

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

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

«До захисту в ЕК»

Директор інституту(декан факультету)

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності \_\_\_\_\_ 142 Енергетичне машинобудування \_\_\_\_\_  
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми \_\_\_\_\_ Холодильна техніка та технології \_\_\_\_\_

на тему: \_\_\_\_\_ Аналіз режимів зберігання плодів у холодильній камері при  
роботі ХУ на різних температурних режимах \_\_\_\_\_

Виконав: здобувач \_\_2\_\_ курсу, групи ХМ-2-9М

\_\_\_\_\_ Муць Назарій Вікторович \_\_\_\_\_

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

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

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

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

Здобувач \_\_\_\_\_

(підпис)

Київ - 2021р.

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

Кафедра теплоенергетики та холодильної техніки

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 142 Енергетичне машинобудування  
(код і назва)

Освітньо-професійна програма Холодильна техніка та технологія

(назва)

## ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач

кафедри ТЕХТ

“ 10 ” листопада 2020 року

## З А В Д А Н Н Я

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Муця Назарія Вікторівича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект плодоовочевої бази з оптимізацією об'ємно -  
планувального рішення

керівник роботи доцент Масліков Максим Михайлович,

( 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 01.02.2021 р.

3. Вихідні дані до роботи \_\_\_\_\_

Холодоагент R717(аміак)

Тип продукту яблука та груші

Ізоляційний матеріал жорсткий пінополіуретан

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 \_\_\_\_\_



## Анотація

В дипломному проекті розраховано та спроектовано холодильник плодової бази ємністю 1750 т в м. Кропивницький. В дипломному проекті передбачено схему холодильної установки, вибір необхідного холодильного режиму для тимчасового і довгострокового зберігання продукту. Вибір обладнання з метою досягнення ефективності у витратах електроенергії при роботі холодильної установки та досягнення необхідного ефекту в отриманні холоду в охолоджуваних приміщеннях при максимальному зниженні усушки та зменшення експлуатаційних втрат. Оптимізовані об'ємно-планувальні рішення. Наведені розрахунки будівельних конструкцій, теплоізоляції, площ камер холодильника, основного та допоміжного обладнання холодильної установки.

В дипломі описані такі розділи як „Розрахунок холодильника” “Автоматизація”, ”Охорона праці”, “Цивільна оборона”, “Електропостачання” та “Розрахунок економічної ефективності”.

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

***Ключові слова: плодовоовочева база, об'ємно-планувальні рішення, аміак, R717, пінополіуретан.***

## Зміст

Вступ.....	6
1. Технологічна частина.....	7
1.1. Техніко-економічне обґрунтування.....	7
1.2. Вихідні дані для проектування.....	8
1.3. Розробка технологічної схеми холодильної обробки продукції.....	9
1.4. Розрахунок площі та місткості камер.....	11
1.5. Оптимізація об'ємно-планувальних рішень.....	
1.6. Короткий опис будівельних конструкцій.....	14
1.7. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника.....	16
1.8. Розрахунок теплопритоків до охолоджуваних приміщень.....	19
1.9. Вибір схеми холодильної машини.....	29
1.10 Розрахунок та вибір обладнання.....	31
2. Електропостачання фруктосховища.....	39
2.1. Опис схеми електропостачання холодильної установки.....	39
2.2. Високовольтна частина.....	39
2.3. Цехова система електропостачання.....	40
2.4. Вибір потужності електродвигунів.....	40
2.5. Розрахунок і вибір низьковольтного обладнання.....	41
2.6. Вибір автоматичних вимикачів.....	42
2.7. Розрахунок і вибір ПЗР.....	43
2.8. Розподілення електричної енергії у відділеннях.....	44
2.9. Вибір числа і потужності трансформаторів.....	45
3. Розрахунок економічної ефективності.....	47
3.1. Вступ.....	47
3.2. Вихідні дані.....	48
3.3. Розрахунок капітальних витрат.....	48

3.4. Використання енергії.....	50
3.5. Розрахунки витрат на оплату праці.....	51
3.6. Визначення амортизаційних відрахувань.....	53
3.7. Визначення інших видів витрат.....	53
4. Цивільна оборона.....	56
4.1. Вступ.....	56
4.2. Характеристика можливої хімічної обстановки на підприємстві, прогноз хімічної обстановки.....	56
4.3. Порядок оповіщення виробничого персоналу.....	60
4.4. Заходи захисту виробничого персоналу.....	62
4.5. Сили і засоби, що залучаються для ліквідації наслідків аварії.....	65
4.6. Висновок.....	66
5. Охорона праці.....	67
5.1. Вступ.....	67
5.2. Шкідливі та небезпечні фактори.....	67
5.3. Мікроклімат.....	68
5.4. Шум і вібрація.....	71
5.5. Освітлення.....	72
5.6. Техніка безпеки.....	73
5.7. Електробезпека.....	75
5.8. Пожежна безпека.....	76
6. Автоматизація.....	77
6.1. Вступ.....	77
6.2. Регулювання роботи компресора у складі машини 21МКТ 280-7-3.....	78
6.3. Замовна Специфікація на прилади і засоби автоматизації.....	79
7. Список використаної літератури.....	82

## Вступ

На зберігання продукції суттєво впливають якість сорту, його лежкість, зона вирощування, погодні умови в період вегетації і збору, система добрив, технологія збору, транспортування і обробки після збору, режим зберігання і тому подібне. Надлишок азотних добрив затримує дозрівання плодів і знижує вихід товарної продукції за період зберігання. Механічні пошкодження під час збору, транспортування і обробки, ранній збір недозрілих плодів і збір перезрілої продукції також зменшує її лежкість при зберіганні.

Холод – це найкращий консервант. Він зберігає зміст, харчову цінність та смакові властивості практично без змін. Головними характеристиками зберігання продуктів при консервуванні холодом – температурний та вологістний режими, швидкість повітря, швидкість охолодження. Перші три параметри залежать від властивостей продуктів і саме вони визначають режими зберігання, остання характеристика залежить від устаткування та часу між виробництвом продукту та його охолодженням. Тому дуже важливо виробляти та використовувати холод саме поблизу виробництва харчових продуктів, а для охолодження використовувати найефективніше обладнання.

В цьому проєкті розраховано холодильник плодової бази з оптимізацією об'ємно планувального рішення. В якості умовного міста, в якому розташований холодильник, прийняте м. Кропивницький. В розрахунках холодильника були прийняті сучасні матеріали та речовини, спроектована сучасна холодильна система, вибрано ефективне обладнання.

# 1. Технологічна частина

## 1.1 Техніко-економічне обґрунтування

Місто Кропивницький має населення близько 230 тис. мешканців. В місті розвинута обробка сільськогосподарської сировини. Постачання сировини на підприємства, що розміщені поблизу міста, можливо лише за умов якісного зберігання продуктів рослинництва, а саме фруктів. Крім того, як звичайне місто, мешканці та гості міста потребують певну кількість фруктів.

Будівництво даної плодової бази значно знизить собівартість фруктів та як зменшаться витрати на транспортування свіжих фруктів.

Крім необхідності забезпечення фруктами, зниження собівартості та підвищення якості, будівництво плодової бази це забезпечення додатковими робочими місцями.

Головним чинником будівництва плодової бази у м. Кропивницький є те, що даний регіон є одним з найбільш придатних для вирощування яблук та груш в Україні.

Вимоги до зберігання фруктів базуються на збереженні харчової цінності, оскільки втрати від усихання та абсолютні втрати мінімізовані.

## 1.2 Вихідні дані для проектування

Розрахункові параметри зовнішнього повітря

Для визначення найбільших теплонадходжень треба визначити літню розрахункову температуру зовнішнього повітря  $t_{\text{літ}}, ^\circ\text{C}$ . Також під час проектування фруктосховища треба враховувати зимову температуру  $t_{\text{зим}}, ^\circ\text{C}$ .

Для розрахунку пароізоляційного шару необхідно знати розрахункову відносну вологість зовнішнього повітря для літнього  $\varphi_{\text{літ}}, \%$  та зимового  $\varphi_{\text{зим}}, \%$  періодів.

Для визначення розрахункової температури можна використовувати наступну формулу (згідно до СНіП II-Г.7-62 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Нормы проектирования»):

$$t_3 = (t_{\text{ср. міс.}} + t_{\text{макс}}) / 2, ^\circ\text{C} \quad (1)$$

де  $t_{\text{ср. міс.}}$  – середньомісячна температура найтеплішого місяця;

$t_{\text{макс}}$  – найвища температура в даному районі.

Згідно з даними сайту [www.meteorprog.ua](http://www.meteorprog.ua), найтеплішим місяцем в м. Кропивницький є липень. Середньомісячна температура для липня становить  $21,5 ^\circ\text{C}$ ,

а найвища температура для даного району становить  $26 ^\circ\text{C}$ .

$$t_3 = (21,5 + 26) / 2 = 23,75 ^\circ\text{C}$$

За цією ж формулою визначаємо розрахункову температуру для зимового періоду

$$t_{3.\text{хол}} = (-0,5 - 3) / 2 = -1,75 ^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{літ}} = 23,75 ^\circ\text{C}, \varphi_{\text{літ}} = 64\%, t_{\text{зим}} = -1,75 ^\circ\text{C}, \varphi_{\text{зим}} = 83\%, t_{\text{ср}} = 10,6 ^\circ\text{C}.$$

### 1.3 Розробка технологічної схеми холодильної обробки продукції

На плодовій базі у м. Кропивницький ємністю 1750 т зберігається 1000 т яблук та 750 т груш.

Постачання до бази здійснюється за допомогою вантажних автомобілів, так як база має автомобільну платформу для розвантаження та завантаження.

Яблука та груші надходять до холодильника з садів у контейнерах ємністю 500 кг. (габаритні розміри контейнера – 1200x800x920 мм, вага – 70кг). В холодильник поступають на зберігання фрукти, які пройшли тільки первинний відбір при зборі урожаю. Сортування, калібрування, затарювання і пакування проводять після зберігання безпосередньо перед відправкою продуктів в роздрібну мережу для продажу населенню. Всі ці операції відбуваються за температурою 14 °С та відносною вологістю 80%. Контейнери надходять до камер зберігання. Камери зберігання завантажуються поступово на протязі 10 днів. Кількість одночасно завантажувальних плодів дорівнює 10% загальної ємності камери, щоб не порушувати температурний режим камери та не викликати псування продукції що вже зберігається в камері. В камерах контейнери встановлюються один на одного у 5 ярусів, таким чином загальна вантажна висота буде дорівнювати 4650 мм. Підтримка заданої температури зберігання буде забезпечуватись підвісними повітроохолодниками.

До фруктосховища яблука та груші надходять з температурою  $t_{\text{надх}}=20$  °С. Яблука зберігаються двох сортів: Апорт Алма-атинський та Богатир. Ці сорти краще зберігаються за температури 2...4 °С та відносною вологістю 85-90 %. Груші, так само як і яблука, зберігаються двох сортів: Лісова красуня та Бере Боск. Ці сорти зберігаються за температури -1°С та відносною вологістю 90-95 %.

Всі вантажні роботи проводяться за допомогою електрокар TOYOTA 7FBH10.

Технічні характеристики електрокари TOYOTA 7FBH10:

- довжина – 2075 мм
- ширина – 1060 мм
- висота – 2105 мм
- вантажопідйомність – 1000 кг
- висота підйому – до 4 м
- потужність – 7.6 кВт
- радіус повороту – 1750 мм.

## 1.4 Розрахунок площі та місткості камер

Приймаємо розмір сітки колон  $6 \times 6$  м, отже площа одного будівельного прямокутника буде дорівнювати  $36 \text{ м}^2$ . Висоту приміщень приймаємо 6 м.

Ємність холодильника виражається в кубічних метрах вантажного об'єму та в умовних тонах зберігаючихся вантажів. Ємність в умовних тонах розраховують, приймаючи, що в  $1 \text{ м}^3$  вантажного об'єму камер розміщується 0.35 т мороженого м'яса.

Визначаємо потрібну площу основних камер.

Камери зберігання за формулою:

$$F_{\text{буд}} = V_{\text{к}} / (q_{\text{в}} * h_{\text{вант}} * \beta), \text{ м}^2 \quad (2)$$

де  $V_{\text{к}}$  – місткість камери;

$q_{\text{в}}$  – умовна норма завантаження на  $1 \text{ м}^3$  вантажного об'єму камери,  $\text{т}/\text{м}^3$ ,

$h_{\text{вант}} = 4,65$  м – вантажна висота;

$\beta = 0,8$  – коефіцієнт використання будівельної площі.

Кількість будівельних прямокутників за формулою

$$n = F_{\text{буд}} / f_{\text{буд}}, \text{ шт.} \quad (3)$$

де  $f_{\text{буд}}$  – будівельна площа 1-го прямокутника прийнятої сітки

Визначаємо потрібну площу камер зберігання.

Визначаємо будівельну площу камер зберігання яблук

$$F_{\text{буд ябл}} = 1000 / (0.35 * 4.65 * 0.8) = 776.4 \text{ м}^2$$

Визначаємо кількість будівельних прямокутників:

$$n = 776.4 / 36 = 21.57 \text{ шт}$$

Приймаємо дійсну кількість будівельних прямокутників 22 шт.

Яблука зберігаються в трьох камерах. Визначаємо дійсну кількість яблук в кожній з камер.

Для камери №1. Площа камери становить 12 будівельних прямокутників.

$$E_{\text{д}} = n * 36 * q_{\text{в}} * h_{\text{вант}} * \beta, \text{ т} \quad (4)$$

$$E_{\text{д}} = 12 * 36 * 0,45 * 4,65 * 0,8 = 715,4 \text{ т}$$

Для камери №2. Площа камери становить 6 будівельних прямокутників.

$$E_d=6*36*0,45*4,65*0,8=357,7 \text{ т}$$

Для камери №3. Площа камери становить 4 будівельних прямокутників.

$$E_d=4*36*0,45*4,65*0,8=238,5 \text{ т}$$

Визначаємо будівельну площу камер зберігання груш

$$F_{\text{буд ябл}}=750/(0,35*4,65*0,8)=582,3 \text{ м}^2$$

Визначаємо кількість будівельних прямокутників:

$$n=582,3/36= 16,18 \text{ шт}$$

Приймаємо дійсну кількість будівельних прямокутників 16 шт.

Визначаємо дійсну кількість груш які зберігаються в камерах. Груші зберігаються в двох камерах № 4 і № 5, які мають однакову площу, 8 будівельних прямокутників

$$E_d=8*36*0,45*4,65*0,8=476,9 \text{ т}$$

Знаходимо площу допоміжних приміщень за формулою:

$$F_{\text{доп}}= 0,25 * F_{\text{буд}} = 0,25*1368 = 410 \text{ м}^2 \quad (5)$$

Визначаємо кількість будівельних прямокутників допоміжних приміщень:

$$n=410/36= 11,4 \text{ шт}$$

Приймаємо дійсну кількість будівельних прямокутників 12 шт.

Знаходимо площу машинного відділення за формулою:

$$F_{\text{м.в.}}= 0,2 * F_{\text{буд}} = 0,2*1368 = 273 \text{ м}^2 \quad (6)$$

Визначаємо кількість будівельних прямокутників допоміжних приміщень:

$$n=273/36= 7,6 \text{ шт}$$

Приймаємо дійсну кількість будівельних прямокутників 9 шт.

Загальна площа будівлі становить

$$F_{\text{буд}} + F_{\text{доп}} + F_{\text{м.в.}}=1368 + 411+ 273= 2052 \text{ м}^2$$

Кількість будівельних прямокутників становить

$$n = 2052/36 = 57 \text{ шт.}$$

## 1.5 Оптимізація об'ємно-планувальних рішень

В даному проекті холодильник одноповерховий, без підвалу, що забезпечує можливість широкого застосування вантажно-розвантажувальних механізмів і проведення технологічних у вантажних операцій в короткі терміни.

Будівля холодильника - прямокутної форми в плані складається з охолоджуваного складу, цеху товарної обробки плодів, допоміжних приміщень та машинного відділення. Охолоджуваний склад запроектований з несучими каркасом із залізобетонних елементів. Крок колон  $6 \times 6$  м., висота камер 6 м. до низу плити. Передбачено п'ять холодильних камер, оснащених відкатними дверима розміром  $2 \times 2,2$  м. Камери мають наступні розміри:

- Камера №1 – зберігання яблук –  $18 \times 24$  м. ( $432 \text{ м}^2$ );
- Камера №2 – зберігання яблук –  $18 \times 12$  м. ( $216 \text{ м}^2$ );
- Камера №3 – зберігання яблук –  $12 \times 12$  м. ( $144 \text{ м}^2$ );
- Камера №4 – зберігання груш –  $12 \times 24$  м. ( $288 \text{ м}^2$ );
- Камера №5 – зберігання груш –  $12 \times 24$  м. ( $288 \text{ м}^2$ );

Камери розташовуються по обидва боки поздовжнього коридору, що має вихід безпосередньо в цех товарної обробки. Ширина коридору – 5,5 м.

В даному проекті розміщення пристроїв для сортування, калібрування і затарювання фруктів відбувається в цеху товарної обробки - приміщенні поза холодильним контуром. Це дозволить знизити вартість будівництва і використовувати дане приміщення також для обробки фруктів, не призначених для подальшого охолодження і холодильного зберігання.

Цех товарної обробки плодів запроектований в сітці колон  $6 \times 6$  м. із застосуванням залізобетонних балок прольотом 6 м. Крім коридору, зал з'єднується з автомобільною платформою, яка прилягає по всій довжині до західної сторони будівлі. Вихід з цеху товарної обробки на автомобільну платформу оснащений відкатними дверима в комплекті з повітряною завісою.

Машинне відділення, електрощитова та допоміжні приміщення розміщені зі східного боку холодильника. Таке рішення забезпечує можливість розширення в майбутньому як холодильних камер, так і цеху товарної обробки. Кількість камер для другої черги будівництва можна зменшити шляхом укрупнення їх, об'єднуючи дві суміжні камери в одну загальну. Доставка і відправка фруктів на холодильник здійснюється автомобільним транспортом. Транспортування фруктів всередині холодильника проводиться в контейнерах акумуляторними електронавантажувачами.

В якості раціоналізації технологічних рішень, пов'язаних з прийомом, обробкою, зберіганням і відпуском фруктів застосовані наступні рішення:

1. В холодильник поступають на тривале зберігання плоди, які пройшли тільки первинний відбір при зборі урожаю;

2. Сортування, калібрування, затарювання та пакування проводять після зберігання безпосередньо перед відправкою продуктів в роздрібну мережу для продажу населенню;

3. Прийом і зберігання плодів здійснюється в контейнерах ємністю 500 кг., які володіють достатньою міцністю для штабелювання їх на значну висоту (4,5-6 м.). Контейнери сполучаються між садами-плантаціями і холодильником, і внаслідок, по мірі освоєння нової технології, і торговою базою споживчого центру.

Впровадження приведених рішень дозволить вирішити проблему раціонального використання робочої сили: в період збору зосередити її на зборі плодів і закладці їх на тривале зберігання, а в період після збору - на товарну обробку, пакування та реалізацію продуктів. Таким чином можна забезпечити більш рівномірну на протязі року зайнятість робочих в даних операціях.

Використання контейнерів скоротить втрати плодів при транспортуванні і дозволить збільшити питоме навантаження на 1 м<sup>2</sup> підлоги камер (до 2 т/м<sup>2</sup>), що приведе до значного зниження вартості будівництва холодильника.

Повітроохолоджувачі розташовані над перекриттями вантажних проїздів.

Таке рішення дозволяє:

1. Повне використання камер (за виключенням невеликого простору над дверима);
2. Вільне маневрування вантажного транспорту під час завантаження і розвантаження камер;
3. Зручність обслуговування механіками повітроохолоджувачів.

## 1.6 Короткий опис будівельних конструкцій

Будівельні конструкції будівель холодильника повинні забезпечувати постійність заданого температурно-вологого режиму в камерах холодильника, відповідати санітарним вимогам і забезпечувати будівлі необхідну довговічність і вогнестійкість.

Проектування будівельних конструкцій холодильника здійснюється у відповідності з СНиП II-105-74 “Холодильники”.

Огороджувальні конструкції є самонесучими. Залізобетонний каркас приймає навантаження від покриття з урахуванням теплоізоляційного шару та підвісного обладнання. Залізобетонні колони каркаса жорстко закріплені в стаканах фундаментів. Балки покриттів закріплені до колон сталевими елементами, що зварені. По балках покриття укладені залізобетонний настил, закладні сталеві елементи настилу та балок зварені і зроблені монолітними, що створює жорстку плоску діафрагму. Ця діафрагма забезпечує просторову жорсткість та стійкість будівлі холодильника.

Несучі конструкції – залізобетонні колони. Стіни холодильника виконані з глиняної обпаленої цегли, товщиною 380 мм. Стіна спирається на фундаментну балку, що вкладена на виступи фундаментної колони. Перегородки самонесучі, типу „сендвіч” панелей на основі утеплювача - ППУ.

Підлогу виконана по ґрунту, покриття підлоги бетонні мозаїчні 500х500х40 армовані сіткою зі сталі діаметром 4мм з чарунками 150х150 мм, підстиляючий шар з бетону Н – 400, розчин для укладки плит марки 400 – 500,.

Покрівля. При сітці колон 6\*6 м на збірні залізобетонні попередньо напружені балки укладено настил із збірних залізобетонних панелей. По плитах покриття укладена теплоізоляція.

Для забезпечення гладкої стелі прийняті плити настилів гладкі, пустотні за

ГОСТ 9561-66\* марки ПТО-59-10 з ізоляційним шаром поверх плити, балки залізобетонні для покриття серії ПП-01-01/64 марки БПП-18-1, колони серії КЭ-01-49 марки КПД=8, фундаменти під колони прямокутні марки Ф=3, фундаментні балки серії КЭ-01-23 марки ФБ=4.

## 1.7 Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника

Стіни холодильника, для зменшення теплонадходжень, роблять багатошаровими. Кількість шарів та товщина теплоізоляції визначається в залежності від розташування стінки, найтовща стінка відділяє камери зберігання з  $t_{\text{кам}} = -1$  °С від навколишнього середовища.

$$\delta_{\text{із}} = \lambda_{\text{із}} * (1/k_0 - (1/\alpha_3 + \sum \delta_i / \lambda_i + 1/\alpha_{\text{вн}})), \text{ м} \quad (7)$$

Після визначення товщини теплоізоляції визначаємо дійсну товщину, яку набирають з пластин пінополіуретану, які виготовляються товщиною, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 та 100 мм.

Зовнішня стінка холодильника складається з шістьох шарів:

1. Штукатурка складним розчином по металевій сітці  $\delta = 0,02$  м  
 $\lambda = 0,98$  Вт/(м·К)
2. Теплоізоляція з пінополіуретану  $\lambda = 0,022$  Вт/(м·К)
3. Пароізоляція. 2 шари гідроізолу на бітумній основі  $\delta = 0,004$  м  
 $\lambda = 0,3$  Вт/(м·К)
4. Штукатурка цементно-пісчана  $\delta = 0,02$  м,  $\lambda = 0,93$  Вт/(м·К)
5. Цегляна кладка на цементній основі  $\delta = 0,38$  м,  $\lambda = 0,81$  Вт/(м·К)
6. Штукатурка складним розчином  $\delta = 0,02$  м,  $\lambda = 0,93$  Вт/(м·К)

Визначаємо товщину теплоізоляції з пінополіуретану для камер зберігання:

коефіцієнт теплопередачі  $k_0 = 0,41$  Вт/(м<sup>2</sup>\*К)

коефіцієнт тепловіддачі для навколишнього середовища  $\alpha_3 = 23,3$  Вт/(м<sup>2</sup>\*К)

коефіцієнт тепловіддачі для внутрішніх стінок  $\alpha_{\text{вн}} = 8$  Вт/(м<sup>2</sup>\*К)

$$\delta_{\text{із}} = 0,022 * (1/0,41 - (1/23,3 + 0,02/0,98 + 0,004/0,3 + 0,02/0,93 + 0,38/0,81 + 0,02/0,93 + 1/8)) = 0,038 \text{ м.}$$

Для виключення конденсації між шарами стінки товщину ізоляції приймаємо 0,04 м. Дійсний коефіцієнт теплопередачі визначаємо за формулою:

$$k_{\text{д}} = 1 / ((1/\alpha_3 + \sum \delta_i / \lambda_i + 1/\alpha_{\text{вн}}) + \delta_{\text{із.д}} / \lambda_{\text{із}}), \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)} \quad (8)$$

при підстановці чисельних значень отримуємо що  $k_d = 0,397 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

Теплоізоляція внутрішніх перегородок холодильника виконані із сендвіч панелей на основі пінополіуретану. Шаром гідро та пароізоляції є металевий лист.

Визначаємо товщину теплоізоляції для стінок між камерами та коридором.

Стіни між камерами зроблені з „сендвіч” панелей:

1. Сталевий лист  $\delta = 0,0015 \text{ м}$   $\lambda = 52 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$
2. Теплоізоляція з пінополіуретану  $\lambda = 0,022 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$
3. Сталевий лист  $\delta = 0,0015 \text{ м}$   $\lambda = 52 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$

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

$$\delta_{iz} = 0,022 * (1/0,58 - ((1/8) + 0,00024 + (1/9))) = 0,035 \text{ м}$$

Для виключення конденсації між шарами стінки товщину ізоляції приймаємо 0,04 м. Дійсний коефіцієнт теплопередачі дорівнює  $0,487 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

Підлога холодильника складається з сімох шарів:

1. Бетонне покриття з важкого бетону  $\delta = 0,04 \text{ м}$ ,  $\lambda = 1,86 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$
2. Армобетонна стяжка  $\delta = 0,08 \text{ м}$   $\lambda = 1,86 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$
3. Пароізоляція (шар пергаменту)  $\delta = 0,001 \text{ м}$ ,  $\lambda = 0,15 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ , R- не враховується
4. Теплоізоляція з пінопласту полістирольного ППУ  $\lambda = 0,022 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$
5. Цементно - піщаний розчин  $\delta = 0,025 \text{ м}$ ,  $\lambda = 0,98 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$
6. Ущільнений пісок  $\delta = 0,025 \text{ м}$ ,  $\lambda = 0,98 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$
7. Бетонна підготовка з електронагрівниками

При розташуванні підлоги на ґрунті із зовнішнього боку конструкції немає рухомого середовища, тому відсутня тепловіддача (конвективний теплообмін), а тому термічний опір переходу тепла від ґрунту до конструкції підлоги відсутній ( $1/\alpha_3 = 0$ ).

Визначаємо товщину ізоляційного шару підлоги під камерами зберігання

коефіцієнт теплопередачі для камери зберігання  $k_0 = 0,226 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

коефіцієнт тепловіддачі для внутрішніх стінок  $\alpha_{вн} = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

$$\delta_{iz} = 0,022 * (1/0,226 - (0 + 0,04/1,86 + 0,08/1,86 + 0,025/0,98 + 1,35/0,58 + 1/8)) = 0,041 \text{ м}$$

Для виключення конденсації між шарами, товщину ізоляції приймаємо 0,05 м.  
Дійсний коефіцієнт теплопередачі дорівнює  $0,369 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

Стеля холодильника складається з п'яти шарів:

1. Пароізоляція. 5 шарів гідроізоли на бітумній основі  $\delta = 0,012 \text{ м}$ ,  $\lambda = 0,3 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$
2. Бетонна стяжка по металевій сітці  $\delta = 0,04 \text{ м}$ ,  $\lambda = 1,86 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$
3. Пароізоляція (шар пергаменту)  $\delta = 0,001 \text{ м}$ ,  $\lambda = 0,15 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ , R- не враховується
4. Теплоізоляція з пінополіуретану  $\lambda = 0,022 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$
5. Залізобетонна плита покриття  $\delta = 0,035 \text{ м}$ ,  $\lambda = 2,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$

Визначаємо товщину ізоляційного шару стелі над камерами зберігання:

коефіцієнт теплопередачі для камер зберігання  $k_0 = 0,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

коефіцієнт тепловіддачі для коридору  $\alpha_3 = 23,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

коефіцієнт тепловіддачі для внутрішніх стінок  $\alpha_{\text{вн}} = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

$\delta_{\text{із}} = 0,022 * (1/0,3 - (1/23,3 + 0,012/0,3 + 0,04/1,86 + 0,035/2,04 + 1/8)) = 0,068 \text{ м}$ .

Для виключення конденсації між шарами стінки товщину ізоляції приймаємо 0,07 м. Дійсний коефіцієнт теплопередачі  $k_{\text{д}} = 0,292 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

## 1.8 Розрахунок теплонадходжень до охолоджувальних приміщень

Кількість тепла, що проникає в холодильну камеру ззовні та виникаючої в камері

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5, \text{ Вт} \quad (9)$$

де  $Q_1$  – кількість тепла, що проникає до камери крізь навколишні конструкції приміщень;

$Q_2$  – кількість тепла, що відводиться від продуктів при їх холодильній обробці;

$Q_3$  – кількість тепла, що надходить до камери від навколишнього повітря при вентиляванні приміщень;

$Q_4$  – тепло яке надходить від різних джерел при експлуатації;

$Q_5$  – тепло яке надходить від продуктів при «диханні»;

### 1.7.1 Теплонадходження крізь навколишні конструкції приміщень.

Теплонадходження крізь стіни, перегородки, та покриття (в Вт) розраховують за формулою

$$Q_1 = k_d * F * (t_3 - t_{\text{вн}}), \text{ Вт} \quad (10)$$

де  $k_d$  – дійсний коефіцієнт теплопередачі;

$F$  – площа поверхні огороження, що опромінюється сонцем;

$t_3$  – розрахункова температура навколишнього середовища;

$t_{\text{вн}}$  – температура повітря в камері.

Теплонадходження до камери зберігання з температурою +2 °С

До камери №1

Через стіни що виходять на вулицю та автомобільну платформу

$$Q_1 = 0,397 * 252 * (23,75 - 2) = 2176 \text{ Вт}$$

Крізь стіни від сонячної радіації також відбуваються теплонадходження. З північної сторони теплонадходжень не буде, так як надмірна різниця температур дорівнює 0 °С, а для західної – 7,2 °С.

$$Q_1 = 0,397 * 144 * 7,2 = 411 \text{ Вт}$$

Крізь перегородку між камерою та коридором

$$Q_1 = 0,487 * 36 * (23,75 - 2) = 381 \text{ Вт}$$

Крізь перегородку між камерою та цехом товарної обробки

$$Q_1 = 0,487 * 72 * (14 - 2) = 421 \text{ Вт}$$

Крізь стелю

$$Q_1 = 0,292 * 432 * (23,75 - 2) = 2744 \text{ Вт}$$

Крізь стелю від сонячної радіації

$$Q_1 = 0,292 * 432 * 14,9 = 1861 \text{ Вт}$$

Сумарне теплонадходження крізь перегородки

$$Q_1 = 2176 + 411 + 381 + 421 + 2744 + 1861 = 7994 \text{ Вт}$$

До камери №2

Через стіни що виходять на вулицю

$$Q_1 = 0,397 * 108 * (23,75 - 2) = 933 \text{ Вт}$$

Крізь стіни від сонячної радіації також відбуваються теплонадходження. З південної сторони надмірна різниця температур дорівнює 4,2 °С.

$$Q_1 = 0,397 * 108 * 4,2 = 180 \text{ Вт}$$

Крізь перегородку між камерою та коридором

$$Q_1 = 0,487 * 108 * (23,75 - 2) = 1144 \text{ Вт}$$

Крізь перегородку між камерою та коридором

$$Q_1 = 0,487 * 72 * (14 - 2) = 421 \text{ Вт}$$

Крізь стелю

$$Q_1 = 0,292 * 216 * (23,75 - 2) = 1372 \text{ Вт}$$

Крізь стелю від сонячної радіації

$$Q_1 = 0,292 * 216 * 14,9 = 940 \text{ Вт}$$

Сумарне теплонадходження крізь перегородки

$$Q_1 = 933 + 180 + 1144 + 421 + 1372 + 940 = 4990 \text{ Вт}$$

До камери №3

Через стіни що виходять на вулицю

$$Q_1 = 0,397 * 72 * (23,75 - 2) = 622 \text{ Вт}$$

Крізь стіни від сонячної радіації також відбуваються теплонадходження. З південної сторони надмірна різниця температур дорівнює 4,2 °С.

$$Q_1 = 0,397 * 72 * 4,2 = 120 \text{ Вт}$$

Крізь перегородку між камерою та коридором

$$Q_1 = 0,487 * 72 * (23,75 - 2) = 763 \text{ Вт}$$

Крізь перегородку між камерою та допоміжними приміщеннями

$$Q_1 = 0,487 * 72 * (23,75 - 2) = 763 \text{ Вт}$$

Крізь стелю

$$Q_1 = 0,292 * 144 * (23,75 - 2) = 915 \text{ Вт}$$

Крізь стелю від сонячної радіації

$$Q_1 = 0,292 * 144 * 14,9 = 627 \text{ Вт}$$

Сумарне теплонадходження крізь перегородки

$$Q_1 = 622 + 120 + 763 + 763 + 915 + 627 = 3810 \text{ Вт}$$

Теплонадходження до камери зберігання з температурою  $-1 \text{ }^\circ\text{C}$

До камери №4

Через стіни що виходять на вулицю

$$Q_1 = 0,397 * 72 * (23,75 + 1) = 707 \text{ Вт}$$

Крізь стіни від сонячної радіації з північної сторони теплонадходжень не буде, так як надмірна різниця температур дорівнює  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Крізь перегородку між камерою та коридором

$$Q_1 = 0,487 * 72 * (23,75 + 1) = 869 \text{ Вт}$$

Крізь перегородку між камерами

$$Q_1 = 0,487 * 144 * (2 + 1) = 210 \text{ Вт}$$

Крізь стелю

$$Q_1 = 0,292 * 288 * (23,75 + 1) = 2081 \text{ Вт}$$

Крізь стелю від сонячної радіації

$$Q_1 = 0,292 * 288 * 14,9 = 1253 \text{ Вт}$$

Крізь підлогу

$$Q_1 = 0,369 * 288 * 2 = 213 \text{ Вт}$$

Сумарне теплонадходження крізь перегородки

$$Q_1 = 707 + 869 + 210 + 2081 + 1253 + 213 = 5333 \text{ Вт}$$

До камери №5

Через стіни що виходять на вулицю

$$Q_1 = 0,397 * 72 * (23,75 + 1) = 707 \text{ Вт}$$

Крізь стіни від сонячної радіації з північної сторони теплонадходжень не буде, так як надмірна різниця температур дорівнює 0 °С.

Крізь перегородку між камерою та коридором

$$Q_1 = 0,487 * 72 * (23,75 + 1) = 869 \text{ Вт}$$

Крізь перегородку між камерою та компресорним цехом

$$Q_1 = 0,487 * 144 * (23,75 + 1) = 1736 \text{ Вт}$$

Крізь стелю

$$Q_1 = 0,292 * 288 * (23,75 + 1) = 2081 \text{ Вт}$$

Крізь стелю від сонячної радіації

$$Q_1 = 0,292 * 288 * 14,9 = 1253 \text{ Вт}$$

Крізь підлогу

$$Q_1 = 0,369 * 288 * 2 = 213 \text{ Вт}$$

Сумарне теплонадходження крізь перегородки

$$Q_1 = 707 + 869 + 868 + 2081 + 1253 + 213 = 5991 \text{ Вт}$$

До цеху товарної обробки продуктів

Через стіни що виходять на вулицю та автомобільну платформу

$$Q_1 = 0,397 * 180 * (23,75 - 14) = 697 \text{ Вт}$$

Крізь стіни від сонячної радіації також відбуваються теплонадходження. З південної сторони надмірна різниця температур дорівнює 4,2 °С, а для західної – 7,2 °С.

$$Q_1 = 0,397 * 180 * 7,2 = 515 \text{ Вт}$$

$$Q_1 = 0,397 * 180 * 4,2 = 300 \text{ Вт}$$

Крізь перегородку між камерою та коридором

$$Q_1 = 0,487 * 36 * (23,75 - 14) = 171 \text{ Вт}$$

Крізь стелю

$$Q_1 = 0,292 * 216 * (23,75 - 14) = 615 \text{ Вт}$$

Крізь стелю від сонячної радіації

$$Q_1 = 0,292 * 216 * 14,9 = 940 \text{ Вт}$$

Сумарне теплонадходження крізь перегородки

$$Q_1 = 697 + 515 + 300 + 171 + 615 + 940 = 3238 \text{ Вт}$$

1.7.2 Визначаємо теплонадходження від продуктів при їх холодильній обробці.

Тепло відводиться від продуктів при охолодженні.

Кількість теплоти що відводиться за одиницю часу  $Q_2$  (в Вт) можна визначити для будь-якого виду холодильної обробки за формулою

$$Q_2 = M_k * \Delta i * (1000 / (\tau * 3600)), \text{ Вт} \quad (11)$$

Так як більшість продуктів надходить та зберігається в тарі, тому необхідно враховувати тепло, що надходить до камери з тарою.

$$Q_2 = M_T * c_T * (t_1 - t_2) * (1000 / (\tau * 3600)), \text{ Вт} \quad (12)$$

Визначаємо теплонадходження до кожної з камер. Фрукти надходить до камери з температурою близькою до  $+20$  °С. Ентальпія при цій температурі для яблук та груш становить  $i = 346,5$  кДж/кг, яблука охолоджуються до температури  $2$  °С з  $i = 279$  кДж/кг, груші охолоджуються до температури  $-1$  °С з  $i = 267,9$  кДж/кг

Визначаємо теплонадходження до камер зберігання яблук. За добу камера завантажується на 10%.

Визначаємо навантаження від охолодження яблук

Для камери №1

$$Q_2 = 71,5 * ((346,5 - 279) * 1000) * (1000 / (24 * 3600)) = 55860 \text{ Вт}$$

Визначаємо навантаження від охолодження тари в якій надходять яблука

$$Q_2 = 10,01 * 2500 * (20 - 2) * (1000 / (24 * 3600)) = 5214 \text{ Вт}$$

Для камери №2

$$Q_2 = 35,5 * ((346,5 - 279) * 1000) * (1000 / (24 * 3600)) = 27734 \text{ Вт}$$

Визначаємо навантаження від охолодження тари в якій надходять яблука

$$Q_2 = 4,97 * 2500 * (20 - 2) * (1000 / (24 * 3600)) = 2589 \text{ Вт}$$

Для камер №3

$$Q_2 = 24 * ((346,5 - 279) * 1000) * (1000 / (24 * 3600)) = 18750 \text{ Вт}$$

Визначаємо навантаження від охолодження тари в якій надходять яблука

$$Q_2 = 3,36 * 2500 * (20 - 2) * (1000 / (24 * 3600)) = 1750 \text{ Вт}$$

Для камер №4 та 5

$$Q_2=47,5*((346,5-267,9)*1000)*(1000/(24*3600))= 43212 \text{ Вт}$$

Визначаємо навантаження від охолодження тари в якій надходять яблука

$$Q_2=6,65*2500*(20-2)*(1000/(24*3600))=3464 \text{ Вт}$$

### 1.7.3 Визначаємо теплонадходження при вентиляванні приміщення.

Теплонадходження  $Q_3$  розраховують за формулою

$$Q_2=M_B*(i_3-i_B), \text{ Вт} \quad (13)$$

де  $M_B$  – витрата повітря при вентиляванні приміщення;

$i_3$  – питома ентальпія навколишнього повітря;

$i_B$  – питома ентальпія повітря в камері.

Камери зберігання фруктів та овочів обладнують припливно-витяжною вентиляцією, забезпечують кратність повітрообміну 4 об'єми повітря за годину.

Витрату повітря  $M_B$  визначають в залежності від необхідності забезпечення кратності повітрообміну.

$$M_B = (V*a*\rho)/(24*3600) \quad (14)$$

де  $V$  – об'єм вентилязованого приміщення;

$a$  – кратність повітрообміну;

$\rho$  – щільність повітря при температурі та відносній вологості в камері.

Об'єм камер зберігання становить 1296 м<sup>3</sup>. Щільність повітря для камер зберігання груш становить  $\rho= 1.28 \text{ кг/м}^3$ , а для камер зберігання яблук -  $\rho= 1.26 \text{ кг/м}^3$ .

Визначаємо теплонадходження при вентиляванні камер зберігання яблук

Для камери №1

$$M_B = (2592*4*1,26)/(24*3600)=0,1512 \text{ кг/с}$$

$$Q_2=0,1512*(57400-11400)=6955 \text{ Вт}$$

Для камери №2

$$M_B = (1296*4*1,26)/(24*3600)=0,0756 \text{ кг/с}$$

$$Q_2=0,0756*(57400-11400)=3478 \text{ Вт}$$

Для камери №3

$$M_B = (864*4*1,26)/(24*3600)=0,0504 \text{ кг/с}$$

$$Q_2=0,0504*(57400-11400)=2318 \text{ Вт}$$

Визначаємо теплонадходження при вентиляванні камер зберігання груш №4 та №5

$$M_B = (1728 \cdot 4 \cdot 1,3) / (24 \cdot 3600) = 0,104 \text{ кг/с}$$

$$Q_2 = 0,104 \cdot (57400 - 6900) = 5252 \text{ Вт}$$

До цеху товарної обробки продуктів

$$M_B = (1296 \cdot 4 \cdot 1,21) / (24 \cdot 3600) = 0,0726 \text{ кг/с}$$

$$Q_2 = 0,0726 \cdot (57400 - 34500) = 1663 \text{ Вт}$$

#### 1.7.4 *Визначаємо експлуатаційні теплонадходження*

Ці теплонадходження виникають в наслідок освітлення камер, перебування в них людей, роботи електродвигунів, відкривання дверей. Теплонадходження визначаються за кожною статтею окремо.

Експлуатаційні теплонадходження залежать від площі камер і так як площі камер однакові, то і теплонадходження будуть однакові.

*Теплонадходження від освітлення.*

Розрахунок теплонадходжень  $q_1$  розраховується за формулою

$$q_1 = A \cdot F, \text{ Вт} \quad (15)$$

де  $A$  - кількість теплоти, що виділяється освітленням за одиницю часу на  $1 \text{ м}^2$  площі підлоги. Для складських приміщень  $A = 1,2 \text{ Вт/м}^2$ , а для виробничих цехів  $A = 4,5 \text{ Вт/м}^2$

Для камери №1

$$q_1 = 1,2 \cdot 432 = 518 \text{ Вт}$$

Для камери №2

$$q_1 = 1,2 \cdot 216 = 259 \text{ Вт}$$

Для камери №3

$$q_1 = 1,2 \cdot 144 = 173 \text{ Вт}$$

Для камери №4 та №5

$$q_1 = 1,2 \cdot 288 = 346 \text{ Вт}$$

До цеху товарної обробки продуктів

$$q_1 = 4,5 \cdot 216 = 972 \text{ Вт}$$

*Теплонадходження від перебування людей.*

Розрахунок теплонадходжень  $q_2$  розраховується за формулою

$$q_2=350*n, \text{ Вт} \quad (16)$$

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

$n$  – кількість людей, працюючих в даному приміщенні.

Кількість людей, працюючих в приміщенні, приймають в залежності від площі камери і при площі камери більше 200 м<sup>2</sup> приймається 3-4 людини.

Визначаємо теплонадходження до камери

$$q_2=350*4=1400 \text{ Вт}$$

*Теплонадходження від працюючих електродвигунів.*

При розташуванні електродвигунів в охолоджуваному приміщенні теплонадходження  $q_3$  визначають за формулою

$$q_3=1000*N_d, \text{ Вт} \quad (17)$$

$N_d$ - потужність електродвигуна, кВт.

Для камер зберігання фруктів потужність двигунів приймаємо рівною 4 кВт.

$$q_3=1000*3=3000 \text{ Вт}$$

В кожній камері працюють електрокари. Приймаємо що тривалість робіт на добу становить 8 годин. Отже теплонадходження від них становитимуть

$$q_3=7,6*1000*(8/24)=20267 \text{ Вт}$$

*Теплонадходження при відкриванні дверей.*

Для розрахунку теплонадходжень при відкриванні дверей  $q_4$  (в Вт) користуються формулою

$$q_4=V*F, \text{ Вт} \quad (18)$$

де  $V$  – питома теплонадходження від відкриття дверей;

$F$  – площа камери;

Для камери №1

$$q_4=12*432=5184 \text{ Вт}$$

Для камери №2

$$q_4=12*216=2592 \text{ Вт}$$

Для камери №3

$$q_4=12*144=1728 \text{ Вт}$$

Для камери №4 та №5

$$q_4=12*288=3456 \text{ Вт}$$

До цеху товарної обробки продуктів

$$q_4=12*216=2592 \text{ Вт}$$

Загальні експлуатаційні теплонадходження

Для камери №1

$$Q_4 = 518 + 1400 + 24267 + 5184 = 31369 \text{ Вт}$$

Для камери №2

$$Q_4 = 259 + 1400 + 24267 + 2592 = 28518 \text{ Вт}$$

Для камери №3

$$Q_4 = 173 + 1400 + 24267 + 1728 = 27568 \text{ Вт}$$

Для камери №4 та №5

$$Q_4 = 346 + 1400 + 24267 + 3456 = 29469 \text{ Вт}$$

До цеху товарної обробки продуктів

$$Q_4 = 972 + 1400 + 24267 + 2592 = 29231 \text{ Вт}$$

### *1.7.5 Визначаємо теплонадходження при диханні фруктів.*

Теплонадходження  $Q_5$  визначається за формулою

$$Q_5 = E_k * (0,1 * q_{\text{надх}} + 0,9 * q_{\text{зб}}), \text{ Вт} \quad (19)$$

де  $E_k$  – ємність камери, т;

$q_{\text{надх}}$ ,  $q_{\text{зб}}$  – тепловиділення плодів при температурах надходження та зберігання, Вт/т.

Тепловиділення яблук: при  $t=20$  °C  $q=73$  Вт/т,  $t=2$  °C  $q=14$  Вт/т

Тепловиділення груш: при  $t=20$  °C  $q=218$  Вт/т,  $t=-1$  °C  $q=5,5$  Вт/т

Визначаємо теплонадходження до камер від яблук

Камера №1

$$Q_5=715,4*(0,1*73+0,9*14)=14236 \text{ Вт}$$

Камера №2

$$Q_5=357,7*(0,1*73+0,9*14)=7118 \text{ Вт}$$

Камер №3

$$Q_5 = 238,5 \cdot (0,1 \cdot 73 + 0,9 \cdot 14) = 4746 \text{ Вт}$$

Визначаємо теплонадходження до камер від груш

Камер №4 та №5

$$Q_5 = 476,9 \cdot (0,1 \cdot 218 + 0,9 \cdot 5,5) = 12757 \text{ Вт}$$

Табл. 1.7.1 Зведена таблиця теплонадходжень до камер, Вт

№ камери	Q <sub>1</sub> , (Вт)	Q <sub>2</sub> , (Вт)		Q <sub>3</sub> , (Вт)	Q <sub>4</sub> , (Вт)		Q <sub>5</sub> , (Вт)	ΣQ, (Вт)	
	Камерне обладнання	Камерне обладнання	Компресор		Камерне обладнання	Компресор		Камерне обладнання	Компресор
1	7994	61074	30537	6955	31396	23547	14236	162161	113649
2	4990	30323	15162	3478	28518	21389	7118	99799	82536
3	3810	20500	10250	2318	27568	20676	4746	89024	72200
4	5333	46676	23338	5252	29469	22102	12757	140020	99182
5	5991	46676	23338	5252	29469	22102	12757	140678	99840
6	3238	-	-	1663	29231	21923	-	74665	57224

## 1.9 Вибір схеми холодильної машини

Вибір холодильного агенту

Сучасний ринок холодильних агентів пропонує великий вибір. При виборі взято до уваги критерії, що наведені у таблиці 1.8.1

Таблиця 1.8.1 Критерії вибору холодильного агента.

<i>Найменування та позначення</i>	R-134a	R-404a	R-407c	R-717
<i>Температура кипіння за атмосферного тиску, °C</i>	-26,1	-46,7	-43,6	-33,4
<i>Теплота пароутворення при атм. тиску та температурі кипіння, кДж/кг</i>	217,1	202,1	246,1	1396,8
<i>ODP</i>	0	0	0	0
<i>GWP</i>	1300	3850	1370	0
<i>HGWP</i>	0,28	-	-	0
<i>Токсичність</i>	-	-	-	+
<i>Гранична допустима концентрація, мг/м<sup>3</sup></i>	3000	3000	3000	3000
<i>Комерційна ціна, USD/кг</i>	7	19	13	0,7

Приймаю аміак (R717), на підставі вище перерахованих вимог, та з врахуванням позиції підтримки вітчизняного виробника.

Для підтримування температурного режиму в камерах холодильника передбачається використання холодильного обладнання. Прийнята система холодопостачання – централізована з проміжним холодоносієм. Переваги такої системи: мала аміакоємкість - до 150 г/кВт холоду; обмежена зона розташування

аміачного обладнання; акумуляція холоду проміжним теплоносієм; довговічність та простота обслуговування камерного обладнання, що працює на проміжному теплоносії у порівнянні з аміачним.

У якості камерного обладнання прийнято повітроохолоджувачі у зв'язку з тим, що охолоджені фрукти потребують примусової циркуляції повітря.

Конденсатори прийняті водяні на підставі дослідження оптимізації вибору типу конденсатору. Такий тип конденсатору має найменші габарити та не збільшує площу розташування аміачного обладнання. Крім цього такий тип конденсатору не збільшує аміакоємність.

## 1.10 Розрахунок та вибір обладнання

Вибір розрахункового режиму

Температура кипіння

$$t_0 = t_s - (5 \div 7), \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (20)$$

де  $t_s$  – середня температура проміжного теплоносія,  $^\circ\text{C}$ .

$$t_s = (t_{s1} + t_{s2})/2, \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (21)$$

де  $t_{s1}$  та  $t_{s2}$  – температура проміжного холодоносія на вході та виході холодоносія з вапарника,  $^\circ\text{C}$ .

$$t_s = t_{\text{пов}} - (7 \div 10), \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (22)$$

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

$$t_s = -1 - (7 \div 10) = -1 - 7 = -8 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$t_s = 2 - (7 \div 10) = 2 - 10 = -8 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$t_0 = -8 - (5 \div 7) = -8 - 7 = -15 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Температура конденсації:

$$t_k = t_{\text{в1}} + (2 \div 4) + \Delta t, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (23)$$

де  $t_{\text{в1}}$  – температура води на вході в конденсатор,  $^\circ\text{C}$ ;  $\Delta t$  – нагрів води в конденсаторі,  $^\circ\text{C}$ . Згідно  $\Delta t = 4^\circ\text{C}$  для горизонтальних кожухотрубних конденсаторів.

$$t_{\text{в1}} = t_{\text{мт}} + \Delta t \cdot (1/\eta_{\text{гр}} - 1), \text{ } ^\circ\text{C} \quad (24)$$

де  $t_{\text{мт}}$  – температура мокрого термометра при параметрах зовнішнього повітря,  $^\circ\text{C}$ ;  $\eta_{\text{гр}}$  – ккд роботи вентиляторної градирні, згідно,  $\eta_{\text{гр}} = 0,4$ . Температура мокрого термометра за i-d діаграмою:

$$t_{\text{мт}} = 18,8 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$t_{\text{в1}} = 18,8 + 4 \cdot (1/0,4 - 1) = 24,8 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$t_k = 24,8 + 3 + 4 = 31,8 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Температура всмоктування:

$$t_{\text{вс}} = t_0 + (5 \div 10), \text{ } ^\circ\text{C} \quad (25)$$

$$t_{bc} = -15 + 5 = -10 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Параметри характерних точок зводжу до таблиці 1.9.1.

Таблиця 1.9.1. Параметри характерних точок циклу.

Параметри	1'	1	2	2'	3	4
$P, \text{ МПа}$	0,24	0,24	1,27	1,27	1,27	0,24
$t, \text{ }^{\circ}\text{C}$	-15	-10	111	32	32	-15
$h, \text{ кДж/кг}$	1440	1457	1661	1484	347	347
$\nu, \text{ м}^3/\text{кг}$	0,51	0,52	0,13	0,1	-	0,08

*Тепловий розрахунок*

Розрахуємо питому масову холодопродуктивність

$$q_0 = i_1 - i_4, \text{ кДж/кг} \quad (26)$$

$$q_0 = 1440 - 347 = 1093 \text{ кДж/кг}$$

Масова витрата холодильного агенту становитиме

$$M = Q_0 / q_0, \text{ кг/с} \quad (27)$$

$$M = 524,63 / 1093 = 0,48 \text{ кг/с}$$

Об'ємна витрата холодильного агенту становитиме

$$V = M \cdot \nu_1, \text{ м}^3/\text{с} \quad (28)$$

$$V = 0,48 \cdot 0,52 = 0,245 \text{ м}^3/\text{с}$$

Коефіцієнт подачі визначаємо за діаграмою:

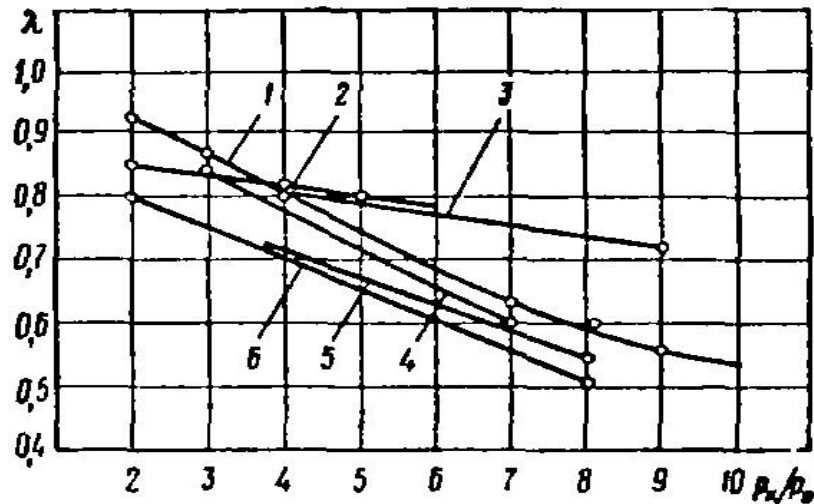


Рис. 1.9.1 Коефіцієнти подачі компресорів:

1 – сучасні безкрейцкопфні; 2 – гвинтові бустер-компресори; 3 – гвинтові;  
4 – працюючих на R22; 5 – ротаційні; 6 - працюючих на R12.

Приймаємо для встановлення гвинтовий компресор. За перепадом тисків  $P_k/P_0=5,3$ , визначаємо коефіцієнт подачі  $\lambda=0,78$ .

Дійсна об'ємна витрата становитиме

$$V_d = V / \lambda, \text{ м}^3/\text{с} \quad (28)$$

$$V_d = 0,245 / 0,78 = 0,3141 \text{ м}^3/\text{с}$$

Тоді, дійсна масова витрата становитиме

$$M_d = V_d \cdot \rho_1, \text{ кг/с} \quad (29)$$

$$M_d = 0,3141 / 0,52 = 0,604 \text{ кг/с}$$

Дійсна холодопродуктивність становитиме

$$Q_0 = M_d \cdot q_0, \text{ кВт} \quad (30)$$

$$Q_0 = 0,604 \cdot 1093 = 660,17 \text{ кВт}$$

Визначаю теоретичну (адіабатну) потужність компресора

$$N_T = M \cdot (h_2 - h_1), \text{ кВт}$$

$$N_T = 0,604 \cdot (1661 - 1457) = 123,22 \text{ кВт}$$

Знаходимо дійсну (індикаторну) потужність (індикаторний ккд компресора  $\eta_{\text{мех}} = 0,85$ )

$$N_i = N_T / \eta_i, \text{ кВт} \quad (31)$$

$$N_i = 123,22 / 0,85 = 144,96 \text{ кВт}$$

Ефективна потужність на валу компресора (механічний ккд компресора  $\eta_{\text{мех}} = 0,94$ )

$$N_e = N_i / \eta_{\text{мех}}, \text{ кВт} \quad (32)$$

$$N_e = 144,96 / 0,94 = 154,21 \text{ кВт}$$

Потрібна потужність електродвигуна (ккд електродвигуна  $\eta_{\text{ел}} = 0,9$ )

$$N_{\text{ел}} = N_e / \eta_{\text{ел}}, \text{ кВт} \quad (33)$$

$$N_{\text{ел}} = 171,34 / 0,9 = 190,38 \text{ кВт}$$

Прийнято дві холодильні машини J&E HALL серії HSS3122 на базі гвинтових компресорів, що мають  $V_d = 0,175 \cdot 2 = 0,35 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Технічна характеристика машин: площа теплообміну  $172 \text{ м}^2$ , площа теплообміну випарника  $105 \text{ м}^2$ , габаритні розміри: довжина  $4425 \text{ мм}$ , ширина  $2100 \text{ мм}$ , висота  $2200 \text{ мм}$ , вага  $7000 \text{ кг}$ .

Визначаємо навантаження на конденсатор

$$Q_{\text{кн}} = Q_0 + N_i, \text{ кВт} \quad (34)$$

$$Q_{\text{кн}} = 524,63 + 144,96 = 669,59 \text{ кВт}$$

*Розрахунок повітроохолодників*

У якості максимального розрахункового теплового навантаження приймаю теплове навантаження в літньому режимі.

Необхідна охолодна поверхня повітроохолодника визначається за формулою:

$$F = Q_0 / (k \cdot \Theta), \text{ м}^2; \quad (35)$$

де  $F$  – охолодна поверхня повітроохолодника,  $\text{м}^2$ ;  $Q_0$  – розрахункове теплове навантаження на повітроохолодник,  $\text{Вт}$ ;  $k$  – коефіцієнт теплопередачі від холодоагента до повітря,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;  $\Theta$  – перепад температур між повітрям камери і холодоагентом у батареї повітроохолодника,  $^\circ\text{C}$ .

Для камер зберігання охолоджених фруктів розрахунковий перепад температур між повітрям камери і холодоносієм прийнято  $7$  та  $10^\circ\text{C}$ .

У практичних розрахунках для більшості повітроохолодників, виконаних з ребристих труб і працюючих в умовах фруктових холодильників за температур холодоносія  $-8^\circ\text{C}$  величина коефіцієнта, віднесена до зовнішньої ребристої поверхні теплопередачі, за швидкості повітря в живому перерізі охолодної батареї

3 - 5 м/с, з врахуванням термічного опору шару снігової шуби, прийнята рівною 16,5 Вт/(м<sup>2</sup>·К) [2].

Визначаємо необхідну площу поверхонь повітроохолодників для кожної з камер.

Камера №1.

$$F=162161/(16,5*10)=983 \text{ м}^2$$

Камера №2.

$$F=99799/(16,5*10)=605 \text{ м}^2$$

Камера №3.

$$F=89024/(16,5*10)=540 \text{ м}^2$$

Камера №4.

$$F=140020/(16,5*7)=1212 \text{ м}^2$$

Камера №5.

$$F=140678/(16,5*7)=1218 \text{ м}^2$$

Цех товарної обробки

$$F=74665/(16,5*7)=647 \text{ м}^2$$

Обираємо повітроохолодники фірми Alfa Laval, серії AirMax II, модель INGW563Y45 - площа поверхні теплообміну 438,7 м<sup>2</sup>, витрата повітря 28720 м<sup>3</sup>/год, по 3 вентилятори N=3 кВт, габарити L=3060мм, H=992мм, B=1033мм, вага апарата 366 кг. Отже, для камери № 1 дійсну кількість повітроохолодників приймаємо 3 шт, для камери № 2 – 2 шт, для камери № 3 – 2 шт, для камери № 4 – 5 шт, для камери № 5 – 5 шт, для цеху товарної обробки – 2 шт.

*Розрахунок конденсатора*

Теплове навантаження на конденсатор:

$$Q_k=669590 \text{ Вт.}$$

При густині теплового потоку кожухотрубного конденсатора  $q_f=3500 \text{ Вт/м}^2$  необхідна площа теплообміну:

$$F= Q_k/q_f, \text{ м}^2 \tag{36}$$

$$F=669590/3500=191,31 \text{ м}^2.$$

Прийняти два конденсатора МК-60-01, що мають площу поверхні 172 м<sup>2</sup>, площа конденсації становить  $F=2*172=344 \text{ м}^2$ , що задовольняє розрахунку.

### *Розрахунок випарника*

Теплове навантаження на випарник:

$$Q_B=524,63 \text{ кВт.}$$

При густині теплового потоку кожухотрубного випарника  $q_f=660 \text{ Вт/м}^2$  необхідна площа теплообміну:

$$F=Q_B/q_f, \text{ м}^2 \quad (37)$$

$$F=524630/3500=150 \text{ м}^2.$$

Прийняти два випарника МІ-90-09, що мають площу  $F=105 \text{ м}^2$ , тобто  $F=2*105=210 \text{ м}^2$ , що задовольняє розрахунку.

### *Розрахунок та вибір водяного та розсільного насосу*

Вибір насосу відбувається на підставі значень подачі та напору. Оскільки холодильник одноповерховий, то значення потрібного напору малі. Для спрощення вибору насосу користуємось значенням подачі:

$$V=Q/(c*\rho*\Delta t), \text{ м}^3/\text{с.} \quad (38)$$

де  $c$  – теплоємкість речовини,  $\text{кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ ;  $\rho$  - густина речовини,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $\Delta t$  – різниця температур в теплообміннику,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $Q$  – теплове навантаження на теплообмінний апарат,  $\text{кВт}$ .

Для води:  $c=4,187 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ ,  $\rho=1000 \text{ кг}/\text{м}^3$ ,  $\Delta t=4^{\circ}\text{C}$ ,  $Q_k=1209,1 \text{ кВт}$ .

$$V=669,59/(4,187*1000*4)=0,04 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Приймаю 2 насоси К90/20, що мають  $V=0,028 \text{ м}^3/\text{с}$  кожен для роботи та 1 резервний.

Технічна характеристика насосу: продуктивність  $0,028 \text{ м}^3/\text{с}$ , ккд  $0,76$ , потужність електродвигуна  $7,5 \text{ кВт}$ , частота обертання  $2900 \text{ об/хв}$ .

Приймаємо розсіл за умов:

$$t_{\text{зам}}=t_0-10, \text{ }^{\circ}\text{C}; \quad (39)$$

де  $t_{\text{зам}}$  – температура замерзання розсолу,  $^{\circ}\text{C}$ .

$$t_{\text{зам}}=-15-10=-25, \text{ }^{\circ}\text{C};$$

Приймаємо розчин  $\text{CaCl}_2$  з концентрацією  $24,1\%$ ,  $c=2,903 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ ,  $\rho=1170,3 \text{ кг}/\text{м}^3$ .

$$\Delta t=4^{\circ}\text{C}, Q_B=524,63 \text{ кВт.}$$

$$V=524,63/(2,903*1170,3*4)=0,0386 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Приймаю 2 насоси К90/20, що мають  $V=0,028 \text{ м}^3/\text{с}$  кожен для роботи та 1 резервний.

### *Розрахунок трубопроводу*

Вибір трубопроводу згідно умов:

$$d_{\text{вн}} = 1,13 \cdot (M / (\rho \cdot \omega))^{0,5}, \text{ м}; \quad (40)$$

де  $\rho$  - густина речовина,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ,  $\omega$  - швидкість речовини,  $\text{м}/\text{с}$ :

- для всмоктувального аміачного трубопроводу  $\omega=15 \text{ м}/\text{с}$ ;
- для нагнітального аміачного трубопроводу  $\omega=20 \text{ м}/\text{с}$ ;
- для рідинного аміачного трубопроводу від конденсатора  $\omega=0,5 \text{ м}/\text{с}$ ;
- для всмоктувального розсільного трубопроводу  $\omega=0,6 \text{ м}/\text{с}$ ;
- для нагнітального розсільного трубопроводу  $\omega=0,9 \text{ м}/\text{с}$ ;
- для всмоктувального водяного трубопроводу  $\omega=0,8 \text{ м}/\text{с}$ ;
- для нагнітального водяного трубопроводу  $\omega=1 \text{ м}/\text{с}$ ;

Прийнято сталі безшовні труби згідно ГОСТ 8738-78 для аміачного трубопроводу та звичайні труби для розсолу та води ГОСТ 3262-75.

Всмоктувальний аміачний трубопровід

$$d_{\text{вн}} = 1,13 \cdot (0,604 / (1,96 \cdot 15))^{0,5} = 0,162 \text{ м};$$

Приймаємо сталеву холоднотягнуту трубу 180 x 5 мм.

Нагнітальний аміачний трубопровід

$$d_{\text{вн}} = 1,13 \cdot (0,604 / (7,69 \cdot 20))^{0,5} = 0,0708 \text{ м};$$

Приймаємо сталеву холоднотягнуту трубу 85 x 5 мм.

Рідинний аміачний трубопровід

$$d_{\text{вн}} = 1,13 \cdot (0,604 / (588 \cdot 0,5))^{0,5} = 0,0512 \text{ м};$$

Приймаємо сталеву гарячекатану трубу 65 x 5 мм.

Всмоктувальний розсільний трубопровід

$$d_{\text{вн}} = 1,13 \cdot (0,0383 / (1150 \cdot 0,6))^{0,5} = 0,084 \text{ м};$$

Приймаємо сталеву трубу 95 x 3 мм.

Нагнітальний розсільний трубопровід

$$d_{\text{вн}} = 1,13 \cdot (0,0383 / (1150 \cdot 0,9))^{0,5} = 0,068 \text{ м};$$

Приймаємо сталеву трубу 76 x 3 мм

Всмоктувальний водяний трубопровід

$$d_{\text{вн}} = 1,13 * (1,67 / (1000 * 0,6))^{0,5} = 0,059 \text{ м};$$

Приймаємо сталеву трубу 76 x 3 мм

Нагнітальний водяний трубопровід

$$d_{\text{вн}} = 1,13 * (1,67 / (1000 * 1))^{0,5} = 0,043 \text{ м};$$

Приймаємо сталеву трубу 56 x 3 мм

Розрахунок градирні

Градирня вибирається за розрахунком площі поперечного перерізу [2]:

$$F_{\text{гр}} = Q_k / q_f, \text{ м}^2; \quad (41)$$

де  $q_f$  – питома теплове навантаження на 1 м<sup>2</sup> поперечного перерізу.

Для плівково-вентиляторної градирні  $q_f = 45 \text{ кВт/м}^2$ .

$$F_{\text{гр}} = 669,59,1 / 45 = 14,9 \text{ м}^2.$$

Приймаємо 3 градирні типу АТС-Е 165Е, що має  $F_{\text{гр}} = 6,5 \text{ м}^2$  кожна.

Технічна характеристика градирні АТС-Е 165Е: об'єм води, що циркулює 0,0178 м<sup>3</sup>/с, потужність електродвигунів вентиляторів 2x4 кВт, витрати свіжої води 0,178 л/с, місткість резервуару 1,5 м<sup>3</sup>, витрата повітря 12,2 м<sup>3</sup>/с, габаритні розміри 3651x2203мм, висота 3159 мм.

## 2. Електропостачання холодильника

Холодильник плодової бази, що розташована в м. Кропивницький, має камери зберігання охолоджених фруктів, машинне відділення та цех товарної обробки. Для забезпечення регулювання роботи, контролю і захисту від аварій холодильне обладнання має прилади автоматики.

Камери зберігання оснащені повітроохолоджувачами, які мають вентилятори з асинхронними двигунами потужністю 1,5 кВт. В машинному відділенні розташовані компресори, які комплектуються асинхронними двигунами потужністю 110 кВт, водяні насоси з електродвигунами 7,5 кВт та градирні з електродвигунами 4 кВт. Крім цього машинне відділення має робоче та аварійне освітлення, робочу та аварійну вентиляцію.

### *2.1 Опис схеми електропостачання холодильника*

Система електропостачання підприємства має зв'язок з районною електричною мережею і має два кабельні вводи живлення.

Розподіл електроенергії здійснюється на наступних рівнях напруги:

- а) 10 кВ - для живлення однієї ТП;
- б) 380/220 В - основне цехове споживання електроенергії, включаючи освітлення.

### *2.2 Високовольтна частина*

Отримання електроенергії від районної електромережі та її розподілення між підстанціями підприємства забезпечує комплексний розподільчий пристрій (КРП). Лінія зв'язку з електромережею, через масляний вимикач і роз'єднувач силовими кабелями, підключена до своїх шаф КРП-10 кВ. На високій стороні трансформаторної підстанції встановлені масляні вимикачі, роз'єднувач, трансформатор струму, напруги та комутаційне обладнання для захисту від струмів КЗ.

### 2.3 Цехова система електропостачання

Приймачі електроенергії підприємства відносяться до 2-ї категорії.

Тому для створення резерву вибрано двотрансформаторну підстанцію. Потужність кожного трансформатора визначається з розрахунку забезпечення одночасного живлення, як власних приймачів електроенергії, так і споживачів іншого відключеного джерела (в аварійних режимах).

В аварійному режимі пошкоджений трансформатор відключають власним автоматом на стороні високої та низької напруги. Розподіл електроенергії між електроспоживачами холодильної установки забезпечують через розподільчий пристрій (РП).

### 2.4 Вибір потужності електродвигунів

Потужності електродвигунів для насосів та вентиляторів обрані за технічними характеристиками, згідно технологічних вимог.

Характеристики двигунів зведені в таблицю

Таблиця 2.1. Характеристики двигунів.

Споживач	Позначення	Тип двигуна	Кількість	$P_n$ , кВт	$I_n$ , А	$\frac{I_{пуск.}}{I_n}$	$\eta\%$	$\cos \varphi$	$n$ , об/хв
Вентилятори повітряно-охолоджувачів	ВП	M4D119-GF	57	3	5,4	9.3	0,78	0,84	1270
Розсільний та водяний насоси	РН/ВН	AIP 112 M2	6	7,5	15,2	7,2	0,85	0,88	2880
Гвинтовий компресор	ГК	AIP 280 S2	2	110	201	6,7	0,93	0,91	2970
Вентилятори градирні	ВГ	AIP 100 S2	6	4	8,4	7,5	0,84	0,88	2870
Вентилятор приточної робочої вентиляції	ВПР	AIP 100 S2	1	4	8,4	7,5	0,84	0,88	2870
Вентилятор витяжної робочої вентиляції	ВВР	AIP 112 M2	2	7,5	15,2	7,2	0,85	0,88	2880
Вентилятор витяжної аварійної вентиляції	ВВА	AIP 160 M2	1	18,5	36,3	7,1	0,89	0,89	2925
Масляний насос	МН	AIP 56 A2	2	0,18	0,55	5,3	65,7	0,77	2700

## 2.5 Розрахунок і вибір низьковольтного обладнання

Вибрані магнітні пускачі (МП) неререверсивні, захищеного виконання у відповідності до наступних умов:

$$I_{\text{м.п}} \geq I_{\text{л}}; \quad U_{\text{м.п}} = U_{\text{л}};$$

для теплового реле  $I_{\text{ср.тр.}} \geq 1,1 I_{\text{л}};$

$I_{\text{м.п}}$  ,  $I_{\text{л}}$  - відповідно номінальний струм МП і струм лінії, (прийнято  $I_{\text{л}} = I_{\text{н.дв}};$ );

$U_{\text{м.п}}$  ,  $U_{\text{л}}$  - номінальна напруга МП і лінії;

$I_{\text{ср.тр.}}$  – струм спрацювання теплового реле.

Вибрані магнітні пускачі зводимо в таблицю

Табл.2.2. Магнітні пускачі.

№ п/п	Позначення на схемі	$I_{\text{н}}, \text{А}$	$1,1 \cdot I_{\text{л}}$	Магнітний пускач		Тепловое реле	
				тип	$I_{\text{н}}, \text{А}$	тип	$I_{\text{уст}}, \text{А}$
1	ВП	6,5	7,15	ПМ12-010110Y3A	10	ТРН-10	10
2	РН	15,2	16,72	ПМ12-025110Y3A	25	ТРН-25	20
3	ГК	201	221,1	ПМ12-250110Y3A	250	-	-
4	ВГ	8,4	9,24	ПМ12-010110Y3A	10	ТРН-10	10
5	ВПР	8,4	9,24	ПМ12-010110Y3A	10	ТРН-10	10
6	ВВР	15,2	16,72	ПМ12-025110Y3A	25	ТРН-25	20
7	ВВА	36,3	39,93	ПМ12-063110Y3A	63	ТРН-40	40
8	МН	0,55	0,605	ПМ12-010110Y3A	10	ТРН-10	10

## 2.6. Вибір автоматичних вимикачів

Автоматичні повітряні вимикачі (автомати) призначені для захисту мереж електроприймачів від пошкоджень викликаних струмом вище допустимих значень, а також від струмів КЗ.

Вибір автоматів здійснюється, виходячи з таких умов:

$$I_{н.а} \geq I_{л}; \quad U_{н.а} = U_{л}; \quad I_{ср} \geq 1,25 I_{мак} .$$

Вибір установки спрацювання електромагнітного розчеплювача  $I_{уст}$  вибрано найближчий до  $I_{зпр}$  для ліній окремих електродвигунів прийнято:

$$I_{мак} = I_{пуск}.$$

У зв'язку з тим, що електроприймачі захищені від перевантажень, завдяки тепловим реле МП, автомати вибрані з електромагнітним розчеплювачем для захисту від максимальних струмів.

Передбачена установка серії автоматів, що входить в комплект стандартних розподільчих пунктів.

Результати вибору автоматів зведені в таблицю.

Таблиця 2.3. Вибір автоматичних вимикачів.

Позначення	Кількість	$I_{л}, A$	$I_{пуск}, A$	$1,25I_{л}, A$	Тип автомата	$I_{н}, A$	$I_{зпр}, A$
ВП	57	7,15	50,05	62,56	A3710Б	10	63
РН	3	16,72	120,384	150,48	A3710Б	20	630
ГК	2	221,1	1481,37	1851,71	A3720Б	250	2500
ВГ	6	9,24	69,3	86,63	A3710Б	16	200
ВПР	1	9,24	69,3	86,63	A3710Б	16	200
ВВР	2	16,72	120,384	150,48	A3710Б	20	200
ВВА	1	39,93	283,503	354,38	A3710Б	40	630
МН	2	0,605	3,2065	4,01	A3710Б	10	63

## 2.7 Розрахунок і вибір ПЗР

Електричні навантаження визначені по методу коефіцієнтів використання і максимуму.

Середня активна потужність за максимально завантаженою зміну:

$$P_{зм} = P_{н} \cdot K_{и}, \text{ кВт.}$$

Середня реактивна потужність за максимально завантаженою зміну:

$$Q_{зм} = P_{зм} \cdot \text{tg} \varphi, \text{ квар;}$$

Таблиця 2.4. Розрахунок потужностей.

Позначення	$P_{зм}, \text{ кВт}$	$\cos \varphi$	$\text{tg} \varphi$	$Q_{зм}, \text{ квар}$	$P_{н}, \text{ кВт}$	$K_{и}$	Кількість, п
ВП	2,4	0,84	0,65	1,6	3	0,8	57
РН	6,0	0,83	0,67	4,0	7,5	0,8	6
ГК	77,0	0,86	0,59	45,7	110	0,7	2
ВГ	3,2	0,84	0,65	2,1	4	0,8	6
ВПР	3,2	0,84	0,65	2,1	4	0,8	1
ВВР	5,6	0,84	0,65	3,6	7,5	0,75	2
ВВА	9,3	0,9	0,48	4,5	18,5	0,5	1
МН	0,4	0,77	0,83	0,4	0,55	0,8	2
Сума	370,6			230,9	498,6		

Для визначення коефіцієнта максимуму  $K_{м}$ , попередньо визначаємо проміжні дані коефіцієнт  $m$ :

$$m = \frac{P_{\max}}{P_{\min}} = 73,3 > 3;$$

Тоді ефективне число споживачів:

$$n = \frac{2 \cdot \sum D_i}{D_{i\ddot{a}o}} = 5,8.$$

Груповий коефіцієнт використання:  $K_{и.гр} = 0,75$ , з таблиці  $K_{м}$  прийнято  $K_{м} = 1,21$ . Розрахункові значення відповідно активної, реактивної і повної потужності ПЗР.

$$P_{pmax} = K_M \cdot \sum P_{3M} = 1,21 \cdot 370,6 = 448,4 \text{ кВт}; \text{ так як } n_3 < 10$$

$$Q_{pmax} = 1,1 \cdot \sum Q_{3M} = 1,1 \cdot 230,9 = 254 \text{ кВар}$$

$$S_{pmax} = (P_{pmax}^2 + Q_{pmax}^2)^{0,5} = (448,4^2 + 254^2)^{0,5} = 515,3 \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

Коефіцієнт потужності РП4

$$\cos \varphi = P_{pmax} / S_{pmax} = 448,4 / 515,3 = 0,87$$

Значення розрахункового і короткочасного максимального струму:

$$I_p = S / (3^{0,5} \cdot U) = 515,3 / (3^{0,5} \cdot 380 \cdot 10^{-3}) = 783 \text{ А.}$$

$$I_{max} = I_{пуск. max} + \sum I_n = 1481,3 + 907,9 = 2389,2 \text{ А};$$

де  $I_{пуск. max}$  - максимальний пусковий струм двигуна,  $\sum I_n$  - сума номінальних струмів двигунів.

Приймаю дві стандартні шафи герметичного виконання IP-56 типу СПМ 75-9 з наступними характеристиками:  $I_n = 400 \text{ А}$ ;  $U_n = 380 \text{ В}$ ; габаритні розміри  $800 \cdot 1350 \cdot 260 \text{ мм}$ . В склад РП встановлені всі розраховані апарати.

### *2.8 Розподілення електричної енергії у відділеннях*

У відповідності з кліматичними особливостями приміщення передбачена прокладка кабелю в трубах в землі ( $t_3 = 15^\circ \text{C}$ ). Для вказаного способу прокладки прийнято кабель марки ВВГ (для передбачення пошкодження кабелю та зменшення втрат при передачі електроенергії).

По величині розрахункового струму лінії, вибрано переріз кабелю, а потім перевірено на відповідність прийнятим до установки апарату захисту:

$$I_{доп} \geq I_{розр}$$

Для автоматичного вимикача:

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

де  $I_{зах}$  - струм спрацювання захисту, А. Переріз силових кабелів перевірений на втрату напруги:

$$\Delta U = \frac{10^5 \cdot \rho \cdot \sum P_n}{U_n^2 \cdot S} \leq S\% \cdot U_n.$$

Дрот вибрано алюмінієвий, трьохжильний у вініловій оболонці АВВГ.

Таблиця 2.5 Вибрані кабелі

Лінія		Довжина	I <sub>розр.</sub> ·А	I <sub>доп.</sub> ·А	S, мм <sup>2</sup>	Кільк. і переріз	Тип кабеля	ΔU% ,В
початок	кінець							
РП	ВП	40	7,96	35	2,5	3x2.5	АВВ	1,68
РП	РН	30	16,72	35	2,5	3x2.5	АВВ	2,65
РП	ГК	30	221,1	35	95	3x95	АВВ	0,92
РП	ВГ	70	9,24	35	2,5	3x2.5	АВВ	3,42
РП	ВІР	100	9,24	35	2,5	3x2.5	АВВ	4,88
РП	ВВР	100	16,72	185	5	3x5	АВВ	4,41
РП	ВВА	50	39,93	35	5	3x5	АВВ	5,27
РП	МН	30	0,605	0,55	2,5	2*2,5	АВВ	0,096

### 2.9 Вибір числа і потужності трансформаторів

Для забезпечення надійного і безперервного електропостачання приймачів І та ІІ категорії вибрана двохтрансформаторна підстанція. Спочатку розраховано електричні навантаження прикладені до шин НТП.

Потужність електроприймачів, які мають живлення від ТП зведені в таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 Потужність електроприймачів.

Споживачі	P, кВт	K <sub>и</sub>	P <sub>зм</sub> , кВт	tgφ	Q <sub>зм</sub> , квар
РП1	242,2	0,75	181,7	0,51	123,5
РП2	251,7	0,75	188,8	0,51	128,4
Σ	493,9		370,4		251,9

Значення активної потужності:

$$P_{p \max} = K_M \cdot \sum P_{zm} = 1,21 \cdot 370,4 = 448,2 \text{ кВт.}$$

Значення реактивної потужності:

$$Q_{p \max} = 1,1 \cdot \sum Q_{zm} = 1,1 \cdot 251,9 = 277,1 \text{ квар.}$$

Значення повної потужності.

$$S_{p \max} = (P_{p \max}^2 + Q_{p \max}^2)^{0,5} ;$$

$$S_{p \max} = (448,2^2 + 277,1^2)^{0,5} = 526,9 \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

При виході з ладу одного трансформатора Т1, інший Т2 забезпечує живлення всіх споживачів. Потужність силових трансформаторів вибрана з умови економічності режиму роботи, а також забезпечення резервування живлення споживачів з врахуванням допустимого перевантаження  $K_2(t)$ . Номінальна потужність трансформатора вибрана по розрахунковому максимуму навантаження  $S_p$ . Згідно рекомендації номінальна потужність вибрана не більше 0,7 передбаченого розрахункового максимуму навантаження ( $K_1=0,7$ ).

Величина  $K_2(t)$  вибрана для  $K_1=0,7$  та  $t=6$  годин. Звідки:

$$S_H / (K_2(t) \cdot S_n) \leq 0,7.$$

Приймаємо до установки два трансформатора 630 кВ·А типу ТМ-630/10.

### **3. Розрахунок економічної ефективності**

#### *3.1 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 плодової бази місткістю 1750 т.

При проектуванні розподільчого холодильника виконуються наступні роботи:

- будівництво одноповерхового холодильника;
- будівництво компресорного цеху;
- вибір та придбання холодильного обладнання;
- укомплектування штату виробничого персоналу компресорного цеху;

Реалізація проекту здійснюється без демонтажу старого обладнання і його реалізації, економічний ефект даного проекту заключається в зменшенні споживання електроенергії компресорним цехом, та менших капітальних затрат на будівництво в порівнянні з типовим проектом. Це досягається за рахунок малої встановленої потужності холодильної станції.

### 3.2 Вхідні дані

Підраховуємо проектне споживання електроенергії та води холодильним обладнанням компресорного цеху, всі розрахунки заносимо до таблиці

Таблиця 3.1. Вихідні данні для розрахунків

№ п/п	Найменування обладнання	К- ть	P <sub>н</sub> , кВт	P <sub>ел</sub> , кВт	P <sub>заг</sub> , кВт	Рік, тис. кВт год
1	J&E HALL серії HSS3122	2	240	110	220	1 767
3	Вентилятори повітроохолодників	57	3	2,8	57	456
4	Насос аміачний	2	7,5	6,8	14	108
5	Насос водяний	2	7,5	6,8	14	65
7	Приточний вентилятор компресорного цеху (робочий)	1	8,4	7,6	8	61
8	Витяжний вентилятор компресорного цеху (робочий)	1	7,5	6,8	7	54
9	Витяжний вентилятор КМ-цеху (аварійний)	1	18,5	16,7	17	37
10	Річна витрати електроенергії					2548,0

Підраховуємо проектне споживання свіжої води холодильним обладнанням компресорного цеху, всі розрахунки заносимо до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2. Річне споживання води

№ п/п	Найменування обладнання	К- ть	V <sub>вод</sub> , м <sup>3</sup> /ГОД	ΣV <sub>вод</sub> , м <sup>3</sup> /ГОД	Рік, тис. м <sup>3</sup>
1	Насос водяний	3	0,04	0,12	0,96

### 3.3 Розрахунок капітальних витрат

Визначаємо капітальні витрати на реалізацію проекту:

$$K = V_{п.р} + V_{буд} + V_{обл} + V_{т.з.} + V_{т.у} + V_{н.р} + V_{м} + V_{ін}$$

де V<sub>п.р</sub> - витрати на проектні роботи (4-5% загальної кошторисної вартості об'єкта;

V<sub>буд</sub> - витрати на будівельні роботи;

V<sub>обл</sub> - витрати на придбання обладнання;

V<sub>т.з.</sub> - транспортно-заготівельні витрати (транспортні 4-5%, заготівельні 1-1,25% від вартості обладнання);

V<sub>т.у</sub> - вартість тари і упаковки;

V<sub>н.р</sub> - витрати на навантажувально-розвантажувальні роботи;

$V_m$  - витрати на монтажні роботи (8-10% від вартості обладнання);

$V_{in}$  - інші витрати (0,5-2% від загальних витрат).

Розрахунок витрат на будівництво холодильника наведено в таблиці.

Таблиця 3.3. Розрахунок витрат

№ п/п	Назва	Розмірність	Зовнішня стіна	Перегородка	Підлога	Покриття	Разом
1	Площа	м <sup>2</sup>	900	900	1764	1764	-
2	Товщина	м	0,035	-	0,050	0,070	-
3	Вартість 1 м <sup>3</sup> матеріалів	грн/м <sup>3</sup>	161	707	91	112	-
4	Загальна вартість матеріалів	тис. грн	4	637	8	14	663
5	Вартість ізоляційних робіт	тис. грн	161	133	112	161	567
	Загальна вартість	тис. грн	165	770	120	175	1230

Розрахунок витрат на будівництво компресорного відділення наведено в таблиці

Таблиця 3.4. Розрахунок витрат

№ п/п	Назва	Розмірність	Стіни	Підлога	Покриття (балки, колонни)	Разом
1	Площа	м <sup>2</sup>	324	324	324	-
2	Товщина	м	0,380	0,500	0,040	-
3	Вартість 1 м <sup>3</sup> матеріалу підготовки	грн/м <sup>3</sup>	392	227,5	112	-
	Загальна вартість	тис. грн	48,3	36,7	1,47	86,5

Розрахунок витрат на придбання та монтаж обладнання наведено в таблиці

Таблиця 3.5. Витрати на обладнання

№ п/п	Найменування обладнання	Кількість	Витрати на одиницю обладнання, тис. грн.					Загальн і витрати , тис. грн.
			Придбання обладнання	Монтажні роботи	Тара і упаковка	Транспортно- заготівельні	Вантажні	
1	J&E HALL серії HSS3122	2	2441	244,1	24,1	152,6	12,4	2874,2
2	Повітроохолодник INGW563Y45	19	66,5	6,6	0,66	3,8	3,15	1533,5
3	Насос розсільний	3	16,8	1,68	0,17	1,0	0,84	61,5
4	Насос водяний	3	16,8	1,68	0,17	1,0	0,84	61,5
5	Маслиловіддільник Grasso OC 50	1	38,5	3,85	0,38	2,31	1,92	47,6
	Аміак	1000	0,093	0,0093	0,000	0,009	0,002	113,3
	Разом			257,9	25,5	160,7	19,1	4527,4

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

$$V_{\text{пр}} = 0,05 * (\sum V_{\text{буд}} + \sum V_{\text{обл}})$$

$$V_{\text{п.р.}} = 0,05 * (1230 + 86,5 + 4527,4) = 292,2 \text{ тис грн}$$

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

$$V_{\text{п.р.}} = 0,015 * (\sum V_{\text{буд}} + \sum V_{\text{обл}} + V_{\text{пр}})$$

$$V_{\text{ін}} = 0,015 * (1230 + 86,5 + 4527,4 + 292,2) = 92 \text{ тис грн}$$

Загальна сума капітальних затрат становитиме:

$$K = \sum V_{\text{буд}} + \sum V_{\text{обл}} + V_{\text{пр}} + V_{\text{ін}}$$

$$K = 1230 + 86,5 + 4527,4 + 292,2 + 92 = 6228,1 \text{ тис грн}$$

### 3.4 Виробництво і використання енергії

Річне споживання електроенергії холодильником та компресорним відділенням холодильника становить  $E_p = 2203 * 10^3$  кВт\*год. Ціна за 1 кВт\*год електроенергії становить  $C_{\text{ел}} = 180$  коп/(кВт\*год).

Визначаємо витрати на споживання електричної енергії за проектними розрахунками:

$$V_{\text{ел.ен.}} = E_p * C_{\text{ел}}$$

$$V_{\text{ел.ен.}}=2203*1,8=3965,4 \text{ тис грн}$$

Річне споживання води компресорним відділенням становить  $V_p=960 \text{ м}^3$ .

Ціна за  $1 \text{ м}^3$  води становить  $C_{\text{вод}}=23 \text{ грн/м}^3$ .

Визначаємо витрати на споживання води за проектними розрахунками:

$$V_{\text{вод.}}=V_p * C_{\text{вод}}$$

$$V_{\text{вод.}}=960*23=22,08 \text{ тис грн}$$

### 3.5 Розрахунок витрати на оплату праці

Фонд основної заробітної плати робітників компресорного цеху наведено в таблиці

Таблиця 3.6. Витрати на ЗП

№ п/п	Професія	Розряд	Тарифна ставка  грн/год	Чисельність, чол		Місячний фонд, грн.		Річний фонд, грн.	
					Проектна		Проектний		Проектний
1	Машиніст ХУ	III	19,44		4		14000		168000
2	Машиніст ХУ	IV	20,83		4		15000		180000
3	Слюсар-ремонтник	II	19,37		2		7000		84000
	Разом				10		36000		432000

Визначаємо додатковий фонд заробітної плати за формулою:

$$\Phi ЗП_{\text{дод}}= \Phi ЗП_{\text{осн}} * Д,$$

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

$$\Phi ЗП_{\text{дод}}=432000*0,15=64,8 \text{ тис грн}$$

Розраховуємо повний фонд заробітної плати за формулою:

$$\Phi ЗП_{\text{пр}}=\Phi ЗП_{\text{осн}}+ \Phi ЗП_{\text{дод}}$$

$$\Phi ЗП_{\text{пр}}=432000+64800=496,8 \text{ тис грн}$$

Визначаємо нарахування на заробітну плату за формулою:

$$НЗП_{\text{др}}= \Phi ЗП_{\text{пр}} * в,$$

де в - коефіцієнт нарахувань на заробітну плату (в=37,18%)

$$НЗП_{\text{др}}=496,8*0,3718=184,71 \text{ тис грн}$$

Витрату на оплату праці визначаємо за формулою:

$$ВOP_p= \Phi ЗП_{\text{пр}}+ НЗП_{\text{др}}$$

$$\text{ВОП}_p = 496,8 + 184,71 = 681,51 \text{ тис грн}$$

Фонд основної заробітної плати апарату управління наведено в таблиці

Таблиця 3.7 Витрати на ЗП

№ п/п	Професія	Посадовий оклад	Чисельність, чол		Місячний фонд, грн.		Річний фонд, грн.	
				Проектна		Проектний		Проектний
		грн.						
1	Механік	12000		2		24000		90000
2	Начальник цеху	16000		1		16000		96000
	Разом			3		40000		480000

Визначаємо додатковий фонд заробітної плати апарату управління за формулою:

$$\text{ФЗП}_{\text{дод.у}} = \text{ФЗП}_{\text{осн. у}} * Д,$$

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

$$\text{ФЗП}_{\text{дод.у}} = 480 * 0,15 = 72 \text{ тис грн}$$

Розраховуємо повний фонд заробітної плати апарату управління за формулою:

$$\text{ФЗП}_{\text{пр. у}} = \text{ФЗП}_{\text{осн. у}} + \text{ФЗП}_{\text{дод. у}}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{пр. у}} = 480 + 72 = 552 \text{ тис грн}$$

Визначаємо нарахування на заробітну плату за формулою:

$$\text{НЗП}_{\text{др. у}} = \text{ФЗП}_{\text{пр. у}} * В,$$

де В - коефіцієнт нарахувань на заробітну плату (В=37,18%)

$$\text{НЗП}_{\text{др. у}} = 552 * 0,3718 = 205,23 \text{ тис грн}$$

Витрату на оплату праці визначаємо за формулою:

$$\text{ВОП}_{\text{р. у}} = \text{ФЗП}_{\text{пр. у}} + \text{НЗП}_{\text{др. у}}$$

$$\text{ВОП}_{\text{р. у}} = 552 + 205,23 = 757,23 \text{ тис грн}$$

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

$$\text{ВОП}_{\text{заг}} = \text{ВОП}_p + \text{ВОП}_y$$

$$\text{ВОП}_{\text{заг}} = 681,51 + 757,23 = 1438,74 \text{ тис грн}$$

### 3.6 Визначення амортизаційних відрахувань

Стаття амортизаційних відрахувань розраховується як елемент собівартості.

Приймаємо норми амортизаційних відрахувань:

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

Витрати на амортизацію будівель складають:

- для холодильника:

$$A_{\text{хол}} = \sum B_{\text{хол}} * 5\%$$

$$A_{\text{хол}} = 1230 * 0,05 = 61,5 \text{ тис грн}$$

- для компресорного цеху:

$$A_{\text{ком}} = \sum B_{\text{ком}} * 5\%$$

$$A_{\text{ком}} = 86,5 * 0,05 = 4,325 \text{ тис грн}$$

Витрати на амортизацію основного технологічного обладнання:

$$A_{\text{обл}} = \sum B_{\text{обл}} * 22\%$$

$$A_{\text{обл}} = 4527,4 * 0,22 = 996,02 \text{ тис грн.}$$

Загальна сума амортизаційних витрат:

$$\sum A = A_{\text{хол}} + A_{\text{ком}} + A_{\text{обл}}$$

$$\sum A = 61,5 + 4,325 + 996,02 = 1061,9 \text{ тис грн}$$

### 3.7 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:

$$V_{i,\text{рем}} = A_{\text{обл}} * 14\%$$

$$V_{i,\text{рем}} = 996,02 * 0,14 = 139,44 \text{ тис грн.}$$

Пускові витрати приймаємо 2% від вартості обладнання:

$$V_{i,\text{пуск}} = \sum B_{\text{обл}} * 2\%$$

$$V_{i,\text{пуск}} = 4527,4 * 0,02 = 90,54 \text{ тис грн.}$$

Інші витрати приймаємо 3% від загальної суми амортизаційних відрахувань:

$$V_{i,\text{ін.}} = \sum A * 3\%$$

$$V_{i.ін.} = 1061,9 * 0,03 = 31,86 \text{ тис грн}$$

Загальна сума інших витрат складає:

$$\sum V_i = V_{i.рем} + V_{i.пуск} + V_{i.ін.}$$

$$\sum V_i = 139,44 + 90,54 + 31,86 = 261,84 \text{ тис грн.}$$

Визначення основних показників економічної ефективності проекту

Результати розрахунків проведених у попередніх пунктах розділу зводимо у порівняльну таблицю собівартості енергії

Таблиця 3.8 Показники економічної ефективності

№ п/п	Статі витрат	Значення показників, тис. грн.
		Проектні, С
1	Електроенергія	3965,40
2	Вода	22,08
3	Оплата праці	1438,74
4	Амортизація	1061,90
5	Інші витрати	261,84
	Разом	6749,96

Економія від зниження собівартості холоду становить:

$$C = 6749,96 \text{ тис грн.}$$

Чистий грошовий потік рівний:

$$ЧГП = C * 0,77 + \sum A$$

$$ЧГП = 6749,96 * 0,77 + 1061,90 = 6259,36 \text{ тис грн.}$$

Термін служби проекту (життєвий цикл):  $T_{сл} = 5$  років

Теперішня вартість за весь життєвий цикл проекту:

$$ТВ := \sum_{t=1}^5 \frac{ЧГП}{(1+P)^t}$$

Приймаємо дисконтну ставку НБУ  $P = 25\%$ .

Розрахунок теперішньої вартості грошового потоку проводимо в таблиці

Таблиця 3.9

Роки	Чистий грошовий потік, ЧГП	ЧГП з наростаючим підсумком	Коефіцієнт приведення при ставці НБУ P=25%	Теперішня вартість, ТВ	ТВ з наростаючим підсумком
	тис. грн.	тис. грн.	-	тис. грн.	тис. грн.
1	6259,36	6259,36	1,250	5007,48	5007,48
2	6259,36	12518,72	1,563	4004,71	9012,19
3	6259,36	18778,08	1,953	3205,00	12217,19
4	6259,36	25037,44	2,441	2564,26	14781,45
5	6259,36	31296,80	3,052	2050,90	16832,35

Чиста теперішня вартість:

$$ЧТВ = \sum ТВ - К * 1,2$$

$$ЧТВ = 57850,66 - 6228,10 * 1,2 = 50376,94 \text{ тис грн.}$$

Середньорічна теперішня вартість:

$$ТВ_{\text{ср}} = \sum ТВ / t = 57850,66 / 5 = 11570,13 \text{ тис грн.}$$

Недисконтований показник періоду окупності визначається статичним методом і розраховується за наступною формулою:

$$\hat{P} = \frac{2\hat{A}_t}{\hat{A}_{\text{пдд}}}$$

де:  $PO_n$  - недисконтований період окупності інвестиційних витрат по проекту;

$$PO_n = 11570,13$$

Дисконтний період повернення інвестицій (гарантований):

$$T_d = (К * 1,2) / ТВ_{\text{ср}}$$

$$T_d = (6228,10 * 1,2) / 11570,13 = 0,646 \text{ років}$$

Індекс доходності визначається за формулою:

$$Д = \sum ТВ / (К * 1,2)$$

$$Д = 57850,66 / (6228,10 * 1,2) = 7,74$$

**Висновок:** на основі проведених розрахунків робимо висновок, що проект доцільно та економічно вигідно впровадити так як індекс доходності дорівнює 7,74.

## 4. Цивільна оборона

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

#### *4.1 Вступ*

Холодильник плодової бази у досить великих кількостях використовує 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 від вражаючої дії СДОР. У даному проекті в рамках обраної теми пропонуються: розрахунки параметрів можливого хімічного зараження; схема оповіщення про аварію на ХНО; заходи безпеки виробничого персоналу; сили і засоби, якими здійснюється ліквідація наслідків можливої аварії, що є складовими частинами плану захисту виробничого персоналу від СДОР на підприємстві.

#### *4.2 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 - 1 т.

Усі речовини використовуються в суворому 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-й 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, МЕНП, 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 підприємства й населення, складання планів робіт й інших довгострокових (довідкових) матеріалів.

Для довгострокового (оперативного) прогнозування використовуються такі дані:

- задана 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 (20<sup>0</sup>С), ступінь вертикальної стійкості повітря (СВСП)

- (інверсія), напрямок вітру (не враховується), поширення повітря (приймається. в 315°);
- середня густина населення для даної місцевості (360 чол/ км<sup>2</sup> );
- 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  $Q_0$  таким, що дорівнює максимально можливому - 1 т.

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

$$Q_{c1} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7 \cdot Q_0,$$

де  $K_1$  - коефіцієнт, що залежить від умов зберігання СДОР; у нашому випадку  $K_1 = 0,18$  (тут в подальшому коефіцієнти прийняти за додатками до РД 52.04.253-90);

$K_3$  - коефіцієнт, що дорівнює відношенню значення вражаючої токсичної дози аміаку до значення вражаючої токсикози іншої СДОР;  $K_3 = 0,04$ ;

$K_5$  - коефіцієнт, що враховує ступінь СВСП; для інверсії - 1;

$K_7$  - коефіцієнт, що враховує вплив температури повітря; при 20°C  $K_7 = 1$ .

Тоді

$$Q_{c1} = 0,18 \cdot 0,04 \cdot 1 \cdot 1 = 0,072 \text{ т.}$$

2. Знаходимо глибину зони зараження первинною хмарою:  $\Gamma_1 = 0,9$  км.

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

$$Q_{c2} = (1 - K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot Q_0 / (h \cdot d)$$

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 залежить 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/м<sup>3</sup>.

Тоді

$$Q_{c2}=(1-0,18) \cdot 0,025 \cdot 0,04 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 3,03 \cdot 1 / (0,05 \cdot 0,68) = 0,073 \text{ т.}$$

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

5. Повна глибина зони зараження  $\Gamma$ :

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

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 150 чол.; забезпеченість протигазами 100%):

$$150 \cdot 10 / 100 = 15 \text{ чол}$$

Втрати виробничого персоналу розподіляються:

а) легкі ураження 25%:  $15 \cdot 25 / 100 = 4$  чол.;

б) середньої важкості 40%:  $15 \cdot 40 / 100 = 6$  чол.;

в) смертельні 35%:  $15 \cdot 35 / 100 = 5$  чол.

Результати розрахунків оперативного прогнозування подано у вигляді зведеної таблиці результатів (таблиця 4.1).

Таблиця 4.1 Результати розрахунків оперативного прогнозування.

Джерело забруднення	Тип СДОР	Кількість СДОР, т	Повна глибина зони зараження, км	Площа зони можливого хімічного забруднення, км <sup>2</sup>	Втрати від СДОР, чол
Холодильна станція	Рідкий аміак	1	1,35	2,86	15

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.

#### *4.3 Порядок оповіщення виробничого персоналу*

У випадку виникнення аварії у компресорній заводу 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 заводу по прямому радіозв'язку, встановленому безпосередньо на робочому місці машиніста.

Черговий диспетчер після доповіді голові правління бази 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 місць виникнення надзвичайної ситуації аварійно-рятувальну групу;

- доповідає про результати проведеної розвідки місця аварії голові правління підприємства, головному інженеру й начальнику штабу ЦО;

- 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 заводу 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 заводу: сирени, гучномовного зв'язку; прямий зв'язок з Головним управлінням з НС міста (начальник штабу ЦО, диспетчер); телефонний зв'язок внутрішній (керівники структурних підрозділів); телефонний зв'язок міський (голова правління заводу, начальник штабу ЦО); радіотелефонний зв'язок (охорона, черговий диспетчер); мобільні телефони (керівники й командно-начальницький склад ЦЗ заводу)..

Наявний зв'язок забезпечує взаємодію аварійно-рятувальної групи зі структурними підрозділами заводу, 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 об'єкту у

випадку НС згідно схеми оповіщення становлять: у робочий час 15 хв, у неробочий час і вихідні дні -1 год 30 хв.

Між об'єктом 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.

#### *4.4 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 інженерних 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 ЦО згідно з вимогами СНіП 2.01.51-90 «Інженерно-технічні заходи цивільної оборони»;

- якщо підприємство не є категоризованим по цивільній обороні і, відповідно, не має власних захисних споруд, то Головне управління з питань НС міста, де розташований об'єкт, обов'язково повинне винести рішення про місце укриття найбільшої робочої зміни об'єкту.

Для екстреного укриття працівників об'єкту 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 організовується начальником штабу ЦО плодової бази 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 ЦО» 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 об'єкті для виконання цієї роботи можуть бути залучені працівники цехів і допоміжних підрозділів, що мають відповідну матеріальну базу.

Для захисту персоналу об'єкту 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 заводу. При неможливості ліквідувати наслідки аварії силами заводу 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 спец загін державної пожежної охорони МВС України;

г) застосування засобів індивідуального захисту при аварії з викидом (виливом) 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 невоснізоване аварійно-рятувальне формування ЦО об'єкту, що призначене для проведення рятувальних і інших невідкладних робіт у забрудненій СДОР зоні, потім забезпечуються робітники та службовці об'єкту. Забезпеченню також підлягає населення, що проживає поблизу об'єкту в зоні можливого хімічного зараження.

Видача СІЗ й приладів РХР проводиться на пункті видачі майна ЦО.

5. Організація медичного захисту. На об'єкті є медичний пункт, в якому працює лікар місцевої поліклініки. Медичний пункт заводу укомплектований необхідними медичним устаткуванням, препаратами й засобами для надання долікарської допомоги у випадку виникнення НС на виробництві з ураженням працівників на різних етапах ліквідації наслідків аварії, пов'язаної зі СДОР.

Еколог виробничої лабораторії, фельдшер медпункту, разом з особовим складом позаштатної санітарної ланки аварійно-рятувальної групи надають долікарську медичну допомогу і евакуюють потерпілих автотранспортом об'єкту або медичної служби надзвичайних ситуацій в медичні установи міста за показниками уражень потерпілого.

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 заповідання шкоди здоров'ю людей. Евакуація працівників підприємства планується при надзвичайних ситуаціях на об'єктовому рівні та при надзвичайних ситуаціях державного й міського рівня.

#### *4.5 Сили і засоби, що залучаються для ліквідації наслідків аварії*

До складу сил і засобів цивільного захисту бази входить позаштатне невоєнізоване формування ЦЗ - аварійно-рятувальна група, що використовується для виконання завдань по попередженню й реагуванню на надзвичайні ситуації в межах території об'єкту. Аварійно-рятувальна група оснащена поливо-миючими машинами - 2 шт., вантажними автомобілями - 5 шт., легковими автомобілями - 2 шт., зварювальними агрегатами - 3 шт., газорізами - 1 шт.

Аварійно-рятувальна група складається з:

- ланки аварійно-рятувальних робіт (24 чол.; керівництво й організація покладаються на відділи головного енергетика (ВГЕ), головного механіка (ВГМ), на авто- й електротранспортну ділянку);
- ланки пожежегасіння (10 чол.; керівництво й організація покладаються на ремонтно-будівельну дільницю (РБД) й ВГЕ);
- ланки радіаційно-хімічного спостереження (3 чол.; керівництво й організація покладаються на виробничу лабораторію);
- санітарної ланки (7 чол.; керівництво й організація покладаються на медпункт бази та еколога виробничої лабораторії);
- ланки зв'язку й оповіщення (3 чол.; керівництво й організація покладаються на службу контрольно-вимірювальних приладів і автоматизації);
- ланки охорони громадського порядку (10 чол.; керівництво й організація покладаються на відомчу охорону бази);
- ланки видачі ЗІЗ (5 чол.; керівництво й організація покладаються на

відділ матеріально-технічного забезпечення);

#### *4.6 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.

## 5. Охорона праці

### 5.1 Вступ

Холодильник плодової бази місткістю 1750 т. проектується з застосуванням сучасного холодильного обладнання, що має високий рівень автоматизації. В якості будівельних конструкцій холодильника використано сендвіч-панелі, в якості ізоляції – пінополіуретан. Аміачна холодильна установка працює 24 годин на добу, її робота являється джерелом ряду шкідливих і небезпечних виробничих факторів, що діють на обслуговуючий персонал холодильної установки. При проектуванні враховано вимоги нормативного документу (НПАОП 29.23-1.04-90. «Правила будови і безпечної експлуатації аміачних холодильних машин»).

### 5.2 Шкідливі та небезпечні фактори

Шкідливі виробничі фактори:

- підвищена або понижена температура повітря робочої зони;
- підвищена або понижена відносна вологість повітря робочої зони;
- підвищена швидкість руху повітря;
- підвищення шуму, вібрації на робочому місці;
- підвищення запиленості, загазованості повітря;
- недостатній рівень освітленості робочої зони;

Небезпечні виробничі фактори:

- недотримання вимог безпеки до розміщення робочих місць, обладнання і технологічних майданчиків;
- рухомі машини і механізми, незахищені рухомі елементи рухомого обладнання;
- виробничі заготовки, що пересуваються (на конвеєрах);
- обвалення, падіння предметів, падіння людей;

- наявність посудин, що працюють під тиском;
- небезпечний рівень напруги в електричному колі;
- небезпечний рівень статичної електрики, атмосферна;
- електрика;

### 5.3 Мікроклімат

Санітарно-гігієнічні норми параметрів повітря в робочій зоні відповідають ДСН 3.3.6.042-99. “ Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ”.

Табл. 5.1 Параметри мікроклімату в робочій зоні:

Параметри	Компресорний цех (допустимі параметри)	ПУ (оптимальні параметри)
У теплий період року:		
Температура, °С	15-27	22-24
Відносна вологість, %	70	40-60
Швидкість руху повітря, м/с	0.2-0.5	≤ 0.2
У холодний період року:		
Температура, °С	15-21	21-23
Відносна вологість, %	≤ 75	40-60
Швидкість руху повітря, м/с	≤ 0.4	≤ 0.2

Машинне відділення обладнане системою постійно діючої припливно-витяжної і аварійної витяжної механічної вентиляції. Повітря видаляється в атмосферу без очищення. Побутові помешкання при машинному відділенні мають окрему від машинного відділення систему вентиляції. Припливно-витяжний вентилятор машинного відділення виконаний в іскробезпечному

виконанні, а їхні електродвигуни вибухозахисні з будь-яким рівнем вибухозахисту.

Аварійна вентиляція забезпечує в приміщеннях видалення не менше 50 м<sup>3</sup>/год на 1 м<sup>2</sup> площі підлоги приміщення та робочих ділянок, крім приміщень насосних та компресорних станцій категорій А та Б, для яких витрата повітря - 60 м<sup>3</sup>/год на 1 м<sup>2</sup>.

У приміщенні машинного відділення встановлено індикатори витікання і сигналізатори аварійної концентрації аміаку у повітрі приміщень. Обов'язкове включення витяжної вентиляції при концентрації аміаку більше 500 мг/м<sup>3</sup> (0,07%). При досягненні концентрації 1500 мг/м<sup>3</sup> (0,21%) одночасно вмикається аварійна і витяжна вентиляція, світлозвукова сигналізація і сирена типу ПВ-СС, табло над входом у машинне відділення, попереджуючи про загазованість приміщення. В приміщенні встановлено два незалежно діючих сигналізатори аварійної концентрації.

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

Розрахунок кратності загально обмінної вентиляції.

Визначення кількості вентиляційного повітря при розбавленні свіжим повітрям шкідливих газів, парів та пилу.

Вихідними даними для розрахунку є:

$C_1=0,02$  мг/м<sup>3</sup> - концентрація парів аміаку у припливному повітрі, (природний вміст аміаку в повітрі), мг/м<sup>3</sup>;

$C_2=20$  мг/м<sup>3</sup> - концентрація парів аміаку у повітрі машинному відділенні, (не більше ГДК в повітрі робочої зони), мг/м<sup>3</sup>;

$P=12,7*10^5$  - робочий тиск в апараті, Па;

$P=1*10^5$  - тиск в приміщенні, Па;

$V_{ап}=6$  м<sup>3</sup>

$\eta=0,15\%$  -втрати герметичності устаткування протягом години;

$K_3=1$  -коефіцієнт запасу;

$\rho=0,13$  кг/м<sup>3</sup> - густина шкідливих газів;

$\tau=0,12$  - час на протязі якого є витік газу, год;

$V=1944$  м<sup>3</sup> - об'єм приміщення, що вентилується, м<sup>3</sup>;

Визначаємо кількість шкідливих газів, які виділяються з апаратури приміщення цеху за годину, за формулою:

$$G=((P-P_0)*V_{ан} * \eta * K_3 * \rho)/(100* P_0* \tau)$$

$$G=((12,7-1)*6*0,15*1*0,13)/(100*1*0,12)=0,114$$

Визначаємо кратність припливного повітря, що подається в машинне відділення:

$$L=(1000*G)/(C_2- C_1)$$

$$L=(1000*86)/(20-0,02)=4304 \text{ м}^3/\text{Год}$$

Кількість вентиляційного повітря:

$$n= L/V$$

$$n= 4304/1944=2,21 \text{ об'єм/год}$$

#### *5.4 Шум і вібрація*

Допустимий рівень шуму в машинному відділенні та на робочому місці в ПУ не перевищує встановлених норм (ДСН 3.3.6.037-99 “ Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку ”). Загальна технологічна вібрація не перевищує гранично допустимого значення — 92 дБ, що встановлена (ГОСТ 12.1012-90. ССБТ. “Вибрационная безопасность. Общие требования”; ДСН 3.3.6.039-99. “ Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації ”).

Компресорно-конденсаторні установки встановлені на спеціальних фундаментних плитах, на віброопорах, які не передають вібрацію. Для зменшення впливу вібрації, що викликається роботою компресорів, дотримуються таких умов: трубопроводи, що приєднуються до машини, не жорстко кріпляться до конструкцій будинку; при необхідності застосування жорстких кріплень передбачено відповідні компенсуючі пристрої; трубопроводи,

що з'єднують компресори з устаткуванням, мають достатню гнучкість, що компенсує деформації.

### 5.5 Освітлення

Вимоги до освітлення - рівень освітленості в приміщенні машинного відділення відповідає вимогам ДБН В.2.5-28-2016. “ Природне і штучне освітлення”. Для компресорного цеху при загальному спостереженні за ходом роботи, при постійному перебуванні людей та VI розряді зорової роботи освітленість становить 200 лк ( $e_n = 3,0\%$ )

Для живлення світильників загального освітлення застосовується напруга 220В.

Світильники з люмінесцентними лампами на напругу 127-220 В встановлено на висоті 3,5 м від підлоги.

Для живлення світильників місцевого стаціонарного освітлення з лампами розжарювання застосовується напруга: у приміщеннях без підвищеної небезпеки не більше 220 В; у приміщеннях з підвищеною небезпекою - не більше 42 В; в особливо небезпечних - не більше 12 В.

Світильники робочого і аварійного освітлення у виробничих будівлях і зонах роботи на відкритому просторі мають живлення від різних незалежних джерел.

Аварійне і ремонтне освітлення: машинного відділення, а також існуючі підземні прохідні тунелі з аміачними трубопроводами і розподільчою арматурою мають аварійне освітлення від незалежного джерела (у відповідності з ПУЕ ). Воно автоматично вмикається при відключенні робочого освітлення.

Розрахунок штучного освітлення в диспетчерській

Розміри приміщення:  $a=18$  м, ширина  $b=18$  м.

- $E=100$  лк - нормована освітленість компресорного цеху;
- тип ламп ЛД-80;
- $\Phi$  - світловий потік однієї лампи  $F=4250$  лм;
- $K_3=1,5$  - коефіцієнт запасу освітлення;
- $Z=1.15$  - коефіцієнт нерівномірності освітлення;
- $n=2$  – кількість ламп у світильнику;

-  $\eta=0,85\%$  - коефіцієнт використання ламп

Площа приміщення:

$$S=a*b$$

$$S_{\text{п}}=18*18=324\text{м}^2.$$

Знаходимо необхідну кількість ламп:

$$n=(E* K_3* S_{\text{п}}*Z)/( \Phi*n* \eta)$$

$$n=(100*1,5*324*1,15)/(4250*2*0,85)=7,74$$

Приймаємо 8 світильників. Розміщуємо їх в три ряди рівномірно по машинному відділенню.

### *5.6 Техніка безпеки*

Вимоги техніки безпеки регламентує ГОСТ 12.2.003-91. ССБТ. «Оборудование производственное. Общие требования безопасности.»

На об'єкті наказом керівника призначені 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 автоматичі.

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.

Допускається обслуговування холодильної установки одним машиністом в зміну, якщо по умовам технологічного процесу споживача холоду можливе тимчасове припинення постачання холоду з вимкненням холодильної установки. В протилежному випадку холодильну установку повинні обслуговувати не менше двох машиністів в зміну.

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

Персонал, що працює у виробничих приміщеннях, в яких встановлено технологічне обладнання з безпосереднім кипінням аміаку, проходить інструктаж по охороні праці, пов'язаний із застосуванням на виробництві аміачної системи безпосереднього охолодження. Інструктаж проводить начальник цеху, в якому експлуатується таке обладнання.

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

Перевірку знань по техніці 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".

Персонал, що постійно працює в приміщеннях холодильника, цехів зберігання охолоджених продуктів проходить всі види інструктажу і курсове навчання по техніці безпеки, пов'язаної із застосуванням на виробництві аміачної системи охолодження.

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

На адміністрацію підприємства покладається відповідальність за проведення навчання і інструктажу робочих і службовців.

У машинному відділенні вивішені на видному місці, затверджені головним інженером інструкції:

- по обладнанні і експлуатації аміачних холодильних установок;
- експлуатації холодильної системи (охолодного обладнання);
- обслуговуванню контрольно-вимірювальних приладів і автоматики;
- пожежної безпеки;
- охороні праці (надання долікарської допомоги при отруєнні аміаком, дії персоналу по ліквідації прориву аміаку і при виникненні аварійної ситуації і т.д.);
- річні і місячні графіки проведення планово-попереджувального ремонту;
- схеми аміачних, 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 адреси організацій, що обслуговують автоматизовану холодильну установку.

У випадку внесення змін у холодильну установку, схеми трубопроводів, вивішені в машинному відділенні, повинні бути відповідно змінені до моменту переходу роботи на нову схему і перезатвердженні головним інженером підприємства.

У компресорному цеху є добовий журнал установленої форми. Журнал має пронумеровані, прошнуровані, закріплені печаткою підприємства, із датою і підписом начальника цеху.

Біля входу в охолоджувальні приміщення (коридор, естакада) вивішені інструкції з охорони праці при проведенні робіт у камерах холодильника.

### *5.7 Електробезпека*

Електроустановки споживачів, що експлуатуються, відповідають вимогам ДНАОП 00.0 –1.32. –01. “Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок”.

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. Напряга в колах керування устаткуванням, що встановлено у приміщеннях особливо небезпечних і з підвищеною небезпекою, а також зовні приміщення, не перевищує 42 В.

Комплектні пристрої (щити, шафи тощо), що призначені для робіт при напрузі до 1000 В, відповідають вимогам ДНАОП 00.0 –1.32 –01, ДНАОП 0.00. –1.21 –98 “ Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів”, ” Дверцята шаф і ящиків з електроапаратурою замикаються за допомогою спеціального ключа або замка.

### *5.8 Пожежна безпека*

Речовина, що утворює вибухонебезпечну суміш з повітрям, - аміак, категорія вибухонебезпечної суміші - II А, група вибухонебезпечної суміші - II.

Коридори та вестибюлі з аміачними трубопроводами і розподільчою арматурою, а також виробничі цехи з технологічним обладнанням, що містить аміак, не відносяться до вибухонебезпечних приміщень.

Система запобігання пожежі включає:

- дотримання пожежної безпеки при експлуатації електроустановок;
- надійна тепло- та електроізоляція та її контроль;
- запобігання палінню у виробничих приміщеннях;
- дотримання вимог пожежної безпеки при виконанні ремонтних робіт.

Система пожежного захисту включає:

- виконання будівельних конструкцій з вогнестійких матеріалів (III ступень вогнестійкості);
- протипожежні розриви між будівлями;
- наявність двох незалежних евакуаційних виходів;
- використання засобів пожежної сигналізації оповіщення;
- наявність протипожежного водопостачання

## 6. Автоматизація

### 6.1 Вступ

Широке використання автоматизованих систем управління обумовлюється значним економічним ефектом, який досягається дякуючи: забезпеченню заданих якостей продуктів, що виробляються, незалежно від суб'єктивних факторів; зменшенню втрат цінних продуктів; зниженню трудоемкості процесів виробництва; підвищенню культури виробництва і т.д. Сучасний розвиток промисловості супроводжує більш широке використання автоматизованих систем управління технологічними процесами. Причиною цього є: концентрація виробництва; ріст потужностей підприємств; використання поточних і безперервних способів виробництва; забезпечення підприємств новим високопродуктивним обладнанням; наявність сучасних засобів автоматизації.

Холодильна установка з  $t_0 = -15^{\circ}\text{C}$  повинна працювати в рамках призначеного оптимального експлуатаційного режиму, забезпечуючи в свою чергу підтримання температурного режиму процесів в напівавтоматичному режимі. Відповідно, в процесі експлуатації холодильної установки, названі режими необхідно контролювати і регулювати. Це одна із відповідальних функцій інженерно-технічного персоналу підприємства.

Для визначення температури, тиску, різниці тиків аміаку та мастила використовуємо такі достатньо відомі прилади, як термометри, манометри і мановакуумметри, датчики пересування та реле струму.

Використання контрольно-вимірювальних приладів (КВП) і використання їх показів для регулювання роботи холодильної установки є найважливішою умовою ефективної та безпечної експлуатації останньої.

Для забезпечення  $t_0 = -15^{\circ}\text{C}$  у компресорному відділенні встановлено холодильні машини 21 МКТ 280-7-3. Машина складається з компресора, конденсатору, випарника, регулюючої станції, електродвигуна,

масловіддільника, арматури та щита керування.

### *6.2 Регулювання роботи компресора у складі машини 21 МКТ 280-7-3*

Пароподібний аміак всмоктується компресором з випарника. На всмоктувальній компресора встановлено: моновакуумметр МВП4А-УУ2 ТШ (17-1), який показує величину тиску всмоктування; реле тиску всмоктування Д220А-13 (17-2), яке призначене для захисту аміачного компресора від недопустимого тиску всмоктування.

На нагнітальній стороні компресора встановлено: манометр МПЗА-У (12-1), який показує величину тиску нагнітання; реле тиску нагнітання ДЕМ102-2-05А (12-2), яке призначене для захисту аміачного компресора від недопустимого тиску нагнітання; датчик-реле температури Т419-2М-25 (13-2), яке призначене для автоматичного захисту від аварійного підвищення температури на лінії нагнітання компресора; термометр ТП-7 (13-1), який показує температуру нагнітання.

На вході і виході мастила з компресора встановлені реле перепаду тиску ДЕМ-202 (18-1, 19-1).

У випадку зміни тиску нагнітання, різниці тиску мастила, підвищення температури нагнітання або температури мастила подається світлова і звукова сигналізація, сигнал на автоматичний захист. Компресор при цьому автоматично вимикається. Після аварійного вимикання компресору вмикання можливе тільки в ручну.

### *6.3 Замовна специфікація на прилади і засоби автоматизації*

Замовна специфікація на прилади і засоби автоматизації складена на один компресорний агрегат.

Таблиця 6.1. Замовна специфікація на прилади і засоби автоматизації.

№ поз.	Параметр середовища	Найбільше значення	Місце установки	Найменування і характеристики	Тип приладу	Кількість	Завод виготовлювач
1-2, 6-1	Тиск	0,03 МПа	По місцю	Мановакууметр Шкала -1÷15МПа	МВП4А- УУ2 ТШ	2	Томський манометровий завод “Манотом”
1-1	Тиск	0,03 МПа	По місцю	Реле тиску всмоктування. Діапазон настроювання 0,028-0,03МПа	Д220А-13	1	ГК “Теплоприлад”
2-2, 5-2, 17-1	Тиск	1,5 МПа	По місцю	Манометр. Шкала 0÷15МПа	МПЗА-У	2	Казанський завод тепло- вимірювальних приладів “Теплоконтроль”
2-1	Тиск	1,5 МПа	По місцю	Реле тиску нагнітання. Діапазон настроювання 0÷15 МПа	ДЕМ102-2- 05А	1	ГК “Теплоприлад”
4-1	Температура	140 <sup>0</sup> С	По місцю	Датчик-реле температури. Діапазон настроювання 60- 160 <sup>0</sup> С	Т419-2М-25	1	ГК “Теплоприлад”
11-1	Температура	25 <sup>0</sup> С	По місцю	Датчик-реле температури. Діапазон настроювання 0÷50 <sup>0</sup> С	Т419-2М-03	1	ГК “Теплоприлад”
3-1	Температура	80 <sup>0</sup> С	По місцю	Датчик-реле температури опору мідний, монтажна довжина 160мм.	ТСМ-6097	1	Луцький приладобудівний завод

3-2, 6-2	Тиск	0,22МПа	По місцю	Реле перепаду тиску мастила. Настройка 0,1- 1,8МПа	ДЕМ-202	1	ГК “Теплоприлад”
13-1	Струм	610А	По місцю	Реле струму	TSZA	1	Фірма “Grasso”
16-1	Переміщення	-	По місцю	Датчик переміщення	GBT	1	Фірма “Grasso”

## 7. Список використаної літератури

1. Пирог П. И. Теплоизоляция холодильников. - М.: Пищевая промышленность. - 1966, 272 стр.
2. Явнель Б. К. Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и установок кондиционирования воздуха.-М.:Агропромиздат.-1989, 224 стр.
3. Хранение свежих плодов. Методическое руководство МВШЭ.МР-012-2002-М.:Автономная некоммерческая организация «Московская высшая школа экспертизы», 2002г., 105с.
4. Современные технологии хранения овощной продукции – Москва 2009, 172 стр.
5. Ильинский А. С. Оптимизация процесса снижения концентрации кислорода в камере при ее продувке азотной средой от газоразделительной установки. «Хранение и переработка сельхозсырья», №10, 2003г.
6. Бабакин Б.С. Бытовые холодильники и морозильники.:М. Колос.-1998, 632с.
7. Неклепаев Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для дипломного проектирования. – М.: Энергопромиздат, 1989. 608с.
8. Рябов В.И. Электрооборудование в общественном питании и торговле- М.: Экономика, 1983.
9. Максимов Н. Б. Промышленные фторорганические продукты.-СПб.: Химия. - 1996, 544 с.
10. Холодильні машини: Метод. вказівки до вивч. дисц. та викон. курс. роботи для студ. спец. 6.090500 “Холодильні машини і установки” заоч. форми навчання /Уклад.: А.В.Форсюк, С.М.Василенко, В.І.Гоштовт. – К.: УДУХТ, 2000. – 42с.
11. Бараненко А.В. Практикум по холодильным установкам.-СПб.:Профессия.-2001, 272 стр.
12. “The commercial storage of fruits” :United States Department of Agriculture, 2016.-792с.
13. Комаринський Я. Фінансово- інвестиційний аналіз. - К.: Українська енциклопедія ім. М.П.Бажана, агенство “Книга Пам’яті України”,1996.-298с.