 - 1481) / (0,79 \times 0,9 \times 0,9) = 112 \text{ кВт.}$$

Аналогічним чином розраховуємо потужність двигунів для інших компресорів. Результати розрахунків зводимо в таблицю 14.1.

Таблиця 4.1. Розрахована потужність електродвигунів компресорного цеху.

№ п/п	Марка компресору	Витрата холодоагенту, кг/с	Потужність двигуна компресора, кВт
1-3	Bitzer OSKA8591	0,3	132
4-5	Bitzer OSNA7441	0,035	11
6-9	Bitzer OSNA8591	0,068	30

14.3 Визначення потужності двигунів насосів за технологічними параметрами

Необхідну потужність приводу насосу (в кВт) розраховуємо за формулою:

$$(P_{\text{ел}})_{\text{розр}} = V \times H / (\eta_n \times 1000), \text{ кВт}$$

де V – питома витрата рідини, м³/с; H – повний тиск, який розвивається насосом, Па; η_n – ККД насосу.

Розраховуємо потужність одного з трьох насосів для циркуляції аміаку WITT GP51-1450 подачею $V = 0,0055$ м³/с та $H = 17,27$ м.вд.ст = 17,27 бар = 1727000 Па; $\eta_n = 60\% = 0,6$. Отже:

$$(P_{\text{ел}})_{\text{розр}} = 0,0055 \times 1727000 / (0,6 \times 1000) = 15,8 \text{ кВт.}$$

Аналогічно розраховуємо потужність приводів для інших насосів. Результати розрахунків зводимо в таблицю 14. 2.

Таблиця 14.2. Розрахована потужність електродвигунів

N п/п	Марка насосу	Призначення	Подача насосу, м ³ /с	Напір насосу, кПа	Потужність двигуна насосу, кВт
1-2	WITT GP51-1450	аміак	0,0055	1727	15,8
2-4	WITT GP41-1450	аміак	0,0004	1662	1,1
4-6	WITT GP51-960	аміак	0,0026	292	1,3

14.4 Визначення потужності двигунів приводу вентиляторів

Номінальна потужність електричного двигуна приводу аварійного вентилятора розраховуємо за формулою.

Розрахуємо потужність вентилятора притоку для компресорного цеху. Об'єм компресорного цеху 1728 м³. Згідно норм, кратність повітрообміну притоку повітря 3. Отже необхідна продуктивність вентиляторів 5184 м³/с. Вибираємо вентилятор з подачею 1800 м³/с. Як наслідок:

$$(P_{\text{ел}})_{\text{розр}} = 0,5 \times 2500 / (0,7 \times 1000) = 1,8 \text{ кВт.}$$

Аналогічним чином розраховуємо потужність двигунів вентиляторів відбору та аварійних, повітроохолодників, конденсаторів. Результати розрахунків зводимо в таблицю 14.3.

Таблиця 14.3

N п/п	Призначення вентилятора	Потужність двигуна, кВт
1-3	Приток	1,8
4-7	Відбір(Аварійний)	1,8
8-61	Повітроохолодники	2
62-77	Конденсатори	2,2

14.5 Вибір потужності та серії електродвигунів

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

$$(P_{дв})_{каталог} > (P_{дв})_{розр.}$$

Результати вибору та відомі паспортні дані зводимо до таблиці 14.4.

Таблиця 14.4

№п/п	Назва тип технологічного обладнання	Позначення	Тип електричного двигуна	P _н , кВт/ /U _н , кВ	За каталогом			
					I _п /I _н	η, %	cosφ/tgφ	n, об/хв
1-3	Bitzer OSKA8591	K1- K3	АИР 280М2	132/0,38	6,4	93,5	0,91/0,47	2975
4-5	Bitzer OSNA7441	K4-K5	АИР 132М2	11/0,38	7,2	87,4	0,9/0,48	2900
6-9	Bitzer OSNA8591	K6-K9	АИР 180М2	30/0,38	7,3	90,7	0,9/0,48	2904
10-11	WITT GP51-1450	H1-H2	АИР 160М2	18,5/0,38	7,1	89,3	0,89/0,51	2925
12-13	WITT GP41-1450	H3-H4	АИР 71В2	1,1/0,38	6,7	77,6	0,83/0,67	2790
16-17	WITT GP51-960	H5-H6	АИР 80А2	1,5/0,38	7,0	78,1	0,84/0,65	2830
18-20	Вентилятор приток	B1-B3	АИР 90 L4	2,2/0,38	6,8	80	0,81 /0,73	1400
21-24	Вентилятор відбір	B4-B7	АИР 90 L4	2,2/0,38	6,8	80	0,81/0,73	1400
25-40	конденсатор	BK1-BK16	АИР 90 L4	2,2/0,38	6,8	80	0,81/0,73	1400
41-94	випарник	BB1-BB54	АИР 90 L4	2,2/0,38	6,8	80	0,81/0,73	1400

14.6 Розрахунок параметрів та вибір низьковольтного обладнання в схемах електроприводу

Вибір магнітних пускачів та теплового реле

Магнітні пускачі — це трьохполюсні контактори, як правило, зі вмонтованим захистом, призначені для ввімкнення, вимкнення або перемикання нереверсивних та реверсивних трьохфазних електродвигунів і захисту їх від можливих перевантажень і значного зниження напруги.

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

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

Магнітні пускачі вибираються з умов:

1. $I_{мп} > I_{н.дв.}$
2. $U_{мп} = U_{н.дв.}$
3. $I_{спр.т.р.} > 1,1 I_{м}$

де $I_{мп}$ і $I_{н}$ - номінальний струм машин, $I_{спр.т.р.}$ - струм спрацьовування теплового реле.

Результати вибору зводимо в табл. 14.5.

Таблиця 14.5

№ п/п	Назва технологічного обладнання	Позначення	Ін, А	1,1*Ін, А	Магнітний пускач		Теплове реле	
					Тип	Ін, А	Тип	Ін, А
1-3	Bitzer OSKA8591	K1- K3	240	264	ШУ	300	RF-300	300
4-5	Bitzer OSNA7441	K4-K5	2,7	2,97	ШУ	4	RF-4	4
6-9	Bitzer OSNA8591	K6-K9	56,9	62,59	ШУ	65	11RF-65	65
10-11	WITT GP51-1450	H1-H2	36,3	39,93	ШУ	42	RF-42	42
12-13	WITT GP41-1450	H3-H4	2,7	2,97	ПМЛ	4	RF-4	4
16-17	WITT GP51-960	H5-H6	3,6	3,96	ПМЛ	5	RF-5	5
18-20	Вентилятор приток	B1-B3	5.3	5.83	ПМЛ	6,5	RF-6,5	6,5
21-24	Вентилятор відбір	B4-B7	5.3	5,83	ПМЛ	6,5	RF-6,5	6,5
25-40	конденсатор	BK1- BK16	5.3	5,83	ПМЛ	6,5	RF-6,5	6,5
41-94	випарник	BB1- BB54	5.3	5,83	ПМЛ	6,5	RF-6,5	6,5

14.7 Розрахунок параметрів та вибір автоматичних повітряних вимикачів в схемі електроприводу

Автоматичні повітряні вимикачі (автомати) призначені для ввімкнення, вимкнення та захисту електричних установок постійного і змінного струму при перевантаженнях та коротких замиканнях. Зручність і безпечність обслуговування, надійність захисту від струмів короткого замкнення, а також малі габаритні розміри автоматів дозволяють широко застосовувати їх в електричних установках великих та малих потужностей.

Вони виробляються з електромагнітними і комбінованими роз'єднувачами. Вибір автоматів виконується згідно умов:

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

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

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

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

$I_{пуск}$ - пусковий струм двигуна;

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

Результати виборів автоматичних повітряних вимикачів зводимо в таблицю 14.6.

Таблиця 14.6

№ п/п	Назва технологічного обладнання	Позначення	Ін, А	Іпуск, А	1.25* Іпуск	Автомати			
						Тип	Ін, А	Ітр, А	Іс.р.,А
1-3	Bitzer OSKA8591	К1- К3	240	1440	1800	XS250	250	230	300
4-5	Bitzer OSNA7441	К4-К5	2,7	16,2	20,2	TD3 M06	10	10	11,25
6-9	Bitzer OSNA8591	К6-К9	56,9	314,4	393	TD3ХА	63	63	66,5
10-11	WITT GP51-1450	Н1-Н2	36,3	217,8	272,2	TD3 M06	40	40	42,3
12-13	WITT GP41-1450	Н3-Н4	2,7	16,2	20,2	TD3 M06	10	10	11,25
16-17	WITT GP51-960	Н5-Н6	3,6	21,6	27	TD3 M06	10	10	10,5
18-20	Вентилятор приток	В1-В3	5.3	31,8	39,75	TD3 M06	10	10	10,05
21-24	Вентилятор відбір	В4-В7	5.3	31,8	39,75	TD3 M06	10	10	10,05
25-40	конденсатор	ВК1- ВК16	5.3	31,8	39,75	TD3 M06	10	10	10,05
41-94	випарник	ВВ1- ВВ54	5.3	31.8	39,75	TD3 M06	10	10	10,05

14.8 Проектування схеми електропостачання ХКУ

Загальні положення та характеристики схеми електропостачання

Основними електроприймачами холодильної установки централізованого типу *фруктосховища* є асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором і система електричного освітлення. По ступеню надійності електропостачання електроприймачі холодильної установки з небезпечними холодоагентами відносять до *першої-другої категорій*.

Надійність живлення електроприймачів 2-ї категорії забезпечують проведенням наступних заходів:

- вибором відповідної структури схеми електропостачання: власні потреби холодильної установки живлять на стороні високої напруги від незалежних джерел живлення не менш ніж двома трансформаторами, які підключають до індивідуальних шаф і до різних секцій розподільчого пристрою – 10 кВ;

- на стороні низької напруги джерела живлення резервують, передбачаючи „потайливий резерв” шляхом комутаційної перемички між двома секціями РПр ТП, перемичка має для комутації з двох сторін два роз'єднувачі і між ними один автомат (або тільки один між секційний роз'єднувач);

- потужність кожного трансформатора ТП вибирають із розрахунку забезпечення одночасного живлення як власних електроприймачів, так і приймачів аварійно-відключеного джерела; у цьому випадку ушкоджений трансформатор відключають власним перемикачем від його секції РПр на стороні низької напруги і через міжсекційну перемичку її підключають відповідним перемикачем до другої секції працюючого трансформатора.

З метою підвищення надійності і на перспективу розвитку електромережі підприємства на кожній секції РПр ТП для групи електроприймачів, а також для окремих приймачів передбачають резервні ланки (комірки) з відповідними апаратами. Аналогічно, в цехових шафах силових розподільчих пунктів (РП) передбачають резервні електроапарати.

14.9 Структура схеми електропостачання підприємства з ХКУ

Структуру схеми визначають за такими умовами:

1. Виділяють найбільш потужні електроприймачі 1-ї та 2-ї категорій:

- насоси компресорних агрегатів ХКУ, пожежні насоси, аварійну вентиляцію тощо, схема електричних з'єднань яких з комірками РПр ТП здійснюється за *радіальною* схемою живлення з урахуванням номінальної напруги та потужності;

2. Формують групи приймачів, що одержують електричну енергію від шаф розподільчих пунктів (РП) за ознаками:

- технологічного призначення: машзали компресорних агрегатів, приміщень для насосів конденсаторної, насосів циркуляції холодоагента; холодильні камери для охолодження продукції, експедиції; допоміжні приміщення з шафами КВПіА та ін.;

- номінальної напруги та потужності.

3. Потужні електроприводи і РП окремих технологічних ділянок з'єднують силовими кабелями з РПр ТП – 0,4 кВ, з допомогою якого здійснюється прийом електричної енергії від трансформаторів і її розподіл до електроприймачів.

Необхідна продуктивність ХКУ централізованого типу забезпечується відповідною кількістю компресорних агрегатів.

Електропостачання здійснюється за першою категорією – два вводи та секційний автомат між секціями розподільчого пристрою (РПр) двотрансформаторної підстанції ХКУ, режим роботи – безперервний.

Схема електричних з'єднань у межах „шафи цехових РП – РПр ТП” може здійснюватися за наступними схемами : радіальній, магістральній або змішаній.

РПр ТП розміщують у приміщенні цехової трансформаторної підстанції. Щит РПр ТП на стороні низької напруги виконують на основі панелей (шаф) вибраної серії (типу) заводу-виробника відповідно до результатів розрахунку електричних навантажень. Щит РПр ТП складаються

з панелей вводу електричної енергії від трансформатора (увідної) і панелей лінійних, від яких відходять лінії живлення до шаф РП технологічних ділянок ХКУ. Панелі комплектних РПр ТП укомплектовані відповідними комутаційними, захисними електроапаратами та вимірювальними приладами. Силкові шафи РП з електроапаратами призначені для розподілу електричної енергії і захисту електроустановок при перевантаженнях і к.з., для нечастих оперативних комутацій електричної схеми і пуску асинхронних двигунів.

Вибір типу *увідної* або *лінійної* панелі РПр ТП і шафи цехових РП проводять, відповідно, до числа електроприймачів, що приєднуються до даної ланки пристрою (пункту), у відповідності встановлених на ній і вибраної кількості електричних апаратів керування та захисту.

Для захисту трансформаторів ТП, ліній і електроустаткування застосовують автоматичні повітряні вимикачі (автомати) або запобіжники, які узгоджують з комплектом шафи РП і електрообладнанням РПр ХУ. Якщо в комплект цих пристроїв входять рубильники, то їх можливо після перевірки за відповідними умовами використовувати як роз'єднувачі. Для дистанційного керування електродвигунами застосовують магнітні пускачі (МП), що встановлюють на пультах керування або за місцем розташування електродвигуна. Для потужних електродвигунів використовується спеціальна шафа керування з контактором.

14.10 Розподілення електроенергії у відділеннях цеху з ХКУ

Шафи цехових РП варто розміщати в місцях, що відповідають:

- 1- *центру електричних навантажень* електроприймачів, як найбільш вагомому економічному показнику (або в місцях, близьких до нього за місцевими умовами – біля колон, стін тощо);
- 2- мінімальній довжині магістралей і живильних ліній (варто уникати живлення електроприймачів у зворотньому напрямку по відношенню до основного потоку електроенергії в кабельних каналах);
- 3- умовам електробезпеки і не заважають виробничій роботі;
- 4- зручному обслуговуванню, не захаращують прохідні, проїзди та інш.

Високовольтна мережа. Приймання електроенергій на заводі від джерел живлення і її розподіл між цеховими трансформаторними підстанціями виконує розподільчий пристрій (РПр) із відповідним числом ланок. РПр встановлюється в місці, що відповідає найменшій відстані від центру електричних навантажень або поруч з цехом, який має найпотужніше електроустаткування. РПр виконується, згідно сучасних вимог до проектних рішень, як конструктивно *комплектний* набір шаф відповідного заводу-виробника. Електролінія зв'язку підприємства з РЕМ підключається до своїх шаф *комплектного розподільчого пристрою* КРПр – 10 кВ силовими кабелями, відповідно, через роз'єднувач і масляний вимикач (або високовольтний запобіжник). Наявністю ліній та відповідних комутаційних апаратів забезпечується як автономний, так і паралельний режим роботи джерел живлення заводу.

Трансформаторна підстанція цеху з ХУ, як і інші ТП підприємства, і потужні високовольтні двигуни підключені силовими кабелями, відповідно, до своїх шаф КРПр – 10 кВ. На високій стороні цехової трансформаторної підстанції встановлені масляні вимикачі (або високовольтні запобіжники), роз'єднувачі і вимірювальні трансформатори струму.

Низьковольтна мережа. Основне цехове споживання електричної енергії здійснюють при напрузі 380В. Основними електроприймачами ХКУ є асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором і система електричного освітлення. При об'єднанні приймачів у групи варто враховувати однотипність, рід навантаження, потужність споживання.

Розподілення електроенергії між приймачами передбачене на напругу 380В від шаф РПр – 0,38 кВ трансформаторної підстанції через відповідні магістральні розподільчі пункти – МРП, та розподільчі пункти – РП, на технологічних ділянках ХУ.

Відповідно вимогам ПУЕ передбачаються наступні види освітлення: робоче, аварійне і місцеве (мірне скло контролю рівня аміака, манометри аміачних насосів тощо). Живлення мереж робочого і аварійного освітлення

для надійної їх роботи здійснюється від різних секцій трансформаторної підстанції.

З метою підвищення надійності і на перспективу розвитку мережі підприємства на кожній секції розподільного пристрою ВП для групи електроприймачів, а також для індивідуальних приймачів передбачаємо резервні ланки з відповідними апаратами. Схема двотрансформаторної ПС в однолінійному зображенні та загальна структура схеми електропостачання підприємства з ХКУ наведена на рис. 14.1.

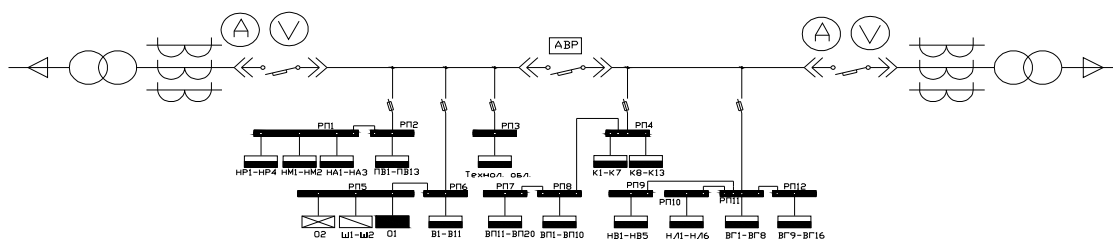


Рис 14.1 Принципова схема двотрансформаторної ТП

14.11 Розрахунок параметрів та вибір електрообладнання в схемі електропостачання ХКУ

Розрахунок параметрів та вибір шафи розподільного пункту

Розрахунок навантаження на шини шафи цехового розподільного пункту

Значення середньої потужності за максимально навантаженою зміну:

$$P_{CM} = K_B \cdot P_H,$$

де K_B — коефіцієнт використання, для компресорів – 0,8 ; для насосів – 0,7 ; для вентиляторів – 0,6, P_H — номінальна потужність.

Значення середньої реактивної потужності за максимально навантажену зміну:

$$Q_{см} = P_{см} \cdot \operatorname{tg}\varphi.$$

Результати розрахунків зводимо до таблиці 14.7

Таблиця визначення характеристик навантаження електричних приймачів.

Таблиця 14.7

№п/п	Назва тип технологічного обладнання	$P_{ном},$ кВт	$P_{см,к}$ Вт	$Q_{см},$ вар	K_B	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$
1-3	Bitzer OSKA8591	132	105,6	49,6	0.8	0,91	0.47
4-5	Bitzer OSNA7441	11	8,8	4,2	0.8	0,9	0.48
6-9	Bitzer OSNA8591	30	24	11,5	0.8	0,9	0.48
10-11	WITT GP51-1450	18,5	12,95	6,6	0.7	0,89	0.51
12-13	WITT GP41-1450	1,1	0,77	0,52	0.7	0,83	0.67
16-17	WITT GP51-960	1,5	1.05	0,68	0.7	0,84	0.65
18-20	Вентилятор приток	2,2	1.32	0,96	0.6	0,81	0.73
21-24	Вентилятор відбір	2,2	1.32	0,96	0.6	0,81	0.73
25-40	конденсатор	2,2	1.32	0,96	0.6	0,81	0.73
41-94	випарник	2,2	1.32	0,96	0.6	0,81	0.73

Визначаємо на прикладі одного цехового РП для електроприймачів (поз. Н 1 – Н3), приєднаних до шафи РП-2. Розраховуємо коефіцієнт:

$$M = P_{н \max} / P_{н \min} = 15 \cdot 10 / 15 \cdot 7 = 1.42, \text{ тобто } m < 3.$$

У цьому випадку $n_e = n$ (де n_e – ефективна кількість приймачів).

Тоді коефіцієнт максимуму: $K_M = f(n_e; K_u) = 1,5$.

Розрахункове значення потужностей:

1) активної:

$$P_p = K_M \times \sum P_{cm} = 1,5 \times 92,4 = 138,6 \text{ кВт}$$

2) реактивної:

$$Q_p = 1,1 \times \sum Q_{cm} = 1,1 \times 67,2 = 73,9 \text{ вар}$$

3) повної:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = 157,1 \text{ кВА}$$

Коефіцієнт потужності РП4:

$$\cos \varphi = \frac{P_p}{S_p} = 138,6 / 157,1 = 0,88$$

Значення розрахункового і короткочасного струму:

$$I_{рп} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U} = 157,1 / (1,73 \times 0,38) = 239 \text{ А}$$

Приймаємо шину ШМА 76, розраховану на: $I_n = 1000 \text{ А}$, площа поперечного перерізу $S = (84 \times 8) \text{ мм}^2$.

14.12 Вибір шафи цехового розподільчого пункту РП

Вибираємо стандартну шафу серії ПР24, призначену для установки в електричних сітках, напругою 380В. Номінальний ток РП – 700А.

В цехових шафах силових РП передбачаємо резервні електроапарати.

Інші шафи розраховуємо аналогічно.

Таблиця 14.8

№п/п	Назва тип технологічного обладнання	$P_{ном},$ кВт	$P_{см,к}$ Вт	$Q_{см,}$ вар	K_B	$\cos\varphi$	$tg\varphi$
К1	Bitzer OSKA8591	132	105,6	62,04	0,8	0,91	0,47
К2	Bitzer OSKA8591	132	105,6	62,04	0,8	0,91	0,47
К3	Bitzer OSKA8591	132	105,6	62,04	0,8	0,91	0,47
РП-1	Bitzer OSNA7441	11	8,8	4,2	0.8	0,9	0.48
РП-1	Bitzer OSNA8591	30	24	11,5	0.8	0,9	0.48
РП-1	WITT GP51-1450	18,5	12,95	6,6	0.7	0,89	0.51
РП-2	WITT GP41-1450	1,1	0,77	0,52	0.7	0,83	0.67
РП-2	WITT GP51-960	1,5	1.05	0,68	0.7	0,84	0.65
РП-2	Вентилятори приток, вентилятори відбір, вентилятори аварійні	15,4	9,24	6,72	0.6	0,81	0.73
РП-3	Вентилятори повітроохолодників	118,8	71,28	51,84	0.6	0,81	0.73
РП-3	вентилятори конденсаторів	35,2	21,12	15,36	0.6	0,81	0.73
РП-4	Освітлення	21,6	12,96	20	0.6	0.74	0.91

14.13 Розрахунок потужності трансформаторів ТП

Визначаємо:- коефіцієнт перевантаження: $\beta_U(t) = f(k,t) = 1,22$

Розрахункове значення потужностей:

1) активної:

$$P_p = K_M \times \sum P_{см} = 1,5 \times 473,7 = 710,6 \text{ кВт}$$

2) реактивної:

$$Q_p = 1,1 \times Q_{cm} = 1,1 \times 290,5 = 319,6 \text{ вар}$$

3) повної:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = 779,2 \text{ кВА}$$

За розрахунком номінальна потужність трансформатора:

$$(S_n)_{розр} = \frac{S_p}{\beta_{ut} \cdot 0,7} = \frac{779,2}{1,22 \cdot 0,7} = 912,4 \text{ кВА}$$

Технічні параметри трансформаторів цехової ТП.

Таблиця 14.9

Тип	S _{ном} , кВА	Номінал. напруга	Втрати, кВт		Напруга К.З., %	струм Х.Х., %	Схема з'єднання
			Х.Х.	К.З.			
Zucchini CRT- 1000	1000	10	3,3	1,3	5,5	1,3	Δ / Y _N , група 11

З урахуванням вибраного електрообладнання на стороні ВН та НН викреслюємо схему принципову електропостачання ХКУ в однолінійному зображенні форматом А1 на основі визначеної її структури.

14.14 Розподілення електроенергії на ділянках ХКУ

Розрахунок параметрів

Проводи і кабелі в процесі експлуатації повинні мати ізоляцію не менше 0,5МОм і задовольняти умовам допустимої густини струму (допустимої температури нагріву ізоляції) з урахуванням умов прокладки ліній, допустимої втрати напруги. Приймаємо прокладку кабелю у землі, а проводи - у трубах. Втрати напруги в лініях живлення для силового електрообладнання повинно бути не більше 5%.

За величиною розрахункового струму лінії обрано перетин кабеля, а після перевірено на відповідність прийнятих до установки апаратів захисту.

$$I_{\text{доп}} \geq 0,22 I_{\text{зах}}$$

Перетин силових кабелів перевірено на втрату напруги :

$$\Delta U\% = 10^5 \cdot \rho \cdot P_{\text{н}} \cdot \ell / (U_{\text{н}})^2 \cdot S ; \quad \Delta U\% \leq 5\% U_{\text{н}},$$

де ρ - питомий опір, Ом/мм²; S - площа поперечного перерізу, мм²; ℓ - довжина кабеля, м

14.15 Заощадження електроенергії на стадії розробки проектних рішень

Такі електроприймачі, як електродвигуни, трансформатори та газорозрядні лампи споживають реактивну енергію, кількість якої визначають за груповим коефіцієнтом $\text{tg}\phi$ по відношенню до установленної сумарної активної потужності P цих електроприймачів, підключених до шин РПр ТП ВП. Проектними рішеннями та досвідом експлуатації мереж доведено, що в багатьох випадках в масштабі *РЕМ* та *держави* компенсація реактивної потужності в електроустановках до $\cos\phi = 0,92 - 0,97$ є найбільш економічно ефективним шляхом заощадження електроенергії.

Згідно нормативного документа ППЕ (рос.: ПУЕ) передбачаємо групову централізовану компенсацію реактивної потужності, для чого підключають спеціальними автоматичними вимикачами конденсаторні установки (КУ), як на стороні ВН, так і на сторонні НН.

Загальна ємність конденсаторів та їх кількість для побудови КУ відносно $P_{\text{розр}}$ розраховується за формулами:

$$Q_{\text{розр}} = P_{\text{розр}} (\text{tg } \phi_1 - \text{tg } \phi_2) = 710,6 \times (1,44 - 0,48) = 682,2 \text{ квар},$$

де $\phi_1 = _$ - кут зсуву фаз до компенсації; $\cos \phi_1 = 0,57$;

$\phi_2 = _$ - кут зсуву фаз після компенсації, $\cos \phi_2 = 0,9$.

Ємність конденсаторів розраховується за формулою:

$$C_{\text{розр}} = Q_{\text{розр}} / 2\pi \cdot f \cdot U^2 \times 10^3 = 682,2 / (2 \times 3,14 \times 50 \times 0,38^2) \times 10^3 = 15045 \text{ мкф},$$

де U - напруга на затискачах конденсаторів, кВ; f - частота мережі, Гц.

Враховуємо технічні параметри електроспоживання групи електричних приймачів - розрахункові потужності від навантажень, прикладених до шин двотрансформаторів підстанції.

15 Охорона праці

Вступ

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

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

Під час розробки проекту враховані основні вимоги охорони праці в галузі .

15.1 Умови праці

В якості робочої зони в проекті розглядається компресорний цех. Шкідливими і небезпечними виробничими факторами при обслуговуванні аміачної холодильної установки є:

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

План машинного відділення із позначеними на ньому джерелами шкідливих та небезпечних факторів наведено на рис. 15.1.

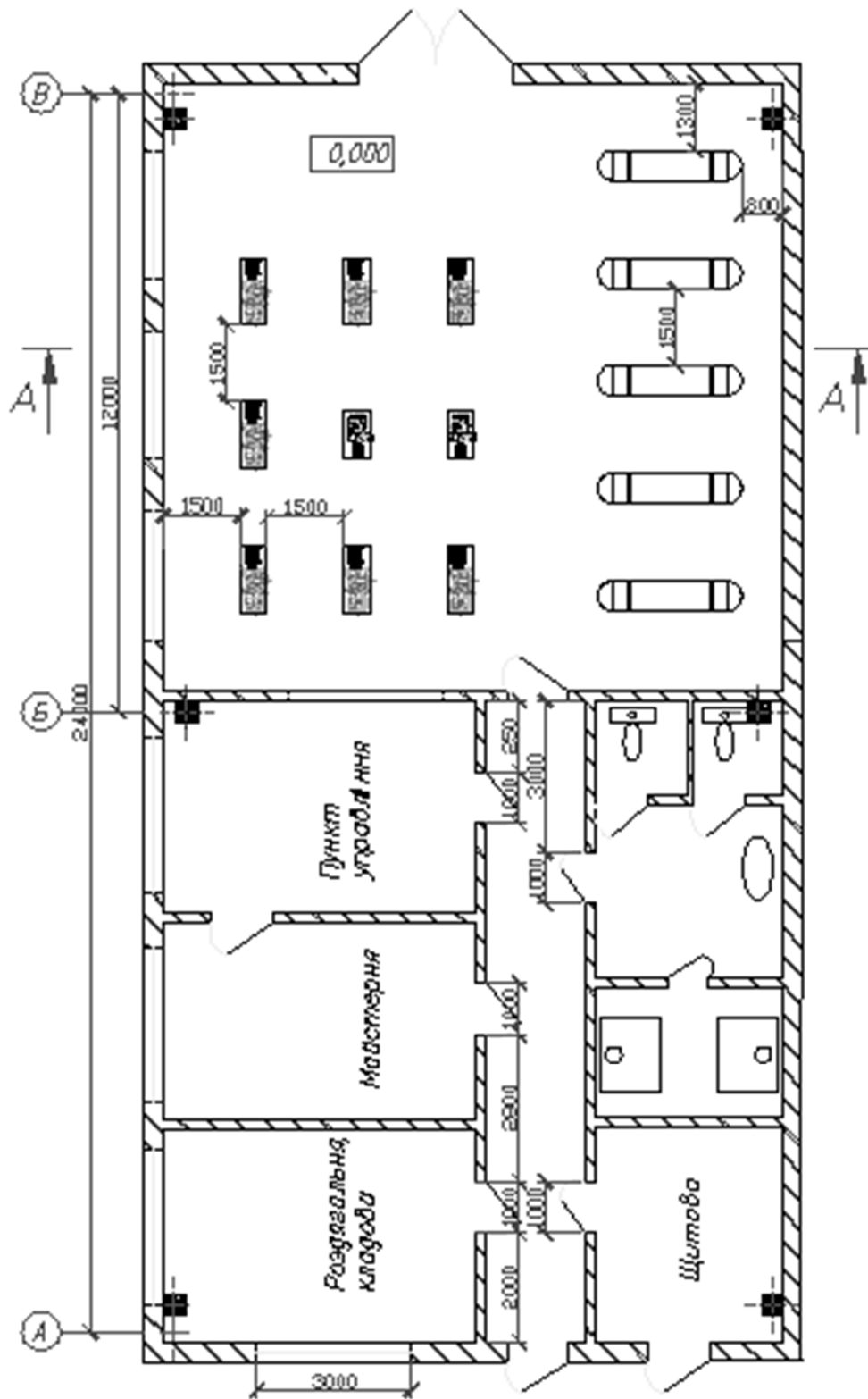


Рис.15.1. Схема розміщення обладнання в машинному відділенні

15.2 Санітарно-гігієнічні вимоги до розміщення обладнання

Розміщення устаткування повинні відповідати вимогам нормативного документа галузі. Приміщення машинного відділення розташоване в будівлі

прибудованій до холодильника. Огороджуючі конструкції (цегла) машинного відділення (площа 144 м²) мають легко скидні елементи (вікна, двері та ін.) 0,03 м² на 1 м³ об'єму будівлі. Вікна — однорядні із звичайного скла. Над та під машинним відділенням не має приміщень з постійними робочими місцями, а також побутових та допоміжних приміщень.

З машинного відділення є один вихід назовню та один в службові, побутові та допоміжні приміщення. Двері відчиняються у бік виходу, і не виходять безпосередньо у виробничі приміщення чи в зв'язані з ними коридори та сходові майданчики. Висота машинного відділення до низу несучих конструкцій покриття 6 м. Висота підвіконь — 1,2 м.

В машинному відділенні встановлено 9 компресори і 3 циркуляційні ресивери з насосами на кожен температуру кипіння, 1 лінійний ресивер, 1 дренажний ресивер й 3 мастиловіддільник. Відстань між виступаючими частинами обладнання і стіною становить — 1,5 м, прохід між виступаючими частинами обладнання — 1,5 м, основний прохід — 2 м.

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

Для обслуговування конденсатора (розташований ззовні приміщення машинного відділення), встановлено майданчик з огорожею та драбинами з обох сторін. Майданчик та драбини мають поручні, висотою 1,1 м. Відстань між стійками поручнів складає 0,7 м.

15.3 Мікроклімат

Санітарно-гігієнічні норми параметрів повітря в робочій зоні закритих виробничих приміщень регламентується ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми

мікроклімату в ПУ повинні забезпечувати оптимальні параметри для категорій робіт легка–Іа, що приведені в табл.15.1, а в машинному відділенні — допустимі параметри для категорій робіт середньої тяжкості – Іа — табл.15.2.

Досягнення цих параметрів забезпечується загальною обмінною механічною припливно–витяжною вентиляцією в теплий період року, з підігрівом повітря в холодний період року. В машинному відділенні передбачено системи повітряного опалення, суміщені з припливною вентиляцією, без рециркуляції повітря, кратність повітрообміну за годину:

- Приплив – за розрахунком, але неменше 2;
- Витяжка – за розрахунком, але неменше 3;

Повітря видаляється в атмосферу без очищення. Побутові приміщення при машинному відділенні мають окрему від машинного відділення систему вентиляції.

Таблиця 15.1. Санітарні норми мікроклімату ПУ

<i>Період року</i>	<i>Температура повітря, °С</i>	<i>Відносна вологість, %</i>	<i>Швидкість руху повітря, м/с</i>
<i>Холодний ($t_3 < 10^0\text{C}$)</i>	22–24	40–60	$\leq 0,1$
<i>Теплий ($t_3 \geq 10^0\text{C}$)</i>	23–25	40–60	$\leq 0,1$

Для контролю за концентрацією аміаку, та виявлення місць витоку аміаку використовується газоаналізатори УГ-2 та лакмусовий папір. Контроль здійснюється 3 рази на зміну.

Таблиця 15.2. Санітарні норми мікроклімату машинного відділення

Період року	Температура повітря, °С		Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
	Верхня межа	Нижня межа		
Холодний ($t_3 < 10^0\text{C}$)	24	15	≤75	≤0,3
Теплий ($t_3 \geq 10^0\text{C}$)	29	17	65 (при 26 С)	0,2–0,4

Розрахунок обсягу повітря на вентиляцію

Визначення кількості вентиляційного повітря при розбавленні свіжим повітрям шкідливих газів, парів та пилу проводимо для таких вихідних даних:

$G=35$ грам/год - інтенсивність виділення парів аміаку в машинному відділенні;

$C_1 = 0,02$ мг/м³ - концентрація парів аміаку у припливному повітрі (природній вміст аміаку в повітрі);

$C_2 = 20$ мг/м³ - концентрація парів аміаку у повітрі машинного відділення, (не більше ГДК в повітрі робочої зони);

$F=144\text{м}^2$ – площа компресорного цеху.

Необхідна кількість вентиляційного повітря:

$$L = \frac{1000 * G}{C_2 - C_1} = \frac{1000 \cdot 35}{20 - 0,02} = 1752 \text{ м}^3/\text{год}$$

Визначаємо кратність припливного повітря, що подається в машинне відділення:

$$n = \frac{L}{V} = \frac{1752}{864} = 2,03\text{год}^{-1}$$

де V – об'єм машинного відділення, м³

15.4 Шум і вібрація

Основними джерелами шуму в холодильних установках є компресори та їх двигуни, а також рух холодильного агенту по трубопроводах з великою швидкістю.

Допустимий рівень шуму в машинному відділенні, що не перевищує норм, які приведені у ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку, складає 78...82дБ, в ПУ — 50...55 дБ.

Для зниження шуму в ПУ застосовують додаткову звукоізоляцію стін.

Рівень вібрації на робочих місцях не перевищує гранично допустимої величини, передбаченої ГОСТ 12.1.012 – 90. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования. ДСН 3.3.6.039 – 99. Державні санітарні норми виробничої, загальної та локальної вібрації; у машинному відділенні – 85...88 дБ, в ПУ – 75...77 дБ.

Компресори встановлені на спеціальних фундаментних плитах, відокремлених від несучих конструкцій будівлі машинного відділення. Для зменшення впливу вібрації, що викликається роботою компресорів, додержуються таких умов: трубопроводи, що приєднуються до машини, не жорстко кріпляться до конструкцій будинку; при необхідності застосування жорстких кріплень передбачено відповідні компенсаційні пристрої; трубопроводи, що з'єднують компресори з устаткуванням, мають достатню гнучкість, що компенсує деформації.

Розрахунок гумових амортизаторів

Необхідно розрахувати гумові прокладки під компресор з $n_e=2975$ хв⁻¹ (49,6 Гц). Вага всієї установки $P=3665$ Н. Компресор встановлений на важкому залізобетонному перекритті.

Розв'язок: Визначаємо площу поперечного перетину S та робочу висоту H_p при $\sigma = 5 \times 10^5$ Н/м² і твердості гуми 74×10^5 Н/м²:

$$S = \frac{P}{\sigma} = \frac{3665}{5 \cdot 10^5} = 7,33 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

де P — загальна вага віброізолюваної установки, Н; σ — розрахункове статичне напруження в гумі, Н/м².

Динамічний модуль пружності гуми:

$$E_g = 38 \times 10^5 \text{ Н / м}^2$$

Визначаємо $K_{z.H.}$:

$$K_{z.H.} = 4 \times \pi^2 \times f_0^2 \times \frac{P}{g}$$

Власну частоту коливань визначаємо залежно від $\Delta L = 26 \text{ дБ} - f_0 = 15 \text{ Гц}$:

$$K_{z.H.} = 4 \times 3,14^2 \times 15^2 \times \frac{3665}{9,8} = 33 \times 10^5 \text{ Н / м}^2$$

$$H_p = \frac{E \times S}{K_{z.H.}} = \frac{38 \times 10^5 \times 7,33 \times 10^{-3}}{33 \times 10^5} = 8,44 \times 10^{-3} \text{ м}$$

Приймаємо кількість віброізоляторів $n = 8$.

Площа кожного віброізолятора :

$$S = \frac{7,33 \times 10^{-3}}{8} = 9,2 \times 10^{-4} \text{ м}^2$$

Визначаємо поперечний перетин одного віброізолятора для циліндричного стовпчика — діаметр d

$$d = \sqrt{\frac{4 \times S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 9,2 \times 10^{-4}}{3,14}} = 0,034 \text{ м}$$

Визначаємо умови стійкості віброізолятора:

$$1,5 \times H_p \leq d \leq 8 \times H_p$$

$$1,5 \times 8,44 \times 10^{-3} \leq 34 \times 10^{-3} \leq 8 \times 8,44 \times 10^{-3}$$

$$12,66 \times 10^{-2} \leq 34 \times 10^{-2} \leq 67,52 \times 10^{-2}$$

Умова стійкості виконується.

Визначаємо повну висоту віброізоляторів:

$$H = H_p + \frac{1}{8} \times d = 8,44 \times 10^{-3} + \frac{1}{8} \times 34 \times 10^{-3} = 16,7 \times 10^{-2} \text{ м}$$

Перевіряємо ефективність віброізоляторів:

$$K_{z.} = \frac{E \times S}{H_p} = \frac{38 \times 10^5 \times 7,33 \times 10^{-3}}{8,44 \times 10^{-3}} = 33 \times 10^5 \text{ Н/м}$$

$$f = \frac{1}{2 \times \pi} \times \sqrt{\frac{K_{z.} \times g}{P}} = \frac{1}{2 \times 3,14} \times \sqrt{\frac{33 \times 10^5 \times 9,8}{3665}} = 15 \text{ Гц}$$

де $K_{z.}$ — загальна жорсткість всіх віброізоляторів, Н/м; S — загальна площа поперечного перетину всіх віброізоляторів, м²; E — динамічний модуль пружності гуми, Н/м²; H_p — робоча висота віброізоляторів, м; P — вага віброізолюваної установки, Н.

$$\Delta L = 20 \times \lg\left(\frac{f^2}{f_0^2} - 1\right),$$

де f — частота змушувальної сили, Гц; f_0 — частота власних вертикальних коливань, Гц.

$$\Delta L = 20 \cdot \lg\left(\frac{49,6^2}{15^2} - 1\right) = 20 \text{ дБ}$$

Отримане значення ΔL не менше, ніж вибране раніше.

15.5 Освітлення

Нормовані значення природного та штучного освітлення (ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення).

На підприємстві у компресорному цеху прийнято бічне природне одностороннє освітлення, при якому нормується мінімальне значення (КПО=0,1%) та загальне штучне освітлення — світильники з люмінесцентними лампами напругою 220В пілозахисні. Для компресорного цеху при загальному спостереженні за ходом роботи, при постійному перебуванні людей та розряді зорової роботи VIII₆ освітленість становить 50 лк.

Для пульта керування і електрощитової прийнято загальне штучне освітлення — 100 лк.

Для живлення світильників місцевого освітлення з лампами розжарювання застосовується напруга 12 В.

Аварійне і ремонтне освітлення машинного відділення мають аварійне освітлення від незалежного джерела (акумуляторні батареї). Воно автоматично включається при відключенні робочого освітлення.

Розрахунок системи загального освітлення

Розрахунок системи загального освітлення у машинному відділенні, в якому виконуються періодичне загальне спостереження за ходом виробничого процесу при постійному перебуванні людей в приміщенні (розряд VIII_б)

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

Приміщення має світлове фарбування: коефіцієнт відбиття $\rho_{\text{стелі}} = 70\%$, $\rho_{\text{стін}} = 50\%$.

Висота робочих поверхонь $h_p=0,7$ м. Для освітлення прийнято світильники типу ЛПО01 (з 4 лампами), які підвішуються до стелі; відстань від світильника до стелі $h_c=2$ м.

Мінімальна освітленість за нормами $E=150$ лк.

Визначаємо висоту підвісу світильників над підлогою:

$$h_0 = H - h_c = 6 - 2 = 4 \text{ м.}$$

Для світильників загального освітлення з люмінесцентними лампами мінімальна висота підвісу над підлогою відповідно до СНиП II-4-79 повинна бути 2,6...4 м, коли у світильнику менше 4-х ламп, 3,2...4,5 — при 4-х і більше ламп.

Висота підвісу світильника над робочою поверхнею дорівнює:

$$h = h_0 - h_p = 4 - 0,7 = 3,3 \text{ м.}$$

Рівномірність освітлення досягається при відповідному співвідношенні відстані між світильниками L і висоти їх підвісу h . Визначаємо рекомендовану відстань між світильниками:

$$L=0,7h=0,7 \cdot 3,3=2,31 \text{ м.}$$

Показник приміщення i становить:

$$i = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} = \frac{12 \cdot 12}{3,3 \cdot (12 + 12)} = 1,82$$

При $i=1,82$ $\rho_{\text{СТЕЛ}}$ = 70%, $\rho_{\text{СТІН}}$ = 50% для світильників ЛПО01 коефіцієнт використання дорівнює $\eta=0,55$.

Визначаємо необхідну кількість світильників, для забезпечення необхідної нормативної освітленості робочих поверхонь, якщо в кожному світильнику встановлено по дві лампи ЛБ-40, а світловий потік однієї лампи становить $\Phi_{\text{л}}=3200$ лм, E — нормована освітленість, лк; S — площа приміщення, що освітлюється, м²; K_3 — коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в результаті забруднення та старіння ламп; Z — коефіцієнт нерівномірності освітлення ($Z=1,1$ для люмінесцентних ламп).

$$N = \frac{E \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{2 \cdot \Phi_{\text{л}} \cdot \eta} = \frac{150 \cdot 144 \cdot 1,7 \cdot 1,1}{2 \cdot 3200 \cdot 0,55} = 11,48$$

Приймаємо 12 світильників, які для забезпечення рівномірності освітлення розташовуємо в 2 ряди по 6 штук в кожному. Оскільки довжина світильника мало що більша за довжину люмінесцентної лампи, встановленої в ньому, то загальна довжина усіх світильників у ряді становитиме

$$\sum L_{\text{СВ}}=1,2 \times 6=7,2 \text{ м.}$$

Визначимо сумарну електричну потужність усіх світильників, встановлених в приміщенні:

$$\sum L_{\text{СВ}}=P_{\text{Л}} \cdot N \cdot n=40 \cdot 6 \cdot 2=480 \text{ Вт.}$$

15.6 Техніка безпеки

Безпечна експлуатація холодильного устаткування здійснюється згідно вимог, ДНАОП 0.00 - 1.07 - 94. Правила будови та безпечної експлуатації

посудин, що працюють під тиском та інших нормативних документів і стандартів безпеки праці.

На підприємстві наказом керівника призначаються відповідальні особи із числа інженерно-технічних робітників, які пройшли в установленому порядку перевірку знань даних правил, в тому числі, по нагляду за технічним станом і безпечною експлуатацією холодильної установки і дотриманням вимог даних Правил.

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

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

До самостійного обслуговування холодильних установок машиністи допускаються тільки після проходження стажування строком не менше 1 місяця, в результаті якого вони освоюють обслуговування конкретної установки і підтримання нормальних режимів її роботи, і відповідної перевірки знань.

Стажування проводять досвідчені наставники. Допуск до стажування і самостійної роботи здійснюється розпорядженням по підприємству.

Холодильна установка обслуговується двома машиністом в зміну.

Інструктаж по охороні праці обов'язковий для всіх, хто поступив на роботу і працюючих, не залежно від їх стажу і кваліфікації.

Періодичну перевірку знань персоналом інструкцій обслуговування холодильної установки, техніці безпеки, експлуатації обладнання і практичним діям надання долікарської допомоги проводять не рідше одного разу в 12 місяців комісією, яка складається із спеціалістів по холодильній техніці, електротехніці, приладах автоматики і техніці безпеки.

Перевірку знань з техніки безпеки у керуючих і інженерно-технічних робітників здійснюють у відповідності з «Положенням про порядок

перевірки знань правил і норм по охороні праці керуючих, інженерно-технічних робітників і спеціалістів».

Інструкції доведені до персоналу, що обслуговує холодильну установку (під розписку), і вивішені на видному місці:

- експлуатації холодильної системи (охолодного обладнання);
- обслуговування контрольно-вимірювальних приладів і автоматики;
- пожежної безпеки;
- охороні праці (надання долікарської допомоги при виникненні аварійної ситуації і т. д.);
- річні і місячні графіки проведення планово-попереджувальних ремонтів;
- схеми амічних, рідинних, масляних і водяних трубопроводів із пронумерованою (у них і відповідно в натурі) запірною арматурою і приладами автоматики (затверджені головним інженером);
- покажчики перебування засобів індивідуального захисту;
- номери телефонів швидкої допомоги, пожежної команди, диспетчера електромережі, штабу цивільної оборони, міліції, найближчої військової частини, начальника компресорного цеху (домашній телефон);
- номери телефонів і адреса організації, що обслуговують автоматизовану холодильну установку.

У приміщенні машинного відділення встановлено сигналізатор аварії концентрації аміаку у повітрі ДОЗОР-6-АМІАК-50-1500-Т. Він має 6 індикаторів концентрації аміаку в машинному відділенні (біля кожного компресора, дренажного ресивера, регулюючої станції). Сигналізатор видає попереджувальний сигнал (світловий та звуковий) у приміщення постійного чергування персоналу при концентрації аміаку в повітрі 500 мг/м^3 (0,07%) та здійснює включення аварійної вентиляції при досягненні концентрації 1500 мг/м^3 (0,21%), світлової сигналізації і сирени типу ПВ-СС та світлове табло біля входу в машинне відділення.

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

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

15.7 Контрольно-вимірювальні прилади

Для візуальних показників рівня рідини в апаратах, посудинах, ресиверах застосовуються плоске оглядове скло. Для автоматичного контролю за рівнем використовують напівпровідникові реле рівня типу ПРУ-5М.

Для спостереження за робочими тисками всмоктування на всмоктувальній магістралі кожного компресора встановлено 5-ть манометрів МП-4, тисків нагнітання — 5-ть манометрів МТ-250 на нагнітальних трубопроводах компресорів, підвідна трубка до яких приєднується за зворотнім клапаном (по ходу парів).

На всіх посудинах встановлено манометри: на конденсаторах, лінійних ресиверах по 2 манометри МТ-250.

На нагнітальному і всмоктувальному трубопроводах кожного компресора встановлено 28-м гільз для термометрів (на відстані від 250 мм від запірних вентилів) з кожухами для захисту термометрів від механічних пошкоджень. Спрацювання приладів захисту дублюється звуковим сигналом в машинному відділенні.

15.8 Електробезпека

Електрообладнання машинного відділення відповідає вимогам ПВЕ «Правила влаштування електроустановок», ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ «Электробезопасность. Защитное заземление, зануление», ДНАОП 1.1.10 – 1.01-97 “Правила безпечної експлуатації електроустановок”, а також діючих стандартів безпеки праці та інших нормативних документів.

Встановлені пускові прилади розраховані на максимальну силу струму електродвигуна. Рубильники, призначені для вмикання-вимикання струму навантаження, захищені кожухами, які не горять, без отворів та шпарин і мають дистанційне керування. Напруга в колах керування устаткуванням, що встановлено у приміщеннях особливо небезпечних і з підвищеною небезпекою, а також зовні приміщення, не перевищує 42 В.

Заходи і засоби забезпечення електробезпеки на підприємстві:

1. Недоступність струмопровідних частин від випадкового дотикання, блокування (захисні огороження, безпечне розміщення струмопровідних частин, наявність знаків безпеки).

2. Надійна ізоляція (опір ізоляції у силових і освітлювальних електричних установках становить 1,2 МОм).

3. Заземлення електричного обладнання.

4. Організаційні методи (регулярний медичний огляд, інструктаж, перевірка інструментів, контроль при виконанні робіт, наряд допуску перед роботами).

5. Застосування низьких напруг (згідно ПВЕ передбачене використання напруги 12 В).

6. Застосування захисних засобів, запобіжних пристроїв та приладів.

7. Планово-попереджувальні роботи.

Для захисту струмопровідних частин від прямих ударів блискавки використовуються стрижневі блискавковідводи, які встановлено на даху машинного відділення, згідно РД 34.21.122.-87 “Инструкция по защите от молнии зданий и сооружений”.

15.9 Пожежо- та вибухобезпека

Пожежо- та вибухобезпека на підприємстві забезпечується відповідно до вимог ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ. “Пожарная безопасность. Общие требования”, ДНАОП 0.01-1.01-95 “Правила пожежної безпеки в Україні”.

У відповідності із СніП 2.11.02-87 “Холодильники” машинне відділення за вибухо-пожежонебезпекою відноситься до категорії Д, згідно ОНТП 24-86, або до пожежонебезпечної зони — класу П-І, згідно ПУЕ.

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

Система запобігання пожежі передбачає:

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

- аварійну витяжну вентиляцію;

- світлозвукову сигналізацію, табло над входом у машинне відділення;

- надійне приєднання провідників від обладнання до контуру заземлення без іскріння;

- використання засобів захисту від атмосферної електрики;

- застосування аварійного та витяжного вентиляторів машинного відділення у іскрозахищеному виконанні; приточного вентилятора — у звичайному, а його електродвигуна — в закритому виконанні;

- наявність протипожежних інструкцій, атестацій обслуговуючого персоналу;

- роботу на електрообладнанні без перевантажень.

Система пожежного захисту включає:

- двері повинні відчинятися у бік виходу;

- застосування в машинному відділенні будівельних матеріалів не нижче II ступеня вогнестійкості (СніП 2.11.02-87, СніП 2.01.02-85. “Противопожарные нормы”);

- наявність системи оповіщення про пожежу;

- наявність аварійного відключення обладнання;

- забезпечення первинними засобами пожежегасіння: двома лопатами, сокирами, металевим багром; пожежним щитом з азбестовим полотном, ящиком з піском; повітряно-пінні вогнегасники ОВП-5 — 1 шт; порошкові вогнегасники ОПС-10 — 1 шт.

- наявність плану евакуації.

ПУ виконаний з будівельних матеріалів не нижче II ступеня вогнестійкості та оснащений вуглекислотним вогнегасником ОУ – 3 – 2 шт.

16. Цивільний захист

Розроблення плану захисту виробничого персоналу від сильнодіючих отруйних речовин (СДОР) на фруктосховищі.

Вступ

Холодильник фруктосховища у досить великих кількостях використовують СДОР у технологічному процесі. СДОР - такі хімічні сполуки (речовини), які в певних кількостях, що перевищують гранично допустимі концентрації (ГДК), можуть спричинити шкідливий вплив на людей, сільськогосподарських тварин, культурні рослини, викликаючи у них ураження у т.ч. й смертельні. Тому необхідно завчасно прогнозувати масштаби зараження СДОР навколишнього середовища під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах (ХНО) і планування заходів для захисту виробничого персоналу і населення відражаючої дії СДОР. У даному розділі в рамках обраної теми пропонуються: розрахунки параметрів можливого хімічного зараження; схема оповіщення про аварію на ХНО; заходи безпеки виробничого персоналу, що є складовими частинами плану захисту виробничого персоналу від СДОР на підприємстві.

16.1 Характеристика можливої хімічної обстановки на підприємстві, прогноз хімічної обстановки

У технологічному процесі використовують хімічні речовини, при порушенні технології застосування яких можливі ураження людей і завдання збитків навколишньому середовищу, а саме аміак - 13 т.

Усі речовини використовуються в строгому дотриманні норм безпеки, технологій застосування з повною нейтралізацією й утилізацією, безпечні для життєдіяльності людини й навколишнього середовища.

Найбільшу небезпеку становить аміак, який використовується для вироблення холоду. Рідкий аміак R717 це СДОР IV класу токсичності, 2-ої групи небезпечних речовин, у людей викликає ураження нервової системи, мозку, серцево-судинної системи, шлунково-кишкової тракту, призводить до ядухи, заподіює хімічні опіки, вибухонебезпечний.

Використання у виробництві СДОР аміаку є визначальним чинником небезпеки підприємства, що належить до III-го ступеня небезпеки і має II-ий клас підвищеної небезпеки.

Оскільки на підприємстві є СДОР, то необхідно здійснювати прогнозування при аварії на компресорній установці з виливом аміаку (з аміачних машин, систем трубопроводів), що призведе до загазованості приміщень із катастрофічними наслідками вибухом, пожежею, може викликати ураження людей. Розрахунок здійснюють згідно з «Методикою прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті», затвердженою МІС, МАН, МЕНР, МЕ від 10.03.2001 р.

Прогнозування поділяється на довгострокове (оперативне) і аварійне.

Довгострокове (оперативне) прогнозування здійснюється завчасно для визначення можливих масштабів зараження, сил і засобів, які можуть бути задіяні для ліквідації наслідків аварій, визначення втрат серед, працівників заводу й населення, складання планів робіт й інших довгострокових (довідкових) матеріалів.

Для довгострокового (оперативного) прогнозування використовуються такі дані:

загадана кількість небезпечних хімічних речовин (ПХР); у цьому випадку приймається розлив НХР «вільно»;

кількість ПХР в одиничній максимальній технологічній ємності. У цьому випадку приймається розлив НХР у «піддон» або «вільно» залежно від умов зберігання НХР;

метеорологічні дані: швидкість вітру в приземному шарі (1 м/с), температура повітря (20⁰С), ступінь вертикальної стійкості повітря (СВСП) (інверсія), напрямок вітру (не враховується), поширення повітря (приймається. в 315°);

середня густина населення для даної місцевості (360 чел/ км²);

ступінь наповнення ємності (приймається 70% від паспортного об'єму ємності);

ємності з НХР при аваріях руйнуються повністю;

заходи щодо захисту населення більш детально плануються на глибину зони можливої хімічної забруднення, що створюється протягом перших 4-ох годин після аварії.

За даними оперативного прогнозування можна провести такі розрахунки і отримати можливі результати аварії на ХНО:

Для спрощення розрахунків приймаємо об'ємом розлитого аміаку Q_o таким, що дорівнює максимально можливому - 13 т.

1. Визначаємо еквіваленту кількість аміаку у первинній хмарі, т, за формулою:

$$Q_{c1}=K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7 \cdot Q_o,$$

де K₁ - коефіцієнт, що залежить від умов зберігання СДОР; у нашому випадку K₁=0,18(тут в подальшому коефіцієнти прийняти за додатками до РД 52.04.253-90);

K₃ - коефіцієнт, що дорівнює відношенню значення вражаючої токсичної дози аміаку до значення вражаючої токсикози іншої СДОР; K₃=0,04;

K₅ - коефіцієнт, що враховує ступінь СВСП; для інверсії - 1;

K₇ - коефіцієнт, що враховує вплив температури повітря; при 20°С K₇=1.

Тоді

$$Q_{c1}=0,18 \cdot 0,04 \cdot 1 \cdot 13 \cdot =0,094 \text{ т.}$$

2. Знаходимо глибину зони зараження первинною хмарою: Г₁= 0,9 км.

3. Визначаємо еквівалентну кількість аміаку у вторинній хмарі, т:

$$Q_{c2}=(1-K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot Q_o/(h \cdot d)$$

де K_2 - коефіцієнт, що залежить від фізико-хімічних властивостей СДОР;
 $K_2=0,025$;

K_4 - коефіцієнт, що враховує швидкість вітру у приземному шарі; $K_4=1$;

K_6 - коефіцієнт, що заложить від часу, що пройшов після аварії (4 год),
 $K_6=3,03$;

h - висота шару розлитого аміаку на підстилаючі поверхню, при розливі «вільно» $h = 0,05$;

d - питома маса аміаку, $d=0,68$ т/м³.

Тоді

$$Q_{c2}=(1-0,18) \cdot 0,025 \cdot 0,04 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 3,03 \cdot 13 / (0,05 \cdot 0,68) = 0,95 \text{ т.}$$

4. Глибина зони зараження вторинною хмарою: $\Gamma_2=0,9$ км,

5. Повна глибина зони зараження Γ :

$$\Gamma = \Gamma_2 + 0,5 \cdot \Gamma_1 = 0,9 + 0,5 \cdot 0,9 = 1,35 \text{ км.}$$

Порівнюємо визначення значення глибин зараження, беремо менше.

6. Визначаємо площу зони можливого хімічного забруднення $S_{зmxз}$:

$$S_{зmxз} = (\pi \cdot \Gamma^2) / n,$$

де n - залежить від швидкості вітру; при 1 м/с $n=2$.

Тоді

$$S_{зmxз} = (3,14 \cdot 1,35^2) / 2 = 2,86 \text{ км}^2.$$

7. Визначаємо можливі втрати персоналу в осередку ураження на заводі (чисельність працюючих 50 чол.; забезпеченість протигазами 100%):

$$50 \cdot 10 / 100 = 5 \text{ чол}$$

Втрати виробничого персоналу розподіляються:

а), легкі ураження 25%: $5 \cdot 25 / 100 = 1,25$ чол.;

б).середньої важкості 40%: $5 \cdot 40 / 100 = 2$ чол.;

в).смертельні 35%: $5 \cdot 35 / 100 = 1,75$ чол.

Результати розрахунків оперативного прогнозування подано у вигляді зведеної таблиці результатів (таблиця 16.1).

Таблиця 16.1 Результати розрахунків оперативного прогнозування.

Джерело забруднення	Тип СДОР	Кількість СДОР, т	Глибина зони зараження, км	Площа зони можливого хімічного	Втрати від СДОР, чол
Холодильна станція	Рідкий аміак	13	1,35	2,86	5

Аварійне прогнозування здійснюється під час виникнення аварії на холодильних установках за даними розвідки для визначення можливих наслідків аварії й порядку дій у зоні можливого зараження. Для аварійного прогнозування використовуються аналогічні, але вже реальні дані безпосередньо з місця аварії. За цими даними проводять аналогічні розрахунки, уточнюючи тим самим результати оперативного прогнозування.

16.2 Порядок оповіщення виробничого персоналу

У випадку виникнення аварії у компресорній на холодильній установці (ХУ) з виливом (викидом) аміаку чергові машиністи холодильних установок, які безпосередньо здійснюють технічну експлуатацію холодильних агрегатів і устаткування, повідомляють про виникнення аварії з виливом (викидом) аміаку чергового диспетчера (начальника зміни охорони) і чергову зміну відомчої охорони фруктосховища по прямому радіозв'язку, встановленому безпосередньо на робочому місці машиніст.

Черговий диспетчер після доповіді начальника штаба ЦЗ холодильника з його дозволу дає вказівку машиністові ХУ зробити оповіщення персоналу заводу й населення умовним сигналом включення сирени - 5 разів, із тривалістю звучання 10 с, з інтервалом 10 с. Після завершення передачі інформації й оповіщення сиреною працівники компресорної виконують свої обов'язки відповідно до інструкції й плану ліквідації аварійних ситуацій.

Черговий диспетчер сповіщає й доповідає про те, що трапилося, згідно схеми оповіщення, а саме:

- викликає до місця виникнення надзвичайної ситуації аварійно-рятувальну групу;

- доповідає про результати проведеної розвідки місця аварії Голові правління фруктосховища, головному інженеру й начальнику штабу ЦЗ;

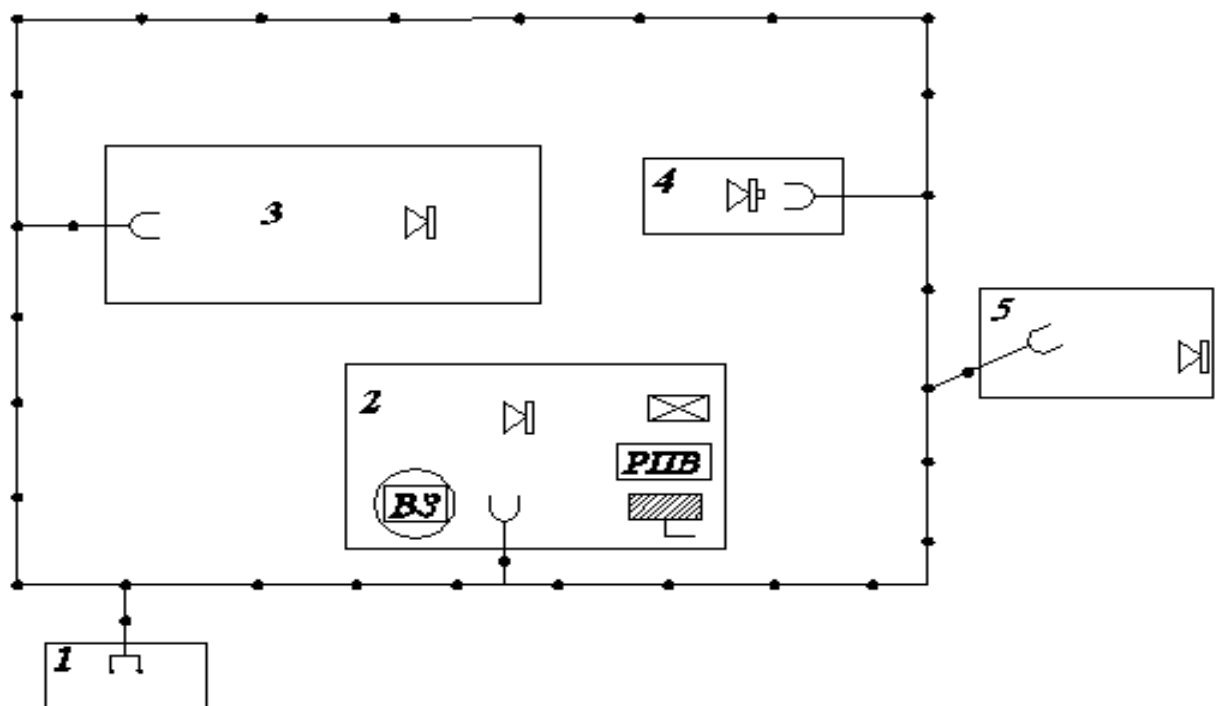
- по гучномовному зв'язку робить оповіщення працівників заводу згідно затвердженого тексту (нагадує про правильне застосування засобів індивідуального захисту і порядок евакуації робітників заводу, не задіяних у виробництві й проведенні аварійно-рятувальних робіт, у зазначений безпечний район);

- одержавши інформацію про аварію від старшого чергового машиніста ХУ, черговий диспетчер має право приймати рішення про оповіщення робітників, службовців, керівного складу фруктосховища і з їхнього дозволу доповідати в Управління з надзвичайних ситуацій (НС) і цивільного захисту (ЦЗ) населення державної адміністрації міста, оперативному черговому відділу внутрішніх справ міста, сповіщати керівників підприємств, установ і організацій, території яких потрапляють у зону можливого хімічного забруднення.

Оповіщення слід здійснювати згідно із затвердженою Схемою оповіщення за допомогою наявних засобів зв'язку фруктосховища: сирени (старший зміни машиніст ХУ); гучномовний зв'язок (диспетчер, секретар приймальні); прямий зв'язок з Головним управлінням з НС міста (начальник штабу ЦЗ, диспетчер); телефонний зв'язок внутрішній (керівники структурних підрозділів); телефонний зв'язок міський (голова правління фруктосховища, начальник штабу ЦЗ); радіотелефонний зв'язок (охорона, черговий диспетчер); мобільні телефони (керівники й командно-начальницький склад ЦЗ фруктосховища). Схеми узгоджується начальником ЦЗ фруктосховища, начальником відділу з питань НС та ЦЗН міста, начальником відділу внутрішніх справ міста.

Найвний зв'язок забезпечує взаємодію аварійно-рятувальної групи зі структурними підрозділами фруктосховища, керівний склад з підрозділами та вищестоящими організаціями міста.

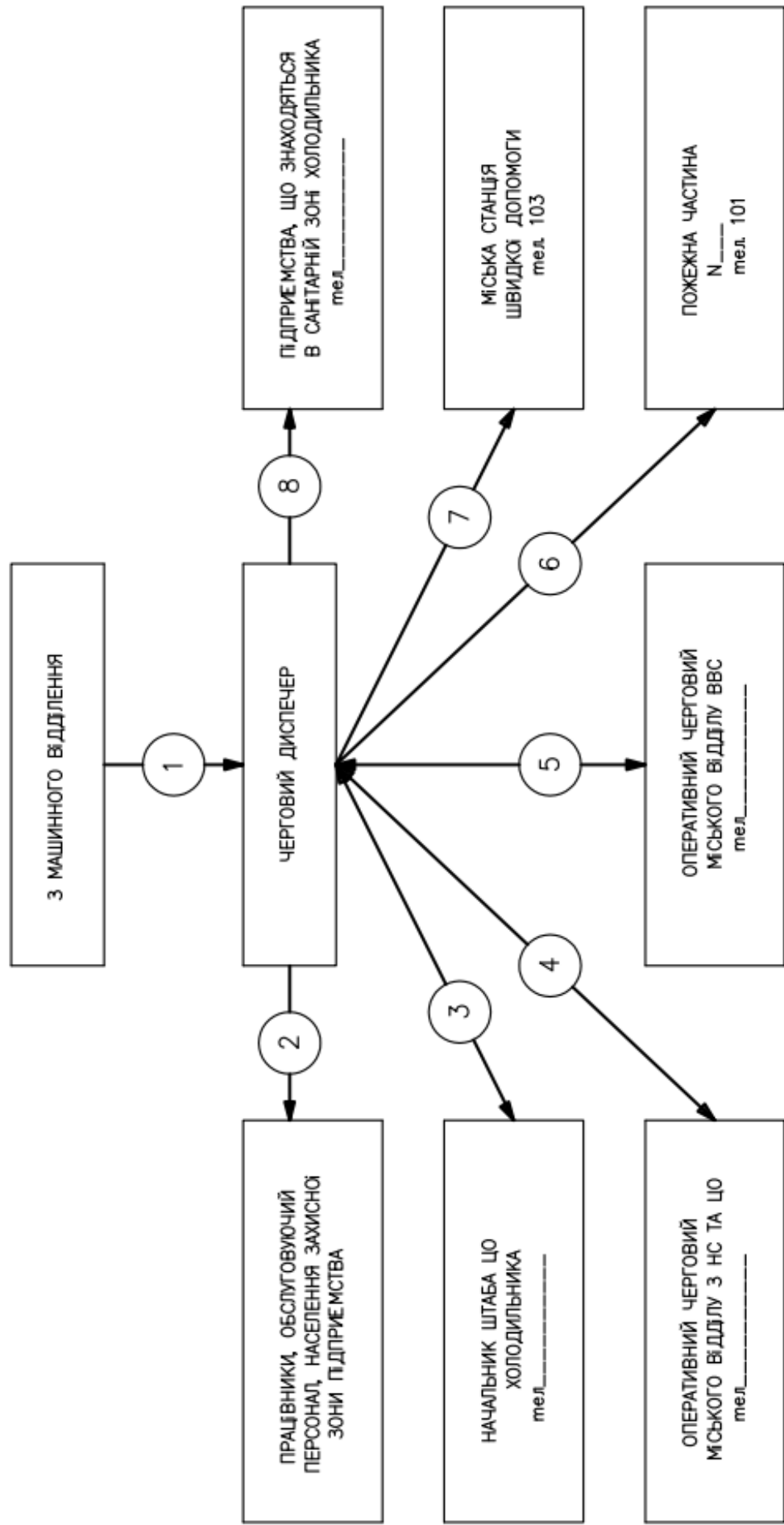
Терміни збору складу штабу ліквідації НС, членів комісії з питань техногенно-екологічної безпеки, керівників структурних підрозділів, посадових осіб, особового складу аварійно-рятувальної групи на території заводу у випадку НС згідно схеми оповіщення становлять: у робочий час 15 хв, у неробочий час і вихідні дні -1 год 30 хв.



<i>Експлікація</i>		<i>Умовні позначення</i>	
1. Прхідна			- вузол зв'язку
2. Адміністративний корпус			- телефонний апарат
3. Холодильник			- гучномовець
4. Компресорний цех			- електросирена
5. Гараж та майстерня			- лінія зв'язку
			- радіопередавальний вузол
			- розподільча шафа
			- розподільча коробка
			- сховище

Рис.16.1. Схема вузла зв'язку фруктосховища

СХЕМА ЗВ'ЯЗКУ І ОПОВІЩЕННЯ
ПРАЦІВНИКІВ, СЛУЖБОВЦІВ І НАСЕЛЕННЯ
ПРИ АВАРІЇ З ВИКИДОМ ХЛАДОНУ НА ХОЛОДИЛЬНИКУ



Між заводом і підприємствами, установами й об'єктами, що перебувають у зоні можливого хімічного забруднення, введена парольна система. Парольне слово на випадок аварії - «Аміак». На випадок тренування, перевірки й навчань -«Тренування, Аміак!» - оголошується за 30 хв. до подачі сигналу сиреною С-40. Після передачі оповіщувачем установленого сигналу з використанням парольної системи, уточнюється й записується підприємство, установа й організація, що прийняла інформацію, прізвище особи, що прийняла повідомлення.

16.3. Заходи захисту виробничого персоналу

Небезпека роботи на підприємстві, пов'язана з наявністю такої СДОР, як аміак, вимагає певних заходів захисту виробничого персоналу. Розглянемо їх.

1 .Організація інженерного захисту. Інженерний захист населення, території, промислових і житлових об'єктів і споруд від надзвичайних ситуацій техногенного й природного характеру - комплекс інженеріях споруд, інженерно-технічних, організаційно-господарських і раціонально-правових заходів, які забезпечують попередження й реагування на надзвичайні ситуації й ліквідацію їхніх наслідків.

Заходу інженерно-технічного захисту передбачають:

- планування й організацію укриття населення згідно з його приналежністю до груп (робоча зміна, населення, що проживає в небезпечній зоні) у захисні споруди ЦЗ, що відповідають вимогам ДБН В 2.2,5-97 «будівлі і споруди. Захисні споруди цивільної оборони»;

- створення фонду захисних споруд ЦЗ згідно з вимогами СНіП 2.01.51-90 «Інженерно-технічні заходи цивільної оборони»;

- якщо підприємство не є категоризованим по цивільному захисту і, відповідно, не має власних захисних споруд, то Головне управління з питань НС міста, де розташоване фруктосховища, обов'язково повинне винести рішення про місце укриття найбільшої робочої зміни фруктосховища.

Для екстреного укриття працівників фруктосховища у випадку НС з виливом (викидом) аміаку можуть бути використані підвальні приміщення. Також повинна бути передбачена евакуація у безпечні зони.

2. Організація хімічного захисту. Для виявлення і уточнення хімічної обстановки організується розвідка, спостереження і постійний контроль.

Хімічний контроль організується начальником штабу ЦЗ фруктосховища і здійснюється особовим складом ланки радіаційно-хімічного спостереження. Контроль ведеться з моменту оголошення режиму підвищеної готовності розвідником-хіміком, а також силами виробничої лабораторії, спеціально підготовленими особами для проведення цих робіт. Для проведення радіаційно-хімічного контролю й розвідки ланка радіаційно-хімічного спостереження забезпечені приладами згідно встановлених норм, прилади справні, перевірка здійснюється згідно плану, облік результатів дозиметричного і хімічного контролю ведеться згідно «Положення про дозиметричний і хімічний контроль у ЦЗ» і відображається у формалізованих документах.

3. Організація і здійснення спеціальної обробки. Спеціальна обробка включає проведення дегазації і дезактивації території, будинків, техніки, устаткування, сировини й продукції при зараженні отруйними та небезпечними хімічними речовинами (зокрема аміаком). Спеціальна обробка може бути частковою або повною. Виконання вимог цього виду захисту досягається своєчасним пристосуванням об'єктів комунально-побутового обслуговування й транспортних підприємств для проведення спеціальної обробки. На фруктосховищі для виконання цієї роботи можуть бути залучені працівники цехів і допоміжних підрозділів, що мають відповідну матеріальну базу.

Для захисту персоналу фруктосховища від ураження застосовуються засоби індивідуального захисту органів дихання, тіла людини.

З огляду на короткий час утворення й проходження хмари зараженого повітря при виливі (викиді) аміаку і утворення зони хімічного забруднення (ЗХЗ), невідкладними і першочерговими заходами є:

а) оповіщення персоналу й населення про аварію згідно «Схеми оповіщення»;

б) локалізація джерела забруднення силами чергової зміни компресорної, спецформуванням фруктосховища. При неможливості ліквідувати наслідки аварії силами підприємства слід викликати оперативно-рятувальну службу міста;

в) встановлення водяних завіс увімкненням гідрозавіси, комунальної поливальної машини, гідрантів, водороздаточних кранів. При неможливості ліквідувати хмару зараженого повітря силами заводу слід викликати спецзагін державної пожежної охорони МВС України;

г) застосування засобів індивідуального захисту при аварії з викидом (вилівом) аміаку (приладів ИП-4, протигазів КД, захисних костюмів Л-1, кислотних ватно-марлевих пов'язок), герметизація приміщень й евакуація працівників і населення із зараженої зони.

4. Забезпечення засобами індивідуального захисту (ЗІЗ). Забезпечення ЗІЗ досягається: завчасним нагромадженням і підтримкою в готовності приладів ЗІЗ та засобів хімічної та радіаційної розвідки та дозиметричного контролю. У першу чергу, забезпечується позаштатне невоєнізоване аварійно-рятувальне формування ЦЗ сховища, що призначене для проведення рятувальних і інших невідкладних робіт у забрудненій СДОР зоні, потім забезпечуються робітники та службовці сховища. Забезпеченню також підлягає населення, що проживає поблизу фруктосховища в зоні можливого хімічного зараження.

Видача ЗІЗ й приладів РХР проводиться на пункті видачі майна ЦО.

5. Організація медичного захисту. На заводі є медична аптечка. Медична аптечка укомплектована необхідними, препаратами й засобами для надання

долікарської допомоги у випадку виникнення НС з ураженням працівників на різних етапах ліквідації наслідків аварії, пов'язаної зі СДОР.

6. Організація і проведення евакуаційних заходів. Евакуація - комплекс заходів щодо організованого виведення (вивезення) населення й персоналу заводу з районів (місць) та зон можливого впливу наслідків надзвичайної ситуації і розміщення його в безпечних районах (місцях) у випадку виникнення безпосередньої загрози життю и заподіяння шкоди здоров'ю людей. Евакуація працівників підприємства планується при надзвичайних ситуаціях на об'єктовому рівні та при надзвичайних ситуаціях державного й міського рівня.

16.4 Висновок

Розробка плану захисту персоналу від СДОР є невід'ємною складовою цивільного захисту на підприємстві. Розроблений у даному проекті план захисту підприємства є запорукою швидкого інформування персоналу, сусідніх з підприємством організацій, установ і населення, а також забезпечує ефективне і правильне реагування на аварійну ситуацію в результаті викиду СДОР (аміаку). Сили і засоби, що залучаються для ліквідації наслідків аварії з виливом (викидом) СДОР, забезпечать виконання максимально можливого обсягу аварійно-рятувальних робіт, евакуаційних заходів з мінімальними матеріальними втратами та без людських жертв.

17 Розрахунок економічної ефективності

Вступ

Мета економічного розрахунку полягає у визначенні вартості будівництва холодильника, вартості холодильного обладнання, витрат на використання енергії, витрат по оплаті праці виробничого персоналу, визначення амортизаційних відрахувань, визначення основних показників ефективності проекту фруктосховища місткістю 6500 т. При проектуванні холодильника фруктосховища виконуються наступні роботи:

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

Реалізація проекту здійснюється без демонтажу старого обладнання і його реалізації, економічний ефект даного проекту заключається в зменшенні споживання електроенергії компресорним цехом.

Вихідні дані

Підраховуємо проектне споживання електроенергії та води холодильними обладнанням компресорного цеху, всі розрахунки заносимо до таблиці 17.1

Таблиця 17.1

Назва обладнання	К-ть	$P_{ном},$ кВт	$P_{ел},$ кВт	ε	Рік, тис. кВт год.
Bitzer OSKA8591	3	132	119	3567	1273,419
Bitzer OSNA7441	2	11	10	4380	87,600
Bitzer OSNA8591	4	30	27	500	54,000
WITT GP51-1450	2	18,5	16,7	6570	219,438
WITT GP41-1450	2	1,1	1	4380	8,760
WITT GP51-960	2	1,5	1,4	500	1,400
Вентилятор приточний	3	2,2	2	8760	52,560
Вентилятор відбору	4	2,2	2	8760	70,080
конденсатор	2	17,6	16	4256	136,192
випарник	54	1,5	1,3	6132	430,466
Флюїдизаційний апарат	1	45	41	500	20,500
Річна витрата ел.					2354,5

ε – Середня кількість годин роботи на рік

7.1 Розрахунок капітальних витрат.

Капітальні затрати на реалізацію проектних заходів розраховується за формулою:

$$K = V_{пр} + V_{обл} + V_{ту} + V_{тз} + V_{нр} + V_{м} + V_{пд} + Д - Л + V_{бал} + Д_{об},$$

де $V_{пр}$ – витрати на проектні роботи (15%);

$V_{обл}$ – витрати на придбання обладнання;

$V_{ту}$ – вартість тари та упаковки обладнання(2%);

$V_{тз}$ – транспортно-заготівельні витрати на транспортування обладнання від підприємства-виробника до місця призначення(5%);

$V_{нр}$ – витрати на вантажно-розвантажувальні роботи за рахунок покупця(1%);

V_m – витрати на монтажні роботи(8%);

Д – витрати на демонтаж застарілого обладнання;

Л – вартість демонтованого обладнання;

Вбал - залишкова вартість обладнання що демонтується.

Розрахунок витрат на будівництво холодильника наведено в таблиці 17.2

Таблиця 17.2

№	Назва	кількість	Витрати на одиницю товару						Загальні витрати тис. грн.
			ціна	Проектні роботи	Монтажні роботи	Тара і упаковка	транспорту	Вантаж на роботи	
1	стіна	806,4	76	11,4	6,08	1,52	3,5	0,76	80,043
2	покриття	356,4	76	11,4	6,08	1,52	3,5	0,76	35,376
3	підлога	712,8	132	19,8	10,56	2,64	6,6	1,32	123,26

Розрахунок витрат на будівництво компресорного відділення наведено в таблиці 17.3.

Таблиця 17.3

№	Назва	кількість	Витрати на одиницю товару						Загальні витрати тис. грн.
			ціна	Проектні роботи	Монтажні роботи	Тара і упаковка	транспорту	Вантаж на роботи	
1	стіна	576	112	16,8	8,96	2,24	5,6	5,76	84,510
2	покриття	57,6	65	9,75	5,2	1,3	3,25	0,65	4,905
3	підлога	144	65	9,75	5,2	1,3	3,25	0,65	12,262

Розрахунок витрат на придбання та монтаж обладнання наведено в таблиці 17.4.

Загальна сума капітальних затрат визначаємо, як суму загальних витрат по будівництву и обладнанню

$$K = V_{б.х} + V_{б.км} + V_{обл} = 9292,474 \text{ тис. грн.}$$

17.2 Використання енергії.

Річне споживання електроенергії холодильником та компресорним відділенням холодильника становить $E_p = 2354,5 \cdot 10^3 \text{ кВт. год}$. Ціна за 1 кВт*год електроенергії становить $C_{ел} = 79,8 \frac{\text{коп}}{\text{кВт.год}}$ Визначаємо витрати на споживання електричної енергії за проектними розрахунками:

$$V_{ел} = E_p \cdot C_{ел} = 1879 \text{ тис. грн.}$$

Витрати електроенергії становитимуть 5148 грн/добу або 1879000 грн/рік.

17.3 Розрахунок витрати по оплаті праці

Фонд основної заробітної плати робітників фруктосховища наведено в таблиці 17.5.

Таблиця 17.5

Посада	Місячна тарифна ставка	Чисельність в сезонний період	Місячний фонд	Річний фонд
Оператор установки	2500	2	5000	60000
Електрик	2000	5	10000	120000
Холодильщик	2500	10	25000	300000
Сортувальники	2000	12	34000	408000
Вантажники	2000	6	12000	144000
Всього		35	86000	1032000

Отже, фонд основної заробітної плати робітників складає:

$$\Phi ЗП_{о.р.} = 1032000 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата – це винагорода за працю понад установлені норми, за трудові успіхи та винахідливість, за особливі умови праці. Цей фонд визначається у відсотках від фонду основної заробітної плати (мінімальне значення цього показника дорівнює 15%):

$$\Phi ЗП_{д.р.} = \Phi ЗП_{о.р.} \cdot 0,15 = 1032000 \cdot 0,15 = 154800 \text{ грн.}$$

Фонд повної заробітної плати робітників складає:

$$\Phi ЗП_{н.р.} = \Phi ЗП_{о.р.} + \Phi ЗП_{д.р.} = 1032000 + 154800 = 1186800 \text{ грн.}$$

Нарахування на зарплату (відрахування на соціальне забезпечення, пенсійний фонд, фонд безробіття, згідно чинного законодавства України, складає 37,18 % від повного фонду заробітної плати):

$$НЗП_{н.р.} = \Phi ЗП_{н.р.} \cdot 0,3718 = 441252,25 \text{ грн.}$$

Витрати на оплату праці робітників: 1628052,25 грн.

Отже, фонд основної заробітної плати управлінського персоналу:

$$\Phi ЗП_{о.у.} = 51000 \text{ грн.}$$

Фонд додаткової заробітної плати управлінського персоналу (мінімальне значення показника доплат для цієї категорії становить 25%):

$$\Phi ЗП_{д.у.} = \Phi ЗП_{о.у.} \cdot 0,25 = 51000 \cdot 0,25 = 12750 \text{ грн.}$$

Фонд повної заробітної плати управлінського персоналу складає:

$$\Phi ЗП_{н.у.} = \Phi ЗП_{о.у.} + \Phi ЗП_{д.у.} = 51000 + 12750 = 63750 \text{ грн.}$$

Нарахування на зарплату:

$$НЗП_{н.у.} = \Phi ЗП_{н.у.} \cdot 0,3718 = 63750 \cdot 0,3718 = 23638,5 \text{ грн.}$$

Витрати на оплату праці управлінського персоналу:

$$ВOPP_{у.} = \Phi ЗП_{н.у.} + НЗП_{н.у.} = 63750 + 23638,5 = 87388,5 \text{ грн.}$$

Витрати на оплату праці в цілому:

$$ВOPP = ВOPP_{у.} + ВOPP_{р.} = 87388,5 + 1628052,25 = 1715440,75 \text{ грн.}$$

17.4 Визначення амортизаційних відрахувань

Стаття амортизаційних відрахувань розраховується як елемент собівартості.

Приймаємо норми амортизаційних відрахувань згідно НБУ, як мінімальний корисний термін експлуатації обладнання (5років) та будівель (20 років):

Витрати на амортизацію будівель складають:

$$A_6 = \frac{B_6}{20} = \frac{340,356}{20} = 17,02 \text{ тис. грн.}$$

Витрати на амортизацію основного технологічного обладнання:

$$A_{об} = \frac{B_{об}}{5} = \frac{8952,12}{5} = 1790,42 \text{ тис. грн.}$$

Загальна сума амортизаційних витрат:

$$\Sigma A = A_6 + A_{об} = 17,02 + 1790,42 = 1807,44 \text{ тис. грн}$$

17.5 Визначення інших видів витрат

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

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

$$V_{i,рем} = A_{об} \cdot 14\% = 0,14 \cdot 179,42 = 250,66 \text{ тис. грн}$$

Пускові витрати приймаємо 2% від вартості обладнання:

$$V_{i,пуск} = \Sigma B_{об} \cdot 2\% = 0,02 \cdot 8952,12 = 179 \text{ тис. грн}$$

Інші витрати приймаємо 3% від загальної суми амортизаційних відрахувань:

$$V_{i,ін} = \Sigma A \cdot 3\% = 0,03 \cdot 1807,44 = 53,7 \text{ тис. грн}$$

Загальна сума інших витрат складає:

$$\Sigma V_i = V_{i,рем} + V_{i,пуск} + V_{i,ін} = 483,4 \text{ тис. грн}$$

17.6 Визначення основних показників економічної ефективності проекту

Загальні витрати від експлуатації холодильника:

$$C=6095,26 \text{ тис.грн.}$$

Прибуток розрахований нормативним доходом при рентабельності послуг 55%

$$\Delta\Pi = 6095,26 \cdot 0,55 = 3352,4 \text{ тис. грн.}$$

Чистий грошовий потік

$$\text{ЧГП} = \Delta\Pi \cdot 0,77 + \Sigma A = 3352,4 \cdot 0,77 + 1807,44 = 4388,8 \text{ тис. грн.}$$

Теперішня вартість за весь життєвий цикл проекту:

Оцінка ефективності виконується із застосуванням дискретних методів шляхом розрахунку і порівняння оціночних показників ефективності.

Чистий приведений дохід:

$$\text{ЧПД} = \sum_{t=1}^n \frac{\text{ЧГП}}{(1 \cdot p)^t} - I_{\text{взаг}},$$

Де ЧГП- чистий грошовий потік, що приймається незмінним за весь період життєвого циклу (t)

t- обґрунтовується як період експлуатації обладнання до його повного зношення у відповідності до встановлених законодавством норм амортизація

t=5 років

n- кількість періодів в загальному розрахунку періодів t

p= 0,25 – ставка дисконту. Обґрунтовується як середня ставка позикового відсотку, що декларують комерційні банки України на момент розрахунку.

$I_{\text{взаг}}$ - загальна сума інвестиційних витрат включаючи ПДВ

$$\begin{aligned} \text{ЧПД} &= \sum_{t=1}^n \frac{\text{ЧГП}}{(1+p)^t} - i_{\text{взаг(пдв)}} = \\ &= \frac{4388,8}{(1+0,25)^1} + \frac{4388,8}{(1+0,25)^2} + \frac{4388,8}{(1+0,25)^3} + \frac{4388,8}{(1+0,25)^4} + \frac{4388,8}{(1+0,25)^5} - 11151 = 786,5 \text{ тис. грн} \end{aligned}$$

Таким чином чистий приведений дохід величина позитивна, тобто реально сумарна віддача, що очікується 606 тис. грн. перевищує інвестиційні витрати. Нормативне значення ЧПД > 0.

Індекс доходності (ІД) представляє собою відношення порівняння затрат і результатів, нормативне значення > 1.

$$I_{\text{д}} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{\text{ЧГП}}{(1+p)^t}}{i_{\text{взаг(пдв)}}} = \frac{11937,5}{11151} = 1,07$$

Тобто реальна віддача в 1,07 рази перевищує інвестиційні кошти.

Індекс рентабельності характеризує прибутковість проекту і розраховується як відношення середнього значення чистого прибутку (ЧП) до інвестиційних витрат. Нормативне значення >0.

$$I_{Re} = \frac{\Delta\Pi_{\text{заг}} \cdot 0,77}{i_{\text{заг(пдв)}}} = \frac{3352,4 \cdot 0,77}{11151} = 0,23$$

тобто прибутковість проекту складає 23%.

Дисконтований (реальний) період повернення інвестицій(ТД)

$$I_d = \frac{i_{\text{заг(пдв)}}}{(\sum_{t=1}^n \frac{\text{ЧГП}}{(1+p)^t}) \div t} = \frac{11151}{11937,5 \div 5} = 4,6$$

Таким чином віддача, що очікується, за межами життєвого циклу проекту і складає 4,6 роки.

Показники ефективності проекту

Таблиця 7.5

Показник	Одиниця виміру	Значення
Загальна сума інвестицій	тис.грн.	11151
ЧГП	тис.грн.	4388,8
Чистий приведений дохід	тис.грн.	786,5
Індекс доходності	-	1,07
Індекс рентабельності	-	0,23
Дисконтований період повернення інвестицій	роки	4,6

Висновки

Проведені розрахунки свідчать про доцільність та ефективність даного проекту. ЧПД складає 786,5 тис.грн. при нормативному значенні >0 , тобто реалізована віддача проекту на цю величину перевищує інвестиційні вкладення. Індекс доходності показує, що ця віддача в 1,07 рази перевищує інвестиції. Рентабельність проекту складає 23%, а реальний період повернення інвестицій в межах життєвого циклу проекту і складає 4,6 роки.

Список використаної літератури

1. *Масліков М.М.* Холодильна технологія харчових продуктів. – К.: НУХТ, 2007. – 335 с.
2. *Крылов Ю.С., Пирог П.И., Васютович В.В.* Проектирование холодильников. – М.: Пищ. пром.-сть, 1972. – 308 с.
3. *Проектування холодильних установок: Метод, вказівки до викон. курс. проекту для студ. спец. 7.090520 / Уклад.: Гоштовт В.І., Засядько Я.І., Масліков М.М.* – К.: НУХТ, 2004. – 24 с.
4. *Явнель Б.К.* Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха. – М.: Пищ. пром.-сть, 1989. – 320 с.
5. *Свердлов Г.З., Явнель Б.К.* Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха. – М.: Пищ. пром.-сть, 1978. – 261 с.
6. *Форсюк А.В.* Теоретичні основи холодильної техніки: Курс лекцій для студ. напр. підг. 6.050604 «Енергомашинобудування» ден., заоч. та скороч. форм навч. – К.: НУХТ, 2008. – 198с.
7. *Брайдерт Г.Й.* Проектирование холодильных установок. Расчеты, параметры, примеры. – М.: Техносфера, 2006.– 336с.
8. *Котеньова З.І.* Архітектура будівель і споруд. – Х.: ХНАМГ, 2007.– 170с.
9. *Пермяков В.О.* Металеві конструкції. Ферми. – К.: КНУБА, 2006.– 170с.
10. <http://www.termobud.com.ua/>
11. <http://www.ventilator.kiev.ua>
12. <http://cooltech.ru/>
13. <http://www.guntner.su/>
14. <http://www.bitzer.kiev.ua/>
15. <http://bitzer.de>

