

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

«До захисту в ЕК»

Директор інституту

_____ Сергій БЛАЖЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

« ____ » _____ 2026 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Валентин ПЕТРЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

« ____ » _____ 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності 142 Енергетичне машинобудування

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми _____

Холодильні техніка та технології

на тему: Проект овоче-фруктосховища місткістю 2500 тон у м. Луцьк

Виконав: здобувач 5 курсу, групи ЗХМ-5-4

_____ Накопюк Олександр Олегович _____

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник Петренко Валентин Петрович

(прізвище, ім'я)

(підпис)

Консультант _____

(прізвище, ім'я)

(підпис)

Рецензент _____

(прізвище, ім'я)

(підпис)

Я як здобувач Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідні джерела.

_____ (підпис та прізвище здобувача)

Київ – 2026 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 142 Енергетичне машинобудування
(код і назва)

Освітньо-професійна програма Холодильні техніка та технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри **ТЕХТ**

проф. Петренко В.П.

“03” листопада 2025 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Накопюка Олександра Олеговича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект овоче-фруктосховища місткістю 2500 тон у м. Луцьк

керівник роботи д.т.н., доц. Петренко Валентин Петрович

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від 03.11.2025 року № 899-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 05.02.2026 року

3. Вихідні дані до роботи Розрахунок виконується на задану продуктивність, а саме ємність холодильника: Капуста – 1000 тонн; Апельсини 500тонн; Морква 1 000тонн

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

Вступ 1. Технологічна схема холодильного оброблення продукції 2. Характеристика робочих приміщень 3. Вибір теплоізоляції 4. Розрахунок теплового навантаження 5. Техніко-економічне обґрунтування 6. Вибір системи охолодження та розрахунок параметрів холодильного обладнання 7. Вибір теплообмінного обладнання 8. Вибір допоміжного обладнання 9. Визначення діаметру трубопроводів і гідравлічних втрат в мережі 10. Техніко-економічне обґрунтування розроблюваних заходів 11. Охорона праці Список літератури

5. Перелік графічного матеріалу

1. План будівлі

2. Гідравлічна схема 3. Розріз будівлі

Анотація

Продуктами, які надходять на зберігання, є капуста, морква та апельсини. Обсяг добового надходження продукції складає 250 тон. Система охолодження – централізована. Охолодження камер зберігання фруктів та овочів здійснюється за допомогою встановленої фреонової холодильної машини.

У якості холодильного агенту обрано фреон R404A. Проектована холодильна установка працює з безпосереднім кипінням холодильного агенту у приладах охолодження.

У якості основного обладнання прийнято поршневі напівгерметичні компресори фірми-виробника Bitzer, також конденсатори з повітряним охолодженням.

Для оптимізації процесу побудови фрукто-овочесховища, у проекті передбачено застосування технології швидкозвідних будівель із металоконструкцій. Також обрано сендвіч-панелі на основі пінополіуретану для виконання теплоізоляції конструкцій будівлі.

Пояснювальна записка містить опис застосовуваних методик та відповідні розрахунки. У графічній частині роботи (формат А1) виконано план та розріз холодильника, а також схеми трубопроводів холодильної установки.

Для розрахунків використано наступні прикладні програми: «Microsoft Office 2010», креслення та схеми виконанні за допомогою програми «КОМПАС-3D V14».

У списку літератури вказано 25 джерел.

Ключові слова: *овоче-фруктосховище, холодильна установка, напівгерметичний компресор, конденсатор повітряного охолодження, безпосереднє кипіння, фреон R404A, сендвіч-панелі, теплоізоляція.*

					00.БКР.142.008.001-ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проект фрукто- овочесховища місткістю 2500 т у м. Луцьк	Лім.	Лист	Листів
Розробив		Накопюк О.О.					3	69
Перевірів		Петренко В.П.						
Т.контр.								
Н.контр.								
Затвердив		Петренко В.П.				ТЕХТ, ННІТІ, НУХТ		

Annotation

The products accepted for storage include cabbage, carrots, and oranges. The daily product intake volume amounts to 250 tons.

The cooling system is centralized. Cooling of the fruit and vegetable storage chambers is performed using an installed Freon refrigeration machine. Freon R404A was selected as the refrigerant. The designed refrigeration unit operates with direct expansion of the refrigerant in the cooling devices.

Bitzer semi-hermetic reciprocating compressors were adopted as the main equipment, along with air-cooled condensers.

To optimize the construction process of the storage facility, the project provides for the use of prefabricated metal structure technology. Additionally, polyurethane foam-based sandwich panels were selected for the thermal insulation of the building structures.

The explanatory note contains a description of the applied methodologies and the corresponding calculations. The graphic part of the work (A1 format) includes the plan and section of the cold store, as well as the piping diagrams of the refrigeration unit.

The following software applications were used for calculations: "Microsoft Office 2010"; drawings and diagrams were created using "KOMPAS-3D V14".

The bibliography lists 25 sources.

Keywords: vegetable and fruit storage, refrigeration unit, semi-hermetic compressor, air-cooled condenser, direct expansion, Freon R404A, sandwich panels, thermal insulation.

					00.БКР.142.008.001-ПЗ	Лист
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		4

Зміст

Вступ	6
1. Технологічна схема холодильного оброблення продукції	7
2. Характеристика робочих приміщень	14
3. Вибір теплоізоляції	22
4. Розрахунок теплового навантаження	28
5. Техніко-економічне обґрунтування	35
6. Вибір системи охолодження та розрахунок параметрів холодильного обладнання	36
7. Вибір теплообмінного обладнання	42
8. Вибір допоміжного обладнання	49
9. Визначення діаметру трубопроводів і гідравлічних втрат в мережі	51
10. Техніко-економічне обґрунтування розроблюваних заходів	53
11. Охорона праці	61
Список літератури	69

Вступ

Актуальність теми роботи зумовлена тим, що сучасна харчова промисловість майже повністю залежить від охолодження в різних формах у виробництві, зберіганні та транспортуванні продукту до кінцевого споживача. Так, холодильні технології є ключовими у процесі забезпечення населення достатньою кількістю свіжих овочів та фруктів протягом всього року. З огляду на це, доцільним є проектування та зведення відповідних сховищ із застосуванням сучасної холодильної техніки [1].

Використання низьких температур для обробки харчових продуктів відомо і практикується тисячоліттями. Проте лише в дев'ятнадцятому столітті Пастер та інші повністю зрозуміли бактеріологічну природу псування харчових продуктів і корисні наслідки їх зберігання при низьких температурах. Механічне охолодження дозволило забезпечити більшу кількість їжі для зростаючого населення. Як правило, продукти, які не заморожені, зберігаються в холодильних камерах лише за кілька градусів вище точки замерзання (виняток становлять продукти, чутливі до низьких температур, наприклад банани). Зниження температури обмежує небажані біологічні та біохімічні процеси в харчових продуктах, особливо ріст шкідливої мікрофлори (бактерії, цвіль, дріжджі), гниття, дію ферментів, хімічні реакції (наприклад, згіркнення), висихання та ретроградацію крохмалю [2].

Таким чином, енергоефективне холодильне зберігання є важливим елементом сучасної системи харчового забезпечення.

Метою роботи є проектування холодильної установки овоче-фрукто сховища місткістю 2500 тон.

					00.БКР.142.008.001-ПЗ	Лист
						6
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

1. Технологічна схема холодильного оброблення продукції

1.1. Функціональна характеристика овоче-фруктосховища

Поточне проектування має на меті дослідження можливостей розробки сучасного сховища для овочів та фруктів, що передбачає застосування енергоефективної холодильної установки та ергономічне планування робочих приміщень.

Приміщення фрукто-овочесховища знаходиться в місті Луцьк. Відповідно до завдання, місткість камер зберігання складає 2500 тон.

Продуктивність підприємства по зберіганню фруктів та овочів становить: капуста – 1000 т, морква – 1000 т, апельсини – 500 т.

До сховища продукція доставляється на вантажному транспорті, що надходить до камери експедиції.

В експедиції параметри повітря є наступними: $t_b = 6 \text{ }^\circ\text{C}$, відносна вологість – $\phi = 85\text{...}90\%$, примусова циркуляція повітря, встановлений повітроохолодник.

Так, прийнято, що завантаження експедиції є періодичним і дорівнює добовому надходженню вантажу. При цьому, тривалість перебування продукту в експедиції – до 8 годин.

Капуста і морква надходять до сховища температурою $12 \text{ }^\circ\text{C}$ автотранспортом у контейнерах з піддонами розміром $1200 \times 1600 \times 1000$ мм та місткістю 1000 кг. Вони складаються у 5 ярусів. З урахуванням необхідності застосування стелажів та відповідних палетів, прийнята висота складування у камерах зберігання - 9 м.

Капуста і морква надходять на сховище по 100 тон на добу. У свою чергу, апельсини доставляють в охолоджену вигляді на зберігання з температурою $+4^\circ\text{C}$, по 27 тон на добу в дерев'яних ящиках.

					00.БКР.142.008.001-ПЗ	Лист
						6
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Відповідні ящики мають розмір 600x400x260 мм місткістю 24 кг. Далі їх викладають на піддон (1200x800x144 мм) по 4 ящика по площині піддону та 6 по висоті, Відповідні піддони розміщуються на стелажах у 3 поверхи. Для забезпечення належної вентиляції, відстань між піддонами прийнято у 100 мм.

Фрукти та овочі зберігаються за наступних умов:

- камера зберігання №1: капуста ($t = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\varphi = 85\text{...}95\%$);
- камера зберігання №2: морква ($t = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\varphi = 85\text{...}95\%$);
- камера зберігання №3: апельсини ($t = +7\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\varphi = 90\text{...}95\%$).

Добове надходження продукту для камер зберігання складає до 10% від ємності камери. При цьому, слід підтримувати рівномірне надходження продукту протягом доби, з можливістю його зберігання в камерах до 6 місяців.

1.2. Методи управління температурою під час тривалого зберігання овочів та фруктів

Контроль температури швидкопсувних продуктів харчування починається з належного поводження з ними під час збору врожаю. Як правило, продукцію слід збирати вранці, щоб вона була при найхолоднішій температурі під час затримки між збором урожаю та початковим охолодженням. Виняток із цієї рекомендації становлять такі продукти, як деякі цитрусові, які пошкоджуються, якщо з ними поводитись не відповідним чином [3], або у ситуації, коли продукти збирають пізно вдень, щоб їх можна було транспортувати на місцеві бази зберігання у прохолодні нічні години. Так, продукт необхідно притіняти, щоб захистити його від сонячного тепла. Скоротити час між збиранням і початковим охолодженням; це особливо критично, оскільки фрукти та овочі транспірують і дихають із високою швидкістю при польових температурах.

1.2.1. Початкові методи охолодження

Продукцію зазвичай охолоджують до температури тривалого зберігання в спеціальних приміщеннях, призначених для швидкого відведення тепла.

					00.БКР.142.008.001-ПЗ	Лист
						8
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Повітряне охолодження є найбільш широко адаптованим методом і зазвичай використовується для багатьох фруктів, овочів фруктового типу та зрізаних квітів.

Гідроохолодження використовує воду як охолоджуюче середовище і використовується менш широко, ніж примусове повітряне охолодження, оскільки для деяких продуктів не є прийнятним контакт з водою. Такі продукти потребують використання водостійкої упаковки.

Вакуумне охолодження та вакуумне охолодження розпиленням води зазвичай призначене для культур, таких як листові овочі, які швидко виділяють водяну пару, що дозволяє їм швидко охолоджуватися.

Для охолодження та підтримки температури продукту для глазури на упаковці використовується подрібнений лід, але для дуже небагатьох товарів. Це застосовується для зберігання брокколі.

Охолодження приміщення здійснюється шляхом розміщення теплих продуктів у холодильному приміщенні. Тривалість охолодження становить щонайменше 24 години і може тривати значно довше, якщо продукція не упакована належним чином або якщо не передбачено можливості пропускання повітря через ящики [4].

1.2.2. Примусове повітряне охолодження

У цій системі в якості охолоджувального середовища використовується охолоджене повітря. Його пропускають через продукцію, упаковану в ящики або піддони. Використовується кілька систем повітряного потоку, але найбільш поширеним є тунельний охолоджувач. Два ряди пакетів, бункерів або продуктів на піддонах розміщуються по обидва боки каналу повернення повітря. Поверх виробу та каналу надягають брезент, а вентилятор видаляє повітря з каналу, пропускаючи повітря через виріб. Продукт охолоджують порціями. Тривалість охолодження триває понад 6 годин для більших фруктів, упакованих у матеріали, що обмежують потік повітря, такі як пакети або паперові обгортки.

					00.БКР.142.008.001-ПЗ	Лист
						9
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Система холодної стінки адаптована для охолодження невеликих кількостей продукції. Окремі піддони або вагонетки з пакетами розміщуються біля стінки камери. Зазвичай у камері повітря тиск повітря дещо нижчий, ніж у кімнаті, і повітря проходить через виріб. У деяких охолоджувачах використовується камера під тиском, і повітря проштовхується через продукт. Системи з холодними стінами не використовують простір так ефективно, як тунельні охолоджувачі, і вимагають більшого управління, оскільки кожен піддон охолоджується окремо.

Змієподібна холодильна система розроблена для охолодження продукції в бункерах для піддонів [5]. Стоси парної кількості бункерів розміщують біля стінки камери з негативним тиском. Нижні отвори для зубців навантажувача використовуються для каналів подачі та повернення повітря. Повітря проходить через виріб вертикально вгору або вниз. Розміри отворів навантажувача обмежені, що обмежує потік повітря і викликає повільне охолодження. Ця система використовується для часткового охолодження продукту, який буде упакований пізніше, і остаточного охолодження після пакування, а також для охолодження продукту при тривалому зберіганні. Така система досить ефективно використовує обсяг холодної камери.

Час охолодження в охолоджувачах з примусовим переміщенням повітря контролюється об'ємною швидкістю повітряного потоку та діаметром продукту. Ящики для продукції повинні мати приблизно 5% вентиляційної площі бічної стінки, щоб забезпечити потік повітря без надмірного падіння тиску в ящику. Внутрішні пакувальні матеріали слід вибирати так, щоб якомога менше обмежувати потік повітря.

Примусове повітряне охолодження спричиняє деяку втрату вологи. Втрати можуть бути невизначеними для продуктів із низьким коефіцієнтом транспірації, як-от цитрусові, або можуть дорівнювати декільком відсоткам початкової ваги для продуктів із високим коефіцієнтом транспірації. Втрата вологи лінійно залежить від різниці між початковою та кінцевою

					00.БКР.142.008.001-ПЗ	Лист
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		10

температурами продукту. Високі початкові температури продукту викликають більшу втрату вологи, ніж нижчі температури на початку охолодження. Втрату вологи можна зменшити за рахунок довшого часу охолодження, загорнувши продукт у пластикові пакети.

Докладні відомості щодо вибору вентилятора, конструкції повітряної камери, розміру холодильного обладнання, часу охолодження продукту та робочих інструкцій можна знайти в [5].

1.2.3. Гідроохолодження

За такого варіанту, охолодження здійснюється шляхом обтікання продукту холодною водою за допомогою душової системи або шляхом занурення продукту безпосередньо в холодну воду. Душові охолоджувачі розподіляють воду за допомогою перфорованого металевого піддону, який заливається холодною водою з холодильного випарника. Охолоджувачі душового типу можуть бути побудовані з рухомим конвеєром для безперервної роботи потоку, або вони можуть працювати в періодичному режимі. Занурювальні охолоджувачі підходять для продуктів, які тонуть у воді. Вони зазвичай охолоджуються повільніше, ніж душові кулери, оскільки вода тече повз виріб із меншою швидкістю.

Вода є кращим теплоносієм, ніж повітря, і, отже, гідрокулери охолоджують набагато швидше, ніж повітряні охолоджувачі. У добре сконструйованих душових кулерах продукти малого діаметру, як вишні, охолоджуються менш ніж за 10 хвилин. Продукти великого діаметру, такі як дині, охолоджуються протягом 45-60 хвилин. Занурювальні охолоджувачі зазвичай мають довший час охолодження, ніж душові охолоджувачі, тому що швидкість води повз продукт нижча [6].

Упаковки для продуктів, охолоджених водою, повинні забезпечувати вертикальний потік води та витримувати контакт з водою. Пластикові або дерев'яні контейнери добре працюють у гідроохолоджувачах. Гофрована плита повинна бути змочена воском, щоб витримати контакт з водою.

					00.БКР.142.008.001-ПЗ	Лист
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		11

Гідрокулери не викликають втрати вологи при охолодженні. Насправді вони можуть регідратувати злегка зів'ялі продукти. Вода в гідроохолоджувачі поширює організми, що розкладають рослини, тому її потрібно отримувати з чистого джерела та обробляти (зазвичай хлорноватистою кислотою з гіпохлориту натрію або газоподібного хлору), щоб мінімізувати рівні мікроорганізмів, що розкладають рослини.

Розрахунки розміру гідроохолоджувача, холодопродуктивності, потреби у витраті води та типового часу охолодження продукту можна знайти. Гідрокулери можуть бути досить енергоефективними і є найдешевшим способом охолодження.

1.2.4. Вакуумне охолодження

Цей метод забезпечує охолодження шляхом швидкого випаровування води з продукту. Втрата води приблизно на 1% викликає охолодження продукту на 6 °С. Продукт поміщають у сталеву посудину, і вакуумні насоси знижують тиск у посудині з 760 мм рт. ст. до 4,6 мм рт. ст. Вода кипить під тиском від 20 до 30 мм рт. ст. залежно від температури. Це викликає швидке випаровування вологи та охолодження. У кінці циклу охолодження тиск дорівнює 4,6 мм рт. ст., а вода кипить при 0 °С. Якщо продукт витримується при такому тиску досить довго, він охолоджується до 0 °С. Продукти втрачають від 2 до 4% своєї ваги, залежно від початкової температури перед охолодженням, модливо мінімізувати втрату вологи продуктом. Деякі охолоджувачі оснащені системами розпилення води, які активуються під час циклу охолодження.

Під час процедури оцінки потужності вакуумного насоса, холодопродуктивності та конструкції змійовика конденсації слід використовувати температуру випаровування холодоагенту від -9 до -7 °С, щоб оцінити потужність компресора. Вакуумні охолоджувачі дуже енергоефективні і є конкурентоспроможними, якщо їх правильно використовувати [7].

					00.БКР.142.008.001-ПЗ	Лист
						12
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

1.2.5. Час охолодження продукції

Швидкість охолодження безпосередньо залежить від різниці температур між охолоджуючим середовищем і продуктом. Спочатку, коли продукт теплий, температура падає досить швидко. Пізніше швидкість сповільнюється, коли температура продукту падає. Продукт вважається «наполовину охолодженим», коли його температура падає до половини різниці між початковою температурою та температурою охолоджувального середовища. Після ще одного напівохолодження продукт вважається охолодженим на «три чверті» [7]. Зазвичай відповідна процедура закінчується, коли продукт охолоджено на 90% від температури тривалого зберігання.

					00.БКР.142.008.001-ПЗ	Лист
						13
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

2. Характеристика робочих приміщень

2.1 Особливості проектування сховищ продуктів харчування із холодильними системами

2.1.1 Планування споруди

Площу підлоги, необхідну для холодильного зберігання, можна розрахувати шляхом визначення максимальної кількості продукту, який, як очікується, оброблятиме об'єкт в одиницях об'єму (m^3), поділених на висоту зберігання. Висота складування складається з висоти вантажу та піддону, і зазвичай становить близько 2 м. Висоту складування можна збільшити, додавши стелажі для піддонів або, якщо ящики достатньо міцні, уклавши піддони висотою до трьох. Палетні бункери іноді складаються на висоту понад 3 м. До цієї зони слід додати простір для коридорів і простір для руху підйомника.

2.1.2. Організація циркуляції повітря в сховищі

Достатня циркуляція необхідна для розподілу охолодженого повітря по всьому об'єкту, з метою підтримки рівномірної температури. При довгостроковому зберіганні продукт досягає заданої температури протягом декількох днів або приблизно 1 тижня після заповнення приміщення. Повітряний потік можна зменшити приблизно до 20-40% від проектної потужності та підтримувати достатню рівномірність температури. Це можна зробити за допомогою періодичної роботи вентиляторів або утримуючи вентилятори постійно включеними, але зменшуючи їх швидкість за допомогою електронної системи контролю швидкості. Повільна швидкість повітря зменшує втрату вологи продуктом [8], а повітряний потік має бути рівномірно розподілений по холодильній камері, щоб мінімізувати коливання температури.

						00.БКР.142.008.001-ПЗ	Лист
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата			14

Усі три зазначені системи вимагають розміщення піддонів доріжками, розділеними на 100-150 мм. У приміщеннях, де повітря має проходити більше ніж 15 м, повітря розподіляється через стельові повітропроводи або камеру припливу та повертається до випарників через довгий отвір у боковій стінці. Інша система розподіляє повітря в доріжки піддонів, а повітря повертається через стелю. Для зберігання піддонів можна використовувати ті самі системи, або повітря може розподілятися через отвори для навантажувача або за допомогою змісподібної системи повітряного потоку, як це використовується в деяких примусових повітряних охолоджувачах.

2.1.3. Холодильне навантаження

Визначення холодопродуктивності, необхідної для об'єкта, базується на оцінці надходження тепла в холодильне сховище від наступного: неохолодженого продукту; дихання продукту; теплопровідність через стіни, підлогу та дах; проникнення повітря через двері; прилади освітлення; двигуни; обладнання; і від персоналу. Однак ці оцінки неможливо зробити точно. Протягом терміну служби об'єкта він може використовуватися для різних продуктів, кількість продукту може змінюватися, а продуктивність обладнання з часом погіршується. Відповідні фахівці додають, приблизно, 20-30% додаткової місткості від розрахункових значень. Як правило, холодильне зберігання продуктів вимагає від 10 до 14 кВт холодопродуктивності на 1000 м³ об'єму зберігання [9].

2.1.4. Холодильне обладнання

У більшості холодильних сховищ використовується рекомпресія пари, яку також називають механічним охолодженням. Деякі об'єкти використовують абсорбційне охолодження, хоча це економічно ефективно лише за наявності недорогого джерела низькотемпературного тепла.

Основними обмеженнями конструкції для зберігання продуктів є рівномірна підтримка бажаної температури та відносної вологості (англ. RH). Рівномірна температура підтримується відповідною холодопродуктивністю,

					00.БКР.142.008.001-ПЗ	Лист
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		15

рівномірним розподілом повітря, мінімальною різницею температур між змійовиком випарника та температурою повітря, а також точною системою контролю температури. Висока відносна вологість потрібна для зменшення втрати вологи продуктом. Для більшості свіжих продуктів потрібна відносна вологість від 85 до 95%, тоді як для сушених продуктів, таких як цибуля та імбир, потрібна низька відносна вологість. Висока відносна вологість досягається шляхом мінімізації коливань температури в приміщенні та роботи змійовика випарника при температурі, близькій до заданої температури приміщення. Це досягається шляхом встановлення змійовика з великою площею поверхні та використання системи керування, яка підтримує найвищу можливу температуру холодоагенту.

Зволожувачі можуть знадобитися для зволоження паперових або дерев'яних пакувальних матеріалів, інакше упаковка вбере воду з продукту. Крім того, продукт може бути упакований в пластикові пакети, які не вбирають воду, або в поліетиленові пакети, які сповільнюють втрату вологи. Пластикові матеріали з мінімальною кількістю вентиляції сповільнюють втрату вологи продуктом [9] і може дозволити зберігати холодне зберігання при нижчій вологості. Продукти з низьким коефіцієнтом транспірації втрачають воду повільно і можуть не потребувати спеціальних умов для зберігання з високою відносною вологістю, особливо якщо вони не зберігаються протягом тривалого часу.

2.1.5. Альтернативні варіанти охолодження

У регіонах з обмеженим капіталом для інвестицій в охолодження існують інші варіанти, окрім використання механічного охолодження для контролю температури, хоча жоден із них не забезпечує оптимальних умов, які забезпечує охолодження. Охолодження через випаровування знижує температуру повітря в межах кількох градусів від температури зовнішнього повітря за вологим термометром і іноді використовується в сухому кліматі. У

						00.БКР.142.008.001-ПЗ	Лист
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата			16

тих самих кліматичних умовах нічна температура повітря, як правило, нижча, і продукт можна вентилювати прохолодним нічним повітрям.

Температура ґрунту на глибині 2 м під поверхнею дорівнює середньорічній температурі повітря. Сховища можуть бути побудовані під землею, щоб скористатися нижчими температурами. Колодязна вода також зазвичай дорівнює середньорічній температурі повітря і іноді може використовуватися для охолодження продуктів. Використання льоду, що утворюється взимку, і зберігання продуктів на великій висоті також іноді використовуються для забезпечення низьких температур зберігання. Деякі з наведених вище варіантів добре працюють у вологому тропічному кліматі.

Контроль етилену

Деякі види продуктів чутливі до пошкодження етиленом, тому необхідно мінімізувати рівень етилену в середовищі їх зберігання. Якщо зовнішня температура не дуже низька або дуже висока, вентиляція є недорогим методом зниження рівня етилену. Етилен також можна поглинати комерційно доступним перманганатом калію.

Об'єкти з контрольованою атмосферою

Сховища для овочів та фруктів також будують для зберігання в контрольованій атмосфері (англ. СА) приблизно за 5% додаткових витрат, за умови правильного проектування та побудови. Додаткова вартість – герметизація швів між елементами конструкцій, а також встановлення газонепроникних дверей. В якості газових бар'єрів використовуються відкидний бетон, металеві панелі, пінополіуретан і фанера. Ці сховища також потребують обладнання для моніторингу та контролю рівня газу [7].

2.2. Визначення основних розмірів та планування приміщень холодильника

Будівля холодильника фруктосховища проектується одноповерховою. Планування усередині охолоджуваного складу вибрано за типом - з одним внутрішнім коридором.

					00.БКР.142.008.001-ПЗ	Лист
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		17

У холодильниках такого типу двері холодильних камер виходять у коридор і тому не мають контактів із зовнішнім повітрям. Таке планування у сучасній практиці проектування фруктосховищ найбільш поширене. Перевага полягає в зменшених теплонадходженнях у камери при відкриванні дверей, а недоліком – збільшення довжини шляху від транспортної платформи до камер і в меншій степені використання будівельної площі для розміщення вантажів.

Сітку колон прийнято рівною 6×12 м, висоту камер – 9,6 м. Ширину вантажних коридорів прийнято 6, а їхню висоту – 9,6 м. Висоту складування продукції – 9 м.

Визначення необхідної площі основних камер зберігання

Площа охолодженої капусти в дерев'яних ящиках визначається:

$$F_{\text{капусти}} = \frac{B_{\text{к}}}{q_{\text{в}} \cdot h_{\text{вантаж}} \cdot \beta}, \quad (2.1)$$

де $B_{\text{к}}$ – вміст камери зберігання, тон; $q_{\text{в}}$ – норма навантаження на 1 м³, для капусти - 0,3 тон/м³; $h_{\text{вантаж}}$ – вантажна висота штабеля - 9 м; β – коефіцієнт використання площі - 0,9.

$$F_{\text{капусти}} = \frac{1000}{0,3 \cdot 9 \cdot 0,9} = 411,523 \text{ м}^2.$$

Кількість будівельних прямокутників визначається за формулою:

$$n = \frac{F_{\text{капусти}}}{f_{\text{прямокутника}}}, \text{ шт.} \quad (2.2)$$

$$n = \frac{411,523}{72} = 5,72 \approx 6 \text{ шт.}$$

Дійсна площа камери визначається:

$$F_{\text{капусти_дійсна}} = n \cdot f_{\text{прямокутника}}, \text{ м}^2 \quad (2.3)$$

$$F_{\text{капусти_дійсна}} = 6 \cdot 72 = 432 \text{ м}^2.$$

Площа охолодженої моркви в дерев'яних ящиках визначається:

$$F_{\text{моркви}} = \frac{B_{\text{к}}}{q_{\text{в}} \cdot h_{\text{вантаж}} \cdot \beta}, \quad (2.4)$$

де $B_{\text{к}}$ – вміст камери зберігання, тон; $q_{\text{в}}$ – норма навантаження на 1 м³, для моркви - 0,5 тон/м³; $h_{\text{вантаж}}$ – вантажна висота штабеля - 9 м; β – коефіцієнт використання площі - 0,9.

					00.БКР.142.008.001-ПЗ	Лист
						18
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

$$F_{\text{моркви}} = \frac{1000}{0,5 \cdot 9 \cdot 0,9} = 246,914 \text{ м}^2.$$

Кількість будівельних прямокутників визначається за формулою:

$$n = \frac{F_{\text{моркви}}}{f_{\text{прямокутника}}}, \text{ шт.} \quad (2.5)$$

$$n = \frac{246,914}{72} = 3,429 \approx 4 \text{ шт.}$$

Дійсна площа камери визначається:

$$F_{\text{моркви_дійсна}} = n \cdot f_{\text{прямокутника}}, \text{ м}^2 \quad (2.6)$$

$$F_{\text{моркви_дійсна}} = 4 \cdot 72 = 288 \text{ м}^2.$$

Площа охолоджених апельсин в дерев'яних ящиках визначається:

$$F_{\text{апельсин}} = \frac{B_{\text{к}}}{q_{\text{v}} \cdot h_{\text{вантажу}} \cdot \beta}, \quad (2.7)$$

де $B_{\text{к}}$ – вміст камери зберігання, тон; q_{v} – норма навантаження на 1 м^3 , для апельсин - $0,37 \text{ тон/м}^3$; $h_{\text{вантажу}}$ – вантажна висота штабеля - 9 м; β – коефіцієнт використання площі - 0,9.

$$F_{\text{апельсин}} = \frac{500}{0,37 \cdot 9 \cdot 0,9} = 166,834 \text{ м}^2.$$

Кількість будівельних прямокутників визначається за формулою:

$$n = \frac{F_{\text{апельсин}}}{f_{\text{прямокутника}}}, \text{ шт.} \quad (2.8)$$

$$n = \frac{166,834}{72} = 2,317 \approx 3 \text{ шт.}$$

Дійсна площа камери визначається:

$$F_{\text{апельсин_дійсна}} = n \cdot f_{\text{прямокутника}}, \text{ м}^2 \quad (2.9)$$

$$F_{\text{апельсин_дійсна}} = 3 \cdot 72 = 216 \text{ м}^2.$$

Площа холодильника визначається:

$$F_{\text{холодильника}} = \Sigma F, \text{ м}^2, \quad (2.10)$$

$$F_{\text{холодильника}} = 432 + 288 + 216 = 936 \text{ м}^2.$$

Площа службових приміщень визначається:

$$F_{\text{службових}} = 0,1 \cdot F_{\text{холодильника}}, \text{ м}^2 \quad (2.11)$$

$$F_{\text{службових}} = 0,1 \cdot 936 = 93,6 \text{ м}^2.$$

					00.БКР.142.008.001-ПЗ	Лист
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		19

Кількість будівельних прямокутників службових приміщень визначається:

$$n = \frac{F_{\text{допоміжних}}}{f_{\text{прямокутника}}}, \text{ шт.} \quad (2.12)$$

$$n = \frac{93,6}{72} = 1,3 \approx 2 \text{ шт.}$$

Площа машинного відділення визначається:

$$F_{\text{машинного}} = 0,2 \cdot F_{\text{холодильника}}, \text{ м}^2 \quad (2.13)$$

$$F_{\text{машинного}} = 0,2 \cdot 936 = 187,2 \text{ м}^2.$$

Кількість будівельних прямокутників машинного відділення визначається:

$$n = \frac{F_{\text{машинного}}}{f_{\text{прямокутника}}}, \text{ шт.} \quad (2.14)$$

$$n = \frac{187,2}{72} = 2,6 \approx 3 \text{ шт.}$$

Площа автоплатформи з урахуванням, що до сховища надходить 125 тон плодів на добу:

$$F_{\text{автоплатформи}} = \frac{B_{\text{к}}}{q_{\text{в}} \cdot h_{\text{вантажу}} \cdot \beta}, \text{ м}^2 \quad (2.15)$$

де $q_{\text{в}}$ – густина складування продукції = 0,2; $h_{\text{вантажу}}$ – висота складування вантажу на платформі = 2 м; β – коефіцієнт використання площі = 0,7.

$$F_{\text{автоплатформи}} = \frac{125}{0,2 \cdot 4 \cdot 0,7} = 223,214 \text{ м}^2.$$

Кількість будівельних прямокутників автоплатформи визначається:

$$n = \frac{F_{\text{автоплатформи}}}{f_{\text{прямокутника}}}, \text{ шт.} \quad (2.16)$$

$$n = \frac{223,214}{72} = 3,1 \approx 4 \text{ шт.}$$

Результати попередніх розрахунків зведено до таблиці 2.1, де прийнята площа приміщень відповідає конфігурації будівельних прямокутників на плані споруди.

					00.БКР.142.008.001-ПЗ	Лист
						20
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Загальна площа приміщень холодильника

Назва приміщення	Розрахункова площа, м ²	Прийнята площа, м ²	$n_{\text{розрахункова}}$, шт.	$n_{\text{прийнята}}$, шт.
Камера для зберігання капусти	411,523	432	5,720	6
Камера для зберігання моркви	246,914	288	3,429	4
Камера для зберігання апельсинів	166,834	216	2,317	3
Службові приміщення	93,600	144	1,300	2
Машинне відділення	187,200	216	2,600	3
Автоплатформа	223,214	288	3,100	5

2.3. Розвантажувально-завантажувальні роботи

Для здійснення розвантажувально-завантажувальних робіт у межах сховища, передбачено використання штабелера ЕМА 18-S 1.8.

Основні технічні параметри штабелера є наступними:

- а) вантажопідйомність - 1,8 тон;
- б) висота підйому – до 9 м;
- в) радіус повороту – 2 м;
- г) мінімальна ширина робочого коридору – 2 м.

Щоб забезпечити належну циркуляцію повітря та використання вертикального простору, ящики будуть укладатись на три рівні стелажів.

Відповідно до [10], для капусти та моркви, відстань у 100 мм між ящиками забезпечує належну циркуляцію повітря. Для апельсинів, відстань у 100 мм між ящиками також забезпечить належний потік повітря.

3. Вибір теплоізоляції

3.1 Вибір ізоляційних матеріалів холодильної камери

Щоб звести до мінімуму тепло, що надходить через стінки через теплопровідність, необхідно оптимізувати R-значення. Однак настане момент, коли вартість матеріалів більше не виправдовуватиме додаткові прирости R-значення. Крім того, необхідно враховувати практичні вимоги проекту будівлі.

Для додаткової ізоляції доцільно розглядати скловолокно, пінопласт і поліуретан. Так, скловолокно має дуже високе R-значення та низьку вартість. Поліуретан має високу стійкість до вологи [11].

Ізоляція зі скловолокна добре підходить для будівництва стін і фундаментів. Вона добре вписується між шпильками, стиками та балками. Її також можна використовувати для підлоги та стелі. У виробничому процесі такого виду теплоізоляції не використовується фреон. Цей утеплювач є недорогим, відносно R-значення, яке він забезпечує.

Негативні сторони скловолокна включають те, що воно нещільно наповнене, воно втрачає більшу частину своїх ізоляційних властивостей у вологому стані, а R-значення дещо менше, ніж у пінопласту.

Пінопласти типу полістиролу і поліуретану є жорстким утеплювачем панелей. Вони добре працюють у більшості будівель зверху вниз. Плити забезпечують хороший термічний опір і зменшують теплопровідність, забезпечуючи високе значення R при відносно невеликій товщині. Однак, оході виробництва даного утеплювача утворюються шкідливі речовини..

Таким чином, на основі вище зазначеного аналізу робочих характеристик теплоізоляційних матеріалів, до використання прийнято з пінополіуретановим наповнювачем. Вони є повністю готовими до монтажу елементами конструкцій, що мають захисне покриття.

					00.БКР.142.008.001-ПЗ	Лист
						22
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Зазначені вище панелі характеризуються граничною легкістю, високими показниками теплоізоляції та низьким рівнем поглинання вологи, що відповідає вимогам до спорудження, складів, холодильних і морозильних камер.

3.2. Розрахунок параметрів теплоізоляції зовнішніх стін

Теплоізоляцію стін камери зберігання передбачено виконати із сендвіч-панелей, робочі характеристики яких наведено в табл. 4.1. Планування робочих приміщень виконано у розділі 2.

Середньорічна температура навколишнього середовища у м. Луцьк становить 7,4 °С, а розрахункове значення прийнято у 8 °С.

Таблиця 3.1

Робочі характеристики сендвіч-панелі

Структура сендвіч-панелі	δ , м	λ , Вт/мК
Лист сталевий оцинкований	0,001	55
Пінополеуретанова теплоізоляція	-	0,035
Лист сталевий оцинкований	0,001	55

Товщина теплоізоляції зовнішніх стін здійснюється за формулою [12]:

$$\delta_{13} = \lambda_{13} \cdot \left(k_{0_необхідний} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_B} \right) \right), \text{ м}, \quad (3.1)$$

де λ_{13} – коефіцієнт теплопровідності ізоляції (Вт/(м·К)); $k_{0_необхідний}$ – оптимальне значення коефіцієнта теплопередачі (Вт/(м² · К)); α_3 – коефіцієнт теплопровідності більш теплої стіни сховища (Вт/(м² · К)); α_B – коефіцієнт тепловіддачі більш холодної стіни сховища Вт/(м² · К).

Камери зберігання капусти та моркви

У камері підтримується температура повітря 0°С, що здійснюється за рахунок повітроохолодників, з посиленою циркуляцією повітря.

Прийнятий показник коефіцієнта теплопередачі $k_{0_необхідний} = 0,4$ Вт/м² · К. Значення коефіцієнта тепловіддачі прийнято $\alpha_3 = 23$ Вт/(м² · К), $\alpha_B = 9$ Вт/(м² · К).

Значення термічного опору зовнішніх шарів сендвіч-панелі:

$$R_1 = \sum \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0,001}{55} + \frac{0,001}{55} = 0,00003636 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}. \quad (3.2)$$

Ефективна товщина шару ізоляції:

$$\delta_{13} = 0,035 \cdot \left(\frac{1}{0,4} - \left(\frac{1}{23} + 0,00003636 + \frac{1}{9} \right) \right) = 0,082 \text{ м}.$$

Прийнято до використання сендвіч-панель з товщиною 100 мм.

Дійсне значення коефіцієнта теплопередачі розраховується:

$$k_{0_дійсне} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{1}{\alpha_B} \right) + \frac{\delta_{13}}{13}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + 0,00003636 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,1}{0,035}} = 0,332 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}. \quad (3.3)$$

Камери експедиції

У камері підтримується температура повітря +6°C, що здійснюється за рахунок повітроохолодників, з посиленою циркуляцією повітря.

Прийнятий показник коефіцієнта теплопередачі $k_{0_необхідний} = 0,44$ Вт/м² · К. Значення коефіцієнта тепловіддачі прийнято $\alpha_3 = 23$ Вт/(м² · К), $\alpha_B = 9$ Вт/(м² · К).

Необхідна товщина ізоляційного шару:

$$\delta_{13} = 0,035 \cdot \left(\frac{1}{0,44} - \left(\frac{1}{23} + 0,00003636 + \frac{1}{9} \right) \right) = 0,074 \text{ м}.$$

Прийнято до використання сендвіч-панель з товщиною 80 мм.

Дійсне значення коефіцієнта теплопередачі розраховується:

$$k_{0_дійсне} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{1}{\alpha_B} \right) + \frac{\delta_{13}}{13}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + 0,00003636 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,08}{0,035}} = 0,4 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

3.3 Розрахунок параметрів теплоізоляції внутрішніх стін

Стіна камери зберігання апельсинів та коридору

У камері підтримується температура повітря +4°C, що здійснюється за рахунок повітроохолодників, з посиленою циркуляцією повітря.

Прийнятий показник коефіцієнта теплопередачі $k_{0_необхідний} = 0,57$ Вт/м² · К. Значення коефіцієнта тепловіддачі прийнято $\alpha_3 = 9$ Вт/(м² · К), $\alpha_B = 9$ Вт/(м² · К).

					00.БКР.142.008.001-ПЗ	Лист
						24
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Необхідна товщина ізоляційного шару:

$$\delta_{I3} = 0,035 \cdot \left(\frac{1}{0,57} \left(\frac{1}{23} + 0,00003636 + \frac{1}{9} \right) \right) = 0,054 \text{ м.}$$

Прийнято до використання сендвіч-панель з товщиною 60 мм.

Дійсне значення коефіцієнта теплопередачі розраховується:

$$k_{0_дійсне} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_B} \right) + \frac{\delta_{I3}}{I3}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + 0,00003636 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,06}{0,035}} = 0,516 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К.}$$

Стіна камери зберігання капусти та коридору

У камері підтримується температура повітря 0°C, що здійснюється за рахунок повітроохолодників, з посиленою циркуляцією повітря.

Прийнятий показник коефіцієнта теплопередачі $k_{0_необхідний} = 0,48$ Вт/м² · К. Значення коефіцієнта тепловіддачі прийнято $\alpha_3 = 9$ Вт/(м² · К), $\alpha_B = 9$ Вт/(м² · К).

Необхідна товщина ізоляційного шару:

$$\delta_{I3} = 0,035 \cdot \left(\frac{1}{0,48} \left(\frac{1}{23} + 0,00003636 + \frac{1}{9} \right) \right) = 0,065 \text{ м.}$$

Прийнято до використання сендвіч-панель з товщиною 80 мм.

Дійсне значення коефіцієнта теплопередачі розраховується:

$$k_{0_дійсне} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_B} \right) + \frac{\delta_{I3}}{I3}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{9} + 0,00003636 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,08}{0,035}} = 0,398 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К.}$$

Стіна камери зберігання моркви та машинного відділення

У камері підтримується температура повітря 0°C, що здійснюється за рахунок повітроохолодників, з посиленою циркуляцією повітря.

Прийнятий показник коефіцієнта теплопередачі $k_{0_необхідний} = 0,41$ Вт/м² · К. Значення коефіцієнта тепловіддачі прийнято $\alpha_3 = 8$ Вт/(м² · К), $\alpha_B = 9$ Вт/(м² · К).

Необхідна товщина ізоляційного шару:

$$\delta_{I3} = 0,035 \cdot \left(\frac{1}{0,41} \left(\frac{1}{8} + 0,00003636 + \frac{1}{9} \right) \right) = 0,077 \text{ м.}$$

Прийнято до використання сендвіч-панель з товщиною 80 мм.

					00.БКР.142.008.001-ПЗ	Лист
						25
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Дійсне значення коефіцієнта теплопередачі розраховується:

$$k_{0_дійсне} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_3} + \Sigma \frac{\delta_{l1}}{\lambda_1} + \frac{1}{\alpha_B}\right) + \frac{\delta_{l3}}{13}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{8} + 0,00003636 + \frac{1}{9}\right) + \frac{0,08}{0,035}} = 0,396 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К.}$$

Стіна камери зберігання апельсинів та допоміжних приміщень

У камері підтримується температура повітря +4°C, що здійснюється за рахунок повітроохолодників, з посиленою циркуляцією повітря.

Прийнятий показник коефіцієнта теплопередачі $k_{0_необхідний} = 0,47$ Вт/м² · К. Значення коефіцієнта тепловіддачі прийнято $\alpha_3 = 8$ Вт/(м² · К), $\alpha_B = 9$ Вт/(м² · К).

Необхідна товщина ізоляційного шару:

$$\delta_{l3} = 0,035 \cdot \left(\frac{1}{0,47} - \left(\frac{1}{8} + 0,00003636 + \frac{1}{9}\right)\right) = 0,065 \text{ м.}$$

Прийнято до використання сендвіч-панель з товщиною 80 мм.

Дійсне значення коефіцієнта теплопередачі розраховується:

$$k_{0_дійсне} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_3} + \Sigma \frac{\delta_{l1}}{\lambda_1} + \frac{1}{\alpha_B}\right) + \frac{\delta_{l3}}{13}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{8} + 0,00003636 + \frac{1}{9}\right) + \frac{0,08}{0,035}} = 0,396 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К.}$$

3.3. Розрахунок параметрів теплоізоляції покриття

Камери зберігання охолодженої продукції

У камері підтримується температура повітря 0°C, що здійснюється за рахунок повітроохолодників, з посиленою циркуляцією повітря.

Прийнятий показник коефіцієнта теплопередачі відповідає середньорічній температурі 8,7°C, та складає $k_{0_необхідний} = 0,37$ Вт/м² · К. Значення коефіцієнта тепловіддачі прийнято $\alpha_3 = 23$ Вт/(м² · К), $\alpha_B = 9$ Вт/(м² · К).

Ефективна товщина шару ізоляції:

$$\delta_{l3} = 0,035 \cdot \left(\frac{1}{0,37} - \left(\frac{1}{23} + 0,00003636 + \frac{1}{9}\right)\right) = 0,089 \text{ м.}$$

Прийнято до використання сендвіч-панель з товщиною 100 мм.

Дійсне значення коефіцієнта теплопередачі розраховується:

$$k_{0_дійсне} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_3} + \Sigma \frac{\delta_{l1}}{\lambda_1} + \frac{1}{\alpha_B}\right) + \frac{\delta_{l3}}{13}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + 0,00003636 + \frac{1}{9}\right) + \frac{0,1}{0,035}} = 0,332 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К.}$$

					00.БКР.142.008.001-ПЗ	Лист
						26
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Результати проведених вище розрахунків зведено до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Показники товщини та коефіцієнтів теплопередачі
елементів конструкції сховища

Елемент конструкції	$t_B, \text{ }^\circ\text{C}$	$\alpha_3, \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$	$\alpha_B, \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$	Товщина шару теплоізоляції, мм		Коефіцієнт теплопередачі, $\text{Вт/м}^2 \cdot \text{К}$	
				$\delta_{\text{необ}}$	$\delta_{\text{дійс}}$	$k_{\text{необ}}$	$k_{\text{дійс}}$
Зовнішні стіни камер зберігання капусти та моркви	0	23	9	82	100	0,4	0,332
Зовнішні стінки камер експедиції та автоплатформи	6	23	9	74	80	0,44	0,4
Внутрішня стінка між камерою зберігання апельсинів та коридором	4	9	9	54	60	0,57	0,516
Внутрішня стінка між камерою зберігання капусти та коридором	0	9	9	65	80	0,48	0,398
Внутрішня стінка між камерою зберігання моркви та машинним відділенням	0	9	8	77	80	0,41	0,396
Внутрішня стінка між камерою зберігання апельсинів та допоміжних приміщень	4	9	8	66	80	0,47	0,396
Покриття	0	23	9	89	10	0,37	0,332

4. Розрахунок теплового навантаження

Холодильна камера повинна підтримувати певний діапазон температури та відносної вологості, щоб забезпечити відповідну якість продукції. Ці умови становлять 10-16 °С з відотною вологістю 60-70% – приміщення охолодження, та 0-7 °С з 85-95% відотною вологістю – для камер зберігання [9]. Таким чином, для проектування холодильної системи необхідно розрахувати максимальне теплове навантаження. Останнє розраховується з використанням кількості потужності, необхідної для відведення тепла у кВт з приміщення для підтримання заданих умов. Максимальне теплове навантаження на систему охолодження виникає від прихованого польового тепла протягом 24 годин після збирання та завантаження продукції в приміщення.

Загалом, чотири основні джерела тепла сприяють тепловому навантаженню або загальній кількості тепла, яке холодильна система повинна видалити.

Таким чином, тепло надходить до сховища через:

- 1) провідність крізь стіни та перекриття;
- 2) дихання від овочів та фруктів;
- 3) приховане польове тепло від вантажів - овочів та фруктів;
- 4) експлуатаційне теплонадходження, створене приладами освітлення, працюючими електродвигунами та людьми, які входять і виходять з приміщення.

Зазначені джерела тепла будуть використовуватися для подальшого визначення максимальної продуктивності холодильної установки [9].

					00.БКР.142.008.001-ПЗ	Лист
						28
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

4.1. Розрахунок теплонадходжень через стіни, перегородки, покриття та підлогу

Початковим етапом виконання даного розділу є визначення розрахункового значення літньої температури зовнішнього повітря для фрукто-овочесховища у м. Луцьк:

$$t_3 = 0,4 \cdot t_{\text{середня}} + 0,6 \cdot t_{\text{максимальна}} \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (4.1)$$

$$t_3 = 0,4 \cdot 28,4 + 0,6 \cdot 34,8 = 32,24 \text{ } ^\circ\text{C}, \text{ прийнято } 32 \text{ } ^\circ\text{C},$$

де $t_{\text{середня}}$, $t_{\text{максимальна}}$ – відповідно середня та максимальна температури найбільш спекотного місяця. У даному випадку температурні показники прийняті за серпень 2024 року.

Показник сумарного теплонадходження Q_1 складається з теплонадходжень через огорожуючі конструкції Q_{1T} та від сонячної радіації Q_{1c} :

$$Q_1 = Q_{1T} + Q_{1c}, \text{ кВт}. \quad (4.2)$$

Теплонадходження через огорожуючі конструкції визначається:

$$Q_{1T} = k_d \cdot F \cdot (t_3 - t_b) \cdot 10^{-3}, \text{ кВт} \quad (4.3)$$

де k_d - коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м² · К); F – площа поверхні м²; ($t_3 - t_b$) - різниця між температурою зовні та всередині камери, °С.

$$Q_{1c} = k_d \cdot F \cdot \Delta t_c \cdot 10^{-3}, \text{ кВт} \quad (4.4)$$

де Δt_c – показник надлишкової різниці температур – 14,9 °С [1].

Камера зберігання капусти

Теплонадходження через різницю температур західної стіни:

$$Q_{1T} = 0,398 \cdot 115,2 \cdot (6 - 0) \cdot 10^{-3} = 0,275 \text{ кВт},$$

$$Q_{1c} = 0 \text{ кВт},$$

$$Q_1 = 0,275 \text{ кВт}.$$

Теплонадходження через різницю температур північної стіни:

$$Q_{1T} = 0,332 \cdot 345,6 \cdot (32 - 0) \cdot 10^{-3} = 3,672 \text{ кВт},$$

$$Q_{1c} = 0 \text{ кВт},$$

$$Q_1 = 3,672 \text{ кВт}.$$

					00.БКР.142.008.001-ПЗ	Лист
						29
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Теплонадходження через різницю температур східної стіни відсутні, з огляду на те, що ця стіна межує з камерою зберігання моркви.

Теплонадходження через різницю температур південної стіни:

$$Q_{1T} = 0,398 \cdot 345,6 \cdot (6 - 0) \cdot 10^{-3} = 0,825 \text{ кВт},$$

$$Q_{1C} = 0 \text{ кВт},$$

$$Q_1 = 0,825 \text{ кВт}.$$

Теплонадходження через підлогу визначається за умовним коефіцієнтом теплопередачі. У випадку підлоги без ізоляції для, II, III, IV зон $k_{\text{умовний}}$ дорівнює відповідно 0,47; 0,23; 0,12; 0,07 Вт/(м²·К) [1]:

$$Q_{1T} = (k_{\text{умовний}1} \cdot F_1 + k_{\text{умовний}2} \cdot F_2 + k_{\text{умовний}3} \cdot F_3 + k_{\text{умовний}4} \cdot F_4) \cdot (t_3 - t_B) \cdot 10^{-3}, \text{ кВт},$$

$$Q_{1T} = (0,47 \cdot 36 + 0,23 \cdot 36 + 0,12 \cdot 36 + 0,07 \cdot 54) \cdot (32 - 0) \cdot 10^{-3} = 1,066 \text{ кВт}.$$

Теплонадходження через покриття:

$$Q_{1T} = 0,332 \cdot 432 \cdot (32 - 0) \cdot 10^{-3} = 4,59 \text{ кВт},$$

$$Q_{1C} = 0,332 \cdot 432 \cdot 14,9 \cdot 10^{-3} = 5,34 \text{ кВт},$$

$$Q_1 = 4,59 + 5,34 = 9,93 \text{ кВт}.$$

За наведеною методикою проводиться розрахунок теплонадходження для інших камер.

Слід зазначити, що проведення теплової енергії через стіни, підлогу та стелю є постійним джерелом надходження або втрати тепла [12].

4.2. Теплонадходження від вантажів

Більша частина тепла надходить, коли тепла продукція з поля спочатку доставляється до сховища на охолодження. Прихована тепла енергія, що міститься в овочах та фруктах, називається теплом поля. Коли свіжі продукти збирають з поля, вони відрізаються від єдиного джерела води та живлення. Це призводить до швидкого псування, оскільки вони втрачають вагу, смак, поживну цінність і загальну привабливість. Так, охолодження продуктів значно сповільнює цю швидкість псування, значно збільшуючи термін зберігання. Найбільш важливою роллю холодильних камер є швидке

					00.БКР.142.008.001-ПЗ	Лист
						30
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

видалення тепла з поля до того, як продукція зіпсується. Щоб зберегти якісний продукт, рекомендований діапазон часу видалення тепла становить 12-36 годин [13]. А оптимальний показник – 24 години. Для обчислення параметру тепла поля, необхідними є значення маси продукту, питома теплоємність вище 0 °С і різниця температур між початковою температурою продукту та температурою підвалу, де буде зберігатися продукт.

Теплонадходження в камері зберігання капусти

Теплонадходження під час періодичного охолодження:

$$Q_{\text{періодичне}} = 1,3 \cdot M_{\text{добове}} \cdot \Delta h \cdot \frac{10^3}{24 \cdot 3600}, \quad (4.5)$$

де $M_{\text{добове}}$ – добове надходження продуктів до камери зберігання, для капусти – 60 т; Δh - ентальпій продукту, для капусти до та після охолодження - $h_1 = 295$ кДж/кг і $h_2 = 272$ [1].

$$Q_{\text{періодичне}} = 1,3 \cdot 60 \cdot (295 - 272) \cdot \frac{10^3}{24 \cdot 3600} = 20,764 \text{ кВт.}$$

За наведеною методикою проводиться розрахунок теплонадходження для інших двох камер зберігання.

4.3. Теплонадходження у процесі вентиляції приміщень

У процесі розрахунку параметрів системи охолодження також потрібно враховувати теплонадходження від навколишнього середовища під час вентиляції приміщень:

$$Q_3 = M_{\text{повітря}} (h_3 - h_B), \text{ кВт}, \quad (4.6)$$

де $M_{\text{повітря}}$ – показник масової витрати повітря для вентиляції; h_3 та h_B - питомі ентальпії зовнішнього та внутрішнього повітря відповідно, кДж/кг.

$$M_{\text{повітря}} = \frac{V_K \cdot a \cdot \rho_B}{24 \cdot 3600}, \quad (4.7)$$

де V_K - об'єм приміщення, м³; a - кратність повітрообміну, прийнято 3 об'єми приміщення за добу; ρ_B - густина повітря за визначеної температури та відносної вологості в камері зберігання, кг/м³; 24 – час холодильної обробки, год.

					00.БКР.142.008.001-ПЗ	Лист
						31
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

$$M_{\text{повітря}} = \frac{4147,2 \cdot 3 \cdot 1,294}{24 \cdot 3600} = 0,186 \text{ кг/с.}$$

$$Q_3 = 0,186 \cdot (64,5 - 8,5) = 10,416 \text{ кВт.}$$

За наведеною методикою проводиться розрахунок теплонадходження при вентиляції для інших камер зберігання.

4.4. Службове навантаження

Ще одним джерелом тепла є службове навантаження, яке зумовлене експлуатаційними факторами, такими як відкриття/закриття дверей камери зберігання, освітлення, вентилятори та люди, які працюють у приміщеннях сховища. Через рівень складності розрахунку цих джерел тепла, службове навантаження оцінюється як десять відсотків від інших джерел тепла [7].

Теплонадходження від освітлювальних приладів:

$$Q_{1c} = A \cdot F \cdot 10^{-3}, \text{ кВт,} \quad (4.8)$$

де A – обсяг теплової енергії, що виділяється у процесі освітлення, Вт/м²; F – площа камери зберігання, м².

$$Q_{1c} = 2,3 \cdot 432 \cdot 10^{-3} = 0,994 \text{ кВт.}$$

Теплонадходження від перебування людей:

$$Q_{2c} = 0,35 \cdot n, \text{ кВт,} \quad (4.9)$$

де n – кількість людей, що перебувають у приміщенні; 0.35 кВт – показник тепловиділення одної людини під час виконання нею важкої праці.

$$Q_{2c} = 0,35 \cdot 4 = 1,4 \text{ кВт.}$$

Теплонадходження від електричних двигунів:

$$Q_{3c} = N_e, \text{ кВт,} \quad (4.10)$$

де N_e – сумарна потужність працюючих електродвигунів у камері зберігання, кВт.

$$Q_{3c} = 4 \text{ кВт.}$$

Теплонадходження у періоди часу, коли двері є відкритими:

$$Q_{4c} = K \cdot F \cdot 10^{-3}, \text{ кВт,} \quad (4.11)$$

					00.БКР.142.008.001-ПЗ	Лист
						32
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

де K – коефіцієнт питомого теплонадходження для відкритих дверей, Вт/м²; F – площа камери зберігання, м².

$$Q_{4с} = 4 \cdot 432 \cdot 10^{-3} = 1,728 \text{ кВт.}$$

4.5. Теплове навантаження від дихання плодів

Обсяг теплонадходжень при диханні визначається:

$$Q_5 = B_k \cdot (0,1q_n + 0,9q_z) \cdot 10^{-3}, \text{ кВт,} \quad (4.12)$$

де B_k – місткість камери зберігання; q_n та q_z – обсяг тепловиділення продуктів при температурах надходження і зберігання відповідно, кДж/кг.

Теплонадходження для камери зберігання капусти:

$$Q_5 = 1000 \cdot (0,1 \cdot 121 + 0,9 \cdot 33) \cdot 10^{-3} = 41,8 \text{ кВт.}$$

За наведеною методикою проводиться розрахунок теплонадходження при диханні плодів для інших камер зберігання.

Показники розрахованих обсягів теплонадходжень для всіх робочих приміщень зведено до табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Теплонадходження в робочі приміщення

Приміщення	t, °C	Q ₁ ,кВт	Q ₂ ,кВт	Q ₃ ,кВт	Q ₄ ,кВт	Q ₅ ,кВт	Q _Σ ,кВт
Камера зберігання капусти	0	15,768	20,764	10,416	8,122	41,800	96,870
Камера зберігання моркви	0	9,289	20,764	6,944	7,214	34,900	79,111
Камера зберігання апельсин	+4	7,402	6,018	4,554	4,974	25,850	48,798
Експедиція	+6	14,701	2,558	8,372	8,122	7,187	40,94
Автоплатформа	+6	12,284	84,409	9,52	7,668	7,187	121,068

4.6. Загальне теплове навантаження

Загальне навантаження на компресор є сумою всіх видів теплонадходжень, які у окремих випадках враховуються лише частково, залежно від типу та призначення холодильної установки.

Температура кипіння холодоагенту становить -5 °C.

Навантаження від теплонадходження через огороження:

$$Q_{1\text{км}} = 0,9 \cdot Q_1 - \text{для всіх камер, кВт.} \quad (4.13)$$

Навантаження від термічної обробки фруктів та овочів:

$$Q_{2\text{км}} = Q_2 - \text{для камер зберігання, кВт.} \quad (4.14)$$

Навантаження від теплонадходжень при вентиляції приміщень:

$$Q_{3\text{км}} = Q_3 - \text{для камер зберігання, кВт.} \quad (4.15)$$

Навантаження від експлуатаційних теплонадходжень:

$$Q_{4\text{км}} = 0,5 \cdot Q_4 - \text{для всіх камер, кВт.} \quad (4.16)$$

Навантаження від теплонадходжень при диханні продуктів:

$$Q_{5\text{км}} = Q_5 - \text{для камер зберігання, кВт.} \quad (4.17)$$

Сумарне навантаження на компресори визначається:

$$\Sigma Q_{\text{км}} = 0,9 \cdot Q_1 + Q_2 + Q_3 + 0,5 \cdot Q_4 + Q_5, \text{ кВт} \quad (4.18)$$

$$\Sigma Q_{\text{км}} = 0,9 \cdot 59,444 + 47,546 + 21,914 + 0,5 \cdot 36,1 + 102,55 = 243,56 \text{ кВт.}$$

Таким чином, $\Sigma Q_{\text{км}}$ – це максимальне теплове навантаження або максимальна кількість тепла, необхідна для видалення із системи для підтримки оптимальних умов зберігання. Отже, показник Q_{Σ} значно зменшується після видалення польового тепла, оскільки дихання продуктів сповільнюється. Максимальне теплове навантаження розраховується як ВТУ/год, або кВт. Одна тонна холоду еквівалентна 12 000 ВТУ/год, або 3516.853 кВт.

Слід зазначити, що у ході проектування СОФ кілька параметрів не можна оптимізувати. До них належать продуктивне навантаження, зовнішня температура. А регулюванню підлягають такі параметри, як температура та відносна вологість приміщень. Таким чином, використовувана ізоляція та розміри приміщення є змінними, які можна оптимізувати. Системи охолодження та вентиляції розраховуються з урахуванням цих оптимізованих параметрів.

					00.БКР.142.008.001-ПЗ	Лист
						34
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

5. Техніко-економічне обґрунтування

На основі проведених у попередніх розділах розрахунків, для подальшого проектування овоче-фруктосховища місткістю 2500 тон у місті Луцьк прийнято параметри системи охолодження, що наведені нижче.

Прийнято R404A у якості холодоагенту. Передбачається проектування схеми з безпосереднім кипінням холодоагенту засобами приладів охолодження. Компресори обрано у напівгерметичному виконанні, поршенві. Фірма виробник – Bitzer. Повітроохолодники від фірми-виробника ЕСО.

Таким чином, застосування фреонових холодильних установок надає можливість зменшити необхідну площу холодильних камер, що дає змогу знизити загальні витрати у ході будівництва сховища.

У якості несучих конструкцій, прийнято до використання металеві, а у якості теплоізоляції – сендвіч-панелі.

Використання зазначених матеріалів є сучасним способом будівництва, із забезпеченням відносної простоти, коротких термінів будівництва та отриманням високих експлуатаційних характеристик споруди.

					00.БКР.142.008.001-ПЗ	Лист
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		35

6. Вибір системи охолодження та розрахунок параметрів холодильного обладнання

Температура кипіння холодильного агенту [7]:

$$t_0 = t_B - (5...7), \quad (6.1)$$

$$t_0 = t_B - 5 = 0 - 5 = -5 \text{ }^\circ\text{C},$$

де t_B – температура в камері, $^\circ\text{C}$.

Температура, за якої відбувається конденсація холодильного агенту залежить від температури навколишнього середовища. Так, у випадку з повітряними конденсаторами, температуру конденсації приймають на 10-12 $^\circ\text{C}$ вищою, ніж $t_{\text{НС}}$.

Температура конденсації холодильного агенту визначається:

$$t_k = t_{\text{НС}} + 10 \text{ }^\circ\text{C}, \quad (6.2)$$

$$t_k = 32 + 10 = 42 \text{ }^\circ\text{C},$$

де значення розрахункової температури навколишнього середовища для міста Луцьк прийнято $t_{\text{НС}} = 32 \text{ }^\circ\text{C}$.

Температура всмоктування холодильного агенту:

$$t_{\text{ВС}} = t_5 + 10 \text{ }^\circ\text{C}, \quad (6.3)$$

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

де t_5 – температура у точці 5 циклу холодильного агенту.

На основі отриманих даних, в lgP-h- діаграмі будується цикл для холодильного агенту R404A (рис. 6.1), а відповідні значення в основних точках циклу зведено до табл. 6.1.

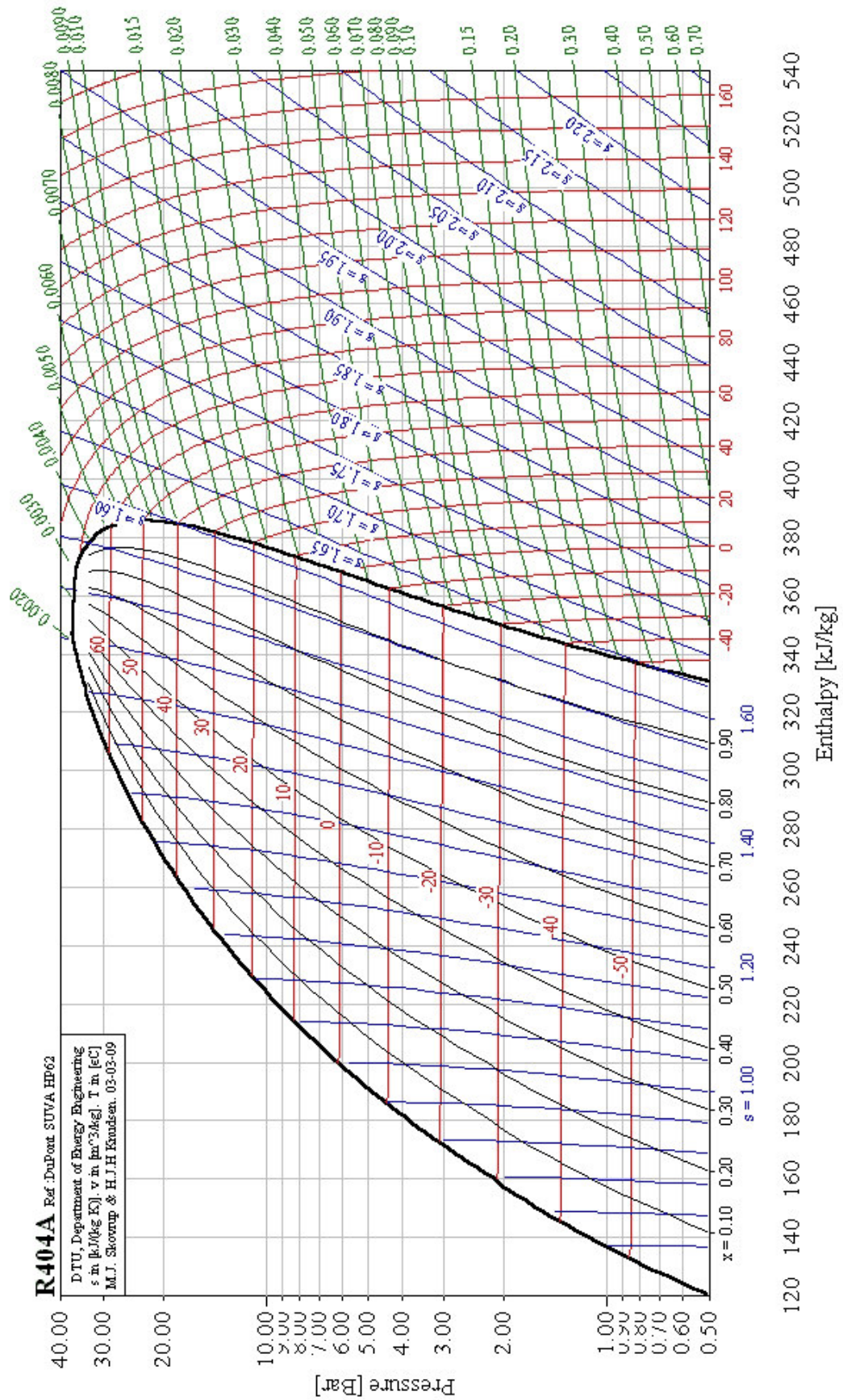


Рис. 6.1. Графіки циклу холодильної установки [15]

Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата

Точки циклу холодильної установки

Точки	Температура t °C	Тиск P, Бар	Ентальпія h, кДж/кг	Питомий об'єм v, м ³ /кг
1	-5,0	5,1	363,3	0,041
2т	54,5	19,19	397,8	-
2р	56,5	19,19	400,4	-
3	42,0	19,19	263,5	-
4	-5,3	5,1	263,5	-
5	-4,92	5,1	354,6	-

За наступним виразом визначається питома масова холодопродуктивність випарника:

$$q_0 = h_1 - h_4 \text{ кДж/кг,} \quad (6.5)$$

$$q_0 = 363,3 - 263,5 = 99,8 \text{ кДж/кг.}$$

Питома теоретична робота стиснення в компресорі:

$$l = h_{2т} - h_1 \text{ кДж/кг,} \quad (6.6)$$

$$l = 397,8 - 363,3 = 34,5 \text{ кДж/кг.}$$

Масова втрата холодильного агенту:

$$M_{\text{км}} = \frac{Q_{0н}}{q_0} \text{ кг/с,} \quad (6.7)$$

$$M_{\text{км}} = \frac{243,56}{99,8} = 2,44 \text{ кг/с,}$$

де $Q_{0н}$ – необхідна холодопродуктивність компресора = $\Sigma Q_{\text{км}} = 243,56$ кВт.

Необхідна теоретична об'ємна продуктивність компресора:

$$V_H = M_{\text{км}} \cdot v_1 \text{ м}^3/\text{с,} \quad (6.8)$$

$$V_H = 2,44 \cdot 0,041 = 0,1 \text{ м}^3/\text{с,}$$

де v_1 – питома об'ємна у точці 1 за діаграмою холодильного агенту.

Коефіцієнт подачі визначається за наступною формулою:

$$\lambda = \lambda_i \cdot \lambda'_\omega, \quad (6.9)$$

де λ_i – індикаторний об'ємний коефіцієнт подачі компресора; λ'_ω – коефіцієнт

нагрівання.

Індикаторний об'ємний коефіцієнт подачі поршневого компресора визначають за наступною формулою:

$$\lambda_i = \frac{P_0 - \Delta P_{\text{вс}}}{P_0} - c \cdot \left[\left(\frac{P_{\text{к+}} + \Delta P_{\text{наг}}}{P_0} \right)^{1/n} - \frac{P_0 - \Delta P_{\text{вс}}}{P_0} \right], \quad (6.10)$$

де $c = 0,02$ – відносний незадіяний простір; $n = 1,1$ – показник політропи.

Депресія на всмоктуванні визначається за формулою:

$$\Delta P_{\text{вс}} = 0,02 \cdot P_0 \text{ МПа}, \quad (6.11)$$

$$\Delta P_{\text{вс}} = 0,02 \cdot 0,5128 = 0,0102 \text{ МПа}.$$

Депресія на нагнітанні визначається за формулою:

$$\Delta P_{\text{наг}} = 0,03 \cdot P_{\text{к}} \text{ МПа}, \quad (6.12)$$

$$\Delta P_{\text{наг}} = 0,03 \cdot 1,8157 = 0,0545 \text{ МПа}.$$

$$\lambda_i = \frac{0,5128 - 0,0102}{0,5128} - 0,02 \cdot \left[\left(\frac{1,8157}{0,5128} \right)^{1/1,1} - \frac{0,5128 - 0,0102}{0,5128} \right] = 0,935.$$

$$\lambda'_{\omega} = \frac{T_0}{T_k}, \quad (6.13)$$

$$\lambda'_{\omega} = \frac{270}{315} = 0,8571.$$

$$\lambda = 0,935 \cdot 0,8571 = 0,8.$$

Теоретичний описаний об'єм компресора визначається:

$$v_t = \frac{Q_{\text{он}} \cdot v_1}{\lambda \cdot q_0} \text{ м}^3/\text{с}, \quad (6.14)$$

$$v_t = \frac{243,56 \cdot 0,041}{0,8 \cdot 99,8} = 0,1251 \text{ м}^3/\text{с} = 450,36 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Дійсна витрата холодильного агенту через компресор визначається:

$$M = \frac{\lambda \cdot v_t}{v_1}, \quad (6.15)$$

$$M = \frac{0,8 \cdot 0,1251}{0,041} = 2,441 \text{ кг/с}.$$

Таким чином, на основі розрахованої теоретичної об'ємної подачі холодоагенту вибрано 4 напівгерметичні поршневі компресори від фірми-виробника Bitzer серії 6GE-34Y-40 з об'ємною подачею 126,8 м³/год кожен. Приєднувальні розміри компресора наведено на рис. 6.3, а технічна характеристика зведена до таблиці 6.2.

					00.БКР.142.008.001-ПЗ	Лист
						39
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

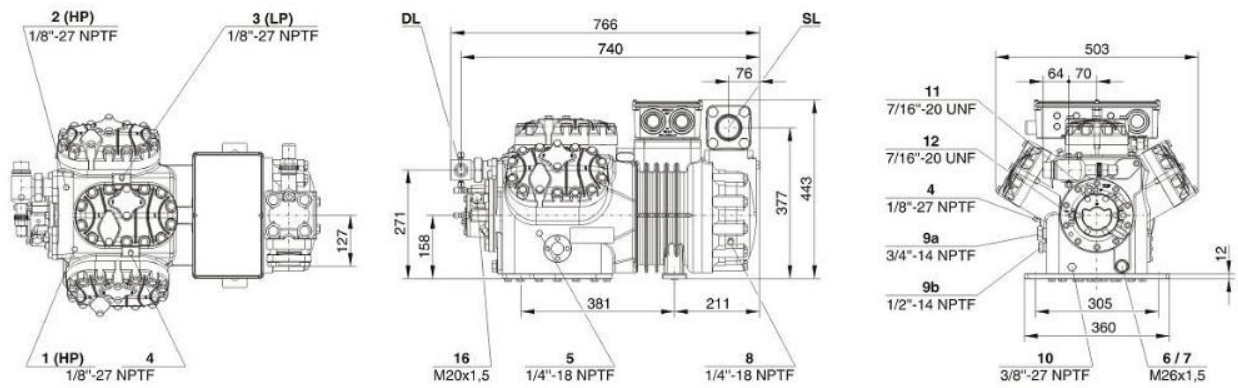


Рис. 6.3. Приєднувальні розміри компресора Bitzer 6GE-34Y-40 [16]

Таблиця 6.2

Технічна характеристика напівгерметичного поршневого компресора
Bitzer 6GE-34Y-40

Параметр	Значення
Об'ємна продуктивність (1450 об/хв 50 Гц), м ³ /год	126,8
Вага, кг	228
Максимальний надлишковий тиск (ЗД/ВД), бар	19/32
Приєднання лінії всмоктування, мм	54 – 2 1/8"
Приєднання лінії нагнітання, мм	35 – 1 3/8"
Максимальне енергоспоживання електродвигуна, кВт	40
Тип мастила для холодоагенту R404A	BSE32
Заправка мастила, дм ³	4,75
Рівень звукової потужності (-10 °С / 45 °С, 50 Гц), дБ (А)	83,3
Рівень звукового тиску (1 м, -10 °С / 45 °С, 50 Гц), дБ (А)	75,3

Теоретична потужність компресора визначається за наступним виразом:

$$N = M \cdot l, \quad (6.16)$$

$$N_T = 2,441 \cdot 34,5 = 84,215 \text{ кВт.}$$

Дійсна індикаторна потужність визначається:

$$N_i = \frac{N_T}{\eta_i}, \text{ кВт,} \quad (6.17)$$

$$N_i = \frac{84,215}{0,8437} = 99,815 \text{ кВт,}$$

де η_i – дійсний коефіцієнт потужності компресора, який визначається:

$$\eta_i = \lambda'_\omega + b + t_0, \quad (6.18)$$

$$\eta_i = 0,8571 + 0,0025 \cdot (-5) = 0,8696.$$

У свою чергу, b – дослідний коефіцієнт для фреонових установок, має значення 0,0025.

Ентальпія кінця стискання в КМ визначається:

$$h_{2p} = \frac{h_{2T} - h_1}{\eta_i} + h_1, \text{ кДж/кг}, \quad (6.19)$$

$$h_{2p} = \frac{397,8 - 363,3}{0,8696} + 363,3 = 402,973 \text{ кДж/кг}.$$

Ефективна потужність компресора визначається:

$$N_{\text{еф}} = \frac{N_i}{\eta_{\text{мех}}}, \text{ кВт}, \quad (6.20)$$

$$N_{\text{еф}} = \frac{84,215}{0,9} = 93,572 \text{ кВт},$$

де $\eta_{\text{мех}}$ – механічний ККД компресора.

Споживана електродвигуном потужність визначається:

$$N_{\text{ел}} = \frac{N_{\text{еф}}}{\eta_{\text{ел}}}, \quad (6.21)$$

$$N_{\text{ел}} = \frac{93,572}{0,95} = 98,5 \text{ кВт},$$

де $\eta_{\text{ел}}$ – ККД електродвигуна.

З урахуванням втрат у процесі стискання, навантаження на конденсатор визначається за наступною формулою:

$$Q_{\text{ккд}} = Q_{0\text{н}} + N_i, \text{ кВт}, \quad (6.22)$$

$$Q_{\text{ккд}} = 243,56 + 96,843 = 340,403 \text{ кВт}.$$

					00.БКР.142.008.001-ПЗ	Лист
						41
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

7. Вибір теплообмінного обладнання

7.1. Розрахунок та вибір конденсатора

З урахуванням коефіцієнта теплопередачі для повітряного конденсатора $k_K = 75 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$ [6], розрахункова площа поверхні теплопередачі конденсатора становить – $Q_{\text{кд}} = 340,403 \text{ кВт}$.

З урахуванням того, що у якості холодоагенту прийнято R404A, середня логарифмічна різниця температур між аміаком та охолоджуючим середовищем приймається відповідно до [7].

$$\theta_{\text{ср}} = 8 \text{ }^\circ\text{С.}$$

Необхідна площа конденсатора визначається:

$$F_{\text{кр}} = \frac{Q_{\text{кд}}}{k_K \cdot \theta_{\text{ср}}} \text{ м}^2, \quad (7.1)$$

$$F_{\text{кр}} = \frac{340,403}{8 \cdot 0,075} = 567,338 \text{ м}^2.$$

Таким чином, до встановлення прийнято повітряний конденсатор фірми-виробника Thermokey серії КН моделі 1580 В та площею 592 м^2 (рис. 7.1), технічні параметри якого зведено до таблиці 7.1.

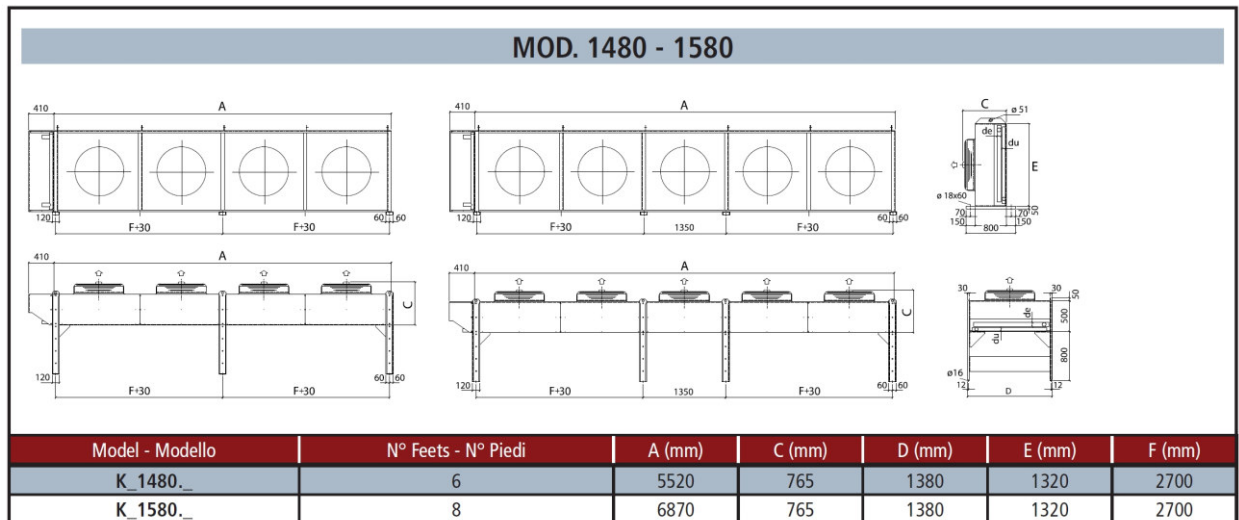


Рис. 7.1. Схема-креслення повітряного конденсатора Thermokey КН 1580 В

Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата

Технічна характеристика повітряного конденсатора Thermokey КН 1580 В

Параметр	Значення
Холодопродуктивність ($t_{\text{конд}} + 40 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{\text{окр}} + 25 \text{ }^\circ\text{C}$), кВт	358,5
Площа поверхні, м ²	532
Повітропродуктивність, м ³ /год	98000
Розміри, мм	7280 × 765 × 1320
Кількість вентиляторів, шт	5
Діаметр вентилятора, мм	800
Електричне живлення (50 Гц, 3 Ф), В	400
Фреон	R404A, R22, R407C, R134A
Версія	Н - горизонтальний
Приєднання, мм	вхід 64, вихід - 42

7.2. Розрахунок та вибір повітроохолодників

В камерах холодильника прийнято до встановлення підвісні повітроохолодники.

Відповідний коефіцієнт теплопередачі визначається:

$$k_{\text{н}} = 30 \div 40 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}, \quad (7.2)$$

$$k_{\text{н}} = 35 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

Необхідна площа поверхні визначається:

$$F_{\text{по}} = \frac{\Sigma Q_{\text{обл}}}{k_{\text{н}} \cdot \theta_{\text{м}}} \text{ м}^2, \quad (7.3)$$

де $\Sigma Q_{\text{обл}}$ – значення теплового навантаження на камерне обладнання.

Площа повітроохолодників для камери зберігання капусти:

$$F_{\text{по}} = \frac{96,870}{0,035 \cdot 5} = 553,54 \text{ м}^2.$$

Так, до встановлення приймаються 2 повітроохолодники фірми-виробника ЕСО моделі IDE53B04 ED із загальною площею поверхні охолодження 326 м² (рис. 7.2). Технічна характеристика пристрою наведена в табл. 7.2.

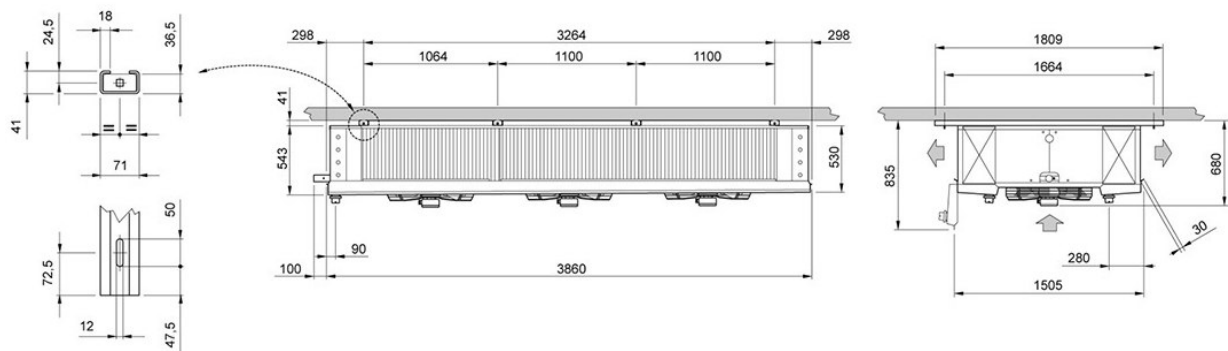


Рис. 7.2. Схема креслення двопотокового повітроохолодника
ECO IDE53B04 ED

Таблиця 7.2

Технічна характеристика повітряного конденсатора ECO IDE53B04 ED

Параметр	Значення
Внутрішня поверхня, м ²	39,8
Зовнішня поверхня, м ²	326,01
Об'єм труб, дм ³	80,2
Відстань між ламелями, мм	4,5
Вхідне під'єднання, мм	35
Вихідне під'єднання, мм	54
Відтанення (ED, електрична), Вт	28800
Кількість вентиляторів, шт	3
Повітропродуктивність, м ³ /год	23520
Напруга живлення (50 Гц, 3 Ф), В	400
Рівень шуму (10 м), дБ (А)	58
Діаметр вентилятора, мм	560
Викид повітря, м	15
Швидкість вентилятора, об/хв	1360
Сумарна потужність вентиляторів, Вт	2520
Вага, кг	370

Площа повітроохолодників для камери зберігання моркви:

$$F_{\text{по}} = \frac{79,111}{0,035 \cdot 5} = 452,063 \text{ м}^2.$$

До встановлення приймаються 2 повітроохолодники фірми-виробника ECO моделі IDE53A04 ED із загальною площею поверхні охолодження 244 м², схема-креслення якого відповідає попередній моделі. Технічна характеристика пристрою наведена в табл. 7.3.

Технічна характеристика повітряного конденсатора ECO IDE53A04 ED

Параметр	Значення
Внутрішня поверхня, м ²	29,9
Зовнішня поверхня, м ²	244,51
Об'єм труб, дм ³	60
Відстань між ламелями, мм	4,5
Вхідне під'єднання, мм	35
Вихідне під'єднання, мм	54
Відтанення (ED, електрична), Вт	24000
Кількість вентиляторів, шт	3
Повітропродуктивність, м ³ /год	24430
Напруга живлення (50 Гц, 3 Ф), В	400
Рівень шуму (10 м), дБ (А)	58
Діаметр вентилятора, мм	560
Викид повітря, м	16
Швидкість вентилятора, об/хв	1360
Сумарна потужність вентиляторів, Вт	2520
Вага, кг	370

Площа повітроохолодників для камери зберігання апельсин:

$$F_{\text{по}} = \frac{12,601}{0,035 \cdot 9} = 154,914 \text{ м}^2.$$

До встановлення приймається повітроохолодник фірми-виробника ECO моделі IDE52A04 ED із загальною площею поверхні охолодження 163 м² (рис. 7.3). Технічна характеристика пристрою наведена в таблиці 7.4.

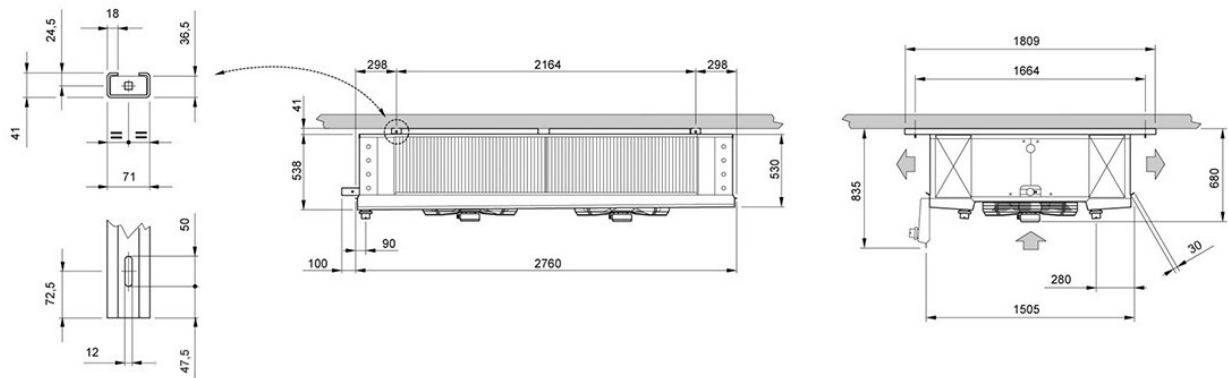


Рис. 7.3. Схема креслення двопотокового повітроохолодника

ECO IDE52A04 ED

					00.БКР.142.008.001-ПЗ	Лист
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		45

Технічна характеристика повітряного конденсатора ECO IDE52A04 ED

Параметр	Значення
Внутрішня поверхня, м ²	19,9
Зовнішня поверхня, м ²	163
Об'єм труб, дм ³	40,5
Відстань між ламелями, мм	4,5
Вхідне під'єднання, мм	28
Вихідне під'єднання, мм	54
Відтанення (ED, електрична), Вт	16050
Кількість вентиляторів, шт	2
Повітропродуктивність, м ³ /год	16290
Напруга живлення (50 Гц, 3 Ф), В	400
Рівень шуму (10 м), дБ (А)	56
Діаметр вентилятора, мм	560
Викид повітря, м	15
Швидкість вентилятора, об/хв	1360
Сумарна потужність вентиляторів, Вт	1680
Вага, кг	250

Площа повітроохолодників для експедиції:

$$F_{\text{по}} = \frac{40,94}{0,035 \cdot 10} = 116,971 \text{ м}^2.$$

До встановлення приймається повітроохолодник фірми-виробника ECO моделі IDE43A04 ED із загальною площею поверхні охолодження 125 м² (рис. 7.4). Технічна характеристика пристрою наведена в табл. 7.5.

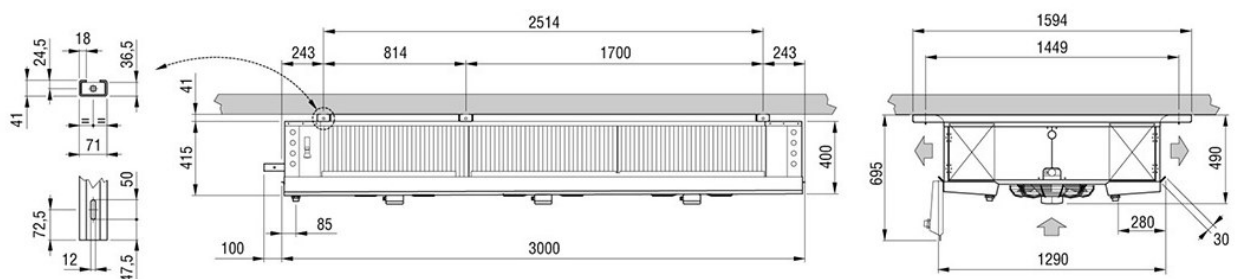


Рис. 7.4. Схема креслення двопотокового повітроохолодника

ECO IDE43A04 ED

Технічна характеристика повітряного конденсатора ECO IDE43A04 ED

Параметр	Значення
Внутрішня поверхня, м ²	15,4
Зовнішня поверхня, м ²	125,96
Об'єм труб, дм ³	31,2
Відстань між ламелями, мм	4,5
Вхідне під'єднання, мм	28
Вихідне під'єднання, мм	42
Відтанення (ED, електрична), Вт	15000
Кількість вентиляторів, шт	3
Повітропродуктивність, м ³ /год	12630
Напруга живлення (50 Гц, 3 Ф), В	400
Рівень шуму (10 м), дБ (А)	50
Діаметр вентилятора, мм	450
Викид повітря, м	13
Швидкість вентилятора, об/хв	1370
Сумарна потужність вентиляторів, Вт	1290
Вага, кг	206

Площа повітроохолодників для автоплатформи:

$$F_{\text{по}} = \frac{121,068}{0,035 \cdot 10} = 345,91 \text{ м}^2.$$

Так, до встановлення приймаються 2 повітроохолодники фірми-виробника ECO моделі IDE53B07 ED із загальною площею поверхні охолодження 219 м² (рис. 7.5), технічні параметри якого наведено в табл. 7.6.

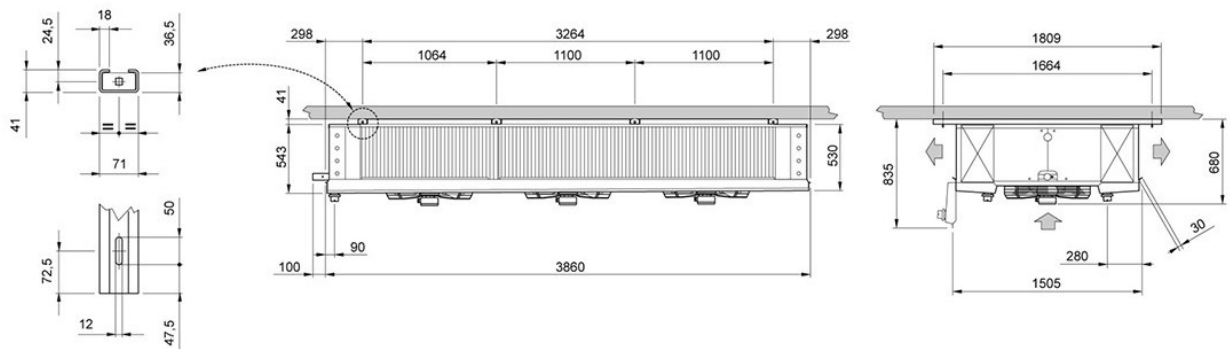


Рис. 7.5. Схема креслення двопотокового повітроохолодника

ECO IDE53B07 ED

					00.БКР.142.008.001-ПЗ	Лист
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		47

Технічна характеристика повітряного конденсатора ECO IDE53B07 ED

Параметр	Значення
Внутрішня поверхня, м ²	39,8
Зовнішня поверхня, м ²	219,01
Об'єм труб, дм ³	80,2
Відстань між ламелями, мм	7
Вхідне під'єднання, мм	35
Вихідне під'єднання, мм	54
Відтанення (ED, електрична), Вт	28800
Кількість вентиляторів, шт	3
Повітропродуктивність, м ³ /год	24580
Напруга живлення (50 Гц, 3 Ф), В	400
Рівень шуму (10 м), дБ (А)	58
Діаметр вентилятора, мм	560
Викид повітря, м	16
Швидкість вентилятора, об/хв	1360
Сумарна потужність вентиляторів, Вт	2520
Вага, кг	370

8. Вибір допоміжного обладнання

8.1. Лінійний ресивер

Об'єм, за яким підбирається ресивер розраховується за формулою [7]:

$$V_{\text{лр}} = 0,6 \cdot V_{\text{в}}, \quad (8.1)$$

де $V_{\text{в}}$ - загальний об'єм фреону повітроохолодників, що використовуються у камерах зберігання, становить 512,5 дм³.

$$V_{\text{лр}} = 0,6 \cdot 512,5 = 307,5 \text{ дм}^3.$$

До використання прийнято горизонтальний ресивер фірми-виробника Bitzer моделі F3102N з допустимою місткістю холодоагенту 320 дм³. Технічні параметри ресивера наведена у табл. 8.1.

Таблиця 8.1

Технічні параметри ресивера холодоагенту Bitzer моделі F3102N

Параметр	Значення
Об'єм ресивера, дм ³	320
Максимальне наповнення холодоагенту R404A, кг	307,6
Вхідне приєднання, мм	76
Вихідне приєднання, мм	54
Вага, кг	190

8.2. Мастиловіддільник з масляним ресивером

Відповідно до діаметра нагнітального патрубку компресора Bitzer 6GE-34Y-40, вибрано мастиловіддільник Gokceler YAG 2B- 35, технічні параметри якого наведено в табл. 8.2.

Таблиця 8.2

Технічні параметри мастиловіддільника Gokceler YAG 2B- 35

Параметр	Значення
Об'єм мастила, дм ³	8
Габаритні розміри: діаметр/висота, мм	168/489
Діаметр входу/виходу газу, мм	35

8.3. Віддільник рідини для компресора Bitzer 6GE-34Y-40

Віддільник рідини вибирається відповідно до діаметру всмоктувального патрубку. Так, для патрубка 54 мм прийнято до використання віддільник рідини Gokceler LTG-S 12,5-54B, технічні параметри якого наведено у табл. 8.3.

Таблиця 8.3

Технічні параметри віддільника рідини Gokceler LTG-S 12,5-54B

Параметр	Значення
Об'єм фреону, дм ³	12,5
Габаритні розміри: діаметр/висота, мм	219/405
Діаметр входу/виходу газу, мм	54

9. Визначення діаметру трубопроводів і гідравлічних втрат в мережі

Розрахунок втрат в трубопроводах камери зберігання капусти

Значення об'ємної витрати фреону через ділянку 1 визначається:

$$V_T = \frac{Q_0 \cdot v_1}{q_0}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (9.1)$$

$$V_T = \frac{96,870 \cdot 0,041}{99,8} = 0,04 \text{ м}^3/\text{с},$$

де Q_0 – показник холодопродуктивності компресорів для камер зберігання капусти, кВт; v_1 – питомий об'єм, м³/кг; q_0 – показник питомої масової холодопродуктивності випарника, кДж/кг.

Значення діаметра на всмоктуванні з компресора визначається:

$$d_{\text{вс}} = \sqrt{\frac{4 \cdot V_T}{\pi \cdot \omega_{\text{вс}}}}, \text{ м}, \quad (9.2)$$

$$d_{\text{вс}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,04}{3,14 \cdot 13}} = 0,0626 \text{ м},$$

де $\omega_{\text{вс}}$ – показник швидкості фреону на стороні нагнітання. Так, до використання прийнято мідну трубу з параметрами: $d_{\text{вн}} = 72$ мм і $d_{\text{зн}} = 76$ мм.

Втрати на тертя визначаються за наступною формулою:

$$\Delta P_{\text{тр}} = \lambda_{\text{тр}} \cdot \frac{l}{d_{\text{вс}}} \cdot \frac{\omega^2}{2 \cdot v_1}, \quad (9.3)$$

де $\lambda_{\text{тр}}$ – коефіцієнт тертя.

Число Рейнольдса визначається:

$$R_e = \frac{\omega_{\text{вс}} \cdot d_{\text{вн}}}{v_1}. \quad (9.4)$$

$$\lambda_{\text{тр}} = 0,11 \cdot \left(\frac{k}{d_{\text{вн}}} \cdot \frac{64}{R_e} \right)^{0,25}, \quad (9.5)$$

де k – шорсткість труб, мм.

$$R_e = \frac{13 \cdot 0,032}{0,041} = 22,83.$$

$$\lambda_{\text{тр}} = 0,11 \cdot \left(\frac{0,001}{72} \cdot \frac{64}{22,83} \right)^{0,25} = 0,009.$$

					00.БКР.142.008.001-ПЗ	Лист
						51
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

$$\Delta P_{\text{тр}} = 0,009 \cdot \frac{34,5}{0,0626} \cdot \frac{13^2}{2 \cdot 0,041} = 10223 \text{ Па.}$$

$$P_{\text{м}} = \sum \xi_{\text{м}} \cdot \frac{\rho \cdot \omega^2}{2}, \quad (9.6)$$

де $\xi_{\text{м}}$ – коефіцієнт місцевого опору.

$$P_{\text{м}} = \sum (1 + 5 + 5 + 5 + 1) \cdot \frac{1 \cdot 13^2}{2 \cdot 0,041} = 35037 \text{ Па.}$$

Значення загальних втрат тиску в трубах визначається за наступним виразом:

$$\Delta P_{\text{вс}} = \Delta P_{\text{тр}} + P_{\text{м}}, \text{ Па.}$$

$$\Delta P_{\text{вс}} = 10223 + 35037 = 45260 \text{ Па.}$$

Для всіх інших охолоджуваних камер розрахунок є аналогічним.

						00.БКР.142.008.001-ПЗ	Лист
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата			52

10. Техніко-економічне обґрунтування розроблюваних заходів

Метою виконання даного розділу є розрахунок собівартості вироблення одиниці холоду проектованої системи охолодження. Для цього потрібно визначити загальні витрати на роботу системи. До таких належать: оплата праці, вартість холодоагенту R404A, витрати на електроенергію та мастило, а також додаткові витрати, сума яких визначається від вартості обладнання.

10.1. Розрахунок споживання електроенергії системою охолодження

Розрахунковий показник споживання електроенергії обладнанням системи охолодження зведено до табл. 10.1.

Таблиця 10.1

Розрахункові показники споживання електроенергії обладнанням системи охолодження

Назва обладнання	Режим роботи	Кількість, шт.	$P_{ел}$, кВт	$\Sigma P_{ел}$, кВт	$P_{рік}$, тис. кВт·год
Компресор Bitzer 6GE-34Y-40	1	4	40	160	1036,8
Конденсатор Thermokey KH 1580 B	1	1	5×1	5	32,4
Повітроохолодник ECO IDE53B04 ED	1	2	2,6	5,2	33,7
Повітроохолодник ECO IDE53A04 ED	1	2	2,6	5,2	33,7
Повітроохолодник ECO IDE52A04 ED	1	1	1,680	3,36	21,8
Повітроохолодник ECO IDE43A04 ED	1	1	1,290	1,290	8,36
Повітроохолодник ECO IDE53B07	1	2	2,6	5,2	33,7
Повітроохолодник ECO IDE53B04 ED	2	2	28,800	57,6	7,03
Повітроохолодник ECO IDE53A04 ED	2	2	24,000	48	5,86

Продовження таблиці 10.1

Назва обладнання	Режим роботи	Кількість, шт.	$P_{ел}$, кВт	$\Sigma P_{ел}$, кВт	$P_{рік}$, тис. кВт·год
Повітроохолодник ECO IDE52A04 ED	2	1	16,050	3	0,27
Повітроохолодник ECO IDE43A04 ED	2	1	15,000	15,000	1,96
Повітроохолодник ECO IDE53B07	2	2	28,800	57,6	7,03
Всього за рік					1222,61

За табл. 10.1, режим роботи обладнання 1 – система працює у режимі охолодження; режим роботи обладнання 2 – електричне танення повітроохолодників.

10.2. Розрахунок витрат на обладнання системи охолодження овоче-фруктосховища

Витрати на придбання та монтаж за окремими типами обладнання зведено до табл. 10.2. Витрати на монтаж прийнято у розмірі 20 % від вартості обладнання. Інші витрати складають 2 % від вартості обладнання.

Таблиця 10.2

Витрати на придбання та монтаж обладнання

Назва обладнання	Кількість, шт.	Придбання, тис. грн	Монтаж, тис. грн	Інші витрати, тис. грн	Загальні витрати, тис. грн
Компресор Bitzer 6GE-34Y-40	4	326,025	260,82	26,082	1591,002
Конденсатор Thermokey КН 1580 В	1	582,330	116,47	11,65	710,45
Повітроохолодник ECO IDE53B04 ED	2	562,115	210,45	21,05	1355,73
Повітроохолодник ECO IDE53A04 ED	2	492,998	197,2	19,72	1202,916
Повітроохолодник ECO IDE52A04 ED	1	360,898	72,18	7,218	440,296
Повітроохолодник ECO IDE43A04 ED	1	322,114	64,423	6,442	393

Назва обладнання	Кількість, шт.	Придбання, тис. грн	Монтаж, тис. грн	Інші витрати, тис. грн	Загальні витрати, тис. грн
Повітроохолодник ECO IDE53B07 ED	2	562,115	224,85	22,485	809,45
Лінійний ресивер Bitzer F3102N	1	84,000	16,8	1,68	102,48
Мастиловіддільник Gokceler YAG 2B- 35	2	9,165	1,833	0,183	11,181
Віддільник рідини Gokceler LTG-S 12,5-54B	2	6,580	2,632	1,132	10,344
Всього					6626,849

10.3. Розрахунок вартості спожитої електроенергії сховищем

Відповідно до попередніх розрахунків, значення річного споживання електричної енергії сховищем та компресорним цехом складає – $E_{\text{річне}} = 1222,61$ тис кВт·год. У випадку використання тризонних лічильників, середня вартість одиниці кВт·год електричної енергії станом на 2025 рік складає – $C_{\text{ел}} = 4,183$ грн.

Показник річних витрат на споживання електроенергії визначається:

$$B_{\text{ел,річне}} = E_{\text{р}} \cdot C_{\text{ел}}, \text{ тис. грн,} \quad (10.2)$$

$$B_{\text{ел,річне}} = 1222,61 \cdot 4,183 = 5114,18 \text{ тис. грн.}$$

10.4. Розрахунок вартості компресорного мастила

Відповідно до поточного проекту, компресорне мастило є необхідним у об'ємі - $V_{\text{км}} = 20$ літрів. Для компресорів 6GE-34Y-40 рекомендованим для використання мастило BSE 32. Воно закуповується із вартістю - $C_{\text{км}} = 2029$ грн за один літр.

Витрати на мастило для компресорів розраховуються:

$$B_{\text{км}} = V_{\text{км}} \cdot C_{\text{км}}, \quad (10.3)$$

$$B_{\text{км}} = 20 \cdot 2029 = 40,58 \text{ тис. грн.}$$

					00.БКР.142.008.001-ПЗ	Лист
						55
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

10.5. Розрахунок вартості холодоагенту

Витрати на заповнення системи холодоагентом визначаються у прямій залежності від продуктивності компресорів. Так, норма витрати аміаку на рік складає для компресорів, що працюють на безпосереднє охолодження - 3.1 кг холодоагенту на 1 кВт потужності компресора. У свою чергу, холодоагент R404A закупається із вартістю - $C_{\text{аміаку}} = 360$ грн за один кілограм.

Витрати на поповнення системи аміаком розраховуються:

$$V_{\text{аміаку}} = Q_{\text{оп}} \cdot 3,1 \cdot C_{\text{аміаку}}, \text{ тис грн} \quad (10.4)$$

$$V_{\text{аміаку}} = 243,56 \cdot 3,1 \cdot 360 = 271,87 \text{ тис грн.}$$

10.6. Розрахунок оплати праці

Показники фонду основної заробітної плати робітників компресорного цеху наведено в таблиці 10.3

Якщо холодильник має місткість більше 1000 тон, передбачається посада начальника цеху.

Таблиця 10.3

Фонду основної заробітної плати робітників

Професія/розряд	Тарифна ставка, грн/год	Проект	Годин/місяць	Додаток за шкідливість, 10 %	Заробітна плата за місяць, грн	Річний фонд заробітної плати, тис грн
Машиніст 3-го розряду	45	1	240	1080	11880	142,560
Машиніст 4-го розряду	55	1	240	1320	14520	174,240
Машиніст 5-го розряду	65	1	240	1560	17160	205,920
Слюсар ремонтник	52	2	240	2496	27456	329,472
Всього						852,192

Фонд додаткової заробітної плати:

$$\Phi_{\text{ДЗПР}} = \Phi_{\text{ОЗП}} \cdot 0,08, \text{ тис грн,} \quad (10.5)$$

$$\Phi_{\text{ДЗПР}} = 852,192 \cdot 0,08 = 68,175 \text{ тис грн},$$

де $\Phi_{\text{ОЗПР}}$ – фонд основної заробітної плати робітників.

Повний фонд заробітної плати робітників:

$$\Phi_{\text{ЗПР}} = \Phi_{\text{ОЗПР}} + \Phi_{\text{ДЗПР}}, \text{ тис грн}, \quad (10.6)$$

$$\Phi_{\text{ЗПР}} = 852,192 + 68,175 = 920,367 \text{ тис грн}.$$

Витрати на оплату праці робітників з нарахуваннями:

$$\Phi_{\text{ОПР}} = \Phi_{\text{ЗПР}} \cdot 0,3708 + \Phi_{\text{ЗП}}, \text{ тис грн}, \quad (10.7)$$

$$\Phi_{\text{ОПР}} = 920,367 \cdot 0,3708 + 920367,36 = 1261,64 \text{ тис грн}.$$

Таблиця 10.4

Фонду основної заробітної плати апарату управління

Посада/розряд	Посадовий оклад, грн/місяць	Чисельність	Місячний фонд заробітної плати, грн	Річний фонд заробітної плати, тис грн
Начальник цеху	30000	1	30000	360
Начальник зміни	25000	1	25000	300
Всього				660

Фонд додаткової заробітної плати:

$$\Phi_{\text{ДЗПАУ}} = \Phi_{\text{ОЗП}} \cdot 0,25, \text{ тис грн}, \quad (10.8)$$

$$\Phi_{\text{ДЗПАУ}} = 660 \cdot 0,25 = 165 \text{ тис грн},$$

де $\Phi_{\text{ОЗПАУ}}$ – фонд основної заробітної плати апарату управління.

Повний фонд заробітної плати апарату управління:

$$\Phi_{\text{ЗПАУ}} = \Phi_{\text{ОЗП}} + \Phi_{\text{ДЗП}}, \text{ тис грн}, \quad (10.9)$$

$$\Phi_{\text{ЗПАУ}} = 660 + 165 = 825 \text{ тис грн}.$$

Витрати на оплату праці апарату управління з нарахуваннями:

$$\Phi_{\text{ОПАУ}} = \Phi_{\text{ЗПАУ}} \cdot 0,3708 + \Phi_{\text{ЗП}}, \text{ тис грн} \quad (10.10)$$

$$\Phi_{\text{ОПАУ}} = 825 \cdot 0,3708 + 825 = 1130,91 \text{ тис грн}.$$

Повний фонд заробітної плати:

$$\Phi_{\text{ОП}} = \Phi_{\text{ОПР}} + \Phi_{\text{ОПАУ}}, \text{ тис грн}, \quad (10.11)$$

$$\Phi_{\text{ОП}} = 1261,64 + 1130,91 = 2392,55 \text{ грн}.$$

					00.БКР.142.008.001-ПЗ	Лист
						57
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

10.7. Розрахунок амортизаційних відрахувань

Прийнято норми амортизаційних відрахувань у розмірі 22% від вартості основного обладнання.

Амортизаційні витрати основного технологічного обладнання:

$$A_{\text{обл}} = B_{\text{обл}} \cdot 0,22, \text{ тис грн,} \quad (10.12)$$

$$A_{\text{обл}} = 6626,849 \cdot 0,22 = 1457,9 \text{ тис грн.}$$

10.8. Розрахунок інших видів витрат

До такого виду витрат відносяться пускові витрати, витрати на утримання та експлуатацію обладнання. Також, у цю категорію включено цехові витрати, що розраховуються за окремими статтями.

Таким чином, витрати на поточний ремонт обладнання прийнято у розмірі 20% від амортизаційних відрахувань на обладнання:

$$B_{\text{рем}} = A_{\text{обл}} \cdot 0,2, \text{ тис грн,} \quad (10.13)$$

$$B_{\text{рем}} = 1457,9 \cdot 0,2 = 291,58 \text{ тис грн.}$$

Пускові витрати прийнято у розмірі 2 % від вартості основного обладнання:

$$B_{\text{пуск}} = B_{\text{обл}} \cdot 0,2, \text{ тис грн,} \quad (10.14)$$

$$B_{\text{пуск}} = 6626,849 \cdot 0,2 = 1325,37 \text{ тис грн.}$$

Інші витрати прийнято у розмірі 3% від загальної суми амортизаційних відрахувань:

$$B_{\text{ін}} = A_{\text{обл}} \cdot 0,03, \text{ тис грн,} \quad (10.15)$$

$$B_{\text{ін}} = 1457,9 \cdot 0,03 = 43,737 \text{ тис грн.}$$

Сумарно інші витрати складають:

$$\Sigma B = B_{\text{рем}} + B_{\text{пуск}} + B_{\text{ін}}, \text{ тис грн,} \quad (10.16)$$

$$\Sigma B = 291,58 + 1325,37 + 43,737 = 1660,7 \text{ тис. грн.}$$

					00.БКР.142.008.001-ПЗ	Лист
						58
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

10.9. Розрахунок кількості виробленого холоду

Кількість виробленого холоду розраховується шляхом визначення приведеної кількості виробленого холоду. Із-за різних температур кипіння, витрати на виробництво холоду не рівноцінні.

Так, їх слід приводити до умовної величини приведенного виробництва холоду, яка визначається як сума добутоків кількості виробленого холоду при робочих умовах на коефіцієнт переводу.

Приведене виробництво холоду розраховується:

$$Q_{\text{п}} = Q_{\text{оп}} \cdot k_t, \text{ кВт}, \quad (10.17)$$

$$Q_{\text{п}} = 243,56 \cdot 0,614 = 149,55 \text{ кВт},$$

де $Q_{\text{оп}} = Q_{\text{он}}$ – приведенне виробництво холоду для заданої температури кипіння - 243,56 кВт; k_t – перевідний коефіцієнт, що для температури кипіння - 5°C становить 0,614.

Загальна кількість виробленого холоду за рік визначається:

$$Q_{\text{заг}} = Q_{\text{п}} \cdot 6480, \text{ кВт}, \quad (10.18)$$

$$Q_{\text{заг}} = 149,55 \cdot 6480 = 969084 \text{ кВт},$$

де 6480 – кількість годин роботи компресора за рік.

10.10. Визначення основних показників економічної ефективності проекту

Для визначення собівартості енергії, порівняльні результати попередніх розрахунків зведено до таблиці 10.4.

Таблиця 10.4

Затрати на функціонування фрукто-овочесховища

Стаття витрат	Значення витрат тис. грн
Електроенергія	5114,18
Компресорне мастило	40,58
Холодильний агент R404A	271,87
Оплата праці	2392,55
Амортизація	1457,9
Інші витрати	1660,7
Всього	10937,78

Собівартість холоду одиниці холоду становить:

$$\Delta C = \frac{\Sigma B}{Q_{\text{заг}}}, \text{ грн/кВт}\cdot\text{год}, \quad (10.19)$$

$$\Delta C = \frac{10937,78}{969,084} = 11,287 \text{ грн/кВт}\cdot\text{год},$$

де ΣB – сумарні витрати на функціонування фрукто-овочесховища, тис грн;

$Q_{\text{заг}}$ - загальна кількість виробленого холоду за рік, МВт·год.

					00.БКР.142.008.001-ПЗ	Лист
						60
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

11. Охорона праці

11.1. Аналіз умов праці

Проектоване фрукто-овочесховище у місті Луцьк має місткість 2500 тон. Для побудови ефективної системи зберігання продуктів, передбачено застосування сучасного холодильного обладнання. Як універсальне рішення для зведення конструкцій та термоізоляції холодильних камер, використовуються сендвіч-панелі на основі пінополіуретанового утеплювача. Відповідно до проекту, час роботи фреонової холодильної установки складає 22 години на добу. Робота цього типу обладнання є джерелом шкідливих та небезпечних виробничих факторів, що діють на відповідний обслуговуючий персонал. У свою чергу, пункт управління та контролю компресорного цеху розташовані в приміщенні машинного відділення.

Шкідливі виробничі фактори:

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

Небезпечні виробничі фактори:

- наявність ємностей, що знаходяться під тиском;
- незахищені рухомі елементи обладнання;
- порушення вимог безпеки до розміщення робочих місць, обладнання та технологічних майданчиків;
- небезпечний рівень напруги в електричних колах;
- статична електрика, атмосферна електрика.

					00.БКР.142.008.001-ПЗ	Лист
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		61

11.2. Санітарно-гігієнічні вимоги до розміщення обладнання

Розташування обладнання повинне відповідати вимогам нормативних документів, які застосовуються у відповідній галузі. Так, приміщення машинного відділення розташовується безпосередньо біля камер охолодження. Огороджуючі конструкції, у якості яких використано сендвіч-панелі, машинного відділення (площа 72 м²) споруджуються із легко скидними елементами, до яких відносяться вікна, двері тощо. Такі конструкції становлять 0,03 м² на 1 м³ об'єму будівлі. Вікна виконуються однорядними зі стандартного скла. Над та під машинним відділенням не передбачено приміщень з постійними робочими місцями. Побутові та допоміжні приміщення також відсутні.

За планом, з машинного відділення є один вихід назовні, де двері відчиняються у бік виходу. Висота машинного відділення до низу несучих конструкцій покриття становить – 4,8 м. Висота підвіконь – 1,2 м.

Серед основного обладнання, в машинному відділенні встановлюються 2 поршневі напівгерметичних компресори Компресор Bitzer 6JE-33Y, які розташовані в ряд, а також лінійний ресивер. Відстань між виступаючими частинами обладнання і стіною становить – 1,5 м. Ширина проходу між виступаючими частинами обладнання становить – 1,5 м [14].

Підлога машинного відділення є рівною, неслизькою, а непрохідні канали та люки застилаються під рівень з підлогою. У якості такого покриття використовуються з'ємні металеві рифлені листи.

З урахуванням діючих нормативів щодо раціонального фарбування поверхонь виробничих приміщень та технологічного обладнання промислових підприємств, виконується фарбування стін та стелі машинного відділення і холодильного обладнання.

Для обслуговування обладнання, яке розташовано ззовні приміщення машинного відділення, у якості якого виступає конденсатор, встановлено майданчик з огорожею та драбинами з двох сторін. Зазначений майданчик та

					00.БКР.142.008.001-ПЗ	Лист
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		62

драбини мають поручні, висотою 1,1 м, а відстань між стійками поручнів складає 0,7 м.

11.3. Мікроклімат

Санітарно-гігієнічними нормами параметрів повітря в робочій зоні закритих виробничих приміщень регламентується ДСН 3.3.6.042-99. «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» [15], що в пункті управління повинні забезпечуватись оптимальні параметри для категорій робіт легка-Ia, що наведені в табл. 11.1, а в машинному відділенні – допустимі параметри для категорій робіт середньої важкості -IIa – табл. 11.2.

Таблиця 11.1

Санітарні норми мікроклімату пункту управління

Період року	Температура повітря, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний, ($t_3 < 10$ °С)	22-24	40-60	$\leq 0,1$
Теплий, ($t_3 \geq 10$ °С)	23-25	40-60	$\leq 0,1$

Таблиця 11.2

Санітарні норми мікроклімату машинного відділення

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

Досягнення відповідних параметрів мікроклімату забезпечується загальною обмінною механічною припливно-витяжною вентиляцією в теплий період року. В холодний період року застосовується підігрів повітря.

В машинному відділенні заплановано систему повітряного опалення, поєднану з припливною вентиляцією. Так, без рециркуляції повітря, кратність

повітрообміну за годину становитиме: приток – 2 об’єми, витяжка – із перевищенням притоку на 1 об’єм. Повітря має видалятися на зовні будівлі без очищення. Побутові приміщення, що розташовуються поряд з машинним відділенням, мають окрему систему вентиляції.

11.4. Шум та вібрація

Основними джерелами шуму в промислових системах охолодження є компресори та їх електричні двигуни. Також одним із основних джерел шуму є рух холодильного агента по трубопроводах з великою швидкістю. Так, допустимий рівень шуму в машинному відділенні, що не перевищує норм, які приведені у ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку», складає 78...82дБ, в ПУ-50...55 дБ [16]. Для зниження шуму в пункті управління необхідно застосовувати додаткову звукоізоляцію стін.

Загальна технологічна вібрація не перевищує гранично допустимого значення – 92 дБ відповідно до ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації» [17].

Поршневі компресори встановлюються на спеціальних фундаментних плитах, відокремлених від несучих конструкцій будівлі машинного відділення. Для зменшення впливу вібрації, що викликається роботою компресорів, трубопроводи, що приєднуються до машини, повинні не жорстко прикріплюватись до конструкцій будівлі.

11.5. Освітлення

Нормування природного та штучного освітлення виконується відповідно до ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення» [18], на підприємстві у компресорному цеху прийнято бічне природне двостороннє освітлення. За такого виконання, нормується мінімальне значення (КПО = 0,2 %) та загальне штучне освітлення, а саме світильники з люмінесцентними лампами напругою 220В та є пілозахищеними. Для компресорного цеху при

					00.БКР.142.008.001-ПЗ	Лист
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		64

загальному спостереженні за ходом роботи, при постійному перебуванні людей та розряді зорової роботи VIIIб освітленість становить 50 лк.

Для живлення світильників місцевого освітлення з низьковольтними лампами застосовується напруга 12 В. Аварійне і ремонтне освітлення машинного відділення живляться від незалежного джерела (акумуляторні батареї). Воно автоматично вмикається при відключенні робочого освітлення.

11.6. Техніка безпеки

Вимоги техніки безпеки регламентує нормативний документ галузі ДБН В.2.2-12-2003 «Будівлі і споруди для зберігання і переробки сільськогосподарської продукції» [19]. Так, на овоче/фруктосховищі наказом керівника призначаються відповідальні особи із числа інженерно-технічних робітників. Ці працівники мають пройти в установленому порядку перевірку знань даних правил, в тому числі, щодо нагляду за технічним станом і безпечною експлуатацією холодильного обладнання та дотриманням вимог відповідних правил.

Вік осіб, що допускаються до обслуговування холодильних установок, має бути не менше 18 років. Перед допуском до робіт, вони мають пройти медичний огляд. Також обов'язковою є наявність свідоцтва про закінчення спеціального учбового закладу або наступних курсів:

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

Стажування мають проводити досвідчені наставники. Також, допуск до стажування і самостійної роботи здійснюється розпорядженням по підприємству.

Інструкції, що мають бути доведені до персоналу (під розписку), який обслуговує холодильну установку, вивішуються на видному місці та є наступними:

- експлуатації холодильної системи (охолодного обладнання);

					00.БКР.142.008.001-ПЗ	Лист
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		65

- обслуговування контрольно-вимірювальних приладів і автоматики;
- пожежної безпеки;
- охороні праці (надання долікарської допомоги при виникненні аварійної ситуації і т. д.);
- покажчики перебування засобів індивідуального захисту;
- номери телефонів швидкої допомоги, пожежної команди, диспетчера електромережі, штабу цивільної оборони, поліції, начальника компресорного цеху (домашній телефон);
- річні та місячні графіки проведення планово-попереджувальних ремонтів;
- номери телефонів та адреси організації, що обслуговують автоматизовану холодильну установку.

Для надання долікарської допомоги в машинному відділенні є в наявності аптечка. Її вміст є наступним: 1% розчин новокаїну; кодеїн; марлеві салфетки; етиловий спирт; бинти; вата; мазь Вишневського; йод.

11.7. Електробезпека

Електрообладнання компресорного цеху відповідають вимогам ДСТУ Б В.2.5-82:2016 «Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом» [20], ДНАОП 1.1.10 – 1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок» [21], а також діючих стандартів безпеки праці та інших нормативних документів.

Пускова апаратура має відповідати максимальній силі струму електродвигунів. Відповідні роз'єднувачі та автоматичні вимикачі, виконуються із захисними кожухами, які не горять, без отворів та шпарин і повинні підтримувати функції дистанційного керування.

Напруга у низьковольтних колах керування устаткуванням, що встановлюється у приміщеннях особливо небезпечних і з підвищеною небезпекою, а також зовні приміщення, не повинна перевищувати 42 В.

					00.БКР.142.008.001-ПЗ	Лист
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		66

Перелік заходів і засобів забезпечення електробезпеки на підприємстві є наступним:

1. Надійна ізоляція струмопровідних частин для запобігання випадкового дотикання, блокування (захисні огороження, безпечне розміщення струмопровідних частин, наявність знаків безпеки) та належне виконання заходів по заземленню електричного обладнання.

2. Забезпечення та підтримка надійності ізоляції кабелів та струмоведучих частин електричного обладнання (опір ізоляції у силових і освітлювальних електричних установках має становити 1,2 МОм).

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

5. Застосування низьких рівнів напруги для живлення приладів місцевого освітлення обладнання та ланцюгів керування (згідно ПУЕ передбачене використання напруги до 42 В, де безпечним та поширеним є рівень напруги 12 В).

6. Застосування захисних засобів, запобіжних пристроїв та приладів.

7. Організація планово-попереджувальних робіт.

Для захисту струмопровідних частин від прямих ударів блискавки використовуються стрижневі блискавковідводи, які встановлюються на даху машинного відділення, згідно ДСТУ Б В.2.5-38:2008 «Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд» [22].

11.8. Вибухо- та пожежобезпека

Вибухо- та пожежобезпека на підприємстві забезпечується відповідно до вимог ДСТУ 8828:2019 «Пожежна безпека. Загальні положення» [23], ДНАОП 0.01-1.01-95 «Правила пожежної безпеки в Україні» [24].

Відповідно до ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» [25], машинне відділення за вибухопожежонебезпечкою

					00.БКР.142.008.001-ПЗ	Лист
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		67

відноситься до категорії Д, або до пожежонебезпечної зони – класу П-І, згідно ПУЕ.

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

11.9. Система запобігання пожежі

Система запобігання пожежі включає наступні складові:

- аварійна витяжна вентиляція;
- світлозвукова сигналізація, табло та гучномовець, що розміщуються над входом у машинне відділення;
- наявність огорожуючи конструкцій будівлі машинного відділення, легко скидних елементів (вікна, двері);
- застосування аварійного та витяжного вентиляторів машинного відділення у іскрозахищеному виконанні;
- наявність приточного вентилятора – у звичайному, а його електродвигуна – в закритому виконанні;
- надійне приєднання провідників від обладнання до контуру заземлення без іскріння;
- використання засобів захисту від атмосферної електрики;
- наявність протипожежних інструкцій, атестацій обслуговуючого персоналу та відповідних засобів пожежогасіння;
- роботу на електрообладнанні без перевантажень.

					00.БКР.142.008.001-ПЗ	Лист
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		68

Список літератури

1. Захарчук О. В. Світовий ринок овочів та місце України. Агросвіт. 2018. № 3, лют. С. 3–7.
2. Привроцька І. Б. Продукти харчування як джерело впливу на організм людини. Бібліотека Всеукраїнської екологічної ліги. Серія «Охорона навколишнього середовища». 2019. № 4, квіт. С. 13–17.
3. Niemann, Johane & Cronje, Paul & Zacarías, Lorenzo & Hoffman, Eleanor. (2024). Postharvest Cold-Storage Behaviour of ‘Nadorcott’ Mandarin Fruit Remains Unaffected by Preharvest Shade Netting. Horticulturae. 10. 10.3390/horticulturae10080782.
4. Alabi, Kehinde. (2024). An overview of recent advances in cooling techniques for fresh fruits and vegetables. Agricultural Engineering International : The CIGR e-journal. 26. 213-221.
5. Bhardwaj, Muskan & Sharma, Monika & Zalpouri, Ruchika & Urhe, Sumit & P N, Guru. (2024). Innovative precooling techniques to preserve the quality of fruits and vegetables. 5. 1567-1574.
6. Kudrynetskyi, Rostyslav & Dnes, Viktor & Savchuk, O. (2024). Methodology for coordinating the parameters of the material and technical base of warehouses for storing vegetables. Mechanics and automatics of agroindustrial production. 214-225. 10.37204/2786-7765-2024-1-24.
7. Rao, Chandra. (2015). Vacuum Cooling of Fruits and Vegetables. 10.1016/B978-0-12-803365-4.00008-7.
8. Majeed, Toiba & Wani, Idrees & Muzzaffar, Sabeera. (2018). Postharvest Biology and Technology of Quince. 10.1007/978-3-319-76843-4_11.
9. Das, Puja & Nayak, Prakash Kumar & Kesavan, Radha krishnan. (2024). Biopolymers for Food Packaging. 10.1021/bk-2024-1486.ch007.
10. Масліков М.М. Холодильна технологія харчових продуктів: Навч.посіб.-К.:НУХТ, 2007.-335с.

					00.БКР.142.008.001-ПЗ	Лист
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		69

11. Палетні стелажі. URL: <https://abra.ua/product-category/skladski-stelazhi/paletni-stelazhi/> (дата звернення: 20.01.2025).

12. Cholik, Abdul & Ruhyat, Nanang & Novianto, Sentot. (2024). Performance Evaluation of Ammonia Refrigeration Systems in a Texturizing Plant. International Journal of Innovation in Mechanical Engineering and Advanced Materials. 6. 161. 10.22441/ijimeam.v6i3.27476.

13. Saltveit, M.E. 1996. Physical and physiological changes in minimally processed fruits and vegetables. In F.A. Tomás-Barberán, ed., Phytochemistry of Fruit and Vegetables, pp. 205-220. Oxford University Press, New York, NY.

14. Санітарно-гігієнічні вимоги до розміщення обладнання

15. ДСН 3.3.6.042-99. «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень»

16. ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку»

17. ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації»

18. ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення»

19. ДБН В.2.2-12-2003 «Будівлі і споруди для зберігання і переробки сільськогосподарської продукції»

20. ДСТУ Б В.2.5-82:2016 «Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом»

21. ДНАОП 1.1.10 – 1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок»

22. ДСТУ Б В.2.5-38:2008 «Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд»

23. ДСТУ 8828:2019 «Пожежна безпека. Загальні положення»

24. ДНАОП 0.01-1.01-95 «Правила пожежної безпеки в Україні»

25. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою»

					00.БКР.142.008.001-ПЗ	Лист
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		70