

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

**Інститут:** Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С.Гулого

**Кафедра:** Теплоенергетики та холодильної техніки

**«До захисту в ЕК»**

Директор інституту

Блаженко С.І.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

**«До захисту допущено»**

В.о.завідувача кафедри

Петренко В.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

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

освітньо-професійної програми \_\_\_\_\_

Холодильна техніка та технології

на тему: Порівняльний аналіз ефективності холодильних установок  
овочесховища на базі різних системних рішень

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

Зубковський Ярослав Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник Мирошник Марія Миколаївна

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Консультант \_\_\_\_\_

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

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

Здобувач \_\_\_\_\_

(підпис)

Київ – 2021 р.

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

Кафедра теплоенергетики та холодильної техніки

Освітній ступінь \_\_\_\_\_

Спеціальність 142 Енергетичне машинобудування  
(код і назва)

Освітньо-професійна програма Холодильна техніка та технології  
(назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач

кафедри ТЕХТ

“ 10 ” листопада 2020 року

## З А В Д А Н Н Я

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Зубковського Ярослава Ігоровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема Порівняльний аналіз ефективності холодильних установок роботи овочесховища на базі різних системних рішень

керівник роботи доц. Мирошник Марія Миколаївна,  
( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

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

2. Строк подання здобувачем роботи 01.02.2021р.

3. Вихідні дані до роботи \_\_\_\_\_

Холодоагент R507

Тип продукту картопля, морква, цибуля, буряк

Ізоляційний матеріал ППУ

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

1). Технолог. схема оброблення продукції.

2). Розрахунок холодильної частини проекту

3). Техніко економічні показники

4). Охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу \_\_\_\_\_

1. План та розріз будівлі холодильника

2. Схема холодильної установки, два варіанти



# ЗМІСТ

## Вступ

### 1. Стан галузі зберігання плодоовочевої продукції

#### 1.1 Аналіз існуючих систем охолодження плодоовочесховищ

### 2. Опис будівельних конструкцій

#### 2.1. Опис будівельних конструкцій холодильника.

#### 2.2. Розрахунок ізоляційних конструкцій

#### 2.3 Розрахунок теплоізоляції огорож.

#### 2.4. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень

#### 2.5. Теплонадходження від вантажів при холодильній обробці.

#### 2.5.1 Визначення навантаження на обладнання камер та компресори

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

#### 2.7. Тепловий розрахунок холодильної машини.

#### 2.7.1. Розрахунок компресора:

#### 2.8. Розрахунок та підбір теплообмінних апаратів

#### 2.9. Розрахунок та підбирання допоміжного обладнання холодильної установки

### 3. Вихідні дані для проектування

#### 3.1 Вихідні дані для розрахунку теплового навантаження

### 4. Результати розрахунків теплового навантаження на прилади повітряного охолодження складських приміщень та компресорне обладнання холодильних систем

#### 4.1 Загальні відомості до проекту

#### 4.2 Вибір обладнання

### 5. Система автоматичного введення резервного живлення-(АВР)

і пристрій відновлення схеми щита 0,4 кВ

### 6. Охорона праці

### 7. Санітарні вимоги до виробничих приміщень та розташування обладнання

### 8. Список використаної літератури

## АНОТАЦІЯ

Дипломний проект магістерського рівня на тему: «Холодильна установка для зберігання овочів у м. Бровари»

Мета проекту – створення оптимальних умов зберігання овочів усередині холодильної камери в теплий та холодний період року за рахунок встановлення теплотехнологічного та санітарно-технічного обладнання.

Використані методики теплових, конструктивних та гідравлічних розрахунків теплотехнологічного та санітарно-технічного обладнання.

Наведені результати розрахунків сумарних теплопритоків у режимах охолодження та зберігання, що включають надходжень теплоти через зовнішні огороженнями холодильної камери у теплий період року, від продукції та контейнерів, експлуатаційний тепловий потік, і т. ін.

За результатами розрахунків теплового навантаження вибране основне та допоміжне обладнання системи холодопостачання, що включає випарник, компресори, конденсатор, бризкальний басейн, і т. ін. , на основі теплових розрахунків вибрані охолоджуючі батареї. За допомогою гідравлічного розрахунку підібрані трубопроводи холодоагенту.

Визначено, що в охолоджуючих батареях оребрені труби мають в 2 - 3 рази меншу довжину, на відміну від гладких, оскільки необхідна площа теплопередачі компенсується оребренням, тоді зменшується металоємність та об'ємна ємність за холодоагентом.

Наведені заходи з охорони праці.

На кресленнях наведені технологічна схема холодильної установки, розташування.

**Ключові слова:** холодопостачання, холодильна камера, охолодження, теплове навантаження, температура, випарник, фреон.

## ВСТУП

Холодильна установка - комплекс, що включає холодильні машини, апарати і споруди, які призначений для отримання, транспортування та використання штучного холоду в технологічних процесах в харчовій, хімічній, металургійній, гірничій, нафтовій, газовій та медичній промисловості.

У цьому сенсі холодильна установка в додаток до чотирьох основних елементів, що складають холодильну машину (або в додаток до основних елементів безмашинного охолодження), включає ще апарати, прилади, трубопроводи і навіть споруди, що необхідні як для удосконалення технологічних процесів при низьких температурах, так і для раціональної експлуатації холодильного обладнання протягом тривалого часу.

Холодильні установки використовують також для аккумулявання, транспортування та зберігання вторичних енергоресурсів. Для цього застосовують підвищуючі або понижуючі термотрансформатори з використанням хемотермічних реакцій, наприклад, водо-аміачні абсорбційні холодильні установки.

Головне призначення холодильних машин - вироблення штучного холоду або відведення теплоти від продукту, що охолоджується. Це дозволяє знижувати температуру самого продукту та підтримувати більш низьку температуру в сховищі в порівнянні з температурою навколишнього середовища.

Якість овочів залежить від дотримання всіх норм при їх зберіганні. Для цього в холодильній камері протягом режиму зберігання повинні підтримуватися в досить вузькому діапазоні значення температур, вологовміст та хімічний склад середовища, що зазначені нормами. Тому при проектуванні холодильної установки необхідно враховувати важливість її безперервної роботи протягом досить тривалого часу.

Овочесховища можуть бути як самостійними підприємствами, так і частиною промислових баз, що дозволяє використовувати холодильні установки протягом року. Вони можуть розміщуватися як в районах заготівлі, так і в споживаючих районах.

У складі холодильників для фруктів і овочів передбачають такі виробничі приміщення:

- камери зберігання фруктів та овочів;
- приміщення товарної обробки (перебирання, фасування й упакування);
- експедиції для приймання і відпуску продукції.

Для холодильних установок ємністю до 1000 т можливе суміщення приміщень товарної обробки з експедиціями.

Спеціальні камери попереднього охолодження зазвичай проектуються тільки на заготівельних холодильних установках, а в районах споживання їх не передбачають. На заготівельних холодильниках після закінчення періоду заготовки ці камери можуть бути використані для зберігання плодів, в якості приміщень для перебирання і сортування вантажів перед відвантаженням.

При наявності цехів з випуску заморожених продуктів, холодильна установка повинна мати відповідні камери для заморожування і зберігання заморожених продуктів.

Не допускається спільне зберігати фруктів з овочами; плодів, що мають сильні запахи (апельсини, лимони, мандарини, дині), з іншими плодами; часник з іншими овочами; виноград з іншими фруктами. У складі холодильника передбачають камери з умови необхідності окремого зберігання фруктів та овочів по окремих видах і сортам або групами сортів відповідно до їх біологічними особливостям: цитрусові; зерняткові (яблука, груші); виноград; сливи; сухофрукти; цибуля; часник.

Подальшим розвитком способу холодильного зберігання фруктів є зберігання в регульованому газовому середовищі. При такому способі зберігання фруктів, крім певного температурно-вологісного режиму, підтримується задана концентрація кисню, вуглекислого газу та азоту. Для створення в камерах певного газового складу середовища застосовують спеціальні газогенератори - установки, в яких газову суміш потрібного складу отримують за рахунок спалення природного газу. Необхідний газовий режим може бути створений біологічним шляхом за рахунок життєдіяльності фруктів. При такому способі застосовують скрубєрні установки для поглинання надлишку вуглекислого газу.

Кратність циркуляції газової суміші дорівнює 20. В камерах з регульованим газовим середовищем повині бути передбачені заходи щодо забезпечення достатньої герметизації.

Система охолодження камер з регульованим газовим середовищем - повітряна з безканальним розподілом повітря. Рекомендований об'єм камер 800 - 1200м<sup>3</sup>. Орієнтовні витрати холоду 35 Вт / м<sup>2</sup>.

## **1. Стан галузі зберігання плодоовочевої продукції**

Безперервне постачання населенню свіжих плодів та овочів можливе тільки за умов правильного їх зберігання протягом тривалого періоду після збирання урожаю. Але зберігання вирощеної плодоовочевої продукції утруднюється недосконалістю і низькою ефективністю існуючих технологій та засобів для збереження, а також відсутністю необхідної місткості сховищ соковитої рослинної сировини. Необхідний об'єм сховищ рослинної продукції в Україні відповідно до існуючих норм становить 4916000 т, у тому числі овочів – 211200 т, фруктів – 623000 т. Існуючі нині ємності для зберігання овочів та фруктів становлять, відповідно, 78.7 та 47.4 % від потреби. Місткість сховищ із штучним охолодженням становить 15 % від загальної потреби. Відсутні охолоджувані сховища малої ємності (до 500 т) для зберігання плодової продукції за місцем виробництва (в умовах господарств з різною формою власності).

Сховища, побудовані в 1970 роках, морально застарілі та фізично зношені (особливо холодильна техніка). У промислових плодоовочевих холодильниках використовувались аміачні компресори, що в Україні не виробляються.

Втрати плодоовочевої продукції при зберіганні без використання штучного холоду становлять для: капусти – 35–60 %; моркви – 30–40 %; плодів та ягід – 25–30 %; винограду – 15–25 %.

Недосконалість галузі зберігання соковитої рослинної продукції призводить не тільки до її втрат, але й до непродуктивних енергозатрат та неефективного землевикористання. А для холодильного зберігання втраченої

продукції необхідно було б затратити всього до 4 % енергії від загальної величини попередніх затрат.

Тому, одним із основних завдань галузі зберігання плодоовочевої продукції є удосконалення існуючих і розробка прогресивних технологій тривалого зберігання, принципово нових систем охолодження, енергоефективних режимів створення технологічного мікроклімату у сховищах, засобів автоматизованого керування оптимальними режимами з використанням ЕОМ.

Модернізація галузі зберігання потребує наявності великої кількості холодильного обладнання, що висуває відповідно вимоги створення технологічних заходів енергоефективного їх використання, на основі розробки і впровадження енергоощадних режимів роботи систем кондиціонування технологічного мікроклімату у камерах зберігання плодоовочевої продукції на базі машинного охолодження продукції, з автоматизованим керуванням режимами охолодження і зберігання. Навіть незначна економія енергії (до 5 %) при зниженні втрат на одну холодильну установку в загальному об'ємі виробництв плодів і овочів дає можливість значно зменшити енергетичне навантаження на аграрний сектор в Україні

## 1.1 Аналіз існуючих систем охолодження плодоовочесховищ

Особливістю плодів і овочів, як предмету зберігання, є фізіолого-біологічні та інші процеси, що продовжуються в них у післязбиральний період і супроводжуються тепловиділенням, інтенсивність і спрямованість яких залежить від умов охолодження та зберігання.

Виділення теплоти дихання ставить інтенсивність фізіологічних процесів в значну залежність від умов зберігання (параметрів мікроклімату у сховищах – камерах холодильного зберігання).

Питома теплота дихання (теплота, що виділяється плодоовочевою продукцією) є експоненційною функцією температури середовища  $t$  (рівноважна температура продукту та середовища в якому він зберігається)

і визначається формулою Гора:

$$q = q_0 \times \exp(b \times t), \quad (1.1)$$

де  $b$  – температурний коефіцієнт (для яблук  $b \gg 0.05$ ),  $1/^\circ\text{C}$ .

Прирошення температури продукції на протязі доби, обумовлене самозігріванням її при температурі  $t$ , що виникає тільки в результаті виділення фізіологічної теплоти, можна знайти з теплового балансу [62, 63]

$$Dt = 0.086 \frac{q_0 \times \exp(b \times t)}{c_{np}} \quad (1.2)$$

Втрати маси  $DG$  продукцією залежність від дихання зовнішніх теплопритоках та емпіричною формулою визначаються ою

В. З. Жадана:

$$W = \frac{Q_3 \times (1 - \eta_{т.е.}) + m_{np} \times q}{6385 - 147 \times t}, \quad (1.3)$$

де  $W$  – надходження вологи в повітря камери за певний період, кг;

$\eta_{т.е.}$  – коефіцієнт технологічної ефективності;  $Q_3$  – зовнішні теплопритоки за

той самий період часу, кДж.

Для зменшення втрат продукції необхідно знижувати температуру та підвищувати вологість повітря в камері зберігання. Режими зберігання відповідно до наведено в табл. А.1, що забезпечується системами.

Із визначення поняття "система охолодження" випливає, що обов'язковим її елементом повинні бути засоби, які забезпечують повну або часткову компенсацію трансмісійних теплопритоків (внутрішніх і зовнішніх).

Враховуючи необхідність зберігання плодів і овочів в різні періоди сезону система охолодження повинна бути здатна підтримувати заданий режим експлуатації камер, який змінюється в широкому діапазоні змінення температур і вологості повітря. Охолоджувальна система повинна забезпечити підтримання заданої температури та відносної вологості повітря (85–95 %) для зберігання фруктів і овочів з відхиленнями температури не більше  $\pm 0.5$  °С і відносної вологості 2–4 % і можливість їх регулювання в значних межах. В цьому випадку вона повинна бути достатньо універсальною, дозволяючи змінювати температуру та вологість повітря в камері зберігання.

На існуючих діючих підприємствах застосовують такі системи охолодження: 1) батарейна система, що сприймає теплопритоки пристінними та даховими батареями; 2) повітряна система, що сприймає теплопритоки повітроохолоджувачами, розміщеними в камері або поза нею; 3) змішана система, повітряно-батарейна з безпосереднім кипінням холодоагенту; 4) системи, що забезпечують позакамерне відведення теплоти зовнішніх теплопритоків.

Батарейна система охолодження, складається із пристінних і дахових ребрених та гладкотрубних батарей. При батарейному охолодженні має місце значна нерівномірність розподілу температури та відносної вологості повітря в об'ємі камери, яка залежить від конструкції і розташування приладів. Температурний перепад досягає 6–8 °С (за висотою камери), що негативно впливає на режим зберігання.

Повітряна система охолодження ця система на сьогодні має найбільше розповсюдження. Примусова циркуляція повітря в камері дає можливість встановити в усьому об'ємі камери рівномірну температуру та прискорити процес охолодження завантажених плодів і овочів. Ця система має меншу енергоємність та зменшує вплив періодичного відтаювання на режим зберігання. Але підсистема циркуляції повітря викликає підвищення вологовидалення продукції. Рівномірність розподілу температури в об'ємі камери досягається при кратності циркуляції 30–40 об'ємів на годину. Крім того внутрішні теплопритоки збільшуються від роботи вентиляторів.

В змішаних системах охолодження негативні та позитивні властивості обох систем присутні в однаковій мірі. Для підвищення рівномірності температурно-вологісних полів в об'ємі камери використовують підвищену циркуляцію повітря, що призводить до збільшення втрат маси продукту та збільшення енерговитрат.

Повітряні системи охолодження продукції основані на відведенні надлишкової теплоти (самозігрівання продукту) конвекцією при безпосередньому контакті сировини з повітрям. При цьому для охолодження повітря використовують як природний, так і штучний холод.

Для продукції яка зберігається при навальному способі завантаження, або у щільно розміщених контейнерах (яблука, морква, буряк, картопля) використовують системи активного вентилявання атмосферним повітрям, яке перед подачею в штабель продукції адіабатично охолоджують і зволожують.

Активне вентилявання як спосіб створення відповідних умов у насипі або штабелі продукції для відведення надлишкової теплоти самозігрівання та штучного зволоження повітря, реалізується примусовою подачею повітря з певною температурою, вологістю та швидкістю (питомою подачею) в об'єм продукту. За умов активної вентиляції поверхня тепло-масообміну практично відповідає загальній (геометричній) поверхні об'єктів зберігання (плодів, овочів, бульбоплодів), що за даними є на порядок вища, ніж в умовах природної конвекції.

При активній вентиляції найбільш розповсюджена раціональна схема подання повітря в масу продукції знизу–вверх, для чого використовують повітророзподільні канали під або над підлогою.

Незважаючи на економічну вигідність зберігання овочів в умовах активного вентилявання, цей метод має ряд суттєвих недоліків. Недоліком активної вентиляції є значна нерівномірність охолодження продукції за висотою насипу або штабелю при існуючих нормах питомих витрат повітря

(50–70 м<sup>3</sup>/(год·т)). Для ліквідації цього явища рекомендують періодичне (переривчасте вентилявання на протязі 15–30 хвилин при збільшених подачах повітря (140–150 м<sup>3</sup>/(год·т)) при висоті насипу до 3 м. Це дозволяє зменшити втрати маси з 8.6 % (при безперервному вентиляванні в 4–8 годин) до 4.2 %.

При активному вентиляванні відбувається пошарове охолодження продукту; при цьому нижній шар (з боку подання повітря) зневоднюється при надлишковому вентиляванні, бо його вентилявання продовжується і після досягнення продуктом температури повітря.

Існуючі системи автоматичного регулювання температури повітря і сама система вентилявання не можуть забезпечити локальне регулювання температури в сховищах. Температурний датчик встановлюється в одному місці об'єму камери (продукту), а інші зони не контролюються. Вмикання вентиляторів відбувається автоматично для всього сховища (терморегуляторами ПТРД-2 (двопозиційний або ПТР-3 (трипозиційний)), і температура повітря регулюється практично в одній точці, що зумовлює значну нерівномірність температурного поля насипу, і можливість ліквідації джерел самозігрівання повністю виключається.

Тому необхідність розробки системи автоматичного контролю температурного поля в насипу продукції і регулювання температури продукту стає очевидною.

Використання машинного охолодження повітря в системах активного вентилявання плодоовочевої продукції як при навалльному способі завантаження так і при контейнерному дозволяє виключити залежність від погодних умов і забезпечити захист продукції від теплопритоків (зовнішніх).

В оптимальному варіанті сховища з системою активної ефективні в фазі охолодження, а при переході до зберігання (система не працює при постійно ввімкнених вентиляторах і охолоджувачах) відведення фізіологічної теплоти та теплопритоків повинно реалізуватись розподіленням охолодженого повітря через фальшиву стелю та пристінні канали.

Виходячи з останніх посилянь, для використання в промислових холодильниках, в роботі рекомендована система охолодження з роздільним відведенням зовнішніх та внутрішніх теплопритоків.

При цьому внутрішні теплопритоки відводяться примусовою подачею охолодженого повітря в штабель продукту знизу та відведення його зверху до охолоджувача; зовнішні теплопритоки від стін і даху відводяться подачею повітря у пристінні зони та під дах. Така схема організації процесу є найбільш функціональною та перспективною.

Повітряні системи охолодження із загально-обмінною вентиляцією, які застосовуються в холодильних камерах для зберігання фруктів та овочів, використовують принцип примусового вентилявання (зміна між-штабельного повітря). Цей принцип реалізується так: рециркулююче в камері повітря оброблюється в охолоджувачі (при необхідності зволожується), після чого переміщується по каналах, розміщених звичайно зверху та подається крізь приточні отвори у вільний простір камери, омиваючи штабелі зовні.

Повітря, переміщаючись у міжштабельних "каналах" завдяки нерівномірності полів швидкостей, зумовлює перетоки, які фільтруються крізь шар продукції в контейнерах (пористість продуктів 0.4–0.5) омиваючи їх поверхні й інтенсифікуючи теплообмін і відповідно масообмін.

Дослідженнями ряду авторів та дослідом експлуатації холодильних камер для зберігання фруктів встановлено, що при повітряному охолодженні, завдяки підсиленій (примусовій) циркуляції повітря, значно прискорюється процес охолодження продукції, вирівнюється температура в камері, легше відбувається відтеплення продукції в зимовий період.

Але за умов використання системи повітряного охолодження збільшується інтенсивність видалення вологи із продукції та природний убуток (особливо при відсутності зволоження повітря). Крім того збільшується витрати енергії на роботу вентиляторів, а також теплопритоки від електроприводів.

До складу систем повітряного розподілу охолодженого повітря, що отримали найбільше поширення, увійшли каналні та безканалні системи із зовнішнім омиванням продукції та подачею повітря зверху, а також системи з подачею повітря безпосередньо в штабель знизу або з боків.

Такі системи знайшли застосування в типових проектах багатьох країн світу.

Значне розмаїття технічних рішень охолоджувальних систем плодоовочесховищ ускладнює їх порівняльний аналіз. Тому далі розглядаються схеми охолоджувальних систем, що застосовуються тільки при використанні штучного холоду.

Аналізу варіантів схем компоновки повітряних систем охолодження присвячено багато робіт. Найбільш розповсюджені схеми проаналізовано в узагальнюючих роботах В. З. Жадана П. Г. Красномовця, П. И. Дячека, В. С. Мурашова, І. Г. Чумака, С. Г. Чукліна та інших.

Наведені схеми розповсюджених, але недостатньо ефективних охолоджувальних систем плодоовочесховищ. Загальними недоліками наведених схем є те, що теплопритоки від огороження камери та теплота, еквівалентна роботі вентилятора, складаються та поступають з вентиляційним повітрям в штабель з продуктом. Негативного впливу вказаних джерел теплоти, можна уникнути зміненням напрямку руху повітря на протилежне.

Аналізом існуючих систем повітряного охолодження встановлено, що рівномірне охолодження елементів рослинної продукції та пов'язана з цим рівномірність температурно-вологісних полів в штабелях може бути тільки за умов активного вентилявання продукції. Безперервна робота вентиляторів при реалізації системи охолодження вважається неприпустимою, бо призводить до перевитрат енергії та значних втрат вологи продукцією. Необхідно передбачити

періодичну роботу обладнання у фазі збереження, але при цьому обов'язковою умовою є автоматизація керування роботою обладнання. Без цього не може бути реалізовано основний принцип активного вентилявання – подача повітря в штабель тільки по мірі необхідності відведення теплоти і при наявності достатнього перепаду температур.

Схема охолодження при загальнообмінній вентиляції камери зберігання передбачає безперервну роботу вентиляторів і холодильного обладнання в режимі зберігання, але при цьому доцільно змінювати холодопродуктивність компресорів і витрати повітря (продуктивність вентиляторів) при змінній теплопритоку (як добових так і сезонних). При цьому обов'язковою умовою є автоматизація керування роботою холодильного обладнання.

Таким чином, для реалізації енерго- і технологічно ефективних режимів роботи перспективних систем повітряного охолодження

плодоовочесховищнеобхідне вдосконалення систем керування температурно-вологісними режимами охолодження і зберігання плодовоовочевої продукції.

Кондиціонування мікроклімату камер зберігання застосовується для підтримання заданих параметрів повітря в камері зберігання, тобто кондиціонування його, здійснюється шляхом відведення тепловиділень і вологовиділень вентилявальним повітрям – оброблене в кондиціонері повітря, яке транзитом проходить через приміщення і асимілює в ньому тепловиділення і вологовиділення. Осушна здатність вентиляційного повітря значно збільшується при асиміляції явної (не пов'язаної з вологообміном) теплоти. Крім того при конденсації вологи (інеюутворення) вологовміст повітря зменшується.

Тому крім температури повітря в камерах зберігання і охолодження продукції необхідно підтримувати оптимальну вологість, що забезпечується

системою кондиціонування повітря. Для зменшення усушки та компенсації зневоднення повітря від наморожування при інеюутворенні вологи на поверхні повітроохолоджувача необхідно збільшувати вологість повітря, що подається в

камеру. Застосування систем кондиціонування повітря дозволяє зменшити усушку рослинної продукції на 20–30 % що забезпечує певний економічний ефект.

В камерах для зберігання плодоовочевої продукції при холодильному зберіганні найбільше розповсюдження отримали такі способи зволоження повітря 1) подання вологи в камеру у вигляді крапельної води, що розпилюється пневматичним форсунками або дисковими розпилювачами – аерозольними генераторами (при цьому волога випаровується і зволожує повітря); 2) зволоження водяною парою, перегрітою до температури 110–125 °С (недолік – значна енергомісткість та великий теплоприток в камеру); 3) зволоження з використанням вологи зовнішнього повітря: до камерного повітря додається невелика кількість повітря з великим вологовмістом (зовнішнього або з камери охолодження та зберігання), подача повітря відбувається після повітроохолоджувача та регулювання вологості здійснюється зміненням (за допомогою заслінок) кількості вологого повітря.

В процесі експлуатації камер зберігання з повітряним охолодженням без зволоження маса фруктів зменшується та значно знижується їх якість (смак, аромат. Це пов'язано із збільшенням теплопритоку від двигунів вентиляторів повітроохолоджувачів та зменшення вологовмісту повітря камери після випарника. Тому передбачають зниження теплопритоків і інтенсивності осушення повітря, зменшуючи продуктивність повітроохолоджувачів (вентиляторів і охолоджувальних секцій), в період зберігання в три рази.

На сьогодні на холодильних камерах для зберігання фруктів застосовують пристрої для штучного зволоження повітря і автоматичного регулювання відносної вологості повітря, відповідно до біологічних особливостей і стадій холодильного зберігання фруктів.

Зволожувати та контролювати вологість повітря складно, бо при низьких температурах різко змінюються зони та точність регулювання відносної вологості та волога може замерзнути. У фруктосховищах повітря зволожують парою та водою.

Для зволоження парою використовують автономний зволожувач повітря АУВ (автономный увлажнитель воздуха), що автоматично регулює відносну вологість повітря в камерах зберігання охолоджених фруктів (температура  $-5^{\circ}\text{C}$  ÷  $-1^{\circ}\text{C}$ , вологість 70–100 %). Конструктивна схема зволожувача наведена на рис. А. 8. Зволожувач працює за принципом випаровування води ТЕНами та перегрівання пари до температури 116–120  $^{\circ}\text{C}$ . Керування ТЕН здійснюється у двопозиційному режимі. Датчик вологості типу ДВИП. Продуктивність зволожувача 6.5–20 кг/год.

В Одеському технологічному інституті холодильної промисловості (ОТІХП) створено система повітряного охолодження з активним зволоженням повітря в камерах зберігання охолоджених продуктів. Висока відносна вологість повітря в камері досягається шляхом подання в неї частини повітря підвищеного вологовмісту. Необхідні параметри цього повітря отримують за допомогою спеціального зволожувального пристрою.

Повітря в кількості до 1.0 % від циркулюючого в камері подається вентилятором у зволожувач, нагріваючись попередньо до температури води (25–30  $^{\circ}\text{C}$ ), потім проходячи над поверхнею води зволожується до 70–80 % після чого подається в камеру. Підвищення температури повітря в камері при цьому не більше 0.5  $^{\circ}\text{C}$ . Продуктивність до 3 кг/год.

Отримує подальше розповсюдження зволоження повітря тонким розпилюванням води безпосередньо в холодильній камері або у приміщенні повітроохолоджувачів.

Для тонкого розпилювання води використовують повітряно-водяні форсунки (пневматичні). Продуктивність 3.5–4 л/год; розпилювання та випаровування вологи в радіусі 3 м. Для зволоження повітря перспективним вважають дискові (ротаційні) розпилювачі води.

Ротаційний зволожувач повітря , а) має продуктивність 40 та 100 кг/год розпиленої води при дисперсності крапель 20–120 мкм; потужність приводу 450 та 750 Вт.

Більш ефективним вважають дисковий розпилювач води з вмонтованим на валу привода диска вентилятора, який створює коловий потік аерозольноповітряноводяної суміші. Продуктивність таких розпилювачів 6–15 кг/год розпиленої води. Автоматичне керування зволожувачем здійснюється в двопозиційному режимі (вмикання та вимикання двигуна). Регулятор вологості виконано на базі волосяного гігрометра. Точність регулювання відносної вологості становить  $\pm 2\%$ , що є допустимим і відповідає технологічним умовам. Для зволоження повітря в системах активного вентилявання використовують повітророзподільні канали, на 0.1 м висоти заповнені водою або розсолем.

В ОТХП запропоновано для активного зволоження повітря в холодильних камерах використовувати частково відібране з холодильної камери повітря, насичене вологою. При цьому, як вказують автори, значно спрощується автоматизація регулювання параметрів повітря.

Аналізуючи існуючі способи та конструкції зволожувачів повітря для холодильних камер з позиції автоматизації керування усією системою і в плані енергетичної ефективності, можна зробити такі висновки.

Застосування пари зручно, але таке рішення пов'язано із значними витратами електроенергії на нагрівання та випаровування води та витратами холоду на компенсацію теплоти, що вноситься з паром в камеру. Створення парових зволожувачів значної потужності – складна задача. Як об'єкт керування паровий зволожувач – має значну інерційність (розігрів корпусу, води та пароутворення).

Заслуговує уваги використання ротаційних зволожувачів, інерційність яких практично визначається часом випаровування крапель, але при цьому має місце низька інтенсивність випаровування крапель при низьких ( $-1\dots 0^{\circ}\text{C}$ ) температурах.

Для інтенсифікації випаровування крапель безпосередньо в камері зберігання ротаційні розпилювачі доцільно використовувати з вмонтованим в його корпус вентилятором подаючи в нього повітря відпрацьоване в камері, наприклад, через фальшиву стелю.

## **2. Опис будівельних конструкцій**

### **2.1. Опис будівельних конструкцій холодильника.**

Будівельні конструкції приміщень холодильників повинні забезпечувати постійно заданий температурно–вологісний режим в камерах, відповідати санітарним вимогам і забезпечувати необхідну довговічність і вогнестійкість будівлі. Несучі конструкції будівлі фруктосховища — металеві колони , колони мають висоту (до низу несучої конструкції) 8 м., сталеві кроквяні ферми прогоном 30 та 36 м., стіни та стеля виконані із панелей типу „сандвіч”, утеплювач пінополіуретан.

Основа – глина волога. Глинисті ґрунти здатні стискатися, розмиватися, насичуватись водою і при подальшому замерзанні спучуватись. Як правило, спучування буває нерівномірним у різних частинах фундаменту і супроводжується значними вертикальними і горизонтальними зусиллями.

Головні завдання при будівництві фундаменту на глинистому ґрунті – як можливо зменшити порушення самого глинистої основи (материка) і відведення талих і дощових вод від фундаменту. Порушений ж глинистий ґрунт сприяє проникненню вологи до фундаменту і нерівномірного випирання останнього при численних циклах «замороження-розмороження».

Такий склад ґрунту при прокладанні фундаменту вимагає обов'язкового облаштування амортизаційної подушки, яка складається з мокрого, утрамбованого, крупного піску глибиною 600 мм.

Для блокування фільтрації ґрунтових вод до фундаменту застосуємо метод бітумізації. Це нагнітання ін'єктором у шар ґрунту розплавленого бітуму чи холодної бітумної емульсії.

**Фундаменти.** Фундамент під сталеві колони виготовляють із монолітного залізобетону, стовбчастого типу без отворів (стаканів).

Для монолітного залізобетону використовується важкий бетон марки 200, марка цементу М400, та сталевий прокат (сталь вуглецева звичайної якості по ГОСТ 380-71 групи «В» марки В Ст.3).

Фундаменти холодильника проектують по даним польових інженерно –

геологічних робіт і лабораторних дослідів ґрунтів. Для стін даного холодильника було обрано стрічковий фундамент. Підшва його розташована на 20 см нижче глибини промерзання. При спорудженні фундаменту на дно траншеї насипають пісок шарами по 15-20 см. Кожен шар поливають водою і ретельно трамбують. Потім укладають шар гравію або щебеню товщиною близько 10 см і заливають цементно-піщаним розчином, після нього - наступний шар і т. д. Над поверхнею землі бетон укладають в опалубку до потрібної висоти і влаштовують гідроізоляцію. Такий варіант може заощадити до 50% бетону. Кладку виводять вище нульової позначки, вирівнюють розчином і влаштовують гідроізоляцію із двох шарів руберойду на бітумній мастиці. Для кладки фундаментів використовують бутовий камінь, щебінь або гравій, а також перепалена і бита цегла на цементно-піщаному розчині.

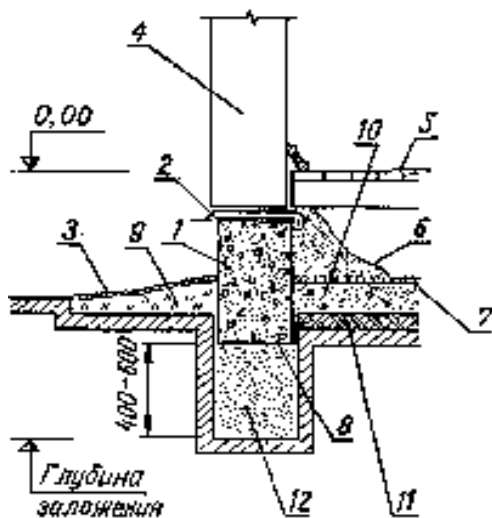


Рис. 2.1.1. Стрічкові фундаменти на піщаній подушці:

1 - цоколь; 2 - гідроізоляція; 3 - вимощення; 4 - стіна; 5 - дошка підлоги; 6 - засипання; 7 - цементна стяжка; 8 - підшва фундаменту; 9-прокладка глина; 10 – пісок; 11- ґрунт; 12- піщана подушка.

**Колони.** Колони – сталеві з постійним перерізом, перетином 200×400 мм та висотою 6 м. Вони виготовлені із двотаврів з паралельними гранями полицок.

Процес монтажу сталевих колон складається з таких операцій: доставки і розкладки у місць установки; підготовки (перевірки параметрів і якості колони, облаштування необхідним обладнанням); підйому переведення в вертикальне

положення; наведення; опускання на опору; вивірки; тимчасового розкріплення, “розстроповки”; закріплення.

При “безвивірчному” монтажу колони спочатку на фундамент 1, не доведений до проектної відмітки на 40 ... 50 мм, встановлюють на підливі з цементного розчину відфрезеровану опорну плиту (4) колон. Кожну плиту орієнтують по осьовим ризикам фундаментів і монтажному горизонту або встановлюють на виверочних болтах (анкерах), заздалегідь закріплених у верхньому шарі бетону фундаменту (Рис. 2.1. поз. а), або за допомогою інвентарних кондукторів, зафіксованих на анкерних болтах фундаментів (Рис. 2.1.2., поз. б).

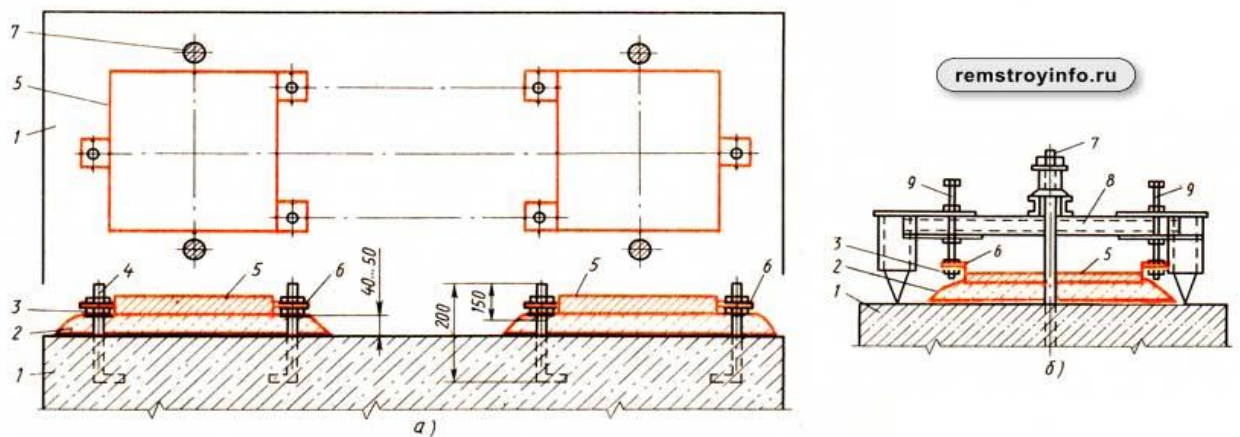


Рис. 2.1.3. Установка відфрезерованих опорних плит.

а - на вивірочних анкерах, б - кондуктором з використанням анкерних болтів; 1 - фундамент, 2 - підлива з розчину, 3 - опорна нижня гайка (вивірочна), 4 - вивірочний анкер, 5 - опорна відфрезерована плита, 6 - косинки, 7 - анкерний болт для кріплення колони, 8 - кондуктор, 9 - кріпильні болти.

За допомогою вивірочних болтів (анкерів) опорні плити встановлюють у такій послідовності. Спочатку плити розкладають і монтують одночасно по групі фундаментів (ділянки, захватки). У центрі монтажної ділянки встановлюють нівелір, яким з одного стоянки перевіряють стан опорних плит на фундаментах. Для фіксації опорних плит на вивірочних болтах (Рис. 2.3.2., поз. а) кожену плиту (5) приварюють по три косинки (6) з отворами під вивірочні анкери (4). Спочатку плиту опускають на нижні опорні гайки (3)

виверочних анкерів (4), потім, підкручуючи гайку (3), приводять плиту (5) у одного з анкерів у відповідність з проектною відміткою. Остаточну вивірку положення всієї плити виконують обертанням опорних гайок (3) на двох інших

болтах за двома монтажним рівнів, попередньо укладається на поверхню плити (5) у взаємно перпендикулярних положеннях.

Плиту закріплюють верхніми гайками болтів. Після вивірки під плиту підливають бетон (2), і на неї наносять риски осей, використовуючи для цього теодоліт.

При використанні кондуктора (Рис. 2.1.2., поз. б) роботу виконують у такій послідовності. Спочатку укладають на місце опорну плиту (5). Потім встановлюють на фундамент кондуктор (8) і закріплюють його анкерними болтами (7) фундаментів.

Підвішують кріплення болтами (9) за косинки (6) плити до кондуктора і, маніпулюючи гайками болтів, вивіряє положення плити, закріплюють її і підливають розчином.

Сталеві колони піднімають і наводять на місце установки. Завдяки фрезерування опорних плит і опорних торців колон вивірка їх полягає в поєднанні осьових рисок на колоні з осьовими рисками, нанесеними на опорні плити, відпадає необхідність вивірки колони по висоті і по вертикалі. Після вивірки колону остаточно закріплюють, затягуючи гайки і контргайки анкерних болтів.

**Ферми.** Несучі конструкції покриття — сталеві ферми з паралельними поясами, довжиною 24 та 30 м (Рис. 2.3.1.). З'єднання з колонами — болтове.

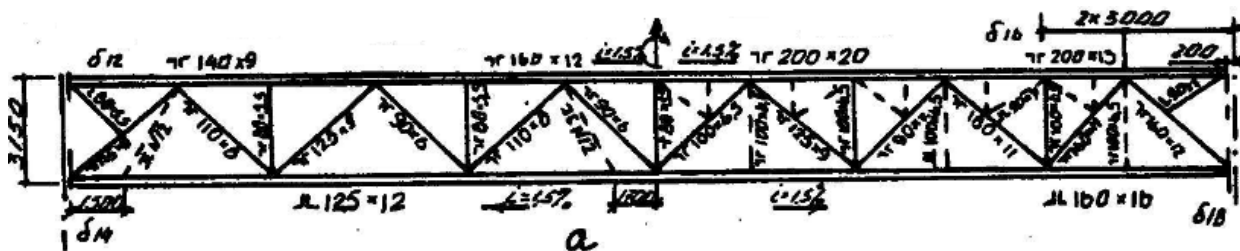


Рис. 2.1.3. Сталева ферма з паралельними поясами.

**Стіни і перегородки.** Зовнішні стіни перегородки та стеля камер холодильника виконані з панелей типу „сандвіч”, утеплювач пінополіуретан.



Рис. 2.1.4. Стінова сандвіч-панель

Використовуємо тришарову сандвіч-панель фірми Mega Profil [3], що складається з металевих поверхневих шарів з полімерним покриттям, утеплювача (пінополіуретан) і високоякісного двокомпонентного клею, що виступає зв’язуючим елементом даної конструкції.

Таблиця 2.1.1. Технічні характеристики полімерного покриття

	PVF2
Товщина покриття, мкм	25
Поверхня	Гладка
Максимальна температура експлуатації, °С	+120
Мінімальна температура обробки, °С	-10
Збереженість зовнішнього вигляду	*****
Мінімальний радіус вигину	1 x t
Корозійна стійкість соляний тест, годин	1000
водяний тест, годин	1000

Загальні рекомендації з монтажу панелей:

- перед початком монтажу варто перевірити конструкцію на точність виконання згідно проекту (прямолінійність цоколя і рівність його поверхні). На поверхні цоколя робиться розмітка розташування панелей;

- перед монтажем панелей необхідно очистити поверхню панелі і з'єднувальні замки від можливих забруднень, що перешкоджають монтажеві;

- захисна плівка видаляється з внутрішніх поверхонь перед монтажем (плівка з внутрішньої сторони наноситься за бажанням замовника), а із зовнішніх одразу після монтажу. В місцях кріплення фасадних та з'єднувальних елементів плівка видаляється безпосередньо перед монтажем;

Таблиця 2.1.2. Основні характеристики сендвіч-панелей на основі утеплювача – пінополіуретан

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

Таблиця 2.1.3. Стінові сендвіч-панелі

Товщина панелі, мм	30	40	50	60	80	100	120	150
Ширина, мм	1180							
Довжина, мм	13500							

- для порізки панелей рекомендується використовувати пилки з дрібнозубчастим полотном, а для робіт на жесті ручні ножиці. Щоб уникнути пошкоджень антикорозійного покриття при обробці та порізці панелей забороняється використання абразивних різальних інструментів. Порізка

панелей здійснюється на стійках, застелених м'яким матеріалом (для уникнення пошкоджень покриття);

- монтаж панелей рекомендується починати з кутів крайньої нижньої панелі, насамперед монтують стикові панелі, а тоді покрівельні;

- при здійсненні монтажних робіт не допускається залишати зазори в замках з'єднань. Герметизація стиків за звичайних кліматичних умов необов'язкова, стик між сусідніми панелями заповнюється або мінеральною ватою, або монтажною піною;

- монтаж панелей здійснюється за допомогою підйомного механізму зі спеціальними захватами. Кількість захватів визначається з урахуванням товщини та довжини панелей. Панель встановлюється на направляючі каркасу так, щоб власною масою притискала ізоляцію. Встановлену панель притискають до колон за допомогою спеціальних струбцин, при цьому необхідно слідкувати, щоб вони не пошкодили панель. Встановлення перевіряють за допомогою рівня;

- після фіксації струбцинами панелі кріпляться до конструкції;

- кількість та тип елементів кріплення визначається залежно від товщини і довжини панелей, від виду несучої конструкції.

### Приклади кріплення сендвіч-панелей

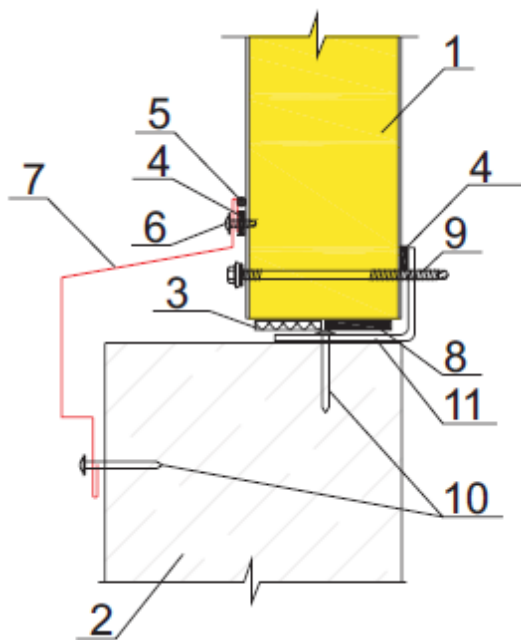
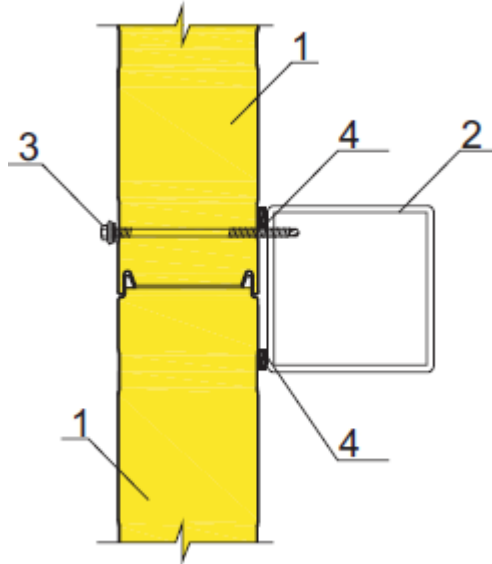


Рис. 2.1.5. Цокольний вузол:

стінова панель; 2- цоколь; 3- монтажна піна; 4- ущільнююча плівка ЛБ 30×2;  
 5- силіконовий герметик; 6- самонарізний гвинт для кріплення фасадних елементів;  
 7- добірний елемент; 8- ущільнююча плівка ЛБ 100×2; 9- самонарізний гвинт; 10- дюбель-цвях ДГ 4,5×50 крок 300мм; 11- цокольний



прогін.

Рис. 2.1.6. Кріплення до стінового прогону:

1- стінова панель; 2- стіновий прогін; 3- самонарізний гвинт крок 1000мм; 4- ущільнююча плівка ЛБ 30×2.

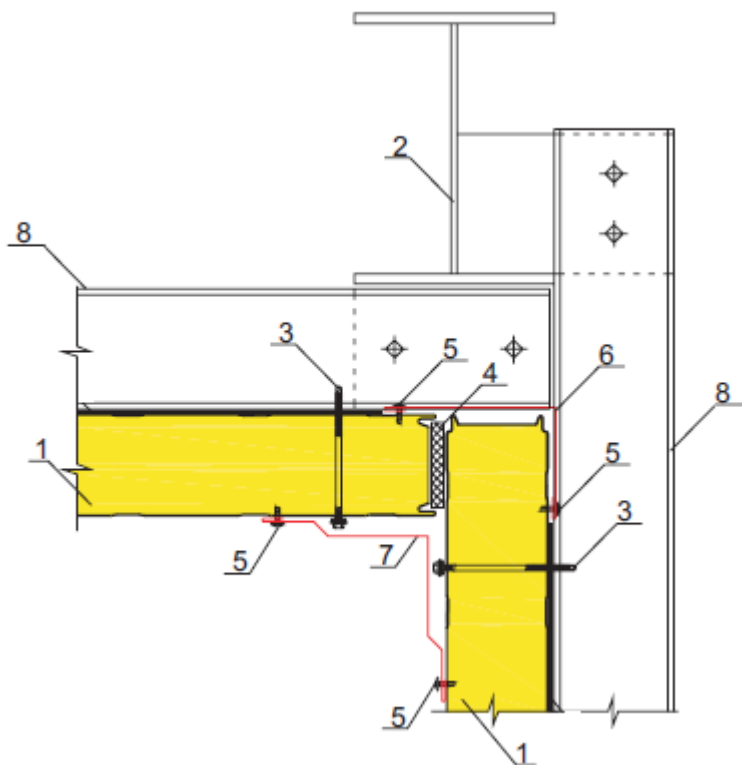


Рис. 2.1.7. Зовнішній кут будівлі:

1- стінова панель; 2- металева колона; 3- самонарізний гвинт; 4- монтажна піна; 5- самонарізний гвинт для кріплення фасадних елементів; 6- добірний елемент НН; 7- добірний елемент ПО 15; 8- стіновий прогін.

1- **Покрівля.** До сталевих ферм кріпляться балки з перфорованого двотавру (Рис. 2.1.8.) через кожні 6 метрів. Довжина балок — 12 метрів. Швелер ложиться перпендикулярно до балок і до нього за допомогою самонарізних гвинтів з ущільнюючою шайбою кріпиться металевий профнастил.

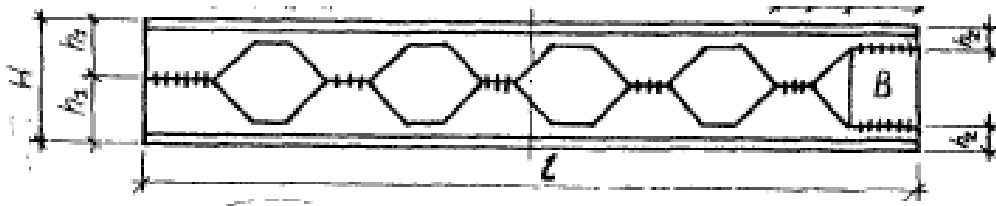


Рис. 2.1.8. Балка з перфорованого двотавру.

**Підлога.** Підлоги повинні мати такі властивості:

- висока механічна і ударна міцність;
- висока зносостійкість і відсутність виділення пилу в процесі експлуатації;
- повинні бути безпечними для пересування людей та транспортних засобів;
- непроникність для води і хімічних реагентів, відсутність в конструкції підлоги швів і висока надійність виконання сполучень підлога - стіна;
- високі гігієнічні властивості матеріалів і простота прибирання і дезінфекції;

Монолітні покриття підлоги «Коутекс» застосовується у виробничих (у харчовій, хімічній, фармацевтичній промисловості), складських, на трибунах стадіонів, в майстернях, сховищах мінеральних добрив, гаражах і критих паркінгах, ангарах, на об'єктах енергетики транспорту і сільського господарства.

«Коутекс» — це низьков'язка полімерна композиція на основі модифікованих епоксидних смол, що не містить розчинників. Інтервал робочих температур матеріалу — від -30 до +60 °С, можливе короткочасне нагрівання (протягом 5—6 годин) до 100 °С. При нанесенні утворює на поверхні основи

монолітне, еластичне покриття, стійке до абразивного зносу. Товщина покриття до 5 мм при одношаровому нанесенні. Перекриває тріщини в основі (з розкриттям до 0,7 мм). Для бетонних і інших підстав на цементній основі, металу, дерева, асфальту гіпсоволокнистих плит і ін. Повністю затверділе покриття має високу стійкість до дії води і агресивних середовищ. Можливість експлуатації в широкому діапазоні температур (-30° - +80°C). Високі показники гігієнічності і пожежної безпеки.

**Машинне відділення.** Обладнання встановлюється на окремі фундаменти з монолітного залізобетону. Фундамент під сталеві колони виготовляють із монолітного залізобетону, стовбчастого типу без отворів (стаканів). Колони виготовлені із двотаврів з паралельними гранями полицок перерізом 300×130 мм. Висота колон 4 метра. Покриття виконується із профнастилу. Профнастил кріпиться до швелерів, що лежать на колонах. Стіни виготовлені із панелей типу “сандвіч” товщиною 50 мм. Підлога така ж, як і в холодильнику.

## 2.2. Розрахунок ізоляційних конструкцій

Теплоізоляція камер та службових приміщень виконана із сандвіч-панелей на основі утеплювача – пінополіуретан (табл. 2.2.1.). Підлога ізоляції не має, так як температура в камерах вища або рівна 0°C.

Стеля виконана з сандвіч-панелей на основі утеплювача – пінополіуретан. Для розрахунку товщини ізоляції зовнішніх стін необхідні параметри зовнішнього повітря місця будівництва холодильника (табл. 2. 2.1.).

Таблиця 2.2.1. Основні характеристики сандвіч-панелей на основі утеплювача – пінополіуретан

Найменування показників	Величина показників
Густина, кг/м <sup>3</sup> , не більше	55
Теплопровідність, Вт/(м <sup>2</sup> ·К), не більше	0,022
Волого-поглинання за 24 години при відносній вологості повітря 96%, % від об'єму, не більше	0,1
Міцність зчеплення з металевим листом, МПа(кгс/см <sup>2</sup> )	
при рівномірному відриві	0,20 (2,0)
при зміщенні	0,25 (2,5)

Міцність при розтягненні, МПа(кгс/см <sup>2</sup> ), не менше	0,20 (2,0)
Міцність при зміщенні, МПа(кгс/см <sup>2</sup> ), не менше	0,25 (2,5)
Модуль пружності при розтягненні, МПа(кгс/см <sup>2</sup> ), не менше	12 (120)
Модуль зміщення, МПа(кгс/см <sup>2</sup> ), не менше	4,5 (45)
Склад добавок, що гасять полум'я, % від ваги, не менше	5
Товщина металевого листа $\delta$ , мм	0,5
Коефіцієнт теплопровідності металевого листа $\lambda$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	46,5

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

Таблиця 2.2.2. Розрахункові параметри зовнішнього повітря

Місто	Розрахункова температура, °С			Відносна вологість повітря, %	
	літня	зимова	середньорічна	літня	зимова
Миколаїв	33	-18	9,8	41	83

### 2.3 Розрахунок теплоізоляції огорож.

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

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

де  $\lambda_{із}$  - коефіцієнт теплопровідності ізоляції, Вт/(м·К) ;  $K_0$  - оптимальний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м<sup>2</sup>·К) ;  $\alpha_3$  - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої або більш теплої сторони огородження, Вт/(м<sup>2</sup>·К) ;  $\alpha_6$  - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої або більш холодної сторони огородження, Вт/(м<sup>2</sup>·К)

$$\lambda_{із} = 0,022 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}) ; \quad K_0 = 0,3 \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) ; \quad \alpha_3 = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) ; \quad \alpha_6 = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) .$$

Сумарний термічний опір:

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

Потрібна товщина теплоізоляції:

$$\delta_{iz}^n = 0,022 \cdot \left[ \frac{1}{0,3} - \left( \frac{1}{23} + 0,000022 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,0699 \text{ м} ;$$

Товщину сендвіч- панелей вибираємо з стандартного ряду  $\delta_{iz}^0 = 80 \text{ мм}$  .

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

$$K_0^D = \frac{1}{\left( \frac{1}{\alpha_{зов.}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн.}} \right) + \frac{\delta_{iz}^0}{\lambda_{iz.}}};$$

$$K_0^D = \frac{1}{\left( \frac{1}{23} + 0,000022 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,08}{0,022}} = 0,264 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}};$$

Знаходимо потрібну товщину сендвіч панелі для внутрішніх стін камер:

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

$$\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Сумарний термічний опір:

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

Потрібна товщина теплоізоляції:

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

Товщину сендвіч- панелей вибираємо з стандартного ряду  $\delta_{iz}^0 = 50 \text{ мм}$  .

Дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

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

Знаходимо потрібну товщину сендвіч панелі для перегородок між камерами з температурою  $t_{кам} = 0^\circ \text{C}$  :

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

$$\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Сумарний термічний опір:

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

Потрібна товщина теплоізоляції:

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

Товщину сендвіч- панелей вибираємо з стандартного ряду  $\delta_{iz}^o = 40\text{мм}$ .

Дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

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

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

$$\lambda_{iz} = 0,022 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}) \text{ , } K_0 = 0,319 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \text{ , } \alpha_3 = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \text{ , } \alpha_6 = 9$$

$\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

Сумарний термічний опір:

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

Потрібна товщина теплоізоляції:

$$\delta_{iz}^n = 0,022 \cdot \left[ \frac{1}{0,319} - \left( \frac{1}{23} + 0,000022 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,0656 \text{ м} ;$$

Товщину сендвіч- панелей вибираємо з стандартного ряду  $\delta_{iz}^o = 80\text{мм}$ .

Дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$K_0^D = \frac{1}{\left( \frac{1}{23} + 0,000022 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,08}{0,022}} = 0,264 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}} ;$$

Таблиця 2.3.1. Товщини теплоізоляції та коефіцієнти теплопередачі огороджуючих конструкцій

Огородження	$t_{в},$ $^\circ\text{C}$	$\alpha_{зов},$ $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	$\alpha_{в},$ $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	Товщина теплоізоляційного шару, м		Коефіцієнт теплопередачі, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	
				$\delta_{iz}^n$	$\delta_{iz}^o$	$K_0$	$K_0^D$
Зовнішня стіна	0	23	9	0,0699	0,080	0,3	0,264
Внутрішня стіна	0	8	9	0,049	0,050	0,46	0,4

Перегородка між камерами	0	9	9	0,033	0,040	0,58	0,49
Покриття камери	0	23	9	0,0656	0,080	0,319	0,264

### **Пароізоляція.**

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

### **Ізоляція холодильних трубопроводів.**

При ізоляції трубопроводів необхідно виключити або звести до мінімуму можливість проникнення в ізоляцію вологи. Крапельна волога проникає в середину ізоляції за рахунок капілярної дифузії від поверхні. Яка може зволожуватись в результаті конденсації на ній вологи із повітря (коли температура поверхні нижче температури точки роси).

При розрахунку ізоляції трубопроводів необхідно визначити товщину теплоізоляції, при якій не буде відбуватися конденсація водяної пари з навколишнього середовища на її поверхні, визначити тепло надходження через ізоляцію.

Для ізолювання холодних трубопроводів і апаратів необхідно застосовувати ефективні теплоізоляційні матеріали, стійкі до різних видів зволоження, з коефіцієнтом теплопровідності від 0,028 до 0,08 Вт/мК.

Для ізоляція трубопроводів застосовуються спінений каучук. Вона виготовляється у вигляді труб (шлангів) і листового рулонного матеріалу різної товщини (Рис. 4.1.).

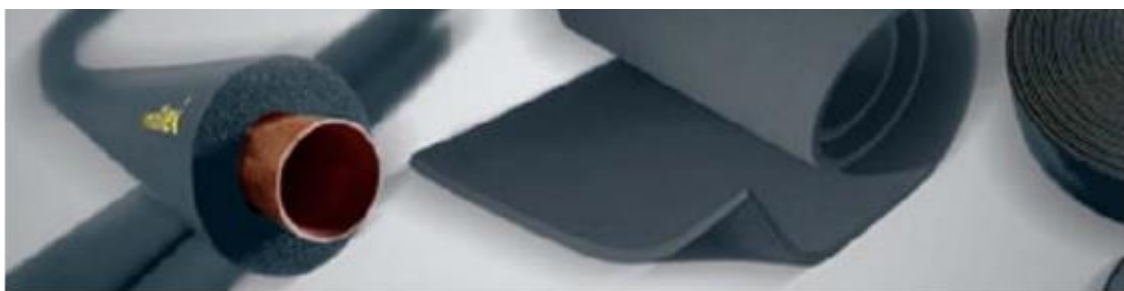


Рис. 2.3.1. Спінений каучук.

З'єднання швів, кріплення до трубопроводів здійснюється за допомогою бітумних мастик, бітумно-каучукових мастик, а також поліуретанових клеїв.

Для захисту ізоляції від ультрафіолету або механічних пошкоджень використовують вінілову стрічку шириною 100 мм. Намотують на ізоляцію по довжині.

Спінений каучук є одними з найбільш перспективних теплоізоляційних матеріалів, що володіє низькою теплопровідністю (при 0°C менше 0,036 Вт/(м×К)), високим опором дифузії водяної пари, широким температурним діапазоном ізолювання і, що важливо, простотою монтажу і не впливають на здоров'я.

Таблиця 2.3.2. Технічні характеристики спіненого каучуку.

Температурні межі	-180°C до +175°C (+85C в випадку якщо матеріал приклеєний по всій поверхні)
Теплопровідність	при 0 °C менше 0,036 Вт / (м × К)
Опір проникненню вологи	7000
Пожежна безпека	Важкогорючий саюзатухаючий, не поширює полум'я Г1 по ГОСТ 30244-94 (Важкогорючий матеріал по СніП 21-01-97).
Запах	Нейтральний
Колір	Чорний
Властивості	Матеріал не містить вологи

Монтаж теплоізоляції трубопроводів виконується після проведення всіх необхідних випробувань. Трубопроводи не повинні містити холодоносія.

Використовуємо теплоізоляцію у вигляді розрізних труб.

Розрізаємо трубку вздовж, до її установки на трубу. Рівний розріз дозволить потім легко і якісно виконати клейовий шов. Далі розкриваємо шов та розміщуємо ізоляцію на трубу так, щоб її розрізані краї були віддалені один від одного. Наносимо рівний шар клею на обидва розрізи. Як тільки клей підсохне, з'єднаємо краї трубки і сильно стискаємо на кілька секунд.

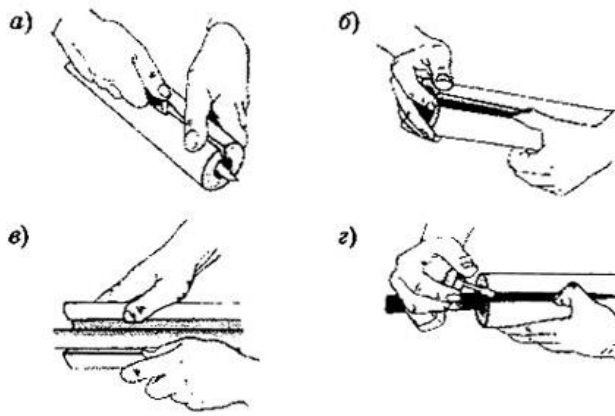


Рис. 2.3.2. Послідовність монтажу трубної ізоляції:

а)- розрізання труби; б)- розкриття шва; в)- накладання на трубу; г)- проклеювання шва.

## 2.4. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень

Загальна кількість теплоти, що надходить в охолоджуване приміщення холодильника:

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

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

### 2.5.1. Теплонадходження через огорожувальні конструкції.

$$Q_1 = Q_{1m} + Q_{1c}, \text{Вт};$$

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

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

Камера №1. Визначення надходження теплоти через зовнішню західну стіну в камері зберігання картоплі при  $t_{\text{вн.}} = 3^\circ\text{C}$ .

$$t_{\text{к.зб.}} = 3^\circ\text{C}; K_o = 0,264 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}; t_{\text{зов.}} = 33^\circ\text{C};$$

$$F = 24 \times 24 = 576 \text{м}^2;$$

$$Q_{1\text{т}} = 0,264 \times 576 \times (33 - 3) \times 10^{-3} = 4,56 \text{кВт};$$

Теплонадходження від сонячної радіації:

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

де  $\Delta t_c$  – надлишкова різниця температур від впливу прямого сонячного випромінювання на дане огороження.

$$Q_{1c} = 0,264 \times 576 \times 4,7 \times 10^{-3} = 0,71 \text{кВт};$$

$$Q_1 = Q_{1m} + Q_{1c} = 0,836 + 0,119 = 0,955 \text{кВт};$$

Теплонадходження через підлогу:

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

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

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

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

$$Q_{1m} = ((0,47 \times (12 \times 2 + 14 \times 2 + 2 \times 2)) + (0,23 \times (10 \times 2 + 14 \times 2 + 4 \times 2)) + (0,12 \times (8 \times 2 + 14 \times 2 + 6 \times 2) + (0,07 \times (6 \times 18 + 6 \times 6))) \times (33 - 0) \times 10^{-3} = 0,379 \text{кВт};$$

табл. 2.5.1. Теплонадходження через огорожуючі конструкції

Стіна	$K_0^0, \frac{Вт}{м^2 \times К}$	$F, м^2$	$t_{вн.},$ $^{\circ}C$	$\theta, ^{\circ}C$	$Q_{1м},$ $кВт$	$\Delta t_c,$ $^{\circ}C$	$Q_{1с},$ $кВт$	$Q_{1об},$ $кВт$
<b>Камера №1</b> <span style="float: right;"><math>t_{вн.} = 0^{\circ}C</math></span>								
Стіна зовнішня західна	0,264	96	33	33	0,836	4,7	0,119	0,955
Стіна зовнішня північна	0,264	96	33	33	0,836	0	0,000	0,836
Стіна внутрішня північна	0,4	96	-	23,1	0,887	0	0,000	0,887
Покрівля	0,264	288	33	33	2,509	14,9	1,133	3,642
Підлога	-	288	33	-	0,379	0	0,000	0,379
Перегородка з к.№2	0,49	192	0	0	0,000	0	0,000	0,000
Вн. стіна в коридор	0,4	96	-	19,8	0,760	0	0,000	0,760
Разом							<b>7,460</b>	
<b>Камери №2 ÷ №4</b> <span style="float: right;"><math>t_{вн.} = 0^{\circ}C</math></span>								
Стіна зовнішня західна	0,264	96	33	33	0,836	4,7	0,119	0,955
Перегородка між камерами	0,49	192	0	0	0,000	0	0,000	0,000
Покрівля	0,264	288	33	33	2,509	14,9	1,133	3,642
Підлога	-	288	33	-	1,148	0	-	1,148
Вн. стіна в коридор	0,4	96	-	19,8	0,760	0	0,000	0,760
Разом							<b>6,506</b>	

<b>Камера №5</b>								$t_{\text{вн.}} = 0^{\circ} \text{C}$	
Стіна зовнішня західна	0,264	96	33	33	0,836	4,7	0,119	0,955	
Стіна зовнішня південна	0,264	192	33	33	1,673	3,2	0,162	1,835	
Покрівля	0,264	288	33	33	2,509	14,9	1,133	3,642	
Підлога	-	288	33	-	2,074	0	-	2,074	
Перегородка з к.№4	0,49	192	0	0	0,000	0	0,000	0,000	
Вн. стіна в коридор	0,4	96	-	19,8	0,760	0	0,000	0,760	
Разом							9,266		
<b>Камера №6</b>								$t_{\text{вн.}} = 0^{\circ} \text{C}$	
Стіна зовнішня східна	0,264	96	33	33	0,836	3,9	0,099	0,935	
Стіна зовнішня південна	0,264	192	33	33	1,673	3,2	0,162	1,835	
Покрівля	0,264	288	33	33	2,509	14,9	1,133	3,642	
Підлога	-	288	33	-	2,074	0	-	2,074	
Перегородка з к.№7	0,49	192	0	0	0,000	0	0,000	0,000	
Вн. стіна в коридор	0,4	96	-	19,8	0,760	0	0,000	0,760	
Разом							9,246		
<b>Камери №7, 15, 16</b>								$t_{\text{вн.}} = 0^{\circ} \text{C}$	
Стіна зовнішня східна	0,264	96	33	33	0,836	3,9	0,099	0,935	
Перегородка між камерами	0,49	192	0	0	0,000	0	0,000	0,000	
Покрівля	0,264	288	33	33	2,509	14,9	1,133	3,642	
Підлога	-	288	33	-	1,148	0	-	1,148	
Вн. стіна в коридор	0,4	96	-	19,8	0,760	0	0,000	0,760	
Разом							6,486		
<b>Камера №17</b>								$t_{\text{вн.}} = 0^{\circ} \text{C}$	
Стіна зовнішня східна	0,264	48	33	33	0,418	3,9	0,049	0,468	
Вн. стіна в допоміжні приміщення	0,4	192	22	22	1,690	0	0,000	1,690	
Покрівля	0,264	144	33	33	1,255	14,9	0,566	1,821	
Підлога	-	144	33	-	0,574	0	-	0,574	
Перегородка з к.№16	0,49	192	0	0	0,000	0	0,000	0,000	
Вн. стіна в коридор	0,4	48	-	13,2	0,253	0	0,000	0,253	
Разом							4,806		

Камери №19, №20								$t_{\text{ар.}} = 0^{\circ}\text{C}$
Стіна зовнішня південна	0,264	144	33	33	1,255	3,2	0,122	1,376
Перегородка між камерами	0,49	144	0	0	0,000	0	0,000	0,000
Покрівля	0,264	216	33	33	1,882	14,9	0,850	2,731
Підлога	-	216	33	-	1,224	0	-	1,224
Вн. стіна в коридор	0,4	96	-	19,8	0,760	0	0,000	0,760
Разом							6,092	
Камери №14, №18, №21, №22								$t_{\text{ар.}} = 0^{\circ}\text{C}$
Перегородка між камерами	0,49	144	0	0	0,000	0	0,000	0,000
Вн. стіна в коридор	0,4	96	-	11,88	0,456	0	0,000	0,456
Покрівля	0,264	216	33	33	1,882	14,9	0,850	2,731
Підлога	-	216	33	-	0,499	0	-	0,499
Разом							3,687	
Камери №8(о), №13(о)								$t_{\text{ар.}} = 0^{\circ}\text{C}$
Перегородка між камерами	0,49	96	0	0	0,000	0	0,000	0,000
Вн. стіни в коридор	0,4	144	-	19,8	1,140	0	0,000	1,140
Покрівля	0,264	72	33	33	0,627	14,9	0,283	0,910
Підлога	-	72	33	-	0,166	0	-	0,166
Разом							2,217	
Камери №9(о) ÷ №12(о)								$t_{\text{ар.}} = 0^{\circ}\text{C}$
Перегородка між камерами	0,49	96	0	0	0,000	0	0,000	0,000
Вн. стіни в коридор	0,4	48	-	19,8	0,380	0	0,000	0,380
Покрівля	0,264	72	33	33	0,627	14,9	0,283	0,910
Підлога	-	72	33	-	0,166	0	-	0,166
Разом							1,457	

## 2.5. Теплонадходження від вантажів при холодильній обробці.

Камери №1 ÷ 7, №15, №16.

Картопля надходить в камеру з температурою  $t = 5^{\circ}\text{C}$ , а в камері  $t_{\text{к.зб.}} = 0^{\circ}\text{C}$ .

Дійсна маса продукту що зберігається:

$$V_{\text{к}} = F_{\text{к.зб.}} \cdot qv \cdot h_{\text{вант}} \cdot \beta = 288 \cdot 0,45 \cdot 6,96 \cdot 0,7 = 631 \text{ м}^3$$

де  $F_{\text{к.зб.}} = 12 \times 24 = 288 \text{ м}^2$ .

В камеру завантажуємо не більше 20%. Приймаємо  $M_{\text{пр}} = 125 \text{ т}$ .

Теплонадходження при охолодженні продуктів в камерах зберігання:

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

де  $M_{np}$  - добове надходження продуктів, т/добу;  $\Delta h$  - різниця питомих ентальпій продуктів, кДж/кг;

$$Q_{2np} = 125 \times (290,5 - 272,0) \times \frac{10^3}{24 \times 3600} = 26,77 \text{ кВт};$$

Теплонадходження від тари  $Q_{2m}$ , кВт :

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

де  $M_m$  - добове надходження тари (13% від маси вантажу), т/добу;  $c_m$  - питома теплоємність тари, кДж/кг×К;  $t_1$  і  $t_2$  - початкова і кінцева температура тари(приймаються рівними початковій і кінцевій температурі продукта), °С;

$$c_m = 0,34 \text{ кДж / кг} \times \text{К}$$

$$Q_{2m} = 16,25 \times 0,34 \times (5 - 0) \times \frac{10^3}{24 \times 3600} = 0,32 \text{ кВт};$$

$$Q_2 = Q_{2np} + Q_{2m} = 26,77 + 0,32 = 27,08 \text{ кВт};$$

Камери №14, №18÷№22.

Картопля надходить в камеру з температурою  $t = 5^\circ\text{C}$ , а в камері  $t_{к.зб.} = 0^\circ\text{C}$ .

Дійсна маса продукту що зберігається:

$$B_{\text{к}} = F_{\text{к.зб.}} \cdot qv \cdot h_{\text{вант}} \cdot \beta = 216 \cdot 0,45 \cdot 6,96 \cdot 0,7 = 473,6 \text{ т}$$

$$\text{де } F_{\text{к.зб.}} = 12 \times 18 = 216 \text{ м}^2.$$

В камеру завантажуємо не більше 20%. Приймаємо  $M_{np} = 95 \text{ т}$ .

Теплонадходження при охолодженні продуктів в камерах зберігання:

$$Q_{2np} = 95 \times (290,5 - 272,0) \times \frac{10^3}{24 \times 3600} = 20,34 \text{ кВт};$$

Теплонадходження від тари  $Q_{2m}$ , кВт :

$$Q_{2m} = 12,35 \times 0,34 \times (5 - 0) \times \frac{10^3}{24 \times 3600} = 0,24 \text{ кВт};$$

$$Q_2 = Q_{2np} + Q_{2m} = 20,34 + 0,24 = 20,58 \text{ кВт};$$

### Камера №17.

Буряк надходить в камеру з температурою  $t = 5^\circ\text{C}$ , а в камері  $t_{\text{к.зб.}} = 0^\circ\text{C}$ .

Дійсна маса продукту що зберігається:

$$B_{\text{к}} = F_{\text{к.зб.}} \cdot qv \cdot h_{\text{вант}} \cdot \beta = 144 \cdot 0,45 \cdot 6,96 \cdot 0,7 = 315,7 \text{ т}$$

$$\text{де } F_{\text{к.зб.}} = 6 \times 24 = 144 \text{ м}^2.$$

В камеру завантажуємо не більше 20%. Приймаємо  $M_{\text{np}} = 63 \text{ т}$ .

Теплонадходження при охолодженні продуктів в камерах зберігання:

$$Q_{2np} = 63 \times (290,5 - 272,0) \times \frac{10^3}{24 \times 3600} = 13,45 \text{ кВт};$$

Теплонадходження від тари  $Q_{2m}$ , кВт :

$$Q_{2m} = 8,2 \times 0,34 \times (5 - 0) \times \frac{10^3}{24 \times 3600} = 0,16 \text{ кВт};$$

$$Q_2 = Q_{2np} + Q_{2m} = 13,45 + 0,16 = 13,61 \text{ кВт};$$

### Камери №8(о)÷№13(о) (режим зберігання).

Картопля надходить в камеру з температурою  $t = 5^\circ\text{C}$ , а в камері  $t_{\text{к.зб.}} = 0^\circ\text{C}$ .

Дійсна маса продукту що зберігається:

$$B_{\text{к}} = F_{\text{к.зб.}} \cdot qv \cdot h_{\text{вант}} \cdot \beta = 72 \cdot 0,45 \cdot 6,96 \cdot 0,7 = 157,9 \text{ т}$$

$$\text{де } F_{\text{к.зб.}} = 12 \times 6 = 72 \text{ м}^2.$$

В камеру завантажуємо не більше 20%. Приймаємо  $M_{\text{np}} = 31 \text{ т}$ .

Теплонадходження при охолодженні продуктів в камерах зберігання:

$$Q_{2np} = 31 \times (290,5 - 272,0) \times \frac{10^3}{24 \times 3600} = 6,34 \text{ кВт};$$

Теплонадходження від тари  $Q_{2m}$ , кВт :

$$Q_{2m} = 4,0 \times 0,34 \times (5 - 0) \times \frac{10^3}{24 \times 3600} = 0,08 \text{ кВт};$$

$$Q_2 = Q_{2np} + Q_{2m} = 6,34 + 0,08 = 6,42 \text{ кВт};$$

### Камери №8(о)÷№13(о) (режим охолодження).

Картопля надходить в камеру з температурою  $t_n = 14^\circ\text{C}$  і охолоджуються до температури  $t_{к.} = 5^\circ\text{C}$ .

Дійсна маса продукту що охолоджується:

$$B_{к} = F_{к.зб.} \cdot qv_{вант} \cdot \beta = 72 \cdot 0,45 \cdot 2,34 \cdot 0,7 = 53,1\text{т}$$

де  $F_{к.зб.} = 12 \times 6 = 72 \text{ м}^2$ .

Теплонадходження при охолодженні продуктів в камерах охолодження:

$$Q_{2np} = 1,3 \times M_{np} \times \Delta h \times \frac{10^3}{\tau_{обр} \times 3600};$$

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

$$Q_{2np} = 1,3 \times 53,1 \times (324,3 - 290,5) \times \frac{10^3}{18 \times 3600} = 36,01\text{кВт};$$

Теплонадходження від тари  $Q_{2m}, \text{кВт}$ :

$$Q_{2m} = 1,3 \times 6,9 \times 0,34 \times (14 - 5) \times \frac{10^3}{24 \times 3600} = 0,32\text{кВт};$$

$$Q_2 = Q_{2np} + Q_{2m} = 36,01 + 0,32 = 36,33\text{кВт};$$

Таблиця 2.5.2. Теплонадходження від вантажів при холодильній обробці.

№ камери	Маса продукту, т/добу	Темп. Продукту, °C		Час охол., год	Питома ент. продукту		$Q_{зпр}, кВт$	$Q_{зм}, кВт$	$Q_{зоб}, кВт$
		$t_1$	$t_2$		$i_1$	$i_2$			
1	125	5	0	24	290,5	272	26,77	0,32	27,09
2	125	5	0	24	290,5	272	26,77	0,32	27,09
3	125	5	0	24	290,5	272	26,77	0,32	27,09
4	125	5	0	24	290,5	272	26,77	0,32	27,09
5	125	5	0	24	290,5	272	26,77	0,32	27,09
6	125	5	0	24	290,5	272	26,77	0,32	27,09
7	125	5	0	24	290,5	272	26,77	0,32	27,09
8 (о) - зб.	31	5	0	24	290,5	272	6,34	0,08	6,42
9 (о) - зб.	31	5	0	24	290,5	272	6,34	0,08	6,42
10 (о) - зб.	31	5	0	24	290,5	272	6,34	0,08	6,42
11 (о) - зб.	31	5	0	24	290,5	272	6,34	0,08	6,42
12 (о) - зб.	31	5	0	24	290,5	272	6,34	0,08	6,42
13 (о) - зб.	31	5	0	24	290,5	272	6,34	0,08	6,42
8 (о) - ох.	53,1	14	5	18	324,3	290,5	36,01	0,32	36,33
9 (о) - ох.	53,1	14	5	18	324,3	290,5	36,01	0,32	36,33
10 (о) -	53,1	14	5	18	324,3	290,5	36,01	0,32	36,33
11 (о) -	53,1	14	5	18	324,3	290,5	36,01	0,32	36,33
12 (о) -	53,1	14	5	18	324,3	290,5	36,01	0,32	36,33
13 (о) -	53,1	14	5	18	324,3	290,5	36,01	0,32	36,33
14	95	5	0	24	290,5	272	20,34	0,24	20,58
15	125	5	0	24	290,5	272	26,77	0,32	27,09
16	125	5	0	24	290,5	272	26,77	0,32	27,09
17	63	5	0	24	290,5	272	13,45	0,16	13,61
18	95	5	0	24	290,5	272	20,34	0,24	20,58
19	95	5	0	24	290,5	272	20,34	0,24	20,58
20	95	5	0	24	290,5	272	20,34	0,24	20,58
21	95	5	0	24	290,5	272	20,34	0,24	20,58
22	95	5	0	24	290,5	272	20,34	0,24	20,58

### Теплонадходження при вентиляції приміщення.

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

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

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

де  $V_k$  — об'єм вентиляваного приміщення, м<sup>3</sup>;  $a$  — кратність повітрообміну;  $\rho_{нов}$  — густина повітря при температурі та відносній вологості повітря в камері, кг/м<sup>3</sup>.

Камери №1÷7, №15, №16 (0°C)

$$V_k = 2304 м^3; a=4; \rho_{нов}=1,28 кг/м^3.$$

$$M_{нов} = \frac{2304 \times 4 \times 1,28}{24 \times 3600} = 0,137 \text{ кг} / \text{с};$$

$$Q_3 = 0,137 \times (66,58 - 9,1) = 7,85 \text{ кВт};$$

#### Камера №14 (0°C).

$$V_k = 1728 \text{ м}^3; a=4; \rho_{нов}=1,28 \text{ кг/м}^3.$$

$$M_{нов} = \frac{1728 \times 4 \times 1,28}{24 \times 3600} = 0,102 \text{ кг} / \text{с};$$

$$Q_3 = 0,102 \times (66,58 - 9,1) = 5,9 \text{ кВт};$$

#### Камери №8(о)÷№13(о) (0°C).

$$V_k = 576 \text{ м}^3; a=4; \rho_{нов}=1,29 \text{ кг/м}^3.$$

$$M_{нов} = \frac{576 \times 4 \times 1,29}{24 \times 3600} = 0,034, \text{ кг} / \text{с};$$

$$Q_3 = 0,034 \times (66,58 - 9,1) = 1,98 \text{ кВт};$$

#### **Експлуатаційні теплонадходження.**

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

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

#### Теплонадходження від освітлення:

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

де  $A$  – теплота, яка виділяється джерелами освітлення за одиницю часу на 1  $\text{м}^2$  площі пола,  $\text{Вт/м}^2$ ;  $F$  – площа камера,  $\text{м}^2$ .

#### Теплонадходження від перебування людей:

$$q_2 = 0,35 \times n, \text{ кВт}$$

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

#### Теплонадходження від працюючих електродвигунів:

$$q_3 = N_{ел.дв.}, \text{ кВт}$$

#### Теплонадходження при відкриванні дверей:

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

де  $K$  – питоме надходження теплоти від відкриття дверей, Вт/м<sup>2</sup>;  $F$  – площа камери, м<sup>2</sup>.

#### Камери №1÷7, №15, №16 (0°C)

Теплонадходження від освітлення:

$$F=288 \text{ м}^2; A=2,3 \text{ Вт/м}^2;$$

$$q_1 = 2,3 \times 288 \times 10^{-3} = 0,66 \text{ кВт};$$

Теплонадходження від перебування людей:

$$n=3 \text{ чол.};$$

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

Теплонадходження від працюючих електродвигунів:

$$q_3 = 4 \text{ кВт}$$

Теплонадходження при відкритті дверей:

$$K=4 \text{ Вт/м}^2 \text{ (табл.9.2., [1]); } F=288 \text{ м}^2;$$

$$q_4 = 4 \times 288 \times 10^{-3} = 1,15 \text{ кВт};$$

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 = 0,66 + 1,05 + 4 + 1,15 = 6,86 \text{ кВт};$$

Розрахунки для всіх інших камер проводимо так само, і результати заносимо в табл. 2.5.3.

Таблиця 2.5.3. Експлуатаційні тепло надходження

№камери	$F_k, \text{ м}^2$	$A, \text{ Вт / м}^2$	$q_1, \text{ кВт}$	$n, \text{ людей}$	$q_2, \text{ кВт}$	$q_3, \text{ кВт}$	$K, \text{ Вт / м}$	$q_4, \text{ кВт}$	$Q_{4 \text{ об}}, \text{ кВт}$
1	288	2,3	0,66	3	1,05	4	4	1,152	6,86
2	288	2,3	0,66	3	1,05	4	4	1,152	6,86
3	288	2,3	0,66	3	1,05	4	4	1,152	6,86
4	288	2,3	0,66	3	1,05	4	4	1,152	6,86
5	288	2,3	0,66	3	1,05	4	4	1,152	6,86
6	288	2,3	0,66	3	1,05	4	4	1,152	6,86
7	288	2,3	0,66	3	1,05	4	4	1,152	6,86
8 (о)	72	4,7	0,34	2	0,7	6	12	0,864	7,90
9 (о)	72	4,7	0,34	2	0,7	6	12	0,864	7,90
10 (о)	72	4,7	0,34	2	0,7	6	12	0,864	7,90
11 (о)	72	4,7	0,34	2	0,7	6	12	0,864	7,90
12 (о)	72	4,7	0,34	2	0,7	6	12	0,864	7,90
13 (о)	72	4,7	0,34	2	0,7	6	12	0,864	7,90
14	216	2,3	0,50	3	1,05	4	4	0,864	6,41
15	288	2,3	0,66	3	1,05	4	4	1,152	6,86
16	288	2,3	0,66	3	1,05	4	4	1,152	6,86
17 - РГС	288	0	0,00	0	0	2	0	0	2,00
18 - РГС	288	0	0,00	0	0	2	0	0	2,00
19 - РГС	288	0	0,00	0	0	2	0	0	2,00
20 - РГС	288	0	0,00	0	0	2	0	0	2,00
21 - РГС	288	0	0,00	0	0	2	0	0	2,00
22 - РГС	288	0	0,00	0	0	2	0	0	2,00

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

Камери №1÷7 (631 т, 0°C, охолоджена картопля)

$$q_n=21, \text{Вт/т}; q_{зб}=10, \text{Вт/т.}$$

$$Q_5 = 631 \times (0,2 \times 21 + 0,8 \times 10) \times 10^{-3} = 7,7 \text{кВт};$$

Камери №15, №16 (631 т, 0°C, охолодженні буряк).

$$q_n=41, \text{Вт/т}; q_{зб}=10, \text{Вт/т.}$$

$$Q_5 = 631 \times (0,2 \times 41 + 0,8 \times 10) \times 10^{-3} = 10,22 \text{кВт};$$

Камери №14, №18 (473,6 т, 0°C, охолодженні морква).

$$q_n=41, \text{Вт/т}; q_{зб}=10, \text{Вт/т.}$$

$$Q_5 = 473,6 \times (0,2 \times 41 + 0,8 \times 10) \times 10^{-3} = 7,67 \text{кВт};$$

Камера №17 (315,7 т, 0°C, охолодженні морква)

$$q_n=41, \text{Вт/т}; q_{зб}=10, \text{Вт/т.}$$

$$Q_5 = 315,7 \times (0,2 \times 41 + 0,8 \times 10) \times 10^{-3} = 5,11 \text{кВт};$$

Камери №19÷22 (473,6 т, 0°C, охолодженні картопля).

$$q_n=21, \text{Вт/т}; q_{зб}=10, \text{Вт/т.}$$

$$Q_5 = 473,6 \times (0,2 \times 21 + 0,8 \times 10) \times 10^{-3} = 5,78 \text{кВт};$$

Камери №8(о)÷№13(о) (режим зберігання, 0°C, 157,9 т, картоплі).

$$q_n=41, \text{Вт/т}; q_{зб}=10, \text{Вт/т.}$$

$$Q_5 = 157,9 \times (0,2 \times 41 + 0,8 \times 10) \times 10^{-3} = 2,56 \text{кВт};$$

Камери №8(о)÷№13(о) (режим охолодження, 0°C, 53,1 т, картоплі).

$$q_n=112 \text{Вт/т};$$

$$Q_5 = 53,1 \times 112 \times 10^{-3} = 5,95 \text{кВт};$$

Таблиця 2.5.4. Зведена таблиця теплонадходжень.

№камери	$F_k, M^2$	Температура, °C	Навантаження на камерне обладнання					$\sum Q_{об}$
		$t_B$	$Q_{1 об}$	$Q_{2 об}$	$Q_{3 об}$	$Q_{4 об}$	$Q_{5 об}$	
1	288	0	7,46	27,09	7,85	6,86	7,7	56,96
2	288	0	6,51	27,09	7,85	6,86	7,7	56,01
3	288	0	6,51	27,09	7,85	6,86	7,7	56,01
4	288	0	6,51	27,09	7,85	6,86	7,7	56,01
5	288	0	9,27	27,09	7,85	6,86	7,7	58,77
6	288	0	9,25	27,09	7,85	6,86	7,7	58,75
7	288	0	6,49	27,09	7,85	6,86	7,7	55,99
8 (о) - зб.	72	0	2,22	6,42	1,98	7,90	2,56	21,08
9 (о) - зб.	72	0	1,46	6,42	1,98	7,90	2,56	20,32
10 (о) - зб.	72	0	1,46	6,42	1,98	7,90	2,56	20,32
11 (о) - зб.	72	0	1,46	6,42	1,98	7,90	2,56	20,32
12 (о) - зб.	72	0	1,46	6,42	1,98	7,90	2,56	20,32
13 (о) - зб.	72	0	2,22	6,42	1,98	7,90	2,56	21,08
8 (о) - ох.	72	0	2,22	36,33	1,98	7,90	5,95	54,38
9 (о) - ох.	72	0	1,46	36,33	1,98	7,90	5,95	53,62
10 (о) - ох.	72	0	1,46	36,33	1,98	7,90	5,95	53,62
11 (о) - ох.	72	0	1,46	36,33	1,98	7,90	5,95	53,62
12 (о) - ох.	72	0	1,46	36,33	1,98	7,90	5,95	53,62
13 (о) - ох.	72	0	2,22	36,33	1,98	7,90	5,95	54,38
14	216	0	3,69	20,58	5,9	6,41	7,67	44,25
15	288	0	6,49	27,09	7,85	6,86	10,22	58,51
16	288	0	6,49	27,09	7,85	6,86	10,22	58,51
17	288	0	4,81	13,61	0	2,00	5,11	25,53
18	288	0	3,69	20,58	0	2,00	7,67	33,94
19	288	0	6,1	20,58	0	2,00	5,78	34,46
20	288	0	6,1	20,58	0	2,00	5,78	34,46
21	288	0	3,69	20,58	0	2,00	5,78	32,05
22	288	0	3,69	20,58	0	2,00	5,78	32,05

Теплонадходження в зимовий період.

Методика визначення всіх теплонадходжень проводимо аналогічно до попередніх розділів.

2.5.7. Теплонадходження через огороджуючі конструкції.

Для всіх камер розрахунки і результати заносимо до таблиці 2.5.5.

Таблиця 2.5.5. Теплонадходження через огороджуючі конструкції.

Стіна	$K_0, \frac{Вт}{м^2 \times К}$	$F, м^2$	$t_{int}, °C$	$\theta, °C$	$Q_{1, в}, кВт$	$\Delta t_{ст}, °C$	$Q_{1, с}, кВт$	$Q_{1, об}, кВт$
<b>Камера №1</b>								$t_{ext} = 0 °C$
Стіна зовнішня західна	0,264	96	-18	-18	-0,456	4,7	0,119	-0,337
Стіна зовнішня північна	0,264	96	-18	-18	-0,456	0	0,000	-0,456
Стіна внутрішня північна	0,4	96	-	-12,6	-0,484	0	0,000	-0,484
Покрівля	0,264	288	-18	-18	-1,369	14,9	1,133	-0,236
Підлога	-	288	-18	-	-0,136	0	0,000	-0,136
Перегородка з к.№2	0,49	192	0	0	0,000	0	0,000	0,000
Вн. стіна в коридор	0,4	96	-	-10,8	-0,415	0	0,000	-0,415
Разом							-2,064	
<b>Камери №2 ÷ №4</b>								$t_{ext} = 0 °C$
Стіна зовнішня західна	0,264	96	-18	-18	-0,456	4,7	0,119	-0,337
Перегородка між камерами	0,49	192	0	0	0,000	0	0,000	0,000
Покрівля	0,264	288	-18	-18	-1,369	14,9	1,133	-0,236
Підлога	-	288	-18	-	-0,626	0	-	-0,626
Вн. стіна в коридор	0,4	96	-	-10,8	-0,415	0	0,000	-0,415
Разом							-1,614	
<b>Камера №5</b>								$t_{ext} = 0 °C$
Стіна зовнішня західна	0,264	96	-18	-18	-0,456	4,7	0,119	-0,337
Стіна зовнішня південна	0,264	192	-18	-18	-0,912	3,2	0,162	-0,750
Покрівля	0,264	288	-18	-18	-1,369	14,9	1,133	-0,236
Підлога	-	288	-18	-	-1,131	0	-	-1,131
Перегородка з к.№4	0,49	192	0	0	0,000	0	0,000	0,000
Вн. стіна в коридор	0,4	96	-	-10,8	-0,415	0	0,000	-0,415
Разом							-2,869	

Камера №6								$t_{\text{вн}} = 0^{\circ}\text{C}$	
Стіна зовнішня східна	0,264	96	-18	-18	-0,456	3,9	0,099	-0,357	
Стіна зовнішня південна	0,264	192	-18	-18	-0,912	3,2	0,162	-0,750	
Покрівля	0,264	288	-18	-18	-1,369	14,9	1,133	-0,236	
Підлога	-	288	-18	-	-1,131	0	-	-1,131	
Перегородка з к.№7	0,49	192	0	0	0,000	0	0,000	0,000	
Вн. стіна в коридор	0,4	96	-	-10,8	-0,415	0	0,000	-0,415	
Разом							-2,889		
Камери №7, 15, 16								$t_{\text{вн}} = 0^{\circ}\text{C}$	
Стіна зовнішня східна	0,264	96	-18	-18	-0,456	3,9	0,099	-0,357	
Перегородка між камерами	0,49	192	0	0	0,000	0	0,000	0,000	
Покрівля	0,264	288	-18	-18	-1,369	14,9	1,133	-0,236	
Підлога	-	288	-18	-	-0,626	0	-	-0,626	
Вн. стіна в коридор	0,4	96	-	-10,8	-0,415	0	0,000	-0,415	
Разом							-1,634		
Камера №17								$t_{\text{вн}} = 0^{\circ}\text{C}$	
Стіна зовнішня східна	0,264	48	-18	-18	-0,228	3,9	0,049	-0,179	
Вн. стіна в допоміжні приміщення	0,4	192	-18	-18	-1,382	0	0,000	-1,382	
Покрівля	0,264	144	-18	-18	-0,684	14,9	0,566	-0,118	
Підлога	-	144	-18	-	-0,313	0	-	-0,313	
Перегородка з к.№16	0,49	192	0	0	0,000	0	0,000	0,000	
Вн. стіна в коридор	0,4	48	-	-10,8	-0,207	0	0,000	-0,207	
Разом							-2,199		

Продовження таблиці 2.5.5

Камери №19, №20								$t_{\text{вн.}} = 0^{\circ}\text{C}$	
Стіна зовнішня південна	0,264	144	-18	-18	-0,684	3,2	0,122	-0,563	
Перегородка між камерами	0,49	144	0	0	0,000	0	0,000	0,000	
Покрівля	0,264	216	-18	-18	-1,026	14,9	0,850	-0,177	
Підлога	-	216	-18	-	-0,687	0	-	-0,687	
Вн. стіна в коридор	0,4	96	-	-10,8	-0,415	0	0,000	-0,415	
Разом							-1,822		
Камери №14, №18, №21, №22								$t_{\text{вн.}} = 0^{\circ}\text{C}$	
Перегородка між камерами	0,49	144	0	0	0,000	0	0,000	0,000	
Вн. стіна в коридор	0,4	96	-	-6,48	-0,249	0	0,000	-0,249	
Покрівля	0,264	216	-18	-18	-1,026	14,9	0,850	-0,177	
Підлога	-	216	-18	-	-0,272	0	-	-0,272	
Разом							-0,698		
Камери №8(о), №13(о)								$t_{\text{вн.}} = 0^{\circ}\text{C}$	
Перегородка між камерами	0,49	96	0	0	0,000	0	0,000	0,000	
Вн. стіни в коридор	0,4	144	-	-10,8	-0,622	0	0,000	-0,622	
Покрівля	0,264	72	-18	-18	-0,342	14,9	0,283	-0,059	
Підлога	-	72	-18	-	-0,091	0	-	-0,091	
Разом							-0,772		
Камери №9(о) ÷ №12(о)								$t_{\text{вн.}} = 0^{\circ}\text{C}$	
Перегородка між камерами	0,49	96	0	0	0,000	0	0,000	0,000	
Вн. стіни в коридор	0,4	48	-	-10,8	-0,207	0	0,000	-0,207	
Покрівля	0,264	72	-18	-18	-0,342	14,9	0,283	-0,059	
Підлога	-	72	-18	-	-0,091	0	-	-0,091	
Разом							-0,357		

2.5.8. Теплонадходження від вантажів при холодильній обробці.

Для зимового періоду  $Q_2=0$ , кВт.

2.5.9. Теплонадходження при вентиляції приміщення.

Камери №1÷7, №15, №16 (0°C)

$$Q_3 = 0,137 \times (-16,5 - 9,1) = -3,51 \text{ кВт};$$

Камера №14 (0°C).

$$Q_3 = 0,102 \times (-16,5 - 9,1) = -2,61 \text{ кВт};$$

Камери №8(о)÷№13(о) (0°C).

$$Q_3 = 0,034 \times (-16,5 - 9,1) = -0,87 \text{ кВт};$$

2.5.10. Експлуатаційні теплонадходження.

Для зимового періоду  $Q_4 = W_{\text{по}}$ , кВт (табл. 2.5.3.).

2.5.11. Теплонадходження від «дихання» плодів.

$$Q_5 = V_k \times q_{зб} \times 10^{-3}, \text{ кВт};$$

де  $V_k$  — місткість камери, т;  $q_{зб} = 10$  Вт/т. — тепловиділення плодів при температурах надходження та зберігання (додаток 8[1]), Вт/т.

Камери №1÷7, №15, №16 (631 т, 0°C, охолоджена картопля)

$$Q_5 = 631 \times 10 \times 10^{-3} = 6,31 \text{ кВт};$$

Камери №14, №18 (473,6 т, 0°C, охолоджена картопля).

$$Q_5 = 473,6 \times 10 \times 10^{-3} = 4,74 \text{ кВт};$$

Камера №17 (315,7 т, 0°C, охолодженні буряк)

$$Q_5 = 315,7 \times 10 \times 10^{-3} = 3,16 \text{ кВт};$$

Камери №19÷22 (473,6 т, 0°C, охолоджена морква).

$$Q_5 = 473,6 \times 10 \times 10^{-3} = 4,74 \text{ кВт};$$

Камери №8(о)÷№13(о) (режим зберігання, 0°C, 157,9 т, цибуля).

$$Q_5 = 157,9 \times 10 \times 10^{-3} = 1,58 \text{ кВт};$$

№ камери	$F_k, M^2$	Температура, °C	Навантаження на камерне обладнання					$\sum Q_{об}$
			$t_{в}$	$Q_{1,об}$	$Q_{2,об}$	$Q_{3,об}$	$Q_{4,об}$	
1	288	0	-2,06	0	-3,51	4	6,31	4,74
2	288	0	-1,61	0	-3,51	4	6,31	5,19
3	288	0	-1,61	0	-3,51	4	6,31	5,19
4	288	0	-1,61	0	-3,51	4	6,31	5,19
5	288	0	-2,87	0	-3,51	4	6,31	3,93
6	288	0	-2,89	0	-3,51	4	6,31	3,91
7	288	0	-1,63	0	-3,51	4	6,31	5,17
8 (о) - зб.	72	0	-0,77	0	-0,87	2	1,58	1,94
9 (о) - зб.	72	0	-0,36	0	-0,87	2	1,58	2,35
10 (о) - зб.	72	0	-0,36	0	-0,87	2	1,58	2,35
11 (о) - зб.	72	0	-0,36	0	-0,87	2	1,58	2,35
12 (о) - зб.	72	0	-0,36	0	-0,87	2	1,58	2,35
13 (о) - зб.	72	0	-0,77	0	-0,87	2	1,58	1,94
14	216	0	-0,7	0	-2,61	4	4,74	5,43
15	288	0	-1,63	0	-3,51	4	6,31	5,17
16	288	0	-1,63	0	-3,51	4	6,31	5,17
17	288	0	-2,2	0	0	2	3,16	2,96
18	288	0	-0,7	0	0	2	4,74	6,04
19	288	0	-1,82	0	0	2	4,74	4,92
20	288	0	-1,82	0	0	2	4,74	4,92
21	288	0	-0,7	0	0	2	4,74	6,04
22	288	0	-0,7	0	0	2	4,74	6,04

### 2.5.1 Визначення навантаження на обладнання камер та компресори

Навантаження на компресор, що працює в режимі охолодження при температурі кипіння  $t_0 = -5^\circ C$

$$\begin{aligned} \sum Q_{-5} &= 0,85 \times \sum Q_{1об} + 0,5 \times \sum Q_{2об(зб)} + \sum Q_{2об(ох)} + \sum Q_{3об} + 0,5 \times \sum Q_{4об} + \sum Q_{5об} = \\ &= 0,85 \times 107,03 + 0,5 \times 380,9 + 217,98 + 88,43 + 0,5 \times 127,6 + 153,61 = 805,25 \text{ кВт}; \end{aligned}$$

Холодопродуктивність компресора:

$$Q_{0m} = k \times \sum Q_{-5};$$

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

$$Q_0 = 1,05 \times 805,25 = 845,5 \text{ кВт}$$

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

Розрахунковий (робочий) режим холодильної установки характеризується температурами кипіння  $t_0$ , конденсації  $t_k$ , всмоктування (пари на вході в компресор)  $t_{ec}$ . Значення цих параметрів обирають в залежності від призначення холодильної установки і розрахункових зовнішніх умов. Температуру кипіння х.а. приймаємо на  $5 - 8^\circ\text{C}$  нижчою, ніж температура у камерах.

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

Температуру конденсації для установок з повітряним охолодженням конденсатора приймають на  $(10 \div 12)^\circ\text{C}$  вище розрахункової температури зовнішнього повітря:

$$t_k = t_{нов} + (10 \div 12)^\circ\text{C}$$

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

Визначаємо температуру конденсації:

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

Величина переохолодження холодильного агента:

$$\Delta t_{пер} = 3^\circ\text{C}.$$

Величина корисного перегрівання пари холодильного агента у випарнику:

$$t_{нз} = (3 \div 10)^\circ\text{C} = 5^\circ\text{C}$$

Загальний перегрів холодоагенту приймаємо:

$$\Delta t_{з.п.} = 20^\circ\text{C}.$$

Температура всмоктування парів холодильного агента компресором:

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

## 2.7. Тепловий розрахунок холодильної машини.

Задачами теплового розрахунку холодильної машини є: визначення потрібної об'ємної продуктивності компресора; підбір компресора; визначення споживаної потужності; визначення теплового навантаження на конденсатор.

Визначаємо основні параметри теоретичного циклу і потрібну об'ємну подачу компресора.

Питома масова холодопродуктивність холодильного агенту (в кДж/кг)

$$q_0 = i_1 - i_4$$

Питома масова холодопродуктивність холодильного агенту з

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

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

Питоме теплове навантаження конденсатора:

$$q_{k1} = i_2 - i_3 = 454,13 - 259,2 = 194,93 \text{ кДж / кг}$$

Питома теоретична робота стискування в компресорі:

$$l_T = i_2 - i_1 \text{ кДж / кг}$$

$$l_T = i_2 - i_1 = 454,13 - 412,2 = 41,93 \text{ кДж / кг}$$

Масова витрата циркулюючого холодильного агенту, який потрібен для

відводу теплотоків:

$$M_{m(-5)} = \frac{Q_{0m(-5)}}{q_0} = \frac{845,5}{139,2} = 6,07 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

Визначаємо потрібну об'ємну продуктивність гвинтових компресорів. З рис. 11.2 літ.1 приймаємо коефіцієнт подачі.

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

### 2.7.1. Розрахунок компресора:

Дійсний об'єм всмоктування:

$$V_d = M_{\text{км}} \times v_{1''} = 6,07 \times 0,1149 = 0,698 \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

Об'єм, що описується поршнем:

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

Вибираємо до встановлення три напівгерметичних компактних компресори Bitzer HSK6451-50– об'ємною подачею

$$V_{\text{км}} = 1120 \frac{\text{м}^3}{200} = 0,311 \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

Коефіцієнт робочого часу компресорів:

$$b = \frac{V_h}{V_{\text{км}}} = \frac{0,87}{3 \times 0,311} = 0,935$$

Для централізованих систем коефіцієнт робочого часу повинен бути не менше 0,9. Умова виконується.

Дійсна масова витрата:

$$M_{\text{км}} = \lambda \times V_{\text{км}} / v_{1''} = 0,8 \times 0,311 / 0,1149 = 2,17 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

Теоретична потужність компресора:

$$N_{m(\text{км})} = M_{\text{км}} \times (i_2 - i_{1''}) = 2,17 \times (454,13 - 412,2) = 91 \text{кВт};$$

Дійсна (індикаторна) потужність компресора:

$$\eta_i = \lambda$$

$$\eta_i = 0,8;$$

$$N_{i(\text{км})} = N_{m(\text{км})} / \eta_i = 91 / 0,8 = 113,7 \text{кВт};$$

Ефективна потужність:

$$N_{e(км)} = \frac{N_{i(км)}}{\eta_{мех}} = \frac{113,7}{0,9} = 126,1 \text{ кВт};$$

Електрична потужність:

$$N_{ел(км)} = \frac{N_{e(км)}}{\eta_{ел}} = \frac{126,1}{0,9} = 140,1 \text{ кВт};$$

Для знаходження реального навантаження на конденсатор потрібно знайти реальне положення точок 2 через індикаторний ККД.

$$\eta_i = \frac{h_2 - h_{1''}}{h_2' - h_{1''}}$$

$$h_2' = h_{1''} + \frac{h_2 - h_{1''}}{\eta_i} = 412,2 + \frac{454,13 - 412,2}{0,8} = 464,6 \text{ кДж/кг}$$

Теплове навантаження на конденсатор:

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

Табл. 2.7.2. Технічні характеристики компресорів

Компресор Bitzer	Об'ємна продуктивність, м <sup>3</sup> /год.	Розміри, мм			d <sub>вх</sub> , мм	d <sub>вих</sub> , мм	Швидкість Обертання, об/хв.	Потужність електродвигуна, кВт	Маса, кг.
		Д	Ш	В					
HSK64 51-50	140	916	50 8	41 8	54	42	3000	50	238
HSK74 51-70	192	1021	52 6	40 7	76	54	3000	75	305

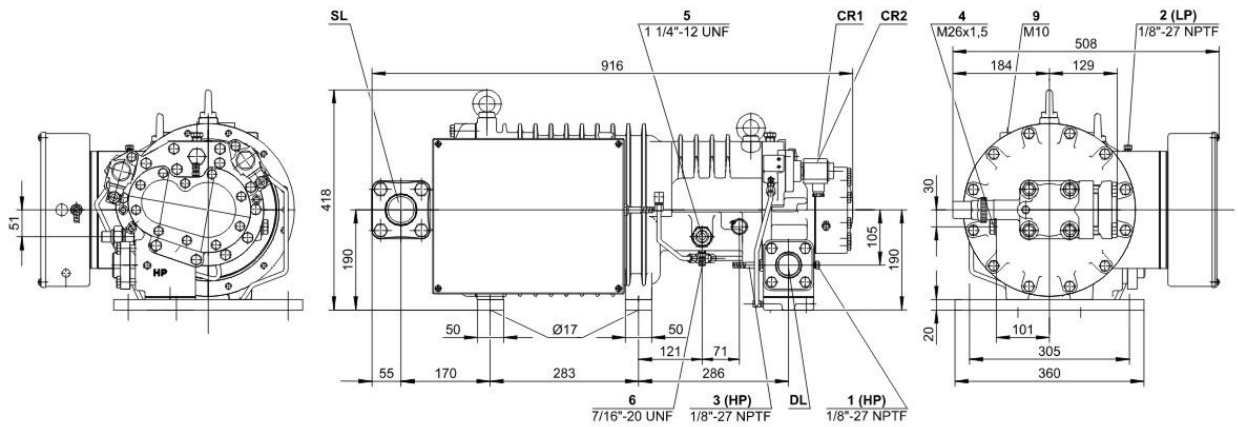


Рис. 2.7.3. Загальний вигляд компресора Bitzer HSK6451-50

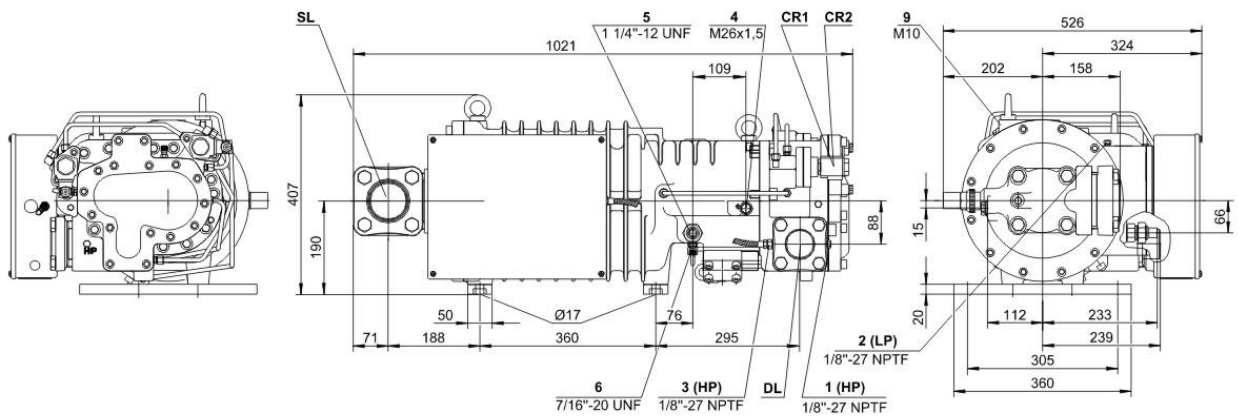


Рис. 2.7.4. Загальний вигляд компресора Bitzer HSK7451-50

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

Приймаємо одноступеневу холодильну машину з холодильним агентом R507A.

В холодильних установках з проміжним холодоносієм температуру кипіння холодильного агента приймають на 4-6 °С нижче середньої температури холодоносія у приладах охолодження:

$$t_0 = t_s - (4 \div 6)^\circ\text{C};$$

де  $t_s$  середня температура холодоносія в приладах охолодження, яка визначається за формулою:

$$t_s = t_6 - (7 \div 10)^\circ\text{C};$$

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

Визначаємо температуру кипіння холодильного агента:

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

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

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

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

Оскільки в комплексній машині незначна довжина трубопроводів, приймаємо тиск х.а. на всмоктуванні в компресор рівним тиску кипіння.

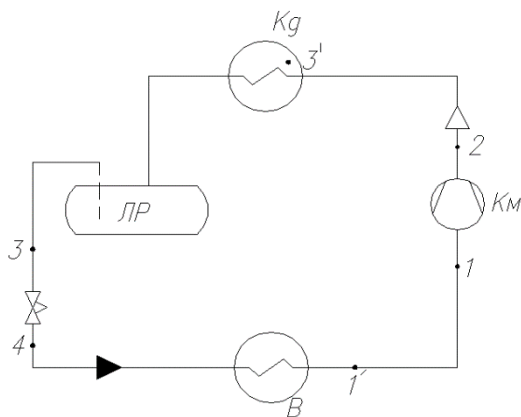


Рис. 2.7.4. Схема холодильної установки.

Таблиця 2.7.3. Параметри холодильного агента

№ точки	$t, ^\circ\text{C}$	$P, \text{МПа}$	$v, \text{м}^3/\text{год}$	$h, \text{кДж/кг}$
1'	-7	0,185	-	393
1	-2	0,185	0,112	398,8
2	60,5	1,16	0,019	438,8
2'	70	1,16	0,02	449,4
3'	45	1,16	-	264

3	42	1,16	-	259,2
4	-12	0,185	-	259,2

Визначаємо основні параметри теоретичного циклу і потрібну об'ємну подачу компресора.

1) Питома масова холодопродуктивність:

$$q_0 = h_1 - h_4 = 393 - 259,2 = 133,8 \text{ кДж / кг};$$

2) Питоме теплове навантаження конденсатора:

$$q_k = h_2 - h_3 = 438,8 - 259,2 = 179,6 \text{ кДж / кг};$$

3) Питома теоретична робота стискання в компресорі:

$$l_T = h_2 - h_1 = 438,8 - 393 = 45,8 \text{ кДж / кг};$$

4) Масова витрата холодильного агенту:

$$M_{\text{км}} = \frac{Q_0}{q_0} = \frac{845,5}{133,8} = 6,32 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

5) Визначаємо потрібну об'ємну продуктивність гвинтових компресорів. З рис. 11.2 літ.1 приймаємо коефіцієнт подачі.

$$p_k/p_0 = 1,16/0,185 = 6,3 \quad \lambda = 0,79$$

Розрахунок компресора:

1) Дійсний об'єм всмоктування:

$$V_d = M_{\text{км}} \times v_1 = 6,32 \times 0,112 = 0,708 \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

2) Теоретичний об'єм всмоктування:

$$V_h = \frac{V_d}{\lambda} = \frac{0,708}{0,79} = 0,896 \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

Вибираємо до встановлення три напівгерметичних компактних компресори Bitzer CSH95113-320Y – об'ємною подачею

$$V_{\text{км}} = 1120 \frac{\text{м}^3}{\text{год}} = 0,311 \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

Коефіцієнт робочого часу компресорів:

$$b = \frac{V_h}{V_{км}} = \frac{0,896}{3 \times 0,311} = 0,96$$

Для централізованих систем коефіцієнт робочого часу повинен бути не менше 0,9. Умова виконується.

3) Дійсна масова витрата:

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

4) Теоретична потужність:

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

5) Індикаторний ККД:

$$\eta_i = \lambda = 0,79;$$

6) Індикаторна потужність компресора:

$$N_i = \frac{N_T}{\eta_i} = \frac{100,47}{0,79} = 127,2 \text{ кВт};$$

7) Ефективна потужність:

$$N_e = \frac{N_i}{\eta_m} = \frac{127,2}{0,9} = 141,3 \text{ кВт};$$

8) Електрична потужність:

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

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

Для знаходження реального навантаження на конденсатор потрібно знайти реальне положення точок 2 через індикаторний ККД.

$$\eta_i = \frac{h_2 - h_1}{h_{2'} - h_1}$$

$$h_2 = h_1 + \frac{h_2 - h_1}{\eta_i} = 398,8 + \frac{438,8 - 398,8}{0,79} = 449,4 \text{ кДж/кг}$$

Теплове навантаження на конденсатор:

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

## Висновок

Зважаючи на:

- більш якісне завантаження компресорів,
  - менше навантаження на конденсатор,
  - значно меншу необхідну заправку холодильним агентом системи,
  - можливість використання фрікулінгу для охолодження в зимовий та перехідний сезон,
- приймаємо для подальшого розрахунку систему з проміжним теплоносієм.

## 2.8. Розрахунок та підбір теплообмінних апаратів.

Дійсне теплове навантаження на конденсатор:

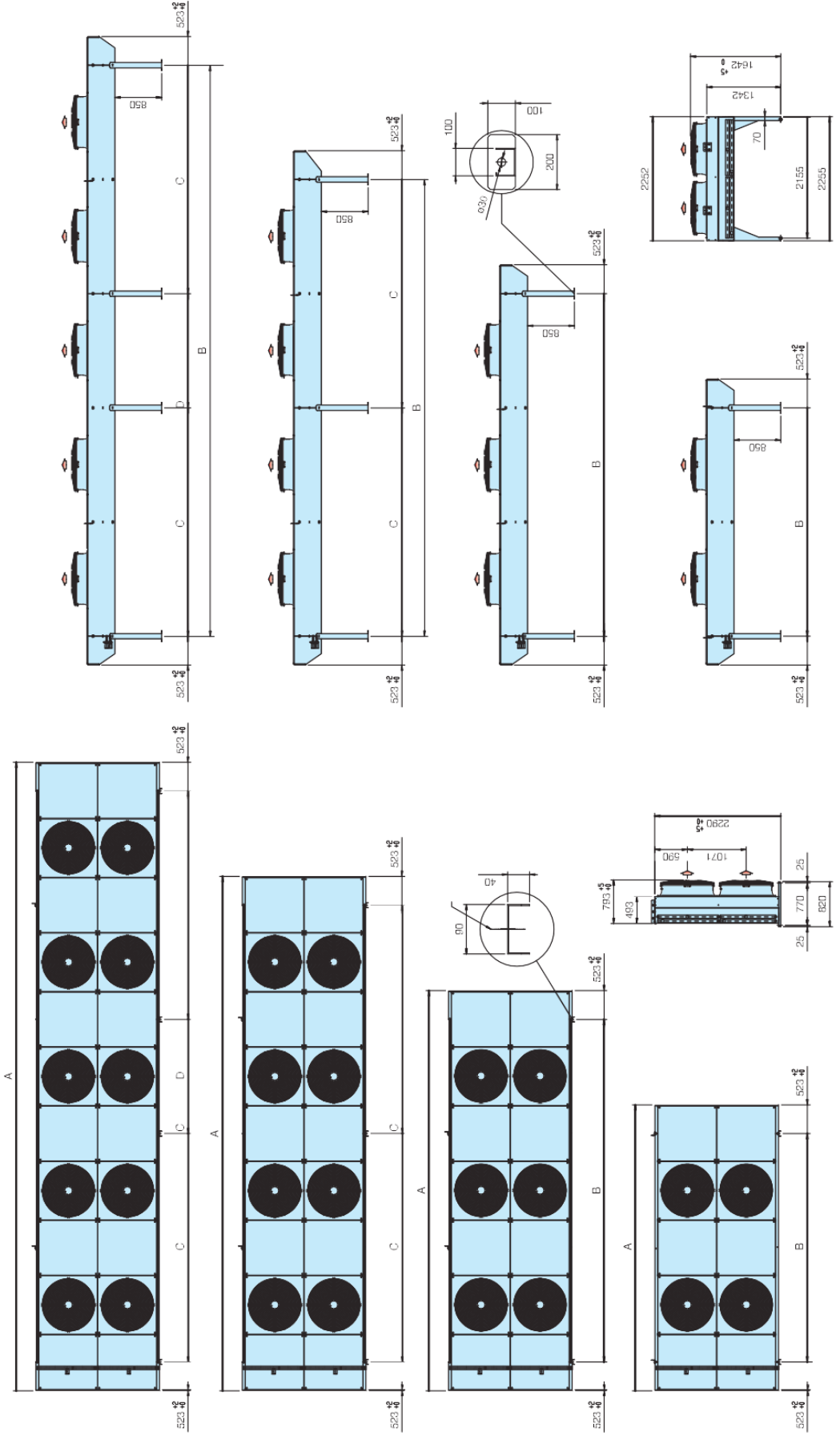
$$Q_{kd} = 1249,6 \text{ кВт};$$

Користуючись програмою Goedhart GPC2018.01 selection за тепловим навантаженням на конденсатор, температурою зовнішнього повітря та температурою конденсації вибираємо до встановлення повітряний конденсатор Alfa Laval марки BCDS903CD P AL 2.1 CU VD

Таблиця 2.8.1. Технічні характеристики конденсатора.

Потужність, кВт	485,7
Внутрішня поверхня, м <sup>2</sup>	1834,8
Вхідний патрубок, мм	2×76

Вихідний патрубок, мм	2×60
Відстань між ламелями, мм	2,1
Вентилятор, шт.	6
Діаметр вентилятора	900
Потік повітря, м <sup>3</sup> /год	127462
Номінальна потужність, Вт	6×1650
Габаритні розміри, Д×Ш×В, мм	7823×1275×2335
Вага, кг	1385



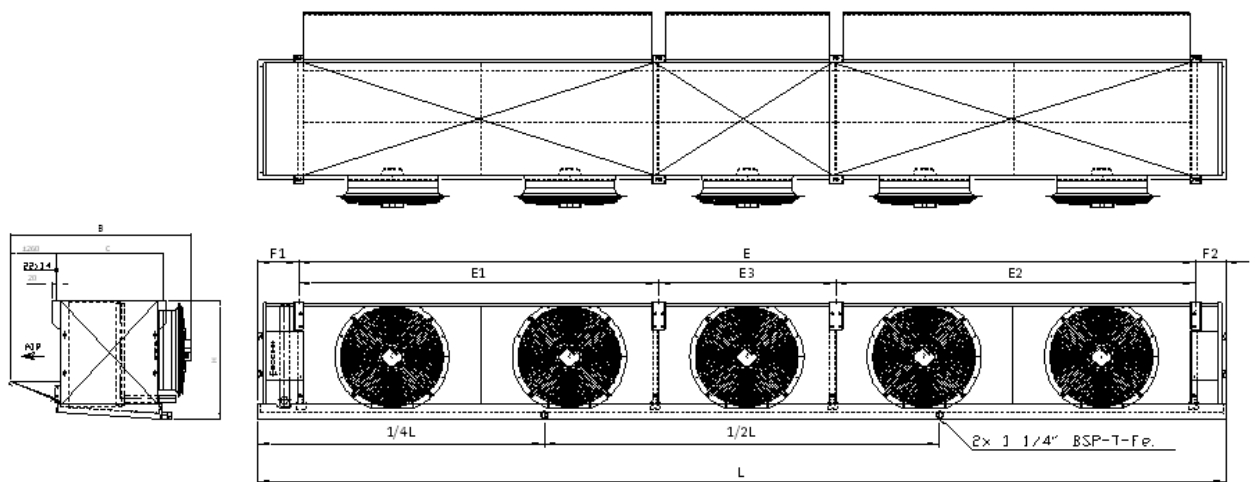
Повітроохолодник Helman Thor B 254-7 HH1 400 E-4

Таблиця 2.8.3. Технічні характеристики повітроохолодника.

Модель	THOR254-7
Потужність, кВт	28
Витрата повітря, м <sup>3</sup> /год	25900
Площа поверхні, м <sup>2</sup>	135,2
Відстань між ламелями, мм	7
Блок	Cu / Al
Діаметри патрубків (вх./вих.), мм	42/42
Кількість вентиляторів, шт.	5
Діаметр вентилятора, мм	450
Швидкість обертання, об./хв.	1 410
Потужність вентиляторів, Вт	250
Внутрішній об'єм, дм <sup>3</sup>	43
Довжина струменя, м	24
Довжина, мм	4520
Ширина, мм	1065
Висота, мм	680
Вага, кг	207

Повітроохолодник Helman Thor B 354-7 HH1 400 E-4

Модель	THOR354-7
Потужність, кВт	28
Витрата повітря, м <sup>3</sup> /год	34600
Площа поверхні, м <sup>2</sup>	180,3
Відстань між ламелями, мм	7
Блок	Cu / Al
Діаметри патрубків (вх./вих.), мм	42/42
Кількість вентиляторів, шт.	5
Діаметр вентилятора, мм	450
Швидкість обертання, об./хв.	1 410
Потужність вентиляторів, Вт	370
Внутрішній об'єм, дм <sup>3</sup>	43
Довжина струменя, м	27
Довжина, мм	4520
Ширина, мм	1065
Висота, мм	880
Вага, кг	303



## 2.9. Розрахунок та підбирання допоміжного обладнання холодинної установки

### Мастиловіддільники

Мастиловіддільники не підбираємо оскільки використано компактні гвинтові компресора в які інтегровані мастиловіддільники.

### Мастилоохолодники

Мастилоохолодники не підбираємо оскільки максимальна температура нагнітання в сухому стисканні не перевищує 100 °С.

### Ультразвуковий зволожувач повітря

«Вдох-Нова» типу УЗГВА 3000 від 150 до 300куб,м

### 3. Вихідні дані для проектування

Вихідні дані розділу Ніохим-11/164-ХС проектної документації будівництва холодинно-складського комплексу визначено:

Місце розташування овочесховища - Бровари

Місткість овочесховища – 8200т

- розрахунків інженерно-технологічних систем охолоджуваних приміщень (Камер овочесховища), при розробці принципів схемних рішень і при підборі обладнання;

- об'ємно-планувальними рішеннями холодинсько-складського комплексу, розробленими генпроектувальником - УГНППГ "ДПРОМІСТО", Волинська філія (див. РП 31-11-01 КБ);

розробленими техніко-технологічними рішеннями виробничої ділянки овочесховища, прийнятими процесами, апаратами,

технологічними лініями, підйомно-транспортними механізмами, використовуваними при прийомі і обробці сировини, при сортуванні, переробці, фасування, пакування овочів та коренеплодів;

- транспортно-логістичними схемами, використовуваними при прийомі сировини, при переміщенні, складуванні, відвантаженні вантажних контейнерів і

товарних упаковок, тари;

- результатами розрахунків теплового навантаження на компресорне і теплообмінне обладнання холодинських систем, певними для забезпечення технологічних режимів виробничого процесу в відпо-

відно до передбачуваним графіком / режимом організації роботи;

- технічною документацією, паспортами та сертифікатами на купується обладнання, використовувани матеріали;

- кліматичними умовами, м Полтава, Київської обл.

### **3.1 Вихідні дані для розрахунку теплового навантаження**

Необхідні вихідні дані для розрахунку теплового навантаження на холодильні системи складських приміщень овочесховища визначені

пп. 17, 18 Завдання на проектування.

Завданням на проектування стосовно розділу ХС проектної документації певні ємність і вантажообіг холодильно-складських приміщень овочесховища, терміни і режими термообробки, указані характеристики приміщень, сформульовані основні вимоги до конструктивного виконання, функціональними можливостями і типам (виробникам, маркам) холодильно-технологічного обладнання. Характеристики огорожувальних теплоізоляційних конструкцій складських приміщень визначені розділом КБ робочого проекту.

Основні прогнозовані експлуатаційні та технологічні теплопритоки встановлені на підставі даних будівельної та технологічної частин проекту (відомості щодо висвітлення, кількості персоналу, що працює в приміщеннях, використання автотранспорту та засобів механізації, і фільтрації зовнішнього повітря через дверні отвори холодильних камермер.

Використовувані прилади охолодження для створення необхідного температурного режиму в приміщеннях - підвісні повітроохолоджувачі спеціального технологічного призначення. Тип і кількість теплообмінних апаратів визначаються тепловим навантаженням, призначенням і розмірами приміщень, а також специфікою технологічного процесу зберігання овочевої сировини.

Проектом не передбачається можливість підключення додаткового теплового навантаження на розроблені системи охолодження холодильних камер, як то, наприклад, системи кондиціонування виробничих і офісних приміщень. Можливість перемикання (взаєморезервування) систем холодопостачання камер окремих технологічних блоків

овочесховища технічним завданням і РП не передбачена зважаючи децентралізації їх розміщення.

#### **4. Результати розрахунків теплового навантаження на прилади повітряного охолодження складських приміщень та компресорне обладнання холодильних систем**

Розрахунок теплового навантаження на прилади охолодження холодильних камер, виконаний в РП, є достовірним для умов експлуатації, що передбачають, що:

- при обладнанні складських приміщень (збірці камер) забезпечені коефіцієнти теплопередачі огорожувальних та ізоляційних конструкцій;
- товарна група продовольчих вантажів, закладена на зберігання, а також вид вантажу по кожній камері відповідають проектним даним, зазначеним в завданні на проектування;
- при виконанні складських робіт була витримана нормативне завантаження на 1 м<sup>3</sup> вантажного обсягу камери;
- розміщуючись в холодильних камерах вантаж пройшов попередню технологічну обробку;
- при складуванні вантажу в камерах були виконані необхідні умови для нормальної циркуляції повітряних потоків в обсязі охолоджуваних приміщень;
- при експлуатації забезпечується безперервне функціонування інженерних систем і обладнання протягом всієї реалізації технологічного процесу;
- режими термообробки і зберігання не порушені і відповідають заявленим вимогам і розробленої технології.

Для розрахунку сумарних теплових навантажень на холодильні системи охолоджуваних блокам приміщень були прийняті такі визначальні умови, обмеження та уточнення, які співставлені з результатами обробки вихідних даних:

**- блок камер зберігання картоплі:**

- теплопритоки через огороджувальні конструкції враховувалися з умов одночасної роботи всіх камер блоку;

- теплопритоки внаслідок холодильної обробки вантажу враховувалися з умови одночасного охолодження всієї маси сировини (8200 тонн) на 0,5 ° С на добу;

- теплопритоки внаслідок надходження в охолоджувані приміщення зовнішнього повітря (через систему вентиляції) враховувалися повністю для всіх камер;

- експлуатаційні теплопритоки враховувалися з умови роботи тільки камерних приладів охолодження (повітроохолоджувачів), з огляду на те, що під час охолодження картоплі вантажно-розвантажувальні роботи в камерах вже не проводяться;

- теплопритоки в камери внаслідок "дихання" продукції враховувалися за умови одночасного "дихання" всієї маси овочевої продукції (8200 тонн);

- час роботи холодильної установки протягом доби приймалося рівним 22 годинам;

- коефіцієнт запасу холодопродуктивності установки, що враховує втрати холоду в трубопроводах, приймався рівним 1,05.

**- блок камер зберігання моркви:**

- теплопритоки через огороджувальні конструкції враховувалися з умови одночасної роботи всіх камер блоку;

- теплопритоки внаслідок холодильної обробки вантажу враховувалися з умови завантаження 200 тонн продукції протягом доби;

- теплопритоки внаслідок надходження в охолоджувані приміщення зовнішнього повітря (через систему вентиляції) враховувалися повністю для всіх камер блоку.

- експлуатаційні теплопритоки враховувалися повністю тільки для завантажуються камер (4 камери добу), для інших камер (2 камери)

враховувалися тільки теплопритоки від працюючих електродвигунів вентиляторів повітроохолоджувачів;

- теплопритоки в камери внаслідок "дихання" продукції враховувалися за умови одночасного "дихання" всієї маси вже охолодженої продукції при температурі зберігання  $0^{\circ}\text{C}$  (4000 тонн в разі надходження

на охолодження останньої партії вантажу) і останньої партії надходить вантажу масою 200 тонн при температурі  $+15^{\circ}\text{C}$ ;

- час роботи холодильної установки протягом доби приймалося рівним 22 годинам;

- коефіцієнта запасу холодопродуктивності установки, що враховує втрати холоду в трубопроводах, приймався рівним 1,05.

**- блок камер зберігання буряків:**

- теплопритоки через огороджувальні конструкції враховувалися з умови одночасної роботи всіх камер блоку;

- теплопритоки внаслідок холодильної обробки вантажу враховувалися з умови завантаження 200 тонн продукції протягом доби;

- теплопритоки внаслідок надходження в охолоджувані приміщення зовнішнього для всіх камер повітря блоку;

(Через систему вентиляції) враховувалися повністю

- експлуатаційні теплопритоки враховувалися повністю тільки для завантажуваних камер (4 камери добу), для інших камер (2 камери)

враховувалися тільки теплопритоки від працюючих електричних двигунів вентиляторів повітроохолоджувачів;

- теплопритоки в камери внаслідок "дихання" продукції враховувалися за умови одночасного "дихання" всієї маси уже охолодженої продукції при температурі зберігання 0 ° С (3400 тонн в разі надходження на охолодження останньої партії вантажу) і останньої партії надходить вантажу масою 200 тонн при температурі + 15 ° С;

- час роботи холодильної установки протягом доби, приймалося рівним 22 годинам

- коефіцієнт запасу холодопроизводительности установки, що враховує втрати холоду в трубопроводах, приймався рівним 1,05.

**- блок камер зберігання цибулі:**

- теплопритоки через огорожувальні конструкції враховувалися з умови одночасної роботи всіх камер блоку;

- теплопритоки внаслідок холодильної обробки вантажу враховувалися з умови завантаження 150 тонн продукції протягом доби;

- теплопритоки внаслідок надходження в охолоджуване приміщення зовнішнього повітря (через систему вентиляції) враховувалися повністю для всіх камер;

- експлуатаційні теплопритоки враховувалися повністю тільки для завантажених (3 камери добу), для інших камер (3 камери) враховувалися тільки теплопритоки від працюючих електричних двигунів вентиляторів повітроохолоджувачів;

- теплопритоки в камери внаслідок "дихання" продукції враховувалися за умови одночасного "дихання" всієї маси вже охолодженої продукції при температурі зберігання 0 ° С (2900 тонн в разі надходження на охолодження

останньої партії вантажу) і останньої партії надходить вантажу масою 150 тонн при температурі + 23 ° С;

- час роботи холодильної установки протягом доби приймалося рівним 22 годинам;

- коефіцієнт запасу холодопродуктивності установки, що враховує втрати холоду в трубопроводах, приймався рівним 1,05.

- низькотемпературні камери (дві камери А.10, А.11 блоку А2, робота яких передбачена на дві температури кипіння)

- теплопритоки через огорожувальні конструкції враховувалися з умов одночасної роботи двох камер;

- теплопритоки внаслідок зберігання вантажу враховувалися з умови одночасного зберігання всієї маси продукції;

- експлуатаційні теплопритоки враховувалися з умови роботи тільки камерних приладів охолодження (повітроохолоджувачів), з огляду на те, що під час зберігання замороженої плодоовочевої продукції завантажено-розвантажувальні роботи камерах вже не проводяться;

- час роботи холодильної установки протягом доби приймалося рівним 22 годинам;

- коефіцієнта запасу холодопродуктивності установки, що враховує втрати холоду в трубопроводах, приймався рівним 1,05.

Характерні розміри камер м*м	Теплопритоки в охолодженні приміщення, кВт (система t0= -7`C					
	через огорожуючі конструкції (Q1)	від вантажу при холодильній обробці (Q2)	від навколишнього повітря при вентиляції (Q3)	експлуатаційні теплопритоки (Q4)	теплопритоки від дихання овочів (Q5)	сумарні (Q)
<b>Блок камер зберігання картоплі (режим роботи - зберігання)</b>						
24x24	16,75	24,86	12,6	19,07	34,92	108,2
12x18	7,16	8,52	4,73	8,84	14,4	43,65
<b>Блок камер зберігання картоплі (режим роботи - лікувальний період)</b>						
24x24	9,89	0	6,3	11	34,92	62,11
12x18	4,25	0	2,36	5,5	14,4	26,51
<b>Блок камер зберігання моркви</b>						
18x24	13,74	34,64	9,45	17,91	22,77	98,51

При зазначених умовах необхідна сумарна холодопродуктивність холодильних систем блоку камер зберігання (навантаження на компресорне обладнання системи и t0 = -7 C ) складе:

- картоплі - 800 кВт;
- моркви - 600 кВт;
- буряка - 475 кВт;
- цибулі - 458 кВт.

Необхідна сумарна холодопродуктивність холодильної системи камер зберігання замороженої плодоовочевої продукції (навантаження на компресорне обладнання системи 1, = -28 ° C складе 50 кВт.

Підібране за результатами розрахунку холодо-технологічне і теплообмінне обладнання зазначено в специфікаціях (див. Ніохим-11/164-ХС.С Ніохим-11/164-ХС.С.2,).

## 4.1 Загальні відомості до проекту

1. Робочі креслення основного комплексу розроблено відповідно до вимогам:

- НАОП 2.2.00-1.10-88 "Правила будови і безпечної експлуатації фреонових холодильних установок";
- Правил будови і безпечної експлуатації холодильних систем (ВНШхолодмаш, 1991р.), Затв. Держпроматомнаглядом СРСР01.11.91;
- ВНТП 03-86 "Відомчі норми технологічного проектування розподільних холодильників";
- ДБН В.1.1-7-2002 "Пожежна безпека об'єктів будівництва";
- СНП2.09.02-85 "Виробничі будівлі";
- СНП2.11.02-87 "Холодильники";
- СНиП 3.05.05-84 "Технологічне обладнання і технологічні трубопроводи";
- ПОТРМ 015-2000 "Міжгалузеві правила по охороні праці при експлуатації фреонових холодильних установок";
- СН527-80 "Інструкція з проектування технологічних сталевих трубопроводів Ру до 10 МПа";
- НТП-АПК 1.10.12.001-02 "Норми технологічного проектування підприємств зі зберігання й обробки картоплі і плодоовочевої продукції";
- ВНТП-СГП-46-25.96 "Проектування підприємств плодоовочевої консервної промисловості";

2. Відповідно до призначення і об'ємно-планувальним рішенням холодильно-складського комплексу проектом передбачається виділення 4 (чотирьох) спеціалізованих логістичних блоків камер зберігання / технологічної

обробки овочевої сировини (система  $t_0 = -7 \text{ C}$ ): блок А -дві групи камер зберігання картоплі;

блок В – камери зберігання моркви;

блок С – камери зберігання буряка;

блок О – камери зберігання цибулі (див.лист 2. План овочесховища з прив'язкою устаткування).

Проектом передбачається робота камер А.10 і А.11 блоку А на дві системи: систему  $t_0 = -28 \text{ }^\circ \text{C}$  (зберігання замороженої плодоовочевої продукції з  $t_{\text{кам}} = -20 \text{ }^\circ \text{C}$ ) (див. лист 84. План холодильної системитемпературного контуру з прив'язкою устаткування) і систему  $t = -7$

(Зберігання картоплі з  $t_{\text{кам}} = +3 \text{ }^\circ \text{C}$ ) (див. Лист 23, 25. План камери А.10.

Розрізи А-А, Б-Б. Вид В, План камери А.11. Розрізи А-А, Б-Б. Вид В)

3. Розробленим проектним рішенням (розділ ХС) передбачається:

- установка шести незалежних децентралізованих холодильно-компресорних агрегатів (станцій холодопостачання) на декількох спеціально обладнаних майданчиках (три машинних відділення) на території виробничо-технологічного корпусу і в безпосередній близькості від відповідних блоків охолоджуваних камер;

- монтаж конденсаторного устаткування холодильних систем - на спеціально обладнаних майданчиках на покрівлі будинку;

- установка приладів термічної обробки повітряного середовища (повітроохолоджувачів з вбудованими електричними калориферами) в технологічних приміщеннях (камерах) овочесховища;

- організація систем (контурів) циркуляції холодильного агента

-розвідка холодильних контурів з обв'язкою компресорних агрегатів, конденсаторного устаткування і технологічних споживачів (повітроохолоджувачів) запірно-регулюючої арматурою і КВП;

- монтаж обладнання зволоження повітряного середовища охолоджуваних приміщень (блок В і С).

4. Детальні схемні рішення холодильних систем (шість контурів циркуляції холодильного агента) - див. листи 79 - 83, 92.

5. Використовуваний холодильний агент - фреон R-507A.

6. Призначення систем тепло- / волого / холодопостачання складських приміщень - створення і автоматизоване підтримку температурновологісного режиму в камерах зберігання продовольчої сировини овочевої групи (встановлення та підключення вузлів зволоження повітря похолодильним камерам розглядається в розділах ХС і ВК).

7. Проектний температурний режим в камерах зберігання замороженої плодоовочевої продукції  $-20^{\circ}\text{C}$ , в камерах зберігання охолодженої продукції  $+0$  до  $+3^{\circ}\text{C}$ , (передбачена можливість встановлення індивідуальних температурно-вологісних режимів для кожної з камер зберігання в залежності від типу вантажу, закладеного на зберігання. Вологісний режим, відповідно до проектних рішень, забезпечується в приміщеннях призначених для зберігання цибулі ( $\phi = 70 + 80\%$ ), камерах зберігання коренеплодів - буряка і моркви ( $\phi = 95-90\%$ ). Температурно-вологісні режими оприділяються діючої НТД України.

8. Для зниження і підтримки необхідної температури повітря в складських приміщеннях використані спеціалізовані повітроохолоджувачі;

застосування додатково вбудованих в повітроохолоджувачі електричних калориферів передбачається для опалення (підвищення температури зберіганого вантажу) шляхом нагріву циркулюючого повітря (перед товарної обробкою, калібруванням картоплі або при пророщування посівного матеріалу в ін.), а також - для зниження і автоматичної підтримки відносної вологості повітря в камерах

зберігання цибулі (при цьому обробка повітря відбувається двостадійно за схемою механічного осушувача - циркулює повітряний потік послідовно охолоджується і осушується в повітроохолоджувачах, після чого підігрівається в електричному калорифері, без зміни питомої вмісту вологи).

**9.** Для реалізації проектних рішень передбачено шість контурів циркуляції холодильного агента (незалежних холодильних систем):

- два незалежних контури для камер зберігання картоплі з паспортними температурним режимом  $t_k = + 3 \text{ }^\circ \text{C}$  - забезпечується температурою кипіння холодильного агента в повітроохолоджувачах з перепадом  $7 \text{ }^\circ$  в режимі охолодження вантажу і  $4 \text{ }^\circ$  в режимі зберігання картоплі (в залежності від сортових особливостей картоплі, товарного призначення і термінів зберігання - температура зберігання уточнюється технологічними картами зберігання);

- два контури для камер зберігання коренеплодів - моркви і буряка з температурним режимом  $\pm 0 \text{ }^\circ \text{C}$  - забезпечується температурою кипіння холодильного агента в повітроохолоджувачах з перепадом  $7 \text{ }^\circ$  в режимі охолодження і  $4 \text{ }^\circ$  в режимі зберігання;

- одного контуру блоку камер зберігання цибулі з температурним режимом

$t_k = \pm 0 \text{ }^\circ \text{C}$  - забезпечується температурою кипіння холодильного агента в повітроохолоджувачах з перепадом  $9 \text{ }^\circ$  в режимі охолодження (підсушування цибулі) і  $4\text{-}7 \text{ }^\circ$  в режимі тривалого зберігання.

- одного контуру камер зберігання замороженої плодоовочевої продукції з температурним режимом  $t_k = -20 \text{ }^\circ \text{C}$  - забезпечується температурою кипіння холодильного агента в повітроохолоджувачах з перепадом  $8 \text{ }^\circ$

**10.** Запроектвані фреонові холодильні системи працюють по одноступінчатому парокомпресійному циклу, з одностадійним дроселюванням, економайзером і безнасосною циркуляцією холодильного агента через прилади охолодження;

для реалізації холодильного циклу використовуються гвинтові компресорні агрегати (схема з економайзером) і повітряні конденсатори.

*11.* Кожен прилад охолодження (повітроохолоджувач) оснащений електронним теплорегулюючі вентилем (ТРВ), що забезпечує встановлений перегрів пари холодильного агента для "сухого ходу" компресорного обладнання.

*12.* Підтримка встановленого тиску кипіння (і робочих температур) в випарних системах забезпечується режимом роботи компресорного обладнання за допомогою автоматизованих систем управління.

*13.* Регулювання продуктивності компресорних станцій на базі гвинтових агрегатів здійснюється ступінчасто за допомогою кількості машин включених в роботу і регулювання продуктивності самих компресорів (50% - 75% - 100%) системою автоматизованого управління.

*14.* Схемою автоматизації також передбачена оптимізація тиску конденсації, програма відттайки інею з теплообмінної поверхні випарних секцій приладів охолодження, обігрів піддонів повітроохолоджувачів. Всі функції системи автоматизованого управління і ПАЗ холодильних систем - див. відповідний розділ проекту.

*15.* Використані в проекті машини, апарати, арматура, трубопровідні системи за якістю матеріалів, збірки (монтажу) і механічною надійності відповідають ГОСТам і нормам машинобудування, НТД

Держгірпромнагляду законодавства України.

## **4.2 Вибір обладнання**

*1.* Для реалізації проектних рішень по обладнанню системихолодоснабженія групи камер А.1-А.5 (складський блок А) встановити наступне технологічне обладнання:

- холодильно-компресорний агрегат (1 од.) марки AMV-M-3xHSK6461-H-A1C4D4E1P1V1 R507A (на базі трьох гвинтових компресорів Bitzer), в комплекті з ресивером, віддільниками рідини (3 шт.), пластинчастими теплообмінниками (3 шт.), Запірно-регулюючої, запобіжної арматурою,

приладами КИПИА - на спеціальній обладнаному майданчику в приміщенні складського комплексу в осях П-Р-5-6 на відм. + 4.000;

повітряний конденсатор (1 од.) виробництва фірми Alfa Laval марки BCDS903CD P AL 2.1 CU VD - на спеціально обладнаній металевому майданчику на покрівлі складського корпусу на відм. +11.000, в осях П-3-5-6;

повітроохолоджувачі Helman марки THOR-B 354-7 H H1 400 E-4 - в

камерах А.4, А.5 (по 2 од. в кожній камері) в осях Х-Ц-1-5; повітроохолоджувачі Helman THOR-B 354-7 H H1 400 E-4 - в камерах А.1,

А.2, А.3 (по 4 од. В кожній камері) в осях Д-У-4-5; кріплення виконати до закладних деталей, передбаченим в будівельній частини проекту;

2. Для реалізації проектних рішень по обладнанню системи охолодження групи камер А.6-А.11 (складський блок А) встановити наступне технологічне обладнання:

- холодильно-компресорний агрегат (1 од.) марки AMV-M-3xHSK6461-H-A1C4D4E1P1V1 R507A (на базі трьох гвинтових компресорів Bitzer), в комплекті з ресивером, віддільниками рідини (3 шт.), пластинчастими теплообмінниками

(3 шт.), Запірно-регулюючої, запобіжної арматурою, приладами КИПИА - на спеціальній обладнаному майданчику в по- розміщенні складського комплексу в осях П-Н - 5-6 на відм. +4.000;

повітряний конденсатор (1 од.) виробництва фірми Alfa Laval марки BCDS903CD P AL 2.1 CU VD - на спеціально обладнаній металевій майданчику на покрівлі складського корпусу на відм. +11.000, в осях М-П = 5-6;

повітроохолоджувачі Helman марки THOR-B 254-7 H H1 400 E-4 - в

камерах А.6, А.7 (по 2 од. в кожній камері) в осях Х-Ц-6-10, в камерах А.10, А.11 (по 2 од. в кожній камері) в осях Е-Ж 6-10; повітроохолоджувачі марки Helptan THOR-B 354-7 H H1 400 E-4 - в камерах А.8, А.9 (по 4 од. в кожній камері) в осях К-У-6-7; кріплення виконати до закладних деталей, передбаченим в будівельній частині проекту.

3. Для реалізації проектних рішень по обладнанню системи охолодження складського блоку камер В (камери В1 - Вб) встановити наступне технологічне обладнання:

- холодильно-компресорний агрегат (1 од.) марки AMV-M-4x-HSK7451-H-A1C4D4E1P1V1 R507A (на базі чотирьох гвинтових компресорів Bitzer), в комплекті з ресивером, віддільниками рідини (4 шт.), пластинчастими теплообмінниками (4 шт.), запірно-регулюючої, запобіжної арматурою, приладами КІПіА - на спеціальній обладнаному майданчику в

приміщенні складського комплексу осях Ц-Ч-10-11 на відм. + 4.000;

повітряні конденсатори (2 од.) виробництва фірми Alfa Laval марки BCDS903CD P AL 2.1 CU - на спеціально обладнаній металевій майданчику на покрівлі складського корпусу на відм. + 11.000, в осях Ц-Ч-9-11;

повітроохолоджувачі Helptan марки THOR-B 354-7 H H1 400 E4 - в

камерах В.1-В.6 (по 3 од. в кожній камері) в осях Ч-Ш-1-19; кріплення виконати до закладних деталей, передбаченими в будівельній частині проекту;

- ультразвукові апарати зволоження повітря "Вдих-Нова" (12 шт.)

марки УЗГВА 3000-2Б в комплекті з вентилятором (див. вказівки розділів ХС і ВК)

4. Для реалізації проектних рішень по обладнанню системи охолодження складського блоку камер С (камери С1 - Сб) встановити наступне технологічне обладнання:

- холодильно-компресорний агрегат (1 од.) марки AMV-M-4xHSK6461-H-A1C4D4E1P1V1 R507A (на базі чотирьох гвинтових компресорів Bitzer), в комплекті з ресивером, віддільниками рідини (4 шт.), пластинчастими теплообмінниками (4 шт.), запірно-регулюючої, запобіжної арматурою, приладами КІПіА - на спеціальній обладнаному майданчику в приміщенні складського комплексу, в осях ГП-Р - 14-15 на відм. + 4.000;

- повітряний конденсатор (1 од.) Виробництва Alfa Laval марки BCDS904CD P AL 2.1 CU VD- на спеціально обладнаній металевій майданчику на покрівлі складського корпусу на відм. + 11.000, в осях П-С-14-15;

- Нелрман марки THOR-B 254-7 H H1 400-E4 – в камерах С.1, С.2 (по 2 од. в кожній камері) в осях Е-Ж 10-14, в камерах С.5, С.6 (по 2 од. в кожній камері) в осях Х-Ц - 10 -14; повітроохолоджувачі Нелрман марки THOR-B 354-7 H H1 400-E4 - в камерах

С.3, С.4 (по 4 од. В кожній камері) в осях К-У-13-14; кріплення виконати до закладних деталей, передбаченим в будівельній частини проекту;

- ультразвукові апарати зволоження повітря "Вдих-Нова" (8 шт.) марки УЗГВА 3000-2Б в комплекті з вентилятором (див. вказівки розділів ХС і ВК). |

5. Для реалізації проектних рішень по обладнанню системи охолодження складського блоку камер О (камери 01 - 06) встановити таке технологічне обладнання:

- холодильно-компресорний агрегат (1 од.) марки AMV-M-4xHSK6461-H-A1C4D4E1P1V1 R507A (на базі чотирьох гвинтових компресорів Bitzer), в комплекті з ресивером, віддільниками рідини (4 шт.), пластинчастими теплообмінниками (4 шт.), запірно-регулюючої, запобіжної арматурою, приладами КІПіА - на спеціальній обладнаному майданчику в приміщенні складського комплексу, в осях Н-П -14-15 на відм. + 4.000;

- повітряний конденсатор (1 од.) Виробництва фірми Alfa Laval марки BCDS904CD P AL 2.1 CU VD - на спеціально обладнаній металевій майданчику на покрівлі складського корпусу на відм. + 11.000, в осях М-Г1-14-15; \* -

- повітроохолоджувачі Helman марки THOR-B 254-7 H H1 400-E4 - в камерах 0.1,0.2 (по 2 од. в кожній камері) в осях Е-Ж - 15-19 і в камері заходи 0.5, 0.6 (по 2 од. в кожній камері) в осях Х-Ц - 15-19; Helman марки THOR-B 354-7 H H1 400 E4-в камерах D.3, D.4 (по 4 од. В кожній камері) в осях К-У-15-16; кріплення зробити до закладних деталей, передбаченим в будівельній частині проекту.

Для реалізації проектних рішень по обладнанню системи охолодження низькотемпературних камер А.10, А.11 блоку А2 встановити наступне технологічне обладнання:

- холодильно-компресорний агрегат (1 од.) марки АМЕ-L-2x6F40Y-H-A1B7B17C1D1F1G2K1L1Q2R1V1 R507A (на базі двох гвинтових компресорів Bitzer), в комплекті з

ресивером, віддільником рідини (1 шт.), запірною-регулюючою,

захисною арматурою, приладами КІПіА-на спеціальній

обладнаному майданчику в приміщенні складського комплексу в осях

М-Н-5-6 на відм. +4.000;

- повітряний конденсатор (1 од.) Виробництва фірми Alfa Laval марки AG635BDCR - на спеціально обладнаному металевому майданчику на покрівлі складського корпусу на відм. +11.000, в осях МН-5-6;

- повітроохолоджувачі марки VLEN403CD 400V BO AP E - в камерах А.10, А.11 (по 2 од. В кожній камері) в осях І-К-6-10; кріплення виконати до закладних деталей, передбаченим в будівельній частині проекту. 7. Встановлене обладнання обв'язати системою трубопроводів, арматури і КІПіА в відповідних значеннях графічної частини проекту. При виконанні робіт використовувати

труби, деталі трубопроводів, арматуру, прилади і засоби автоматизації, відмічених відповідних специфікаціях обладнання і матеріалів.

**8.** Трубопровід аварійного випуску холодоагенту в атмосферу вивести не менше ніж на 5 метрів вище рівня землі і відвести не менше ніж на 2 метри від вікон, дверей, повітряприємних отворів систем вентиляції. Захистити виходи трубопроводу від попадання атмосферних опадів.

**9.** Дренажні лінії талої води від повітроохолоджувачів підключити до мережі виробничої каналізації (див. розділ ВК).

| **10.** Всі частини холодильних і допоміжних систем повинні бути виготовлені (обладнані, змонтовані) за кресленнями (технічними умовами), затвердженого і узгодженого в установленому порядку.

**11.** При монтажі компресорів повинні бути дотримані заходи, що забезпечують обмеження вібрацій та шуму в межах встановлених норм.

**12.** Несучі конструкції трубопроводів повинні бути надійними та не допускати вібрацій.

**13.** Усі рухомі частини машин повинні бути надійно огорожені.

**14.** Машини, апарати і трубопроводи місцях, де вони можуть піддаватися ударам, повинні бути захищені.

**15.** При монтажі трубопроводів повинна бути забезпечена можливість вільного температурного подовження, під впливом якого не повинно відбуватися деформацій і порушень з'єднань трубопроводів, а також з'єднаних з цими трубопроводами машин і апаратів.

**16.** Електропостачання і автоматизацію обладнання систем холодопостачання виконати постачання виконати згідно розроблених рішень відповідних розділів проектної документації.

**17.** Майданчики, сходи обслуговування обладнання, виконати відповідно до вказівок робочих креслень архітектурно-будівної частини проекту.

**18.** Двері холодильних камер обладнати стрічковими завісами, відповідно до вказівок розділу КБ.

**19.** Трубопроводи, спеціально позначені на схемах, ізолювати.

**20.** Заправку і дозаправку холодильних систем фреоном виробляти з балонів, підключених до вентилів заправки, які розташовані агрегатах (на компресорному обладнанні і на ресиверної блоці) відповідно до вказівок розділу 10 НАОП2.2.00-1.10-88.

- Розрахункова ємність циркуляційних контурів по холодильному агенту (фреону):

\_ холодильна система камер А.1-А.5 блока А - 650 кг;

- холодильна система камер А.6-А.11 блоку А- 640кг;

- холодильна система блока В - 775 кг;

-холодильна система блоку С - 665кг;

- холодильна система блоку О - 665кг.

- холодильна система низькотемпературних камер А.10, А.11 блоку А2-100 кг;

**21.** Умовні позначення трубопроводів та арматури проект прийняті

по ГОСТ2.784-96 \*, ГОСТ2.785-96 \*.

**22.** На трубопроводи холодильної установки (включаючи з'єднувальні частини, арматуру, фасонні частини та ізоляцію) згідно ГОСТ14202-69 нанести розпізнавальну забарвлення:

- всмоктувальну - синю;

- нагнітальну - червону;

- рідинні - сріблясту;

- водяні-зелену.

- На мідні трубопроводи без ізоляції і ізольовані трубопроводи забарвлення нанести кільцями шириною не менше чотирьох діаметрів фарбованого трубопроводу.

**23.** Напрямок руху середовищ в трубах показати стрілками чорного кольори на видних місцях поблизу кожного вентиля.

**24.** Для забезпечення безпечної та ефективної експлуатації холодильних установок організувати навчання, стажування та проведення інструктажів обслуговуючого персоналу.

**25.** Введення в експлуатацію проєктованих ділянок провести відповідно до вимог діючих НТД і Законодавства України.

## **5. Система автоматичного введення резервного живлення-(АВР) і пристрій Відновлення схеми щита 0,4 кВ.**

Введення в роботу і виведення з роботи пристрою АВР і пристроєм відновлення здійснюється одним ключем «SA» без самоповернення на 3-тє положення, встановленим на лицьовій стороні шафи АВР або шафи СА. Положення ключа: АВР і відновлення схеми. Положення ключа: АВР без відновлення схеми.

Положення ключа: Без АВР і без відновлення схеми. Пуск пристрою АВР відбувається при зниженні напруги на секції шин, нижче регульованою уставки  $U_1 = (0,5 \div 0,8) U_n$  або при зникненні напруги на одній або більше фазах. Блокування роботи пристрою АВР при зниженні напруги на резервній секції нижче регульованої уставки  $U_2 = (0,6 \div 0,9) U_n$ , або при зникненні напруги на одній або більше фазах на цій (резервній) секції. Блокування роботи пристрою АВР при аварійному відключенні ВА або СА. Передбачити окремі реле напруги

(з регульованими уставками) пуску пристрою АВР ( $U_1$  від 0,5 до 0,8 $U_n$ ) і для контролю напруги на резервній секції шин

0,4 кВ ( $U_2$  від 0,6 до 0,9 $U_n$  - виконаного за допомогою миттєвого контакту). Регульоване час початку роботи пристрою АВР ( $t$ : 0,0 - 10,0с). Блокування роботи пристрою АВР при відключенні автомата вторинних ланцюгів комутації  $\sim 380$ В, через який отримують харчування окремі реле напруги, контролюючі напруга на секції шин 0,4 кВ, для пуску пристрою АВР. При введеному пристрої АВР або АВР з "Відновленням" відключення введення, який втратив живлення.

$\sim 400$ В, відбувається тільки в тому випадку, якщо на резервній секції шин присутня напруга необхідної якості і рівня, і при включеному автоматі, через який харчуються дозволяють реле напруги. Забезпечити однократність дії пристрою АВР. Під однократністю дії пристрою АВР розуміється операція зняття сигналу з котушки включення СА при відключеному введенні ВА№1 або ВА№2 - функція реле блокування. Реле блокування дає дозвіл на роботу пристрою АВР, тільки якщо обидва ВА.

Деблокування однократності дії пристрою АВР, відбувається автоматично при включенні відключені ВА.

Для пристрою АВР передбачити джерело безперебійного живлення.

Блокування. Включення аварійно відключилися автоматів ВА, СА у всіх випадках блокується як по ланцюгах автоматики, так і при спробі їх ручного (кнопка або ключ управління) включення; при цьому деблокування може бути зроблено тільки вручну.

Одночасно можуть бути включені тільки два автомата (один з ВА і СА, або обидва ВА). Передбачити можливість перекладу харчування силових ланцюгів щита 0,4кВ будь секції на живлення від резервної через СА без переходу через «нуль», з необхідними блокуваннями (спочатку включається СА, після чого миттєво відключається ВА). Перемикання здійснюються поворотом єдиного ключа S10 на 3-тє положення з самоповерненням в сторону того ВА, який

потрібно вимкнути; ключ встановити на лицьовій стороні шафи АВР або шафи СА. Передбачити блокування подальшої роботи ключа S10, тобто при помилковому повороті ключа в напрямок включеного введення, не повинно призводити до відключення працюючого ВА.

Сигналізація. Світлова сигналізація за місцем. Схема ланцюгів сигналізації ВА СА і фідерних автоматів повинна отримувати живлення від окремого автомата, живиться після АВР оперативних ланцюгів. Наявність на лицьовій стороні шафи АВР ключа для зняття напруги з сигнальних LED всього щита 0,4 кВ. Наявність на лицьовій стороні шафи АВР кнопки випробування сигнальних LED всього щита 0,4 кВ.

Сигналізація на ВА, СА: включено, відключено, контрольне (під час перевірки) положення, аварійне відключення і відсутність напруги в ланцюгах управління.

Фіксована світлова сигналізація:

Робота пристрою АВР.

Робота пристрою відновлення. Аварійне відключення ВА, СА.

Наявність пристрою знімання фіксованою сигналізації. Палітра LED сигналізації: аварійне відключення фідерів - жовта;

аварійне відключення ВА і СА - жовта; включено - червона;

відключено - зелена;

контрольне (під час перевірки) становище ВА і СА - біла; відключення автоматів оперативних ланцюгів - біла;

робота пристрою АВР - біла з фіксацією і квитируванням; робота пристрою відновлення - блакитна з фіксацією.

## 6. Охорона праці

### Умови праці

Шкідливими виробничими факторами при обслуговуванні аміачної холодильної установки є:

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

Небезпечними виробничими факторами при обслуговуванні аміачної холодильної установки є:

- порушення вимог безпеки до розміщення робочих місць, обладнання і технологічних майданчиків;

- незахищені рухомі елементи обладнання;
- наявність посудин, що працюють під тиском;
- небезпечний рівень напруги в електричному колі;
- статична електрика, атмосферна електрика.
- загазованість повітря

В машинному відділенні та пункті управління на видному місці затверджені головним інженером інструкції із:

- будови й експлуатації аміачних холодильних установок;
- обслуговування машин, апаратів (посудин), охолоджуючих пристроїв;
- обслуговування контрольно–вимірювальних приладів і пристроїв автоматики;

- пожежної безпеки;
- охорони праці (надання долікарської допомоги при отруєнні аміаком і враженні електрострумом, дії персоналу по ліквідації прориву аміаку і при виникненні аварійної ситуації тощо);

Приведені вище інструкції доведені до кожного машиніста (під розписку):

Також у пункті управління знаходяться:

- річні і місячні графіки проведення планово–попереджувального ремонту;
- схеми аміачних, масляних і водяних трубопроводів із пронумерованою зопірно–регулювальною арматурою і приладами автоматики;
- показники розташування засобів індивідуального захисту (протигази, захисні костюми);
- номери телефонів швидкої допомоги, пожежної команди, диспетчера електромережі, штабу цивільної оборони, міліції, начальника компресорного цеху, старших зміни (домашні телефони);
- номери телефонів і адреси організації, що обслуговує автоматику холодильної установки.

### **Санітарні вимоги до виробничих приміщень та розташування обладнання**

Висота машинних відділень аміачних холодильних установок для холодильників, що будуються, має бути не менше 4,8 м (для реконструйованих – не менше 3,6 м), висота апаратних відділень – не менше 3,6 м (для реконструйованих – не менше 3,0 м) від підлоги до низу несучих конструкцій покриття. Машинні відділення улаштовують з двома виходами, один з яких – безпосередньо на зовні. Допускається улаштування одного виходу з машинних відділень площею не більше 20 м<sup>2</sup> і додержанням спеціальних вимог.

Машинні і апаратні відділення аміачних холодильних установок розміщують в одноповерхових спорудах, прибудованих до корпусу холодильника або виробничої будівлі, а також в окремих спорудах центральних холодильних станцій при обслуговуванні кількох споживачів холоду.

Дані відділення аміачних холодильних установок відносяться до вибухонебезпечних приміщень класу В-Іб. Розміщення приміщень з постійними робочими місцями, а також побутових і допоміжних приміщень над машинними і апаратними відділеннями аміачних холодильних установок.

Через небезпеку вибуху аміаку загальну площу дверей і вікон у машинних і апаратних відділеннях холодильних установок приймають у розрахунку не менше 0,3 м<sup>2</sup> на 1 м<sup>3</sup> об'єму приміщення.

У машинних відділеннях аміачних холодильних установках групи А слід передбачити проходи шириною не менше: 1,5 м між виступаючими частинами машин і регулюючою станцією або електрощитами; 1 м між виступаючими частинами компресорів; 0,8 м між гладкою стіною і компресором (апаратом).

Компресори та їх електродвигуни встановлюють в приміщеннях на фундаментах, не зв'язаних з стінами будівлі. При розташуванні компресорів і електродвигунів на зв'язаних з стінами будівлі. При розташуванні компресорів і електродвигунів на загальній фундаментній плиті необхідно передбачати віброізоляцію. Панелі і щити, холодильні агрегати, охолодне обладнання, сталеві труби або бронешланги для електропроводки треба заземлювати, частини машин, що рухаються, - огорожувати. Рівні вібрації і шуму при роботі агрегатів, не повинні перевищувати встановлених норм.

### **Повітря робочої зони:**

#### **Мікроклімат та чистота повітря**

Параметри повітря в машинному відділенні та ПУ повинні відповідати вимогам ДСН 3.3.6.042-99. «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».

В компресорному відділенні та приміщенні ПУ повинні забезпечуватися такі параметри мікроклімату:

	Компресорне відділення	ПУ.
У теплий період року: - Температура	21...23 °С	27...29°С
- Відносна вологість, не вище	60%	65 %

- Швидкість руху повітря, не більше	0,3 м/с	0,2...0,4 м/с
У холодний період року: - Температура	19...21 °С	23...24°С
- Відносна вологість, не вище	60%	75 %
- Швидкість руху повітря, не більше	0,2 м/с	0,3 м/с

Система постійнодіючої припливної –витяжної вентиляції машинного та апаратного відділення забезпечує наступну кратність повітрообміну за годину:

Приплив –за розрахунком, але не менше 2;

Аварійна- не менше 8;

Витяжка –за розрахунком, але не менше 3.

Система опалення, опалювальні прилади, теплоносій та його граничні показники температури прийняті згідно до вимог Сніп 2.04.05. –91 “Отопление, вентиляция и кондиционирование”.

### **Шум**

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») : в машинному відділенні –78 ...80 дБ, в ПУ –50 ...55 дБ.

Основними джерелами шуму в холодильних установках є комресор, насоси та їх електродвигуни, а також рух холодильного по трубопроводам з великою швидкістю.

Для зниження шуму в ПУ застосовуються будівельні конструкції із звукоізоляцією стін.

## **Вібрація**

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

Зменшення загальної вібрації від роботи компресорів досягається за рахунок:

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

## **Освітлення: природне і штучне**

Рівень освітленості в приміщенні машинного відділення та ПУ відповідає вимогам ДБН В.2.5-28-2006. «Природне і штучне освітлення».

У машинному відділенні й ПУ присутнє як природне, так і штучне освітлення. Природне освітлення здійснюється через односторонні бічні прорізи. КПО у машинному відділенні становить 0,2% , у ПУ –0,2 %.

Робоче освітлення повинно забезпечувати освітленість робочих поверхонь машин і апаратів не менше 75лк при використанні ламп розжарювання і не менше 150лк при використанні люмінесцентних ламп. Освітленість приладів контролю має бути не менше 300лк. Рівень аварійного освітлення не менше 5 лк.

**Вимоги техніки безпеки при монтажі та експлуатації обладнання, профілактиці і ремонті технологічного обладнання та засобів контролю й управління.**

До самостійного обслуговування холодильних установок допускаються особи віком від 18 років , які пройшли медогляд, мають посвідчення на право роботи, а також кваліфікаційну групу з електробезпеки не нижче третьої. До

обслуговування аміачних холодильних установок допускаються особи, які пройшли стажування, терміном не менше 1 місяця, і відповідну перевірку знань.

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.

Обслуговуючий персонал аміачних холодильних установок забезпечують індивідуальними засобами захисту і медикаментами для надання першої долікарняної допомоги. Для індивідуального захисту обслуговуючого персоналу відносяться: фільтруючі протигази з фільтруючою коробкою сірого кольору, газонепроникні універсальні рятівні гідрокостюми типу УРГК, гумові рукавиці і чоботи, захисні окуляри, ізолюючі дихальні апарати. Шафи для зберігання протигазів і дихальних апаратів встановлюють біля виходу з машинного відділення холодильної установки.

Періодичну перевірку знань персоналом інструкцій по обслуговуванню холодильної установки, техніці безпеки, по експлуатації обладнання і практичним діям по наданню до лікарської 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".

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.

При об'ємній концентрації у повітрі понад 11% і наявності відкритого полум'я аміак горить. Аміачно-повітряна суміш вибухає при кількості аміаку в повітрі 16... 26,8% . При нагріванні межа вибуховості цієї суміші підвищується до 14,5... 29,5% . Наявність аміаку відчувається при кількості

його в повітрі  $0,35\text{мг/м}^3$  . Гранично допустима концентрація аміаку в повітрі -  $20\text{мг/м}^3$  . Через токсичність і вибухонебезпечність аміаку холодильні установки з цим холодоагентом відносяться до обладнання з підвищеною небезпекою.

Справність автоматичних приладів захисту аміачних компресорів перевіряють не менше одного разу на місяць, справність захисних реле рівня на апаратах – один раз за 10 днів. Місця витікання аміаку визначають за допомогою смуг паперу, які просочують хімічним індикаторами. При наявності в повітрі аміаку смуги червоніють. Для виявлення в повітрі парів аміаку використовують газоаналізатори інфрачервоного поглинання типу ГП. На аміачних холодильних установках, щільність конденсаторів і випарників перевіряють не рідше одного разу на місяць шляхом визначення наявності аміаку в охолоджуваній воді або розсолі з допомогою реактиву Несслера.

Для надання долі лікарської допомоги в машинному відділенні є в наявності аптечка; в якій міститься:

нашатирний спирт;

валерянові каплі;

двовуглекислу соду, бинти, вата, марлеві салфетки, мазь Вишневського;

### **Заходи з електробезпеки**

Компресорне відділення та ПУ відносяться до приміщень з підвищеною небезпекою .

Електроустановки, що експлуатуються, відповідають вимогам ДНАОП 00.0 –1.32 –01, ДНАОП 0.00. –1.21 –98 “Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів,” а також діючим стандартам безпеки праці та іншим нормативним документам. У приміщенні компресорного цеху електропроводка, кабельні лінії та виконання електроустаткування мають ступінь захисту оболонок –IP –44 .

Безпечна експлуатація електрообладнання досягається такими заходами та засобами:

- недоступність струмоведучих частин досягається за допомогою огорож, закритих щитів, розташуванням на недоступній висоті;

- надійною ізоляцією струмоведучих частин, опір якої повинен становити не менше 0,5 Ом;

- електрообладнання у виробничому приміщенні та щиті управління у ПУ мають захисне заземлення із ізольованою нейтралі типу IT. Опір заземлюючого пристрою не перевищує 4 Ом;

- в якості допоміжного заходу захисту повинне застосовуватися захисне відключення.

Холодильник і машинне відділення має пристрій захисту від блискавки – блискавковідвід по 2 категорії у відповідності з вимогами РД 34.21.122 – 87.”Инструкция по защите от молнии зданий и сооружений”.

### **Заходи з пожежо- та вибухобезпеки**

Відповідно до норм технологічного проектування ОНТП 24 –86 машинне відділення відноситься до вибухо – та пожежонебезпечної категорії Б, або до вибухонебезпечних приміщень класу В –1б згідно з ПУЕ ”Определение категорий и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности”. В процесі експлуатації холодильної установки робітники дотримуються вимог ”Типові правила пожежної безпеки для промислових підприємств”.

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

Відповідальність за пожежну безпеку в холодильно –компресорному цеху покладена на начальника цеху, а змінах на начальника зміни або старшого машиніста.

Окрім обов'язкового для всіх працівників ввідного протипожежного інструктажу, а потім інструктажу на робочому місці, працівники машинного відділення проходять ще пожежно –технічний мінімум 1 раз на рік з наступною задачею заліку.

Система запобігання пожежі і вибуху передбачає:

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

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

- використання засобів захисту від атмосферної електрики;

- застосування аварійного та витяжного вентиляторів машинного відділення у іскро -, а їх електродвигунів –у вибухозахищеному виконанні; припливного вентилятору –у звичайному, а його електродвигуна –в закритому виконанні;

- наявність протипожежних інструкцій, атестацій обслуговуючого персоналу;

- роботу на електрообладнанні без перевантажень;

- дотримання правил пожежної безпеки при виконанні вогняних робіт;

- заборону куріння на робочих місцях.

Система пожежного захисту включає:

- наявність у приміщенні машинного відділення двох евакуаційних виходів, причому двері повинні відчинятися у бік виходу;

- застосування в машинному відділенні будівельних матеріалів не нижче 2 ступеня вогнестійкості (СНиП 2.11.02. –87, СНиП 2.01.02 –85.”Протипожарные нормы”;

- наявність системи оповіщення про пожежу;

- наявність аварійного відключення обладнання;

-забезпечення первинними засобами пожежегасіння пожежним щитом : двома лопатами, сокирами, ломами, металевим багром; азбестовим полотном, ящиком з піском; повітряно –пінні вогнегасники ВПП –5 –1 шт.; порошкові вогнегасники ВП –4(3) –1 шт.

Обладнання щита пломбується. Щит пофарбовано у білий колір з червоною каймою по краям шириною 40 мм. Пожежний інструмент

вогнегасники, ящик пофарбовано в червоний колір, металеві частини сокир, лопат, багра, і ломів –в чорний.

ПУ виконаний з будівельних матеріалів не нижче 2 ступеня вогнестійкості та оснащений порошковим вогнегасником ВП –4(3).

## Список використаної літератури

1. Явнель Б. К. Курсовые и дипломные проектирования холодильных установок и систем кондиционирования воздуха / Б. К. Явнель, Г. З. Свердлов. – М.: Пищевая промышленность, 1978. – 262 с.
2. Холодильні установки : підручник / І. Г. Чумак, В. П. Чепурненко, С. Ю. Лар'яновський [та ін.]; за ред. І. Г. Чумака. – 6-е вид., перероб. та доп. – Одеса : Пальміра, 2006. – 552 с.
3. Автоматизация систем вентиляции и кондиционирования воздуха: учебное пособие / [Е. С. Бондарь и др.]; под ред. Е. С. Бондарь. – Киев: Аванпост – Прим, 2005. – 560 с.
4. ДСТУ – Н Б В. 1.1 – 27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. – Чинні від 2009 – 01 – 07. – Київ: Міненергобуд України, 2013. – 167 с.
5. Боженко М. Ф. Джерела теплопостачання та споживачі теплоти: Навч. посіб./ М.Ф.Боженко, В.П.Сало. – К.; ІВЦ «Видавництво «Політехніка»», 2003. – 192с.;
6. Холодильная техника. Кондиционирование воздуха. Свойства веществ: Справочник / Под ред. С.Н. Богданова. — 4-е изд., перераб. и доп. — СПб.: Санкт-Петербургская государственная академия холода и пищевых технологий (СПбГАХПТ), 1999. — 320 с