

Хмельницький національний університет
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

Галузь знань 14 Електрична інженерія

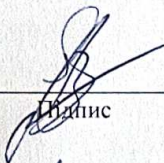
Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма Електропобутова техніка

Розробка побутового овочесховища

Шифр БРМА 25.00.00.000 ПЗ

Виконав студент
4 курсу група ЕТ-21


Підпис

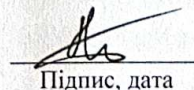
Вакарев А.Р.
Ініціали, прізвище

Керівник


Підпис, дата

Білий Л.А., д.т.н., проф
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер


Підпис, дата

Пукдаш С.С.
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:
Зав. кафедри МАЕЕС


Підпис, дата

к.т.н., доц. Неймак В.С.
Ініціали, прізвище

02 06 2025 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

Освітній рівень бакалавр

Галузь знань 14 Електрична інженерія

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітня програма Електропобутова техніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАЕЕС


02. 06 .2025 р.

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Вакарев Андрій Русланович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи **Розробка побутового овочесховища**

Керівник роботи **Білий Л.А., д.т.н., проф.**

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом ректора університету від 7 02 2025 р. № 28

2. Строк подання студентом роботи на кафедру 02.06.25

3. Вихідні дані до роботи: **прототип овочесховищ, технологічні та технічні характеристики овочесховищ та холодильних машин для підтримання мікроклімату приміщень**

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

1 Огляд та аналіз технічної літератури з тематики бакалаврської роботи

2 Розробка холодильної установки для овочесховища

3 Розрахунки холодильної установки для овочесховища

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

Аркуш 1. Типи овочесховищ. Документ оглядовий. (A1). Аркуш 2. Схема

моделювання динамічних режимів холодильної установки. Схема комбінова-

на (A1). Аркуш 3. Холодильна установка для овочесховища. Схема електри-

чна принципова (A1). Аркуш 4. Схема холодильної установки для овочесхо-

вища. Схема гідравлічна принципова (A1). Аркуш 5. Схема розміщення об-

ладнання для керування мікрокліматом установки. Документ технологічний

(A1). Аркуш 6. Схема холодильної установки для овочесховища. Схема фун-

кціональна

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис
		завдання видав

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи
1 Огляд та аналіз технічної літератури з тематики бакалаврської роботи	05.05.25 р.
2 Розробка холодильної установки для овочесховища	20.05.25 р.
3 Розрахунки холодильної установки для овочесховища	10.06.25 р.

Студент

Підпис

Вакарев А.Р.
Ініціали, прізвище

Керівник роботи

Підпис

Білий Л.А.
Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

до бакалаврської роботи студента
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

1. Прізвище, ім'я та по батькові Вакарев Андрій Русланович
2. Тема бакалаврської роботи Розробка побутового овочесховища
3. Прізвище, ініціали, вчена ступінь та звання рецензента _____

4. Об'єм бакалаврської роботи: креслень ___ арк., сторінок записки ___

5. Ця робота присвячена розробці побутового овочесховища

У роботі описується розробка та реалізація конструкції побутового овочесховища

В розрахунково-пояснювальній записці наведено всі необхідні розробки, а також розділи, що відповідають встановленим вимогам.

В першому розділі було здійснено огляд наявних конструкцій споруд і холодильних установок, що використовуються для забезпечення потрібного мікроклімату в овочесховищах.

В другому розділі визначено товщину стінок для камер овочесховища. Визначено головні теплопритоки та тепловтрати в овочесховищі, що дозволить спроектувати холодильну установку для цієї споруди. Здійснено розрахунки та відібрано відповідне обладнання для холодильних камер.

В третьому розділі визначено товщину стінок для камер овочесховища. Визначено головні теплопритоки та тепловтрати в овочесховищі, що дозволить спроектувати холодильну установку для цієї споруди. Здійснено розрахунки та відібрано відповідне обладнання для холодильних камер. Здійснено перевірочні розрахунки обладнання та трубопровідної системи холодильної машини.

Підпис студента _____

« 02 » 06 20 25 р.

РІШЕННЯ ЕК

Протокол 5 від « 25 » 06 20 25 р.

Оцінка проекту ЕК Добре / С / 4,0

Рекомендації ЕК —

Особливі відмітки —

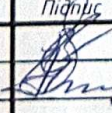
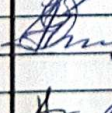


Технічний секретар Гуржак Д.В.

« 25 » 06 20 25 р.

ЗМІСТ

	стор.
Вступ.....	5
1 Огляд та аналіз технічної літератури з тематики бакалаврської роботи.....	6
1.1 Технологія зберігання овочів і фруктів.....	6
1.2 Типи овочесховищ.....	11
1.3 Системи забезпечення мікроклімату в овочесховищах.....	18
Висновки до першого розділу.....	25
2 Розробка холодильної установки для овочесховища.....	26
2.1 Розробка овочесховища.....	26
2.2 Розробка системи керування параметрів холодильної установки для овочесховища.....	32
2.3 Розробка холодильної установки для овочесховища.....	38
2.4 Розробка моделі режимів холодильної установки для овочесховища.....	42
Висновки до другого розділу.....	46
3 Розрахунки холодильної установки для овочесховища.....	47
3.1 Розрахунок ємностей камер.....	47
3.2 Підбір та розрахунок теплоізоляцій стінок камер.....	47
3.3 Розрахунок режиму роботи холодильної установки.....	51
3.4 Розрахунки вентиляції овочесховища.....	53
Висновки до третього розділу.....	59
Висновки.....	60
Перелік джерел посилань.....	61

БРМА 25.00.00.000 ПЗ

Змн.	Арк.	№ доцм.	Підпис	Дата				
		Вакареєв А. Р.			Розробка побутового овочесховища	Літ.	Арк.	Архівів
		Білий Л. А.					4	58
		Пундик С. І.				ХНУ зр. ЕТ-21-1		
		Неймак В. С.						

ВСТУП

На сучасний момент, у контексті ринкової економіки та динамічного розвитку малого підприємництва, відчувається гостра необхідність у будівництві власних сховищ для овочів, фруктів та коренеплодів. Мета – їх тривале зберігання та подальший збут споживачам.

Розробка сховища для овочів та фруктів, вибір і розрахунок потрібного холодильного обладнання з метою підтримки мікроклімату у овочесховищах - це важлива інженерна задача, яка вимагає розумного і раціонального підходу.

До проектування належить розробка та підбір охолоджувального, вентиляційного, опалювального, осушувального, зволожувального та контрольно-управлінського обладнання. Його слід раціонально та правильно розташувати всередині сховища.

Метою бакалаврської роботи є розв'язання поставлених завдань. Потрібно зосередитися на розробці холодильної установки, приділивши особливу увагу детальному проектуванню. Зокрема, передбачається розрахунок елементів системи, таких як: компресор, конденсатор, теплообмінник, випарник та трубопроводи. Інше устаткування, що застосовується для підтримки мікроклімату в приміщеннях овочесховищ, доцільно обрати з типових лінійок, представлених на ринку відповідної техніки: калорифери, вентилятори, зволожувачі, компоненти систем управління.

До того ж, потрібно створити автоматизовану систему управління холодильним устаткуванням, яке призначене для зберігання овочів та фруктів.

Розв'язання цих інженерних завдань дозволить забезпечити якісне зберігання овочевої та фруктової продукції, не зазнаючи зайвих витрат.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ З ТЕМАТИКИ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

1.1 Технологія зберігання овочів і фруктів

Проблема збереження свіжості овочів є надзвичайно важливою для народного господарства. Втрати під час зберігання залишаються значними: під час збору врожаю, транспортування та самого зберігання втрачається 30-40% зібраного врожаю, а в багатьох випадках до кінця терміну зберігання ці втрати сягають 60%.

Передова технологія зберігання передбачає своєчасну, прискіпливу підготовку сховищ перед завантаженням, а овочів – перед закладанням на зберігання, утримання температурних режимів відповідно до якості овочів та періодів зберігання, використовуючи найдосконаліші методи; при цьому втрати зменшуються на 3-5%, а товарні та насінневі якості зберігаються краще.

Ключовий аспект, який визначає успішне зберігання овочів, - це забезпечення оптимальних, відповідно різних температурних умов для кожного періоду зберігання.

Під час зберігання слід виконувати короткочасне періодичне провітрювання для оновлення повітря між бульбами та зменшення різниці температур у верхніх та нижніх шарах овочів. Тривалість провітрювання в цей період – 30 хвилин, 2-3 рази на тиждень. У разі підвищення температури в купі, її зменшують до потрібної величини, проводячи вентиляцію довше.

Догляд за овочами під час зберігання зосереджується на підтримці належної температури. Вентиляційна система має бути герметичною, щоб запобігти витоку повітря. Вона повинна забезпечувати подачу зовнішнього повітря, повітря зі сховища або їх суміші з потрібними температурними показниками.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Не варто вдаватися до провітрювання овочесховищ у зимовий період, відчиняючи ворота – це неефективно та спричинює запотівання верхнього шару овочів і утворення вологи на стелі. Якщо у верхньому шарі насипу ви помітили запотівання або зволоження бульб через краплі зі стелі, необхідно інтенсивною вентиляцією позбутися надлишкової вологи. У сховищах для пониження вологості повітря радимо розташувати ящики з негашеним вапном. Вентиляція для овочесховища проводиться повітрям з плюсовою температурою. Над самим насипом температура повітря мусить бути на 1-2 градуси вищою, ніж в товщі насипу. Це робиться для того, щоб запобігти утворенню конденсату вологи.

Температура фіксується щоденно, починаючи з моменту закладки овочів на зберігання. У приміщеннях, де вони зберігаються, розміщують термометри та психрометри. Дані вимірювань вносяться до відповідного журналу. Суворий контроль за умовами зберігання дасть змогу оперативно реагувати на будь-які зміни, спрямовані на підтримку належної якості як насінневих, так і продовольчих сортів овочів.

Вентиляція свіжим повітрям. Восени варто вентилувати виключно свіжим повітрям, використовуючи добове зниження температури (вночі, рано-вранці). Для цього необхідно відкрити заслінку (шибер) для забору свіжого повітря до змішувальної камери та закрити заслінку, через яку забирається повітря зі сховища.

Оскільки температура повітря, що проходить через електровентилятор, зростає на 1-1,5°C, оптимальним буде використання забору лише зовнішнього повітря до температури +1°C.

Гратчасті двері сховища слід тримати відчиненими цілодобово, коли температура повітря ззовні опуститься до +1°C, за умови, що вона тепліша за температуру зберігання продуктів. Аби відслідковувати температуру навколишнього середовища, зовні сховища треба закріпити термометр.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Температура повітря або суміші, що подається до насипу з продукцією, повинна перевищувати нуль, але бути нижчою за температуру у масі картоплі та овочів на 2-5°C. Коли зовнішня температура падає нижче +1°C, необхідно закрити заслінку (шибер) у вхідній шахті та відчинити заслінку для забору повітря зі сховища. Ці дії слід виконувати, поки температура повітря в основному каналі не досягне +1+2°C (показання з двох термометрів, розташованих на початку кожного магістрального каналу).

Вентиляція внутрішнім повітрям. З настанням зовнішньої температури -5°C слід переключитися на вентиляцію за допомогою внутрішнього повітря. Якщо виникне потреба знизити температуру, можна трохи відчинити шибер у шахті забору повітря, водночас уважно контролюючи температуру повітря, що надходить, та фіксуючи показники термометрів у головному каналі. Вентиляцію слід здійснювати до моменту зникнення температурної різниці між верхнім та нижнім шарами продукції. З цією метою у кожен відсік, а у випадку суцільного насипу – в шаховому порядку – всередину маси овочів на глибину 30-40 см занурюють буртові термометри.

Температуру шару, що знаходиться внизу, вимірюють, використовуючи показники термометрів, розташованих у головному каналі. Для визначення температури верхнього шару беруть до уваги показники буртових термометрів. Після того, як температурні відмінності в шарах насипу зникнуть, вентилятор слід вимкнути. Вимірювання температури, що врегулювалася в картопляній масі, дозволяється проводити не раніше, ніж через сорок хвилин.

Вентиляція мусить бути виключно циклічною. Це потрібно для вирівнювання температури кожного приміщення, де зберігаються товари, та повітря між ними. Зменшили температуру в шарах насипу - вентилятор вимикаємо. Далі ще 30-40 хвилин вентилюємо, робимо перерву на дві години і так далі. Цей спосіб організації роботи дає змогу охолодити простір між бульбами, сприяє економії електроенергії та, що є надзвичайно важливим,

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

утримує клітинну вологу в картоплі. Оскільки безперервна вентиляція протягом 6-8 годин та більше спричиняє значні втрати води з клітин, в'янення та суттєве природне зменшення ваги.

Взимку необхідно слідкувати за температурою та вологістю повітря. Після того, як овочі охолодяться до $+2-5^{\circ}\text{C}$, починається основний, зимовий етап зберігання. У випадку, якщо овочі не надто хорошої якості, для сповільнення процесів життєдіяльності мікроорганізмів, котрі можуть спричинити гниття, в основний період краще встановити температуру в межах $+1-3^{\circ}\text{C}$. Відносна вологість повітря повинна коливатися в діапазоні 85-90%.

Підтримка потрібних кліматичних умов у період зберігання забезпечується шляхом вентиляювання бурту картоплі. Процедуру повторюють двічі-тричі на тиждень, тривалістю від тридцяти до сорока хвилин.

Весняний етап у зберіганні картоплі розпочинається, коли бульби виходять зі стану глибокого спокою: для ранніх сортів це кінець лютого, для інших – з березня. З цього часу, аби запобігти проростанню картоплі, слід знижувати температуру. Використовуючи від'ємні температури вночі та вранці, потрібно знизити температуру картоплі до $+1,5-2,0^{\circ}\text{C}$, створюючи запас холоду на теплі весняні місяці.

В теплу пору року, коли на вулиці тепліше, ніж в картоплесховищі, слід щільно зачиняти всі заслінки витяжних та припливних шахт, герметизувати утеплені двері. За таких умов картоплю рекомендовано зберігати до початку травня. Якщо ж до цього часу насіннева картопля не подасть ознак проростання, необхідне теплове підігрівання, плавно збільшуючи температуру до $+15-20^{\circ}\text{C}$ доки паростки не досягнуть довжини 5-10 см.

Вимірювання температури. Вимірювання температури в купах картоплі та овочів, температури та відносної вологості повітря в сховищі слід здійснювати двічі на добу (вранці та ввечері): до початку вентиляювання та

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

через 40 хвилин після вимкнення вентилятора. Вимірювання температури повітря у магістральному каналі необхідно проводити перед стартом і під час вентиляції, регулюючи температуру заслінками, які використовують зовнішнє та внутрішнє повітря.

Розташування та перевірка термометрів. Зберігаючи овочі в умовах активного вентилявання, економити на термометрах недопустимо. Їх слід розмістити в кожному сховищі: один - ззовні, щоб вимірювати температуру зовнішнього повітря; по 2 на початку кожного магістрального каналу; 3 боку дверей, на перших стовпах або у контейнерах, розташованих на висоті 30 см від підлоги (точка найнижчої температури в сховищі). У масі продукції, заглиблено на 30-40 см від верхнього краю насипу (по одному датчику в кожному відсіку, розташованому в центрі, або, якщо маса суцільна, – у шаховому порядку, по три в кожному прольоті сховища).

Умови збереження харчів. У камерах овочесховища термін придатності продуктів варіюється від 150 до 285 діб. Харчі, переважно, надходять до сховища з температурою близько 15 °С.

Відстані (у метрах) для відступів: від стін або пристінних опалювальних приладів – 0,3м; від стелі або підстельових батарей – 0,2м; від повітроводів – 0,3м; між окремими групами вантажу – 0,15м.

Дані щодо умов зберігання овочів подано в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Умови зберігання овочів

Найменування продукту	$t_v, ^\circ\text{C}$	Відносна вологість, %	$t_{\text{пост}}, ^\circ\text{C}$	Строк зберігання, діб.
Капуста	0	90	15	180
Морква	1	85	15	240
Буряк	1	85	15	200

1.2 Типи овочесховищ

Збереження овочів насипом – один із найпопулярніших методів для зберігання. Цей спосіб оптимально підходить для головних видів овочів, таких як картопля, цибуля та буряк.

Принципова схема регулювання мікроклімату в овочесховищі насипного типу (рис. 1.1) передбачає наявність камери для обробки повітря.

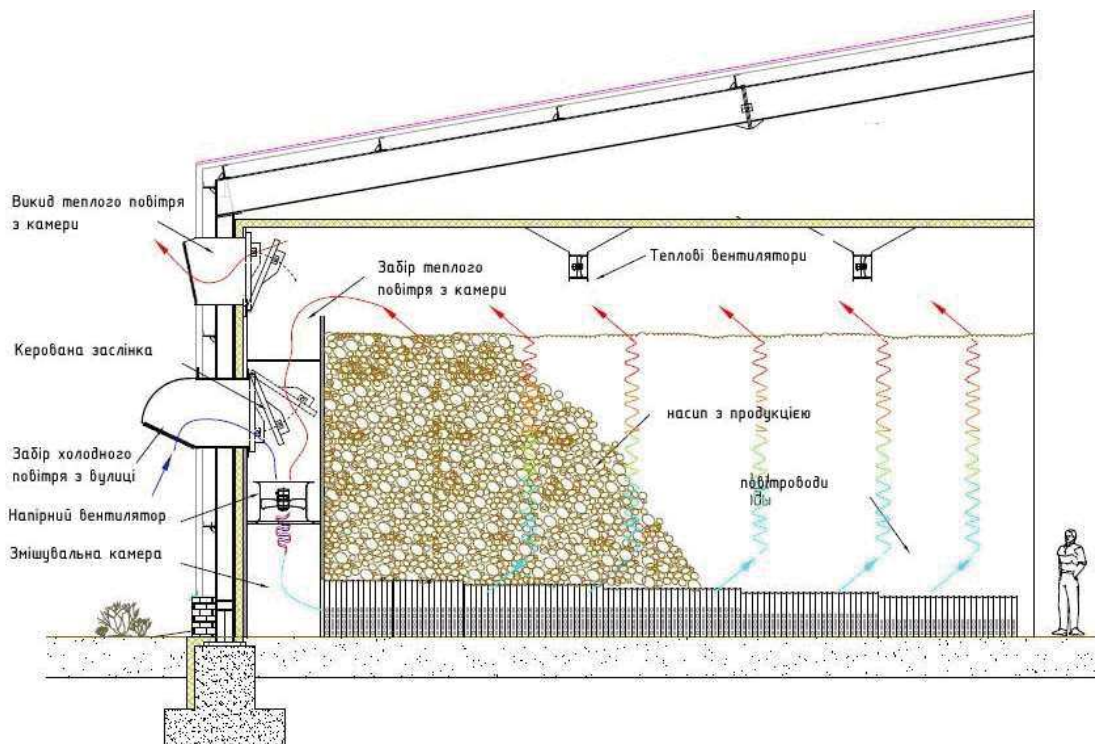


Рисунок 1.1 - Зберігання овочів навалом

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БРМА 25.00.00.000 ПЗ

Арк.

11

Зазвичай її утворюють підпірна стінка та стіна самого сховища для овочів. Через впускні заслінки, розміщені по обидва боки будівлі, свіже повітря потрапляє до камери підготовки, де досягає необхідних параметрів температури та вологості. Для регулювання температури та вологості повітря, що надходить, застосовуються рециркуляційні клапани, зволожувачі, нагрівачі та охолоджувачі; вони теж знаходяться у цій камері. Підготовлене повітря з використанням високопродуктивних вентиляторів високого тиску спрямовується у спеціальні перфоровані канали.

Вентилятори можна монтувати як безпосередньо в канали, так і під фальшпідлогою, в спеціальних камерах підготовки повітря. Через систему вентиляційних каналів повітря надходить до сховища. Проходячи через шари овочів, повітря забезпечує ідеальну вентиляцію продукції, насичується вологою та нагрівається.

Відпрацьоване повітря природним шляхом виходить крізь відчинені випускні клапани, або ж змішується із свіжим повітрям, що надходить у приміщення, через рециркуляційні клапани. Щоб уникнути утворення конденсату в овочесховищі, використовують підвісні розгінні вентилятори (деякі з них мають вбудовані ТЕНи для обігріву).

Для автоматичного підтримання оптимального мікроклімату в приміщенні, де зберігаються продукти, застосовується система автоматичного контролю. Станція обладнана датчиками, що відповідають за вимірювання температури продукту (8 одиниць), повітряного каналу, а також внутрішнім і зовнішнім датчиками вологості (об'єднаними з температурними показниками). Система диспетчеризації надає змогу конфігурувати та моніторити параметри мікроклімату в сховищі овочів з вашого персонального комп'ютера.

Переваги навалного зберігання полягають у наступному:

- здатність вмістити велику кількість овочів;

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- забезпечення найкращої вентиляції та ефективного процесу сушіння продукції;
- підтримка стабільної температури у всіх частинах сховища;
- мінімальні потреби у технологічному обладнанні;
- відносна швидкість будівництва та доступна вартість реалізації проекту.

Недоліки насипного зберігання:

- збільшення відсотку пошкоджених фруктів;
- ускладнений контроль та видалення заражених плодів зі сховища;
- забезпечення належної вентиляції потребує відсутності бадилля чи сміття на плодах;
- зовнішні стіни сховища мають бути міцними для утримання бічного тиску;
- зростають витрати на закупівлю спецтехніки для розвантаження продукції.

Контейнерний спосіб (рис. 1.2) використовують для тримання сільськогосподарських культур, що вимагають особливого догляду: моркви та капусти. Картоплю й цибулю теж зберігають у контейнерах, але в надзвичайно рідкісних випадках. До того ж, цей вид зберігання актуальний для підприємств, де важливу роль грає зручні склади.

Для забезпечення вентиляції у сховищах контейнерного типу застосовуються спеціалізовані вентиляційні системи. Всі етапи підготовки повітря відбуваються всередині обладнання, а вже потім повітря надходить у сховище. До системи входять нагрівальні та охолоджувальні компоненти, регулювальний клапан, потужний вентилятор для нагнітання повітря під тиском і розгалужена мережа повітроводів для рівномірного розподілу повітря над товаром. Охолоджене повітря, проходячи між контейнерами, нагрівається. В залежності від бажаної температури, відпрацьоване повітря

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

або виводиться з приміщення, або повертається до вентиляційної системи, де змішується зі свіжим, прохолодним повітрям ззовні.

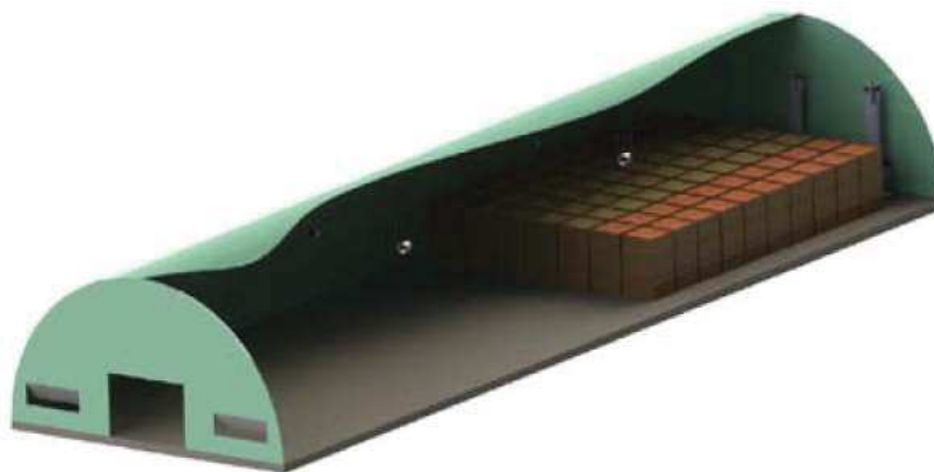
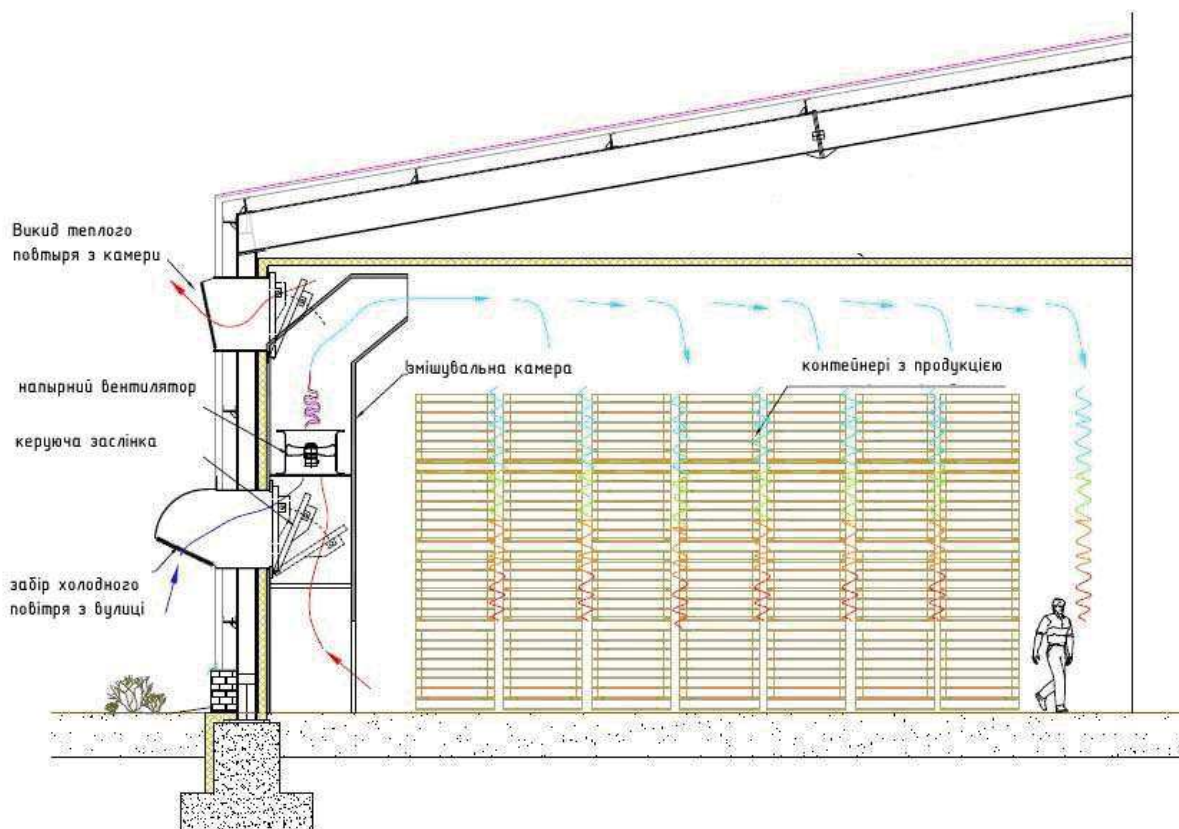


Рисунок 1.2 - Зберігання овочів контейнерним способом

Щоб не збирався конденсат в овочесховищі, встановлюють розгінні вентилятори (частина з них має Тени для підігріву).

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БРМА 25.00.00.000 ПЗ

Арк.

14

Контейнери з продукцією ставлять навпроти напірної стіни, залишаючи проміжки для вентиляції між ними.

Охолоджене повітря, яке нагнітається крізь отвори в напірній стіні, рівномірно розходить між контейнерами, знижуючи температуру товарів.

Існує декілька типів систем охолодження та зберігання із застосуванням напірної стіни: з горизонтальними та вертикальними каналами; з примусовою подачею повітря та витяжною вентиляцією; із застосуванням демпферних пристроїв; з додатковими повітроводами; схема повітрообміну типу "серпантин"; схема "тунельного" типу.

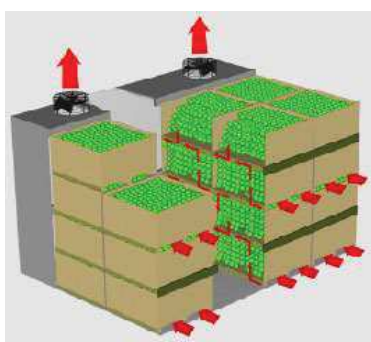


Рисунок 1.3 - «Серпантинна» схема

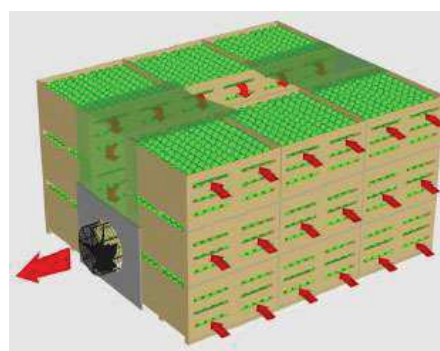
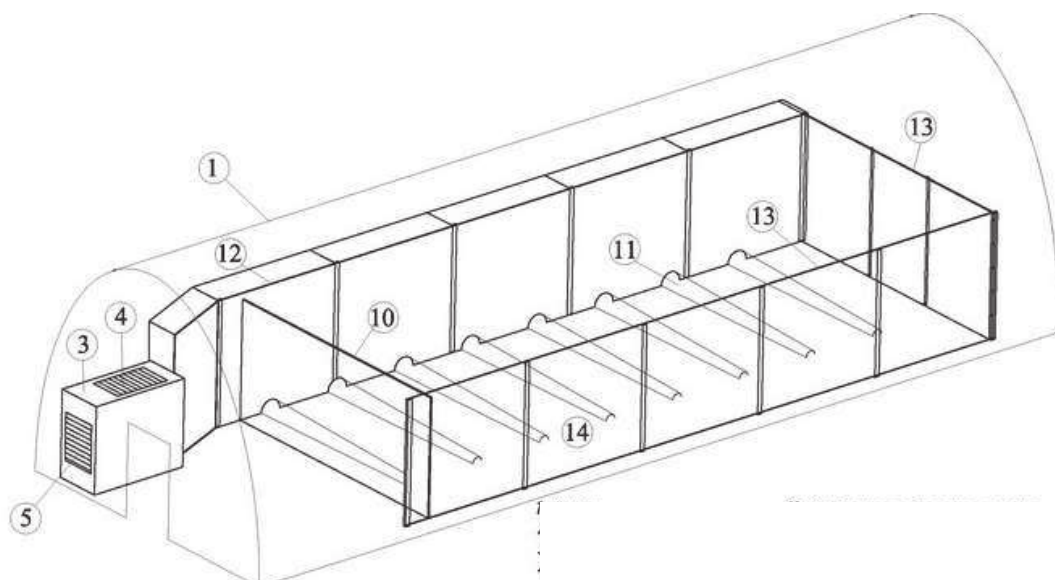


Рисунок 1.4. - «Тунельна» схема

Для автоматичного підтримання необхідного мікроклімату у сховищі застосовується система автоматизованого контролю. Станція обладнана сенсорами температури продукту (8 од.), каналу, внутрішнім і зовнішнім датчиками вологості (пов'язаним з температурним). Система диспетчеризації забезпечує можливість налаштовувати та контролювати параметри мікроклімату в овочесховищі з персонального комп'ютера.

Переваги зберігання у контейнерах: можливість використовувати одну й ту ж саму площу для різноманітних видів продукції, що змінюються в залежності від пори року; забезпечення часткового розвантаження приміщення без необхідності порушувати температурний режим; мінімізація пошкоджень продукції; зручний моніторинг якості з оперативним

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15



1 – ангар; 2 – ворота; 3 – вентиляційний модель; 4 – клапан рециркуляційний; 5 – клапан приточний; 6 – клапан для викиду повітря; 7 – повітроохолоджувач; 8 – холодильний агрегат; 9 – зона обробки; 10 – мобільна підпірна стінка; 11 - напірний розподільчий канал; 12 – магістральний клапан; 13 – підпірні стінки; 14 – зона складування продукції; 15 – овочева продукція 16 – антиконденсаційні вентилятори; 17 – теплоізоляція

Рисунок 1.6 – Схема овочесховища ангарного типу

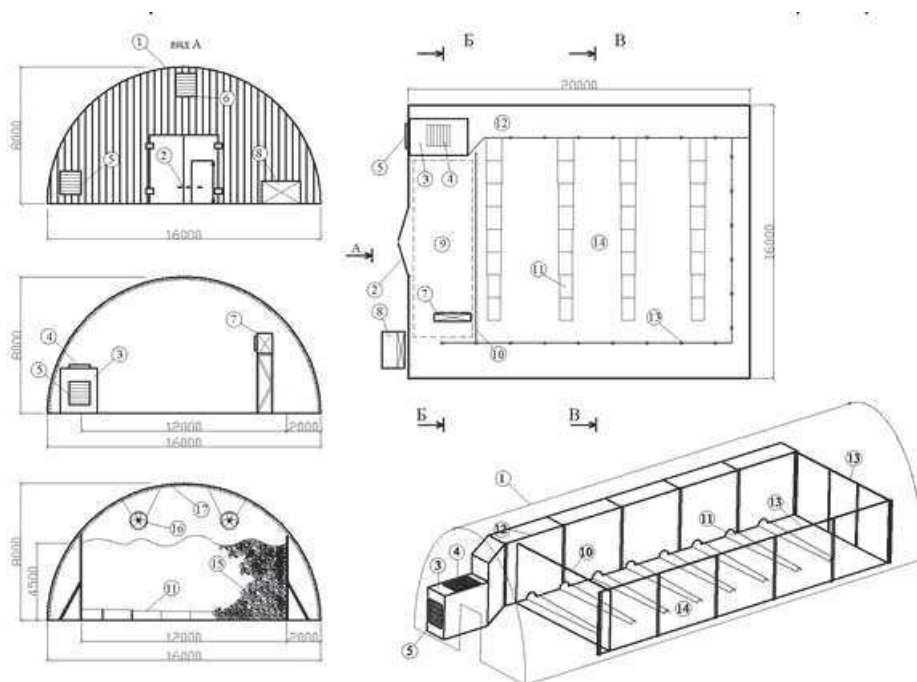


Рисунок 1.7 – Схема овочесховища ангарного типу 500

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БРМА 25.00.00.000 ПЗ

Арк.

17

1.3 Системи забезпечення мікроклімату в овочесховищах

До холодильного устаткування, що застосовується в овочесховищах, ставляться конкретні вимоги щодо конструкції та технологій:

- камери схову з автоматичним регулюванням температури від мінус 2 °С до +7 °С і відносною вологістю повітря 70-95%;
- камери дозрівання фруктів і овочів з автоматичним регулюванням температури від 8 °С до 20 °С і відносною вологістю повітря 80-90%;
- приміщення обробки фруктів і овочів (перебирання, фасування й упакування) з автоматичним регулюванням температури від 12 °С до 15 °С без регулювання відносної вологості повітря;
- камери утеплення з температурою від мінус 2 °С до + 20 °С;
- камери тривалого зберігання з регульованою атмосферою РА (РГС).

У сховищі [1] для сільськогосподарської продукції передбачено теплоізолюваний корпус. Усередині корпусу облаштовано засіки, підлогу та скидні труби, які виходять назовні.

Сховище для сільгосппродукції складається з теплоізолюваного залізобетонного корпусу 1 (див. рис. 1.8), у якому зсередини облаштовані засіки 2. Сховище має сталеву підлогу 3 та дерев'яний настил 4. Для уникнення замерзання продуктів на сталеву підлогу 3 кладуть повстяні килимки 5. Водосховище заповнене водою 7.

Термобашмак 8 сконструйовано з металеві труби 9, котра має відводи 10 в нижній частині. Кількість відводів варіюється, можливий як один, так і більше, їх довжина може бути різною, залежно від потреби. Простір термобашмака заповнюється гасом, бензином низької якості або іншою незамерзаючою рідиною 11. Верхній сегмент термочеревика виведено назовні, перебуває в контакті з навколишнім повітрям над покрівлею, взимку -10 ° -15 °С. Відвідні канали 10 занурено в воду 7 басейну 6. Охолоджена

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рідина 11 прямує по трубі 9 донизу, виштовхуючи теплу, легшу рідину нагору.

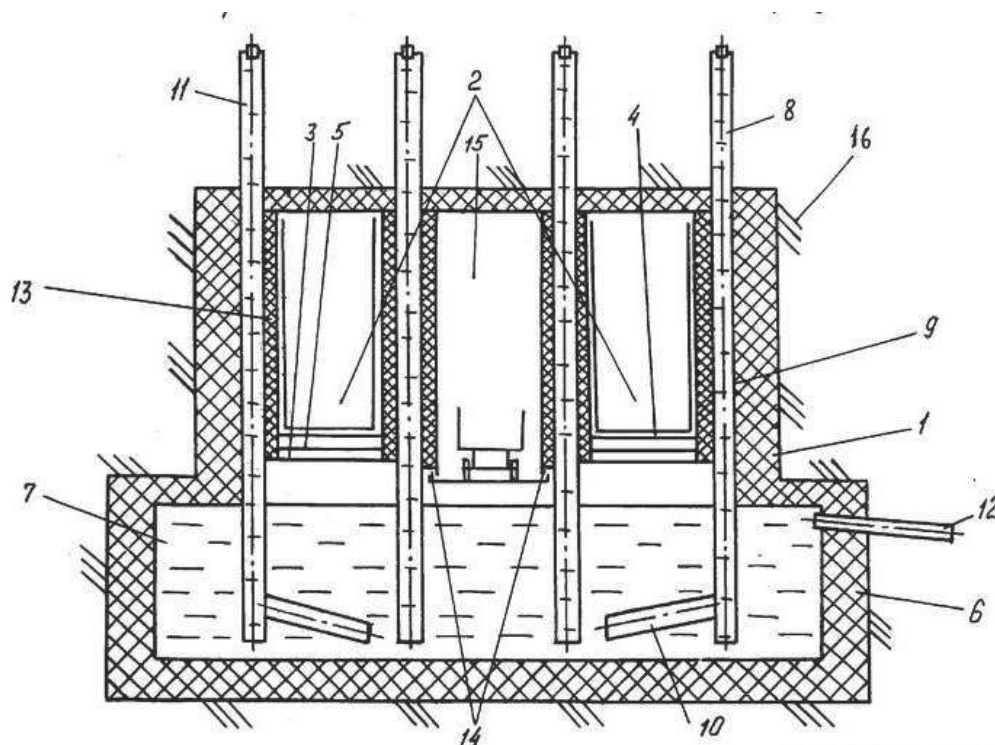


Рисунок 1.8 - Сховище для сільськогосподарської продукції

Такий цикл рідини функціонує упродовж всієї зими. Завдяки цьому досягається технічний ефект, який полягає у зменшенні енергетичних витрат, оскільки відсутня потреба в холодильно-вентиляційних системах, котрі споживають багато енергії.

Нижня частина термочеревика з відгалуженням 10, що розташована на дні басейну, стартує процес обмерзання льодом. Лід, покриваючи нижню частину басейну, збільшується в розмірах, поступово замерзаючи і верхню частину, виштовхуючи надлишок води через зливну трубу 12, яка розташована на верхньому рівні. Оскільки зливна труба 12 знаходиться в протилежному від джерела холоду куті, вона замерзає найостаннішою. Вода у басейні замерзає, але не спричиняє пошкоджень через розширення при перетворенні на лід. У випадку використання термобашмака, теплоізоляція 13 в центральній частині труби 9 захищає приміщення від переохолодження

взимку. З приходом весни, коли температура надворі сягає нуля градусів за Цельсієм або вище влітку, циркуляція рідини в трубі 9 припиняється, і функціонування термобашмака зупиняється. Лід у басейні віддає холод, що накопичився, через металеву підлогу, а холодні водяні пари крізь щілину 14 у підлозі проникають у приміщення, зволожуючи овочі та запобігаючи їх висиханню.

Запропоноване технічне рішення є промислово прийнятним, оскільки для його впровадження можна застосовувати стандартне обладнання, технології, інструменти та матеріали, які широко використовуються під час будівництва, механізації та контролю у сфері зберігання сільськогосподарської продукції.

Наявний холодильник [2], що складається з термоізолюваної камери охолодження 1 (рис. 1.9). В середині цієї камери розміщено посудину Дьюара 2 з рідким азотом. У самій посудині Дьюара 2, закритій кришкою 3 з газовивідною трубкою 4, поміщений нагрівальний елемент 5. Він підключений через ключ 6, який знаходиться поза камерою охолодження 1, до джерела енергії 7, а також до автоматичного регулятора 8, який теж живиться від джерела енергії 7. На газовідвідній трубці 4 розміщено випарник 9, що запобігає розбризкуванню крапель рідкого азоту усередині холодильної камери 1.

Автоматичний регулятор 8 обладнано термодатчиком 10 та датчиком температури 11 з налаштовною шкалою 12. Виходи термодатчика 10 і датчика 11 з'єднані з першим та другим входами пристрою порівняння 13 відповідно, вихід якого, через підсилювач 14, з'єднаний з нагрівальним елементом 5. Додатково, вихід термодатчика 10 з'єднаний з пристроєм візуалізації 15, розташованим за межами термоізолюваної холодильної камери 1.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

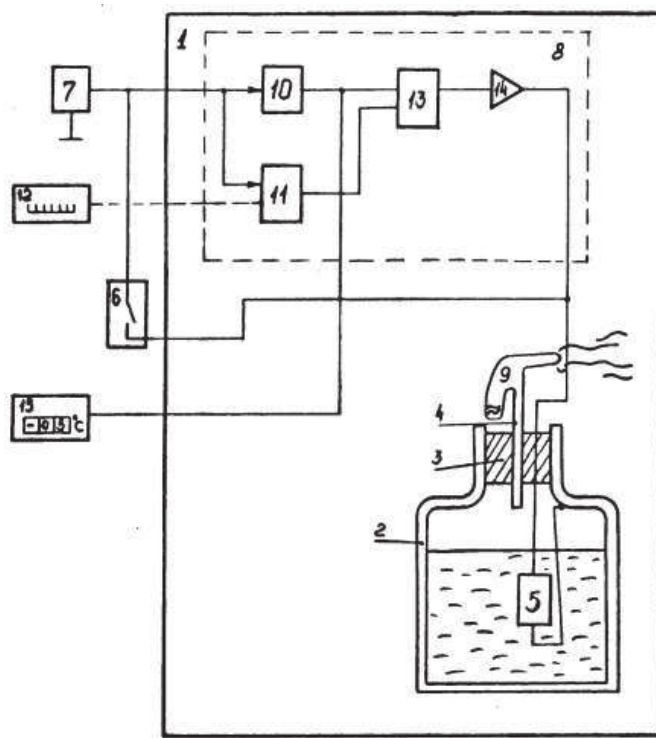


Рисунок 1.9 – Холодильник

В автоматичному режимі робота холодильника відбувається так. Оператор за допомогою шкали 12 задає на виході задавача 11 потрібне значення електричної напруги, яке відповідає температурі, зазначеній на шкалі 12. Якщо температура всередині холодильної камери 1 перевищує встановлене на шкалі значення, то з термодатчика 10 на вхід компаратора 13 надходить напруга, яка є вищою за напругу, що надходить із задавача 11 на другий вхід компаратора 13. На виході з пристрою порівняння формується високий рівень напруги, після чого підсилювач 14 спрямовує тепло через нагрівальний елемент 5 до посудини Дьюара 2, що сприяє посиленню випаровування азоту.

Холодний газуватий азот, прямуючи через газопровідну трубку 4 та випарник 9, який довиваровує краплі рідкого азоту (що можуть виникати при інтенсивному випаровуванні на виході з трубки 4), потрапляє в середину холодильної камери 1 і викликає зниження температури в ній. Як тільки температура опуститься нижче, ніж задана на шкалі 12, напруга, знята з

термодатчика 10, стає меншою, ніж напруга з задавача 11. У цей момент на виході компаратора 13 фіксується низький рівень сигналу. Підсилювач 14 блокується, і нагрівач 5 припиняє подачу тепла в колбу Дьюара 2. Це уповільнює кипіння рідкого азоту та зменшує потік холодного газу до охолоджувальної камери 1. Описаним способом забезпечується автоматичне підтримання потрібної температури в холодильних камерах.

Позитивний вплив винаходу досягається завдяки заміні комплексних компонентів у прототипі (компресор, розпилювач) на більш прості (нагрівач, випарник, джерело електроживлення, автоматичний контролер). Це водночас забезпечує автоматизований режим функціонування холодильника.

Додатково позитивним наслідком є перехід від охолодження холодильної камери через випаровування розпилених крапель до охолодження вже випарованим азотом (більше того, передбачений спеціальний випарник для випадкових крапель). Завдяки цьому немає потреби турбуватися про пошкодження, скажімо, фруктів та овочів у рефрижераторі через локальне обмороження (така продукція не потребує від'ємної температури під час транспортування до споживача).

Холодильна установка [3] складається з камери, де зберігаються охолоджені продукти або вироби. Ця камера взаємодіє з джерелом рідкого холодоагенту через теплообмінник, який, у свою чергу, під'єднаний до розподільного колектора з розпилювачами. У середині камери облаштовано щонайменше два стелажі, в кожному з яких на ярусах розміщені полиці для продуктів або виробів. Стелажі розміщені паралельно один до одного. Розподільний колектор знаходиться навпроти найдальшого стелажу. Також передбачений і другий розподільний колектор, що встановлений навпроти наступного крайнього стелажу. Теплообмінник зібрано секціями, щонайменше одна секція має вигляд горизонтально розташованих, паралельних труб. Кожна секція теплообмінника знаходиться між стелажми, при цьому кожна форсунка колектора та кожна горизонтальна труба

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

теплообмінника знаходяться навпроти міжстелажного проміжку кожного зі стелажів.

Ця установка також не гарантує однорідного процесу заморожування, оскільки її функціонування передбачає лише збільшення температури робочої суміші в усьому об'ємі камери, що означає, що робоча суміш слугує виключно для охолодження вже заморожених продуктів. Забезпечення процесу заморожування в даній установці реалізується виключно через тривалу, ступінчасту процедуру зниження температури робочої суміші – сукупності парів холодоагенту та оточуючого продукту. Це рішення характеризується високим ступенем неефективності.

Холодильна установка складається з теплоізольованої камери 1 (рис. 1.10), до якої прилягає джерело рідкого холодоагенту – цистерна 2, спроектована за зразком посудини Дюара. Цистерна 2 сполучена з теплообмінником за допомогою трубопроводу 3, що може містити або одну секцію 4, або дві секції 4.

Кожна секція теплообмінника утворена горизонтально розміщеними трубами 5, які розташовані паралельно. Труби усіх секцій з'єднані між собою, утворюючи спільний змійовик. Сам теплообмінник (складений з секцій 4) з'єднаний з розподільним колектором 6. Зазвичай між теплообмінником та колектором розміщують додаткові змійовикові теплообмінні поверхні 7. В середині камери розміщено паралельні стелажі, загалом 8. Кожен стелаж влаштований з полиць 9, розташованих ярусами. На них укладають продукти для заморожування чи готову продукцію. Розподільчий колектор 6 розміщено навпроти крайнього з рядів стелажів. Передбачено можливість встановлення додаткового розподільчого колектора 9 навпроти протилежного крайнього стелажа. Кожен колектор (6, 9) обладнаний розпилювачами 10, що спрямовані до крайніх стелажів 8. Кожна горизонтальна труба 5 теплообмінника та кожен розпилювач 10 колекторів

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розміщені навпроти міжстележних щілин 11. Завдяки цьому забезпечується однакове заморожування продукту.

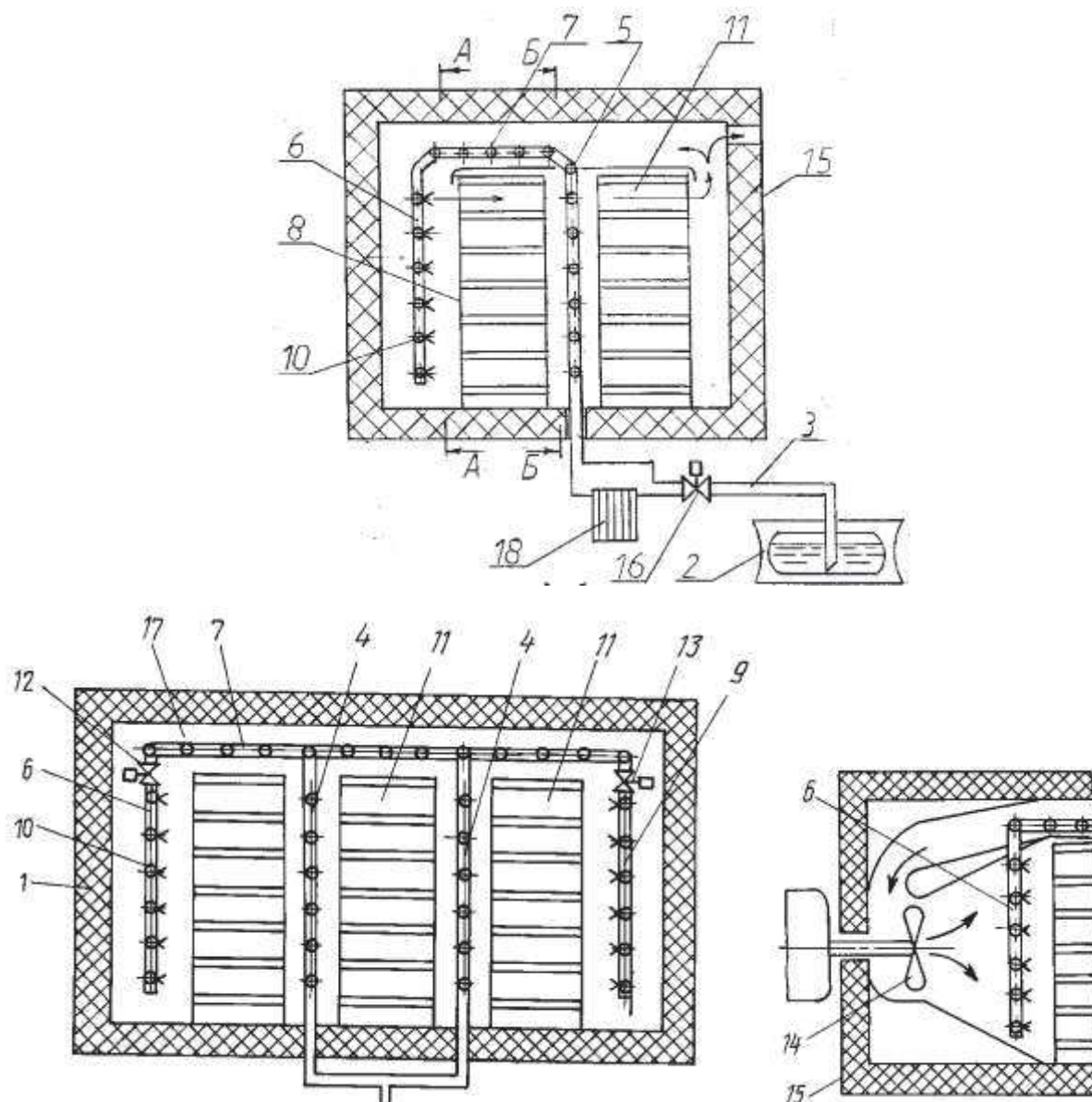


Рисунок 1.10 - Холодильна установка

Теплообмінник оснащений перемикачем потоку холодоагенту, який направляє його до основного або додаткового колекторів, позначених як 6 та 9. Цей перемикач реалізований у вигляді двох клапанів, пронумерованих як 12 та 13, керування якими здійснюється за допомогою пульта управління (на рисунку не вказаний). У внутрішньому просторі камери 1 можливе розміщення вентилятора 14, розташованого у проміжку між бічною стінкою

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

15 камери та розподільчим колектором 6. Вентилятор, позначений як 14, має можливість розташування також між бічною стінкою 15 та найвіддаленішим стележем 8. На трубопроводі, який має номер 3, змонтовано відсічний клапан 16, керування яким здійснюється датчиком температури (на схемі відсутній). Простір між стелею камери та стележами утворює канал 17, в якому розміщуються додаткові змійовикові поверхні теплообміну, позначені цифрою 7. Цей канал 17 слугує для направлення нагрітого газу (з камери) назад до колектора 6 (чи колекторів 6, 9). Конструкція містить термоелектричну батарею 18, холодні з'єднання якої закріплені до цистерни 2, в місці, де трубопровід 3 входить у камеру.

Висновки до першого розділу

Було здійснено огляд наявних конструкцій споруд і холодильних установок, що використовуються для забезпечення потрібного мікроклімату в сховищах для овочів та фруктів.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 РОЗРОБКА ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ ОВОЧІВ ТА ФРУКТІВ

2.1 Розробка овочесховища

На підставі аналізу існуючих проектів овочесховищ, за типове овочесховище визначено каркасну споруду з міцними стінами розмірами 66,0 x 45,0 м. Висота конструкції по коньку сягає 9 м, а біля стін – 7,4 м.

Загальний вигляд овочесховища показано на рис. 2.1-2.4.



Рисунок 2.1 - Зовнішній вигляд овочесховища

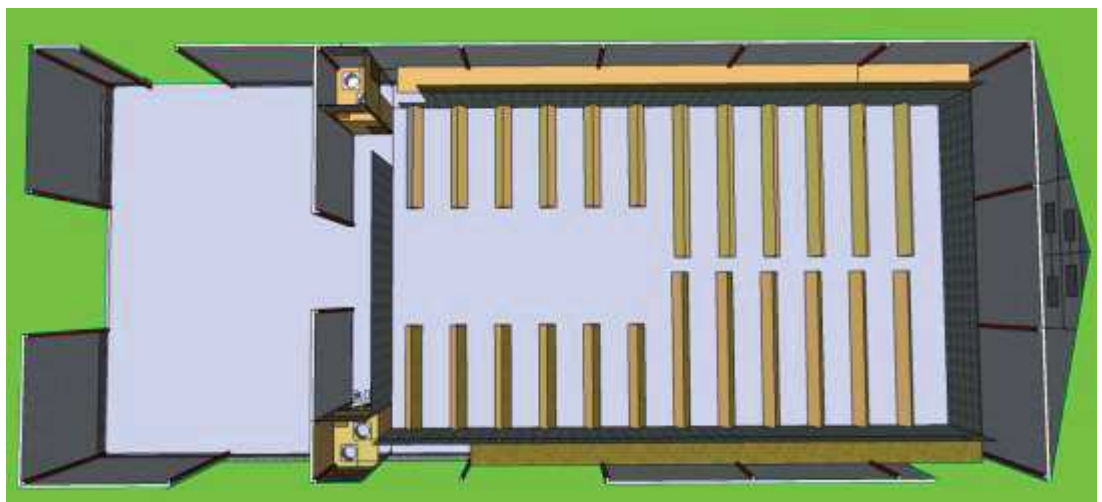


Рисунок 2.2 - Загальний вигляд овочесховища вент камера в технологічному тамбурі (вид зверху)

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

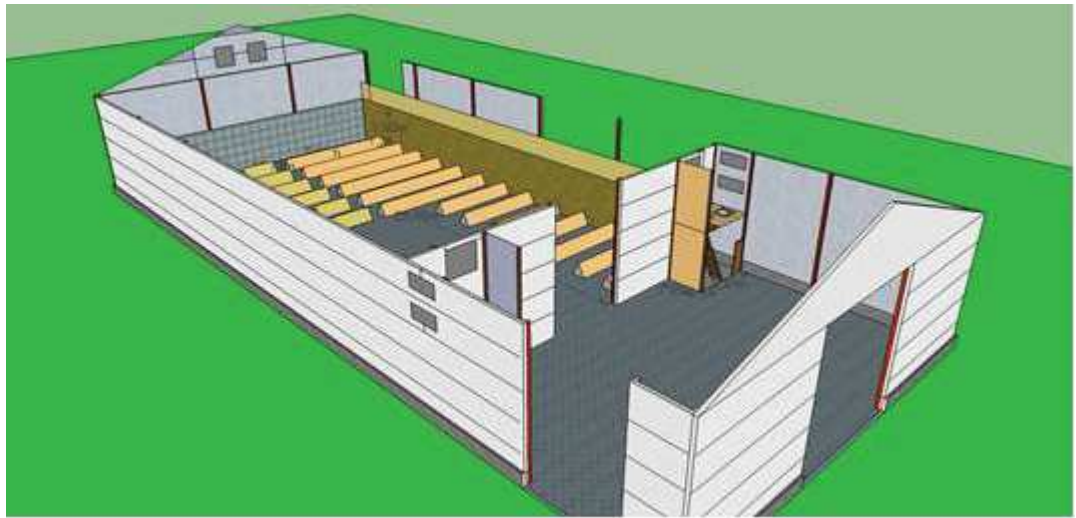


Рисунок 2.3 - Загальний вигляд овочесховища з боку технологічного тамбура

На рис. 2.2 зображено альтернативне компонування, де камери міксерів розташовано всередині приміщення для зберігання. Весь простір тамбура відгороджено єдиною стіною. В цьому випадку загальний об'єм сховища буде на 70-80 тонн меншим, ніж у попередньому варіанті. Перевага даної схеми полягає в незалежності вентиляційної системи овочесховища від умов та технологічних операцій, що відбуваються в тамбурі.

Камера змішування слугує для поєднання зовнішнього та внутрішнього повітря або для їх роздільного спрямування в основний повітропровід. Для цієї мети камера оснащується впускним та рециркуляційним клапанами жалюзійного типу. Коли впускний клапан закритий, а клапан рециркуляції відкритий - відбувається режим вентиляції внутрішнім повітрям сховища. Це застосовується, наприклад, під час лікувального періоду. На противагу цьому, коли рециркуляційний клапан закритий, а впускний - відкритий, здійснюється режим просушування овочів за допомогою зовнішнього повітря. При проміжному стані стулок клапанів, відбувається синхронне надходження до змішувальної камери як атмосферного, так і рециркуляційного повітря в необхідному співвідношенні.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Змішувальні камери, по дві, розміщуються у технологічному тамбурі, що на торці магістральних каналів.

На другому поверсі, прилеглій до капітальної стіни камері, встановлюється впускний клапан - компонент жалюзійного типу з функцією підігріву. Взимку активується один клапан, влітку функціонують обидва. У внутрішній перегородці монтується рециркуляційний клапан.

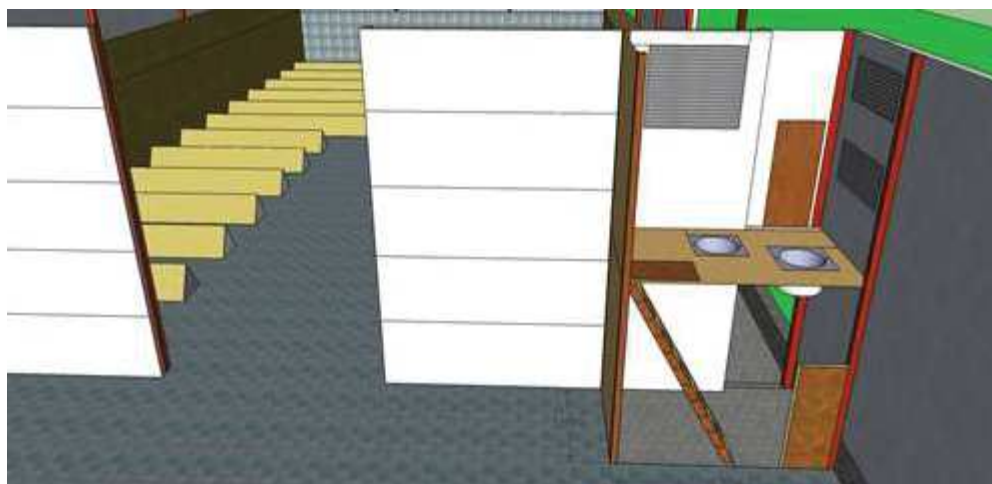


Рисунок 2.4 - Загальний вигляд камери змішувача овочесховища, розташованої в технологічному тамбурі

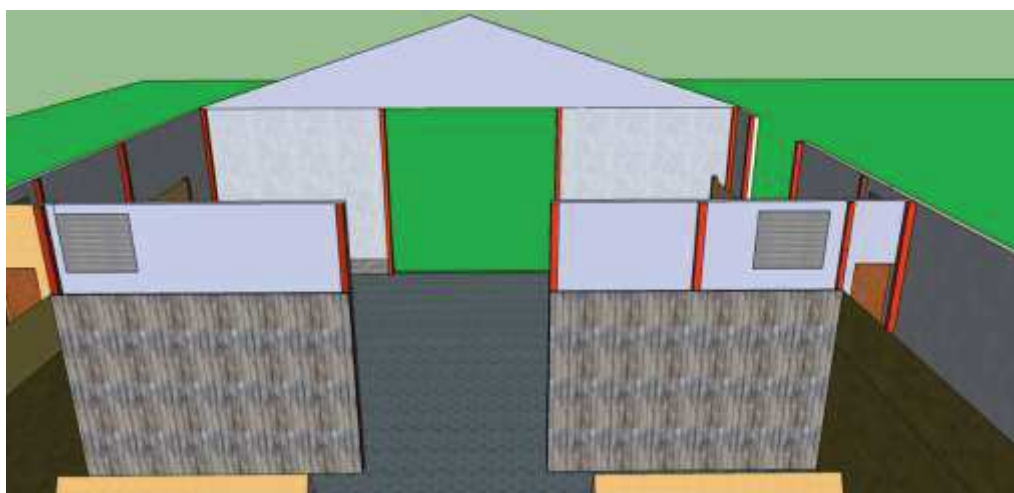


Рисунок 2.5 - Рециркуляційний клапан і вхід в змішувальну камеру овочесховища з боку галереї

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

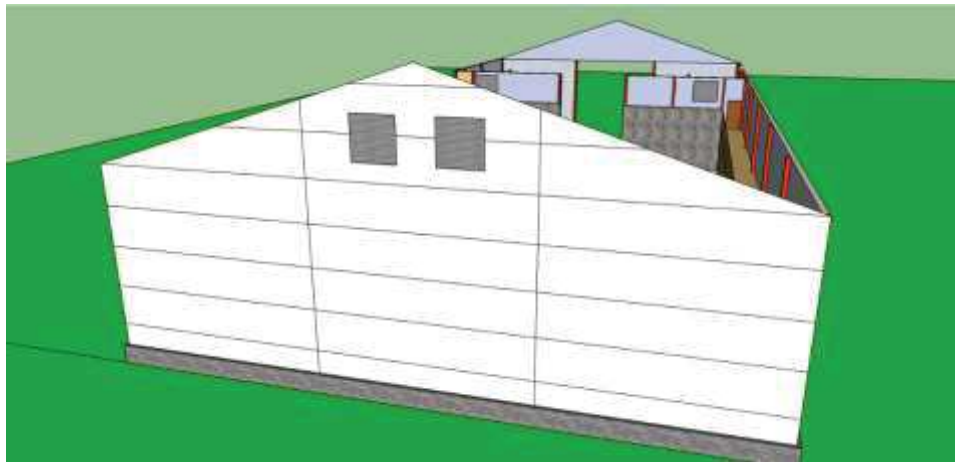


Рисунок 2.6 - Розташування випускних клапанів жалюзійного типу овочесховищі

Впускні та рециркуляційні клапани монтуються на відповідній відстані від рівня підлоги. Для виведення повітря у торцевій стіні, що знаходиться на протилежному боці від технологічного тамбуру, встановлюються два випускних клапани, теж жалюзійного типу, з функцією підігріву.

Щоб захистити клапани від дощу та снігу, над впускними та випускними клапанами слід встановити козирок, розмір якого перевищує габарити клапана.

Магістральний канал призначений для рівномірного розподілу повітря під насипом картоплі (рис. 2.7-2.10).

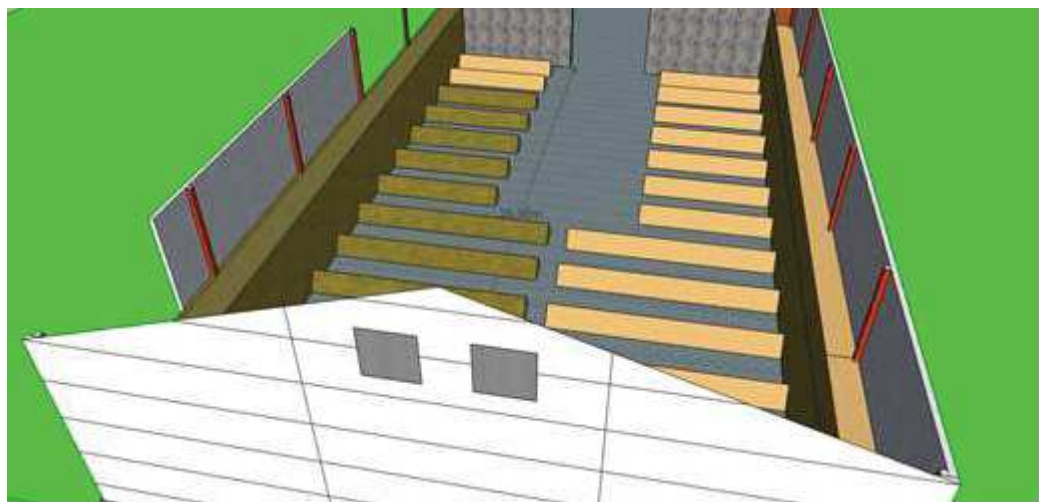


Рисунок 2.7 - Прохід в магістральний канал з камери змішувача

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Каркас з внутрішньої сторони магістрального каналу має форму літери "Г". Коротким кінцем він прилягає і фіксується до вертикальної стіни, а довгим кінцем – кріпиться до підлоги. Стеля головного каналу виступає підлогою для оглядової галереї. Остання призначена для візуального контролю верхнього шару овочів під час зберігання.

Вхід до галереї передбачено сходами з камери змішувача. У стіні основного каналу, що знаходиться поряд з овочами, вирізаються отвори для повітроводів. Ці отвори обладнуються відкидними клапанами, що надійно фіксуються. Для організації простору зберігання з найбільшим комфортом, передбачено можливість розділення площі за допомогою мобільних перегородок. Вентиляційна система гарантуватиме надходження повітря до всього об'єму збереженої продукції. Як альтернатива, допускається виробництво стандартних засіків фіксованого розміру. Ширина бункерів може варіюватися; ключовим є досягнення рівномірного розподілу у розподільчих каналах. Від глибини бункерів залежить ширина центрального проїзду.

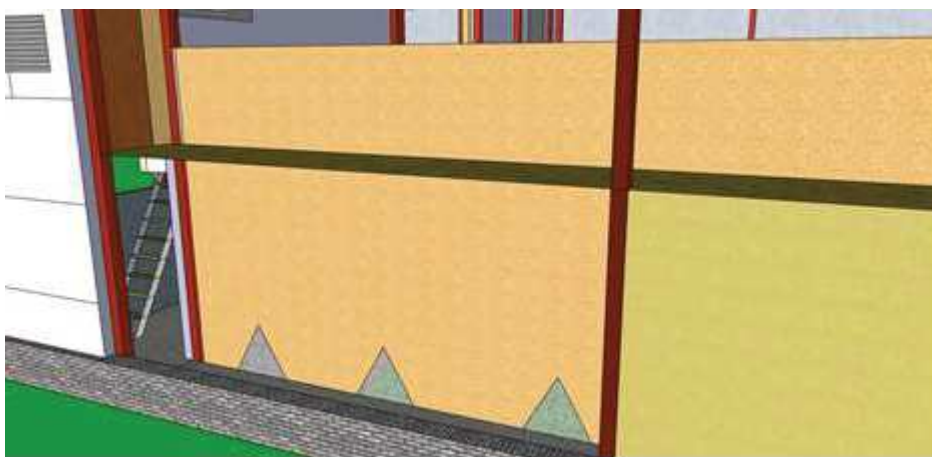


Рисунок 2.8 - Магістральний канал, розподільні повітроводи і галерея

Розподільчі канали в овочесховищі призначені для транспортування повітря від головного каналу під купу картоплі. Загальна протяжність кожного каналу визначається кількістю секцій, які він обслуговує. Кожен

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

отвір у стіні головного каналу, з боку засіку, облаштовується посадковим каркасом. На наведених рис. 2.9-2.11, передбачено звуження перерізу розподільних каналів вздовж їхньої довжини, від секції до секції, на 10 сантиметрів. Це зроблено для досягнення рівномірного тиску повітря.

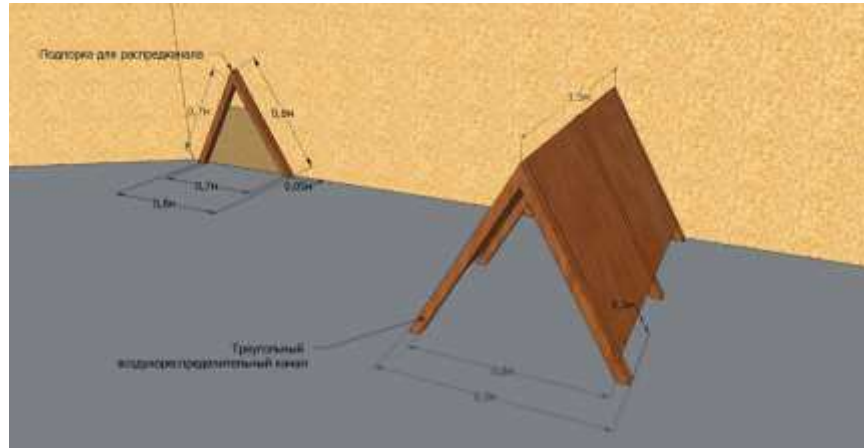


Рисунок 2.9 - Конструкція трикутних повітророзподільних каналів овочесховища

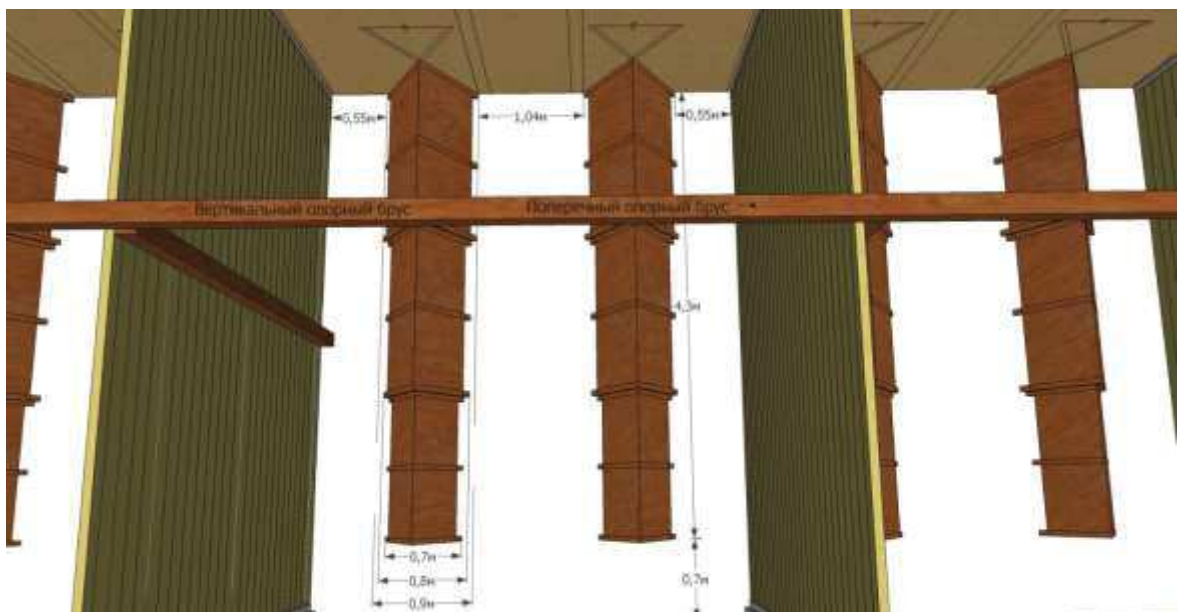


Рисунок 2.10 - Розташування розподільчих каналів в засіку

З метою уникнення утворення конденсату в сховищі, монтуються 4 струменеві вентилятори. Два вентилятори створюють потік повітря в напрямку вентиляційних камер і кріпляться по центрах першого та останнього відсіків на фермах покрівлі.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31



Рисунок 2.11 – Розподільчі канали, складені з трьох секцій.

Для уникнення конденсації під коньком посередині сховища, на відстані 1 метр від стіни тамбура та з відстанню 15 метрів між собою, встановлюються струменеві вентилятори. Їхнє завдання – спрямовувати повітряний потік до випускних клапанів. Повітряний потік, що створюється, обтікає стіни огороження та перекриття сховища.

2.2 Розробка системи керування параметрів холодильної установки

Автоматизація холодильної установки передбачає автоматизацію процесів захисту, регулювання, подачі сигналів, відтаювання та контролю системи.

Система автоматичного захисту (САЗ) ліквідує ймовірність виникнення аварій у випадку раптової зміни режиму роботи агрегату, забезпечує захист електродвигунів від перевантаження та короткого замикання. У разі досягнення контрольованим параметром критичного значення, граничний автоматичний регулятор, використовуючи регульовальний орган, вимикає агрегат або ж стримує зростання параметра, тим самим захищаючи механізми та апарати від пошкодження. У разі зниження тиску мастила, води охолодження, збільшення тиску та температури нагнітання під час

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

експлуатації компресора холодильної установки необхідно припинити роботу, активувавши попереджувальний або аварійний сигнал.

Систему автоматичної сигналізації (САС) згідно з ціллю використання поділяють на аварійно-застережну та сигналізацію функціонування механізмів. Аварійно-застережна сигналізація, коли контрольований параметр досягає критичного рівня, подає світловий чи звукові сигнали, після чого обслуговуючий персонал коригує небезпечний режим роботи механізму, використовуючи регулюючий пристрій.

Для автоматизованого керування мікрокліматом у овочесховищах було розроблено два різновиди систем обладнання.

Це обладнання створене для підтримки заданих температурних режимів повітря та самого продукту, який зберігається у сховищах місткістю до 1000 тонн (див. рис. 2.12).

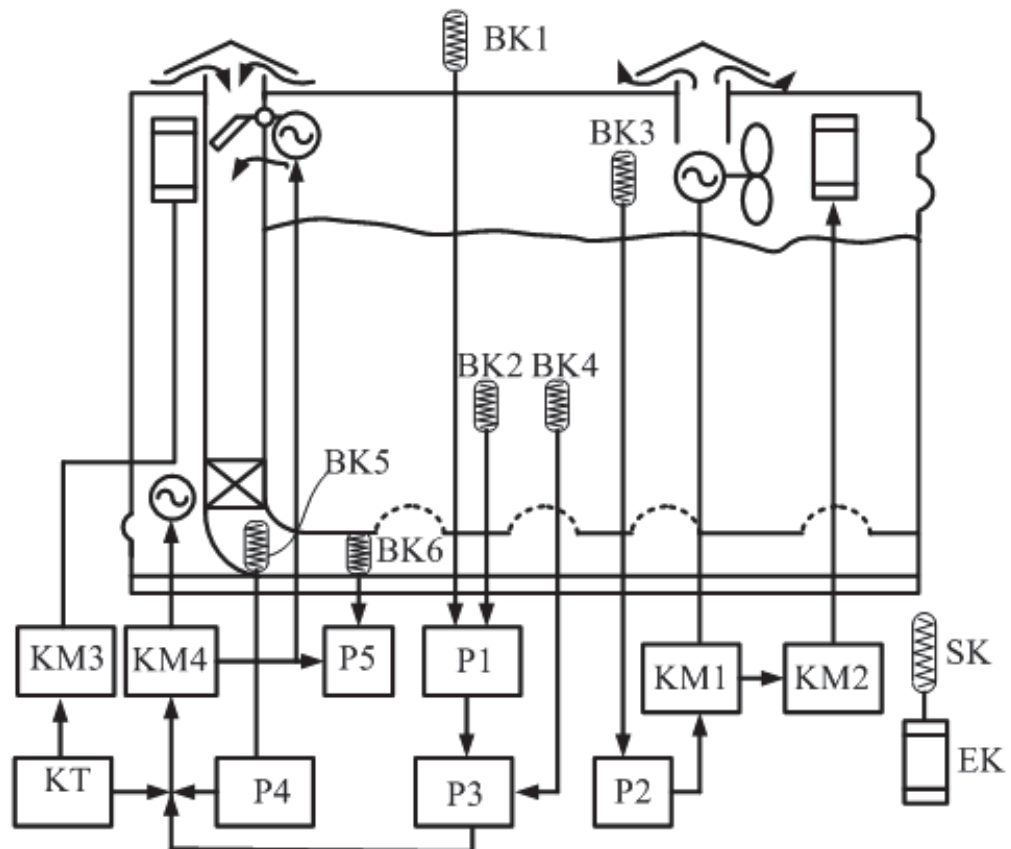


Рисунок. 2.12 - Схема розміщення технологічного обладнання для керування мікрокліматом овочесховища

Автоматичне управління відбувається за допомогою шаф автоматичних керувань активною вентиляцією (рис. 2.13).

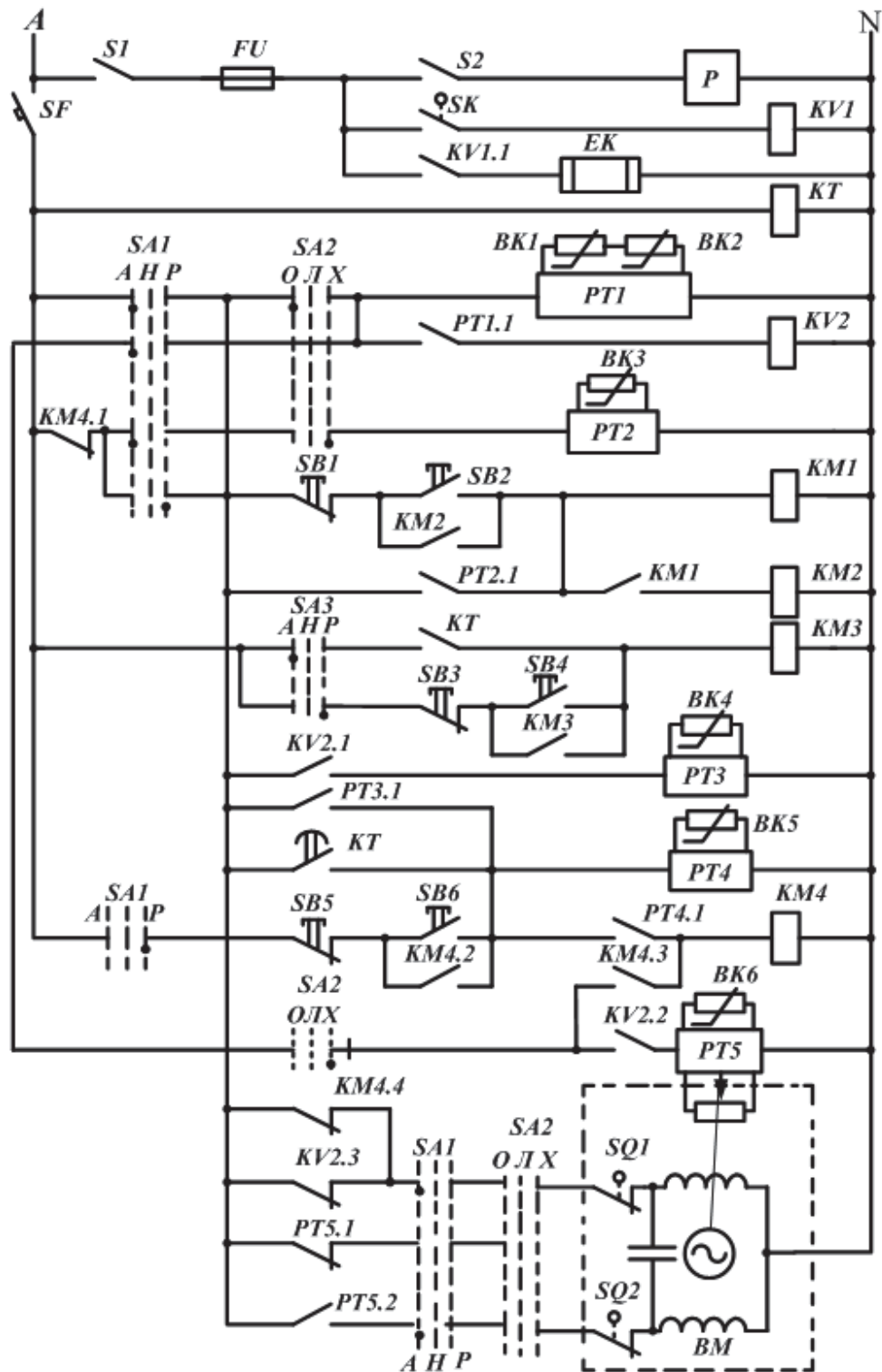


Рисунок 2.13 – Принципова електрична схема автоматичного керування мікрокліматом в овочесховищі

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БРМА 25.00.00.000 ПЗ

Арк.

34

Датчики температури ВК1...ВК6 та логометр здійснюють контроль температури зовнішнього та внутрішнього середовища, повітря у вентиляційних каналах, а також температури продукції.

Перемикачі SA1 та SA3 визначають режим роботи: ручні або автоматичні. У разі ручного режиму кнопки SB1 та SB2 відповідають за керування вентиляторами та калориферами двох систем рециркуляційного опалення, SB3 і SB4 регулюють підігрів змішувального клапана, а SB5 та SB6 управляють припливними вентиляціями.

При автоматичному режимі роботи (перемикач SA1 у позиції А) функціонування схем залежить від періоду втримання. У період зберігання (перемикач SA2 в позиції Л) активуються вентилятори припливної вентиляції. Періодично (відповідно до налаштувань реле часу програмного) він вмикається на 30 хвилин магнітним пускачем КМ4.

В періоди охолодження (перемикач SA2 у позиції О), запускається в роботу диференціальний терморегулятор РТ1 (модель ПТРД-2), котрий порівнюють температури продукції та повітря. За умови перевищення різниці температур порогу у 2–3°C, регулятор РТ1 активує проміжне реле КВ2. Контакти КВ2.1 реле активують регулятор РТ3 (ПТР-2), а після затримки вмикають регулятор РТ4. Відповідно, пускач КМ4 запускає вентилятор та пропорційний терморегулятор РТ5 (ПТР-П). Останній забезпечує стабілізацію температур повітря в системах припливної вентиляції. У разі відхилення цих температур від заданих, терморегулятор РТ5 активує виконавчі механізми заслінок змішувальних клапанів.

Заслінка зміщується в позицію, яка визначає необхідний баланс між рециркуляційним та зовнішнім повітрям для досягнення бажаної температури. Охолодження триває, доки температура продукцій не досягне встановленої межі, після чого регулятор РТ3 відключає вентилятор подачі повітря.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час зберігання (перемикачі SA2 у положенні X) вентилятори активують контакти КТ програмного реле часу з метою вирівнювання температурних коливань у масі виробу. Водночас, через контакти КМ4.3 запускаються реле KV2 та терморегулятори РТ1 і РТ3. Далі схема функціонує аналогічно до режиму охолодження.

Коли температури у верхніх частинах сховища (ВК3) опускається нижче заданого порогу, що може спричинити утворення конденсату, активується терморегулятор РТ2. Він, через магнітні пускачі КМ1 та КМ2, запускає рециркуляційно-опалювальні агрегати. Якщо зовнішня температура падає до 15°C, вмикається підігрівач змішувального клапана.

Устаткування розроблено для автоматизованого контролю, вимірювання та регулювання температурних показників у багатосекційних сховищах, що можуть вміщати до 8 секцій. Система відповідає за управління температурним режимом продуктів та повітря у верхніх зонах сховищ, забезпечуючи стабілізацію температури повітря, що подається, з точністю до $\pm 20^{\circ}\text{C}$. Моніторинг температури охоплює 39 контрольних точок у межах сховища.

Датчики температур сировини розміщені на глибинах 0,5...0,7 м. Один датчик для двопозиційних регуляторів РМ та ще один – для регуляторів різниці температури РР. Додатково, 3...4 датчики передбачено для моніторингу температур продукту через логометр Р.

Датчики температури у верхній зоні ВКВ розміщені на половині вільної висоти зони. Один із них працює на логометр Р, другий - на двопозиційний регулятор РВ. РВ, в свою чергу, керує включенням і виключенням рециркуляційно-опалювальних агрегатів.

Датчики температури повітря у системі ВКВ розташовані у повітропроводі, на виході з вентилятора, перед розподільними клапанами. Один із датчиків працює для логометра Р, другий керує двопозиційним регулятором РК (вмикання або вимикання вентилятора), а третій

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

призначений для пропорційного регулятора РП, що контролює положення змішувального клапана.

Датчик зовнішньої температури ВКН змонтовано на відстані півметра від сховища та ізольовано від прямого сонячного впливу. Устаткування працює автоматично, реагуючи на сигнали регуляторів, або управляється вручну, використовуючи магнітні пускачі КМ1...КМ5.

У багатоканальній системі, відхилення температури від визначеної (заданої) фіксується у блоці вимірювання та завдання (БВЗ) і періодично (почергово) надсилається до терморегуляторів. Блоки БРД функціонують як комутатори двопозиційних (ДПР) та пропорційних (ПР) регуляторів температури (див. рис. 2.14).

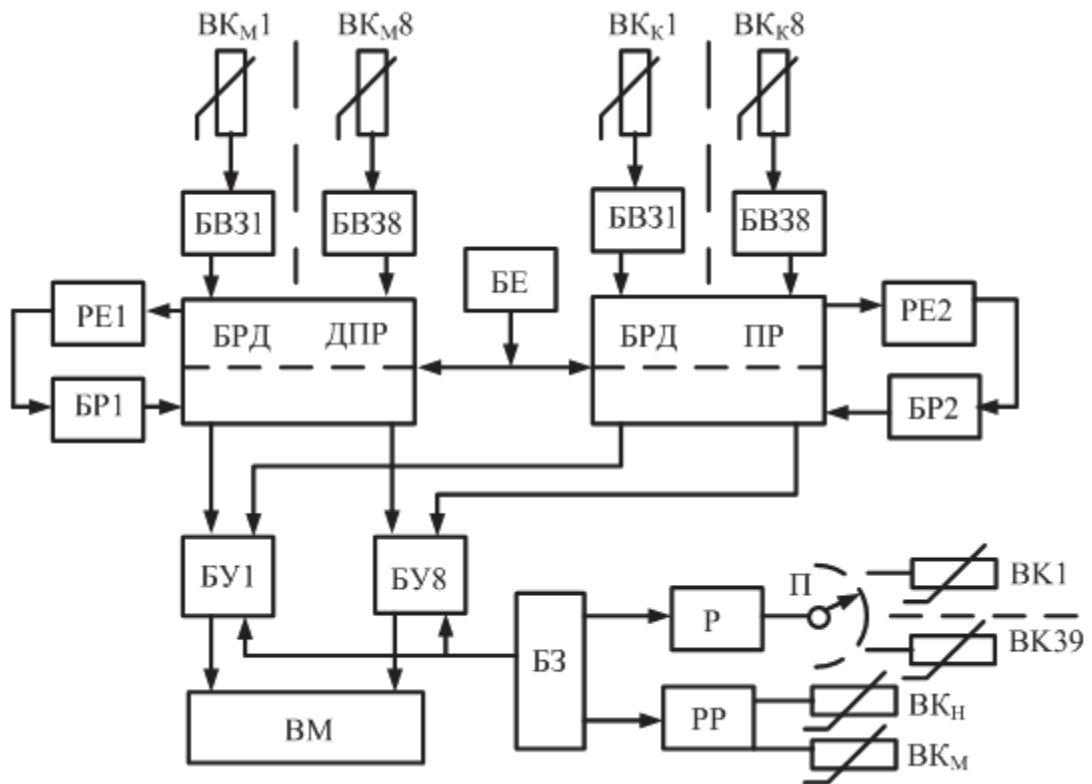


Рисунок 2.14 – Функціональна схема багатоканальної системи керування мікрокліматом

Електронні реле PE1 та PE2 здійснюють перетворення аналогового сигналу в цифровий і пересилають його до блоків електромагнітних реле BR1

та БР2.Сигнали від блоків БР1 та БР2 надходять до відповідних блоків керування БУ, котрі формують керуючі сигнали для виконавчих механізмів ВМ та забезпечують утримання необхідної температури.

Отже, блоки БВЗ, РЕ та БР формують регулятори з двопозиційною та пропорційною зонами регулювання, натомість блоки комутаторів БРД ДПР і БРД ПР – це синхронний автоматичний перемикач, призначений для почергового опитування датчиків. Вони також відповідають за синхронне по черзі вмикання виконавчих механізмів для регулювання температури у визначених секціях сховища. Електронний блок БЕ формує імпульси, що перемикають комутатори БРД із заданою періодичністю.

2.3 Розробка холодильної установки

Вимоги до систем холодопостачання для овочесховищ надзвичайно важливі. При проектуванні сховищ для фруктів та овочів, ключове значення мають коректні розрахунки та підбір холодильного обладнання. Це включає схему охолодження, холодопродуктивність, кратність повітрообміну. Також важливими є поверхня та технічні характеристики повітроохолоджувачів, а ще швидкість руху повітря, та багато інших аспектів, що впливають на зберігання продукції.

Система охолодження розроблена для усунення надходження тепла з приміщення, включаючи тепло, що надходить від: продукції (фізіологічне та накопичене тепло); стін, даху та підлоги; функціонування електродвигунів; освітлення; надходження зовнішнього повітря під час вентиляції; відкривання дверей; перебування людей.

Визначення систем охолодження залежить від часових рамок завантаження та виготовлення продукції, технологічних вимог охолодження, розрахункових показників температури навколишнього середовища, а також виділення тепла та вологи продукцією у місці зберігання.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В залежності від умов, можливе застосування системи зі штучним охолодженням, або ж комбінованої, що використовує природний холод.

Системи автоматизації холодильних камер для плодів мають гарантувати:

- налаштування температурного режиму в холодильних камерах;
- управління роботою охолоджувачів повітря та іншим холодильним обладнанням;
- забезпечення захисту компресорів та іншого устаткування від можливих аварійних станів;
- періодичне розморожування повітроохолоджувачів.

Вимоги до вентиляційних систем. Монтаж вентиляційної системи здійснюється задля підтримання повітрообміну, ліквідації гнильних газів, забезпечення режимів сушіння, нагрівання, «лікування» коренеплодів.

Під час зберігання сипучих товарів необхідне інтенсивне вентиляювання, а для товарів, що зберігаються в контейнерах, у деяких ситуаціях може використовуватись загальна вентиляція. Система активного вентиляювання зобов'язана гарантувати надходження в масу продукції зовнішнього, або внутрішнього повітря, або їхньої комбінації потрібної температури, а також можливість коригування інтенсивності вентиляції в конкретних приміщеннях сховища або в різних секторах насипу продукції, використовуючи регулююче оснащення.

Система загальнообмінної вентиляції зобов'язана гарантувати постачання у сховище свіжого повітря ззовні, повне чи часткове повернення повітря зсередини (якщо є потреба, з його штучним охолодженням та зволоженням), а також циркуляцію повітря у всіх просторах сховища. Необхідно вжити заходів для уникнення утворення конденсату на теплоізоляційних огороженнях та поверхнях виробів.

Інтенсивність продування маси продукту у час лікування та охолодження не має бути меншою за значення, подані в таблиці 2.1.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Інтенсивність вентиляції маси продукції

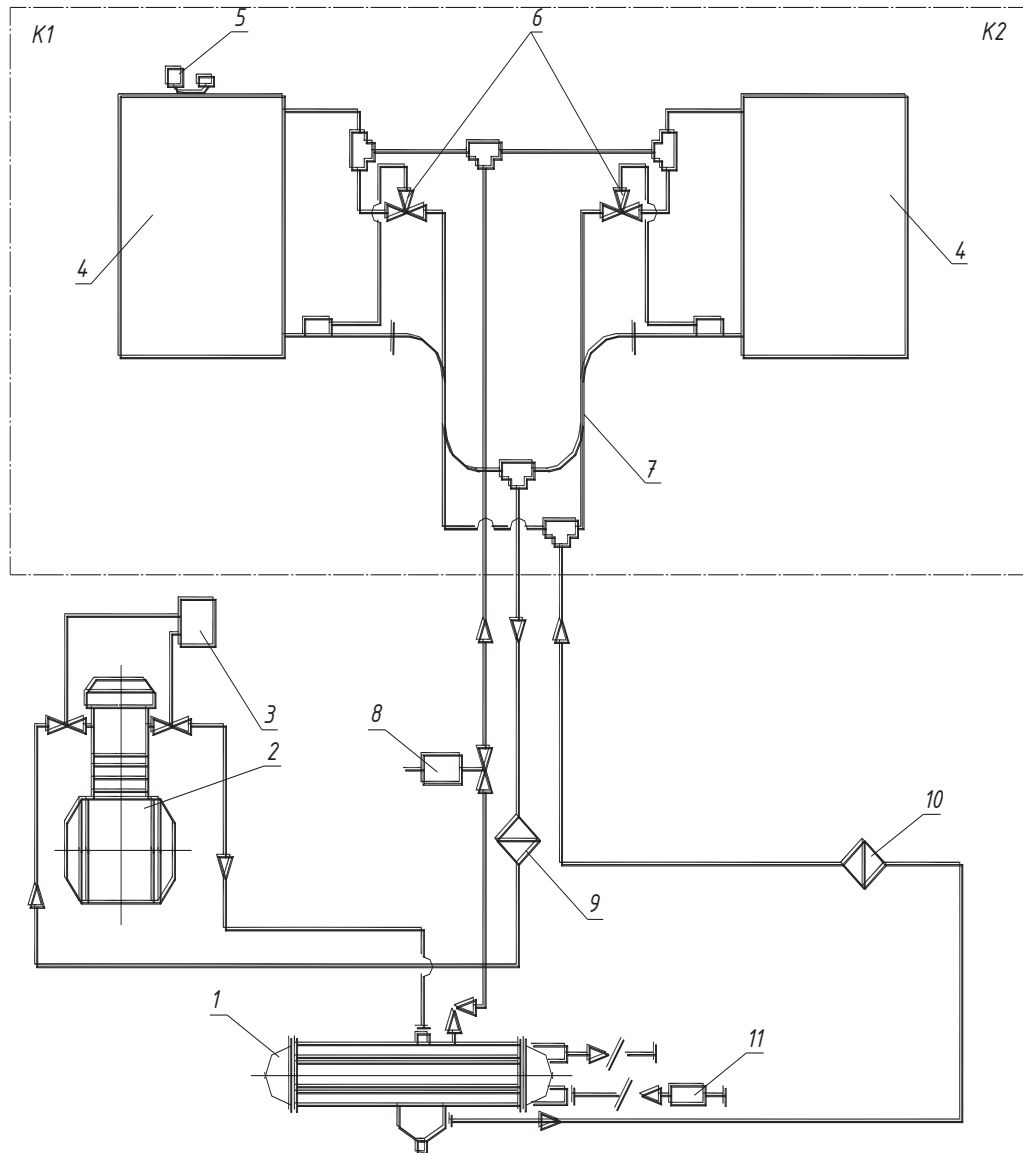
Вид продукції	Інтенсивність вентилування в районах з розрахунковою зимовою температурою, м ³ /Т·год	
	-20 °С и вище	-30 °С и нижче
Картопля й коренеплоди	70	50
Капуста, цибуля, часник	150	100

Взимку, коли відбувається головне зберігання, інтенсивність провітрювання потрібно зменшити вдвічі.

Витяжна вентиляція в сховищах реалізується природним шляхом або за допомогою механізмів. У сховищах, де цибулю зберігають насипом, передбачено систему механічної витяжної вентиляції. Об'єми повітря, що відводиться, зі сховищ, які не мають штучного охолодження в зимовий період, розраховуються, виходячи з потреб видалення вологи, котра виділяється продукцією.

Потужність опалювальних систем встановлюється відповідно до теплового балансу приміщень, що зберігаються. Розрахунок враховує наступні складові: теплові надходження від обладнання; втрати тепла через огороджувальні конструкції; втрати чи надходження тепла через ґрунт; втрати тепла разом з вентиляційним повітрям, що виводиться; явне тепловиділення продукцій. Системи зволоження (осушення) мусить підтримувати потрібну відносну вологість повітря в приміщенні зберігання.

Для забезпечення оптимального мікроклімату в овочесховищі використовуємо централізовані системи з повітряним охолодженням конденсатора (див. рис. 2.15).



K1, K2 – камери; 1 – конденсатор; 2 – компресор; 3 – датчик-реле тиску; 4 – випарники; 5 – датчик-реле температури; 6 – терморегулювальні вентилі; 7 – теплообмінник; 8 – мембранний вентиль; 9 – газовий фільтр; 10 – фільтр; 11 – електромагнітний клапан

Рисунок 2.15 – Гідравлічна схема холодильної установки

Як холодоагент використовуємо фреон R-132. Холодильна машина складається з таких основних компонентів: компресорно-конденсаторний агрегат з повітряним охолодженням конденсатора; теплообмінник; фільтр;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БРМА 25.00.00.000 ПЗ

Арк.

41

панель управління; випарник; терморегулювальні вентиля; камерне обладнання, реалізоване у вигляді настінних батарей. З'єднання окремих частин холодильної машини виконано за допомогою мідних труб.

Холодильна машина МКВ4-1-2 є одноступінчастою середньотемпературною компресійною автоматизованою установкою, призначеною для охолодження повітря. Конденсатор має водяне охолодження. Передбачено систему автоматичного відтавання снігової шуби, а випарники - настінні, з природною конвекцією.

Холодильна установка включає наступні компоненти: компресорно-конденсаторний блок, настінний випарник РСН, мембранний клапан, шафа управління, терморегулюючий вентиль, датчики-реле температури, фільтр-осушувачі, газові фільтра, теплообмінники, трійник, труби.

2.4 Розробка моделі режимів холодильної установки для овочесховища

Для забезпечення ефективного зберігання окремих категорій сільськогосподарської продукції необхідно сформувавши модель, що описує динаміку функціонування системи зберігання. Ключовим технологічним чинником у цьому процесі виступає примусова вентиляція, яка не лише сприяє видаленню надлишкової вологи з поверхні овочів і коренеплодів, а й забезпечує рівномірний розподіл температури та вологості в об'ємі продукції, що знаходиться в камері. Підвищення енергоефективності та технологічної доцільності функціонування мікрокліматичних систем у холодильних сховищах досягається завдяки впровадженню режимів енергозбереження та впорядкованій автоматизації процесів керування.

Для побудови системи автоматичного регулювання мікроклімату важливо мати точні математичні моделі, що описують динаміку процесів у вузлах устаткування, самій камері та збереженій продукції (з урахуванням

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

температурного підвищення при розморожуванні повітроохолоджувачів). Такі моделі повинні достовірно відтворювати фізичну природу явищ, передусім тепло- та масообмін, що мають місце в агрегатах, штабелях з продукцією та внутрішньому повітряному середовищі камери, з урахуванням взаємозв'язків між основними параметрами та діями зовнішніх і внутрішніх чинників, які впливають на вологісно-температурний стан і, відповідно, на величину втрат продукції.

Під час аналітичного моделювання взаємодії повітряного потоку з продукцією було встановлено, що саме температура є критичним фактором, який впливає на рівень втрат. Основним параметром управління визначено зміну холодопродуктивності компресорного агрегату залежно від температури повітря на виході з камери (вимірюється датчиком температури ТЕ перед повітроохолоджувачем ПО). Регулювання досягається зміною кількості холодоагенту, що циркулює в системі, за рахунок зміни частоти обертання компресора К. Принципова структурна схема системи автоматичного керування представлена на рисунку 2.16.

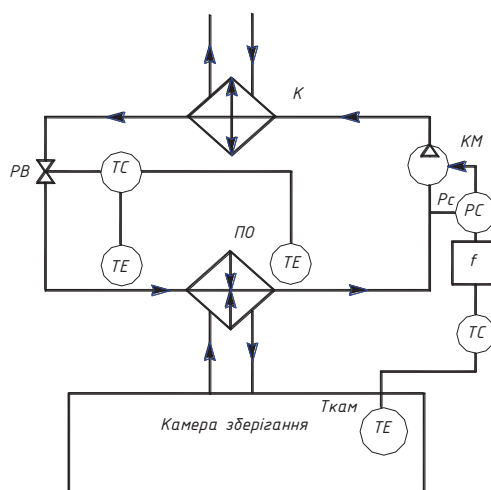


Рисунок 2.16 – Функціональна схема САК режимами холодильного зберігання плодовоовочевої продукції

Розроблена система автоматичного керування (САК) холодильним

					БРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

зберіганням функціонує за енергоощадним принципом, суть якого полягає в адаптації холодозабезпечення до актуальних змін потреб у холоді протягом часу. Зокрема, у випадку зростання теплових надходжень до камери (наприклад, добових коливань), об'єм вироблюваного холоду повинен пропорційно збільшуватись.

Температурна стабілізація повітряного середовища на вході в холодильну камеру досягається завдяки регулюванню ступеня заповнення випарника. Цей процес реалізується за допомогою терморегулювального клапана РВ, який управляється сигналами від температурного датчика ТЕ, розташованого на виході з повітроохолоджувача.

У межах даного дослідження було побудовано математичні моделі ключових складових системи – повітроохолоджувача, пристрою для зволоження повітря та самої холодильної камери. На основі цих моделей сформовано інтегровану модель автоматизованої системи керування режимами холодильного зберігання, що дозволяє прогнозувати зміну температури та вологості повітря в динаміці (див. рис. 2.17).

Проведений аналіз показав, що створена модель є репрезентативною для опису реального процесу: похибка моделювання не перевищує 4%, що свідчить про її високу ступінь адекватності.

Результати досліджень показали, що застосування системи з пропорційним (П) регулятором призводить до значної середньоквадратичної похибки регулювання. Введення інтегрованої складової в закон П-регулювання викликає небажані коливання регульованих параметрів, а також може спричинити погіршення динамічних характеристик системи внаслідок втрати її стійкості. Тому використання П-регулятора в таких умовах вважається недоцільним. Хоча додавання диференціальної складової в П-регулятор (тобто перехід до ПД-регулятора) частково покращує показники якості, це істотно ускладнює конструкцію системи керування, не забезпечуючи відповідного приросту ефективності.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

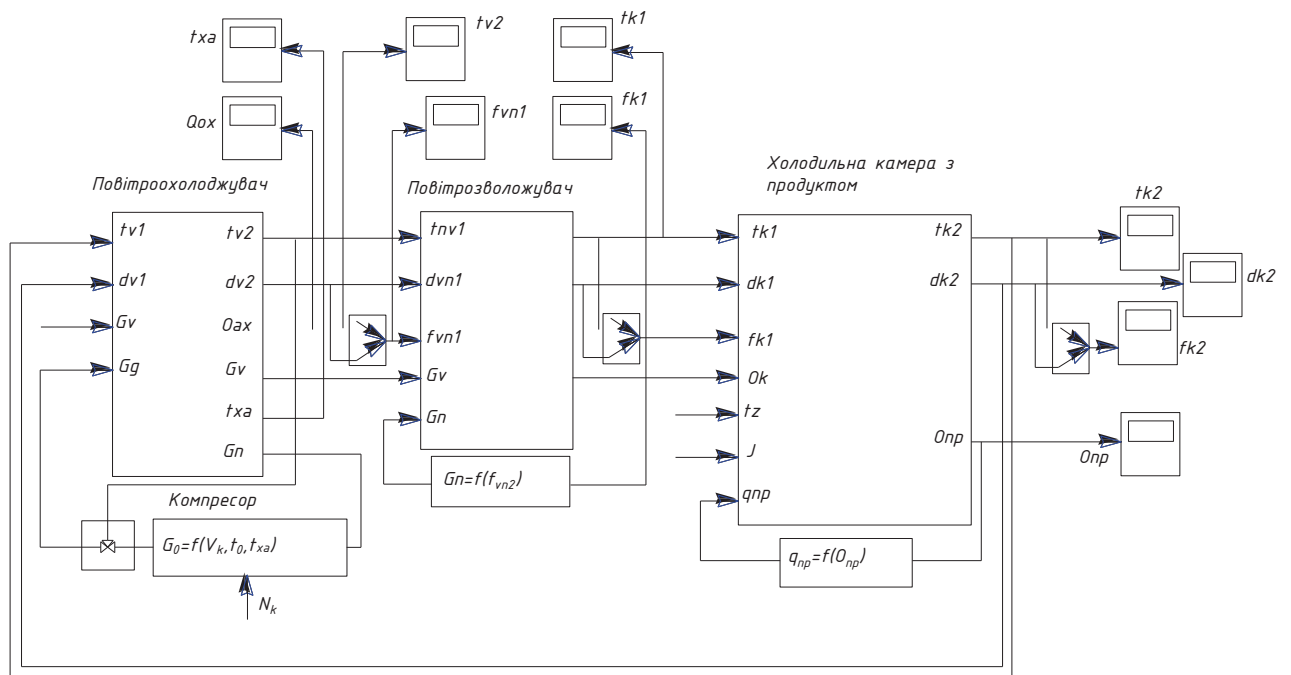


Рисунок 2.17 – Схема моделі моделювання режимів холодильної установки

Сезонні зміни кліматичних умов, особливо в періоди "осінь-зима-весна", викликають суттєву зміну параметрів навколишнього повітря, що призводить до вираженої нестационарності та нелінійності роботи технологічного обладнання плодоовочесховищ. Це ускладнює вибір ефективного алгоритму регулювання та налаштування відповідних параметрів регуляторів. Крім того, конструктивні та теплотехнічні характеристики холодильних камер також зазнають змін — маса та об'єм продукції під час завантаження, площа теплообміну тощо. Такі коливання спричиняють додаткову невизначеність у роботі системи, з якою навіть оптимально налаштований ПІ-регулятор не здатен повноцінно впоратися.

Натомість, впровадження системи керування на базі нечіткої логіки (fuzzy control) дозволяє ефективно підтримувати стабільний температурний режим у приміщенні за наявності зовнішніх і внутрішніх збурень. На відміну від традиційного ПІ-регулювання, яке схильне до автоколивальних

перехідних процесів, нечіткий регулятор забезпечує адаптивну реакцію на зміну умов. Система безперервно вимірює поточні значення температури та вологості, і, виходячи з них, автоматично коригує режим роботи та визначає необхідну холодопродуктивність компресора.

У результаті таке регулювання дозволяє уникнути різких коливань температури, забезпечити оптимальну швидкість повітряного потоку, точно підтримувати необхідну холодопродуктивність і оперативно переходити до заданого режиму роботи. При цьому спостерігається зниження енергоспоживання системи на 20–30 % у порівнянні з класичними ПД-регуляторами.

При побудові моделі автоматичного регулювання холодопродуктивності компресора як вхідні параметри були прийняті: витрата повітря G_v (кг/с), температура повітря на виході з камери t_{k_2} (°C), зовнішня температура t_z (°C) та теплове навантаження Q_k (Вт). Вихідною ж величиною є споживана потужність компресора N_k

Висновки до другого розділу

Було розроблено овочесховище, призначене для зберігання овочів та фруктів. Надано опис ключових компонентів камер, проходів, а також методи розташування продукції всередині цих камер у сховищі.

Представлено опис функціонування автоматизованої системи регулювання.

Здійснено вибір ключових компонентів системи автоматичного управління мікрокліматом у приміщенні для зберігання овочів та фруктів, а також розроблено модель динамічних характеристик холодильного обладнання овочесховища.

Розроблено гідравлічну схему холодильної установки.

Розроблено модель динамічних режимів холодильної установки приміщення овочесховища.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 РОЗРАХУНКИ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ ОВОЧІВ ТА ФРУКТІВ

3.1 Розрахунок ємностей камер

Місткість холодильника вираховується у фізичних тоннах та складається з об'єму окремих камер для зберігання.

Об'єм камер обчислюють за формулою:

$$E_{\text{кам}} = F_{\text{буд}} \cdot qf, \quad \text{т/м}^3, \quad (3.1)$$

де $F_{\text{буд}}$ - будівельна площа камери, м^2 (визначається по складеному плануванню камер);

qf - норма завантаження 1 м^2 будівельної площі камер, т/м^2 .

$$E_{\text{кам1}} = 20 \cdot 0,15 = 3 \text{ т/м};$$

$$E_{\text{кам2}} = 8 \cdot 0,2 = 1,6 \text{ т/м};$$

$$E_{\text{кам3}} = 10 \cdot 0,15 = 1,5 \text{ т/м}.$$

3.2 Підбір та розрахунок теплоізоляцій стінок камер

Теплоізоляцію приміщень здійснюють по всьому периметру стін, стелі та підлоги, уникаючи теплових містків. Якщо розрахункова різниця температур повітря в охолоджуваних камерах становить 4°C або менше, перегородки між ними можна виготовляти без додаткової теплоізоляції.

За розрахункової температури повітря у камерах -2°C та вище, підлоги на ґрунті дозволяється робити без теплоізоляції. Водночас, теплоізоляційний шар стін камери чи блоку камер має бути нижче рівня підлоги на 15 см. У

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

камерах, підлога яких зведена на пухких ґрунтах, де температурний режим сягає нижче -2°C , застосовують систему підігріву ґрунту. Це робиться для уникнення небажаних змін у структурі підлоги та фундаменту.

Для підлоги, стін та стелі охолоджувальних камер застосовують незайmistі й негігроскопічні теплоізоляційні матеріали.

Товщина ізоляційного шару обчислюється за формулою:

$$\delta = R_0 \lambda + R_3 \lambda - R_0 \lambda \quad (3.2)$$

де R_0 - необхідний коефіцієнт теплопередачі огороження, $\text{Вт}/\text{м}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

R_3 , R_B - термічні опір тепловіддачі з боку зовнішньої й внутрішньої сторони огороження, $\text{м}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$.

Якщо товщина шару утеплювача не відповідає вимогам, то температура поверхні конструкції зі сторони теплого приміщення може знизитися до показника, що є нижчим за точку роси повітря в цьому приміщенні "tr". У результаті на цій поверхні з'явиться конденсат - роса або іній.



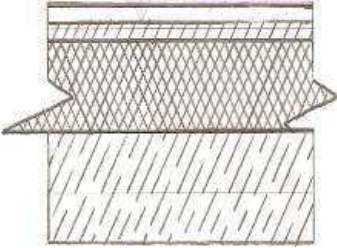
Як теплоізоляційний матеріал для стін та перегородок обираємо мінеральну вату збільшеної густини. Вона не займається полум'ям, що повністю відповідає умові при виборі теплоізоляції. Розрахунковий показник теплопровідності $\lambda = 0,03 \text{ Вт}/\text{мК}$.

Для камер зберігання обираємо двері з ізоляцією. Щоб уникнути "містків холоду", шар теплоізоляції робимо безперервним. Перед розрахунками ізоляційного шару, визначаємо будівельну ізоляційну конструкцію зовнішніх та внутрішніх стін, визначаючи загальну кількість термічних шарів. Підлоги розташовуємо на ґрунті, не застосовуючи теплоізоляцію, оскільки температура в камері вище -2°C . Теплопритоки розраховуємо, розділяючи підлогу на зони по 2 м, від зовнішньої стіни.

Обчислені дані щодо ізоляції оформлюємо у вигляді таблиці 3.1.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Результати розрахунків ізоляції

Найменування конструкція огороження	№ шару	Найменування матеріал шару	δ_i , м	λ_i , Вт/м°C	$R_i = \delta_i / \lambda_i$, м ² /°с Вт
Зовнішня стіна 	1.	Штукатурка	0,02	0,9	0,02
	2.	Цегла	0,38	0,82	0,47
	3.	Теплоізоляція	-	0,03	-
Внутрішня стіна 	1.	Штукатурка	0,02	0,9	0,02
	2.	Цегла	0,25	0,81	0,29
	3.	Теплоізоляція (рипор)	-	0,03	-
Перекриття 	1.	Покрівельний рулонний килим, 5 шарів	0,01 2	0,3	0,04
	2.	Армована бетонна стяжка	0,04	1,4	0,028
	3.	Теплоізоляція	-	0,03	-
	4.	Залізобетонна плита	0,22	1,5	0,147

$$3C - 1.1 \delta_{iz} = 0,03 \left[\frac{1}{0,42} - \left(\frac{1}{23,3} + \frac{0,02}{0,9} + \frac{0,38}{0,82} + \frac{1}{8} \right) \right]$$

$$BC - 1.1 \delta_{iz} = 0,03 \left[\frac{1}{0,42} - \left(\frac{1}{8} + \frac{0,02}{0,9} + \frac{0,25}{0,81} + \frac{1}{8} \right) \right]$$

					БРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

$$BC - 2.1 \delta_{из} = 0,03 \left[\frac{1}{0,42} - \left(\frac{1}{8} + \frac{0,02}{0,9} + \frac{0,25}{0,81} + \frac{1}{8} \right) \right]$$

$$BC - 2.2 \delta_{из} = 0,03 \left[\frac{1}{0,42} - \left(\frac{1}{8} + \frac{0,02}{0,9} + \frac{0,25}{0,81} + \frac{1}{8} \right) \right]$$

$$3C - 1.2 \delta_{из} = 0,03 \left[\frac{1}{0,42} - \left(\frac{1}{23,3} + \frac{0,02}{0,9} + \frac{0,38}{0,82} + \frac{1}{8} \right) \right]$$

$$BC - 2.5 \delta_{из} = 0,03 \left[\frac{1}{0,42} - \left(\frac{1}{8} + \frac{0,02}{0,9} + \frac{0,25}{0,81} + \frac{1}{8} \right) \right]$$

Усі обчислені результати зведемо у таблицю 3.2.

Таблиця 3.2

Результати розрахунків

Огородження	$t_B, ^\circ C$	$\alpha_H,$ Вт/м ² °C	$\alpha_B,$ Вт/м ² °C	$R_H,$ м ² °C/Вт	$R_B,$ м ² °C/Вт	$\frac{\sum \delta}{\lambda},$ м ² °C/Вт	$\delta_{из},$ мм		ДО ₀ , Вт/м ² °C	
							$\Delta_{из}$	$\Delta_{из}$	ДО ₀ ^{ТР}	ДО ₀ ^Д
Камера 1										
НС-1.1	0	23,3	8	0,043	0,125	0,49	0,052	0,052	0,42	0,42
НС-1.2	0	23,3	8	0,043	0,125	0,49	0,052	0,052	0,42	0,42
ВР-1.1	0	8	8	0,125	0,125	0,31	0,054	0,054	0,42	0,42
ВР-2.3	0	8	8	0,125	0,125	0,31	0,054	0,054	0,42	0,42
покриття	0	23,3	8	0,043	0,125	0,215	0,072	0,072	0,37	0,37
Камера 2										
ВР-2.2	0	8	8	0,125	0,125	0,31	0,054	0,054	0,42	0,42
ВР-1.2	0	8	8	0,125	0,125	0,31	0,054	0,054	0,42	0,42

Продовження таблиці 3.2

ВР-2.4	0	8	8	0,125	0,125	0,31	0,054	0,054	0,42	0,42
покриття	0	23,3	8	0,043	0,125	0,215	0,054	0,054	0,37	0,37
Камера 3										
НС-2.1	0	23,3	8	0,043	0,125	0,49	0,052	0,052	0,42	0,42
ВР-2.1	0	8	8	0,125	0,125	0,31	0,054	0,054	0,42	0,42
ВР-2.5	0	8	8	0,125	0,125	0,31	0,054	0,054	0,42	0,42
покриття	0	23,3	8	0,043	0,125	0,215	0,072	0,072	0,37	0,37

Розрахунки міжкамерної перегородки. Оскільки перегородка відділяє камери з аналогічними температурно-вологісними характеристиками, а температура в камерах відрізняється не більше, ніж на 2°C, то перегородку виготовляють без термоізоляції.

Як будматеріали беремо пінобетон, нанесений одним шаром, товщиною 250 мм.

3.3 Розрахунок режиму роботи холодильної установки

Для проведення теплового розрахунку одноступінчастого компресора критично важливо встановити температурний режим його функціонування. Це включає в себе наступні параметри:

- t_0 – температура кипіння робочого тіла, виражена в градусах Цельсія (°C);
- $t_{вс}$ – температура на вході в компресор, або температура всмоктування, також в градусах Цельсія (°C);
- $t_{п}$ – температура переохолодження холодоагента, в градусах Цельсія (°C);
- $t_{к}$ – температура конденсації холодоагента, виражена в градусах Цельсія (°C).

Температура переохолодження в холодильних установках з регенеративним теплообмінником встановлюється на основі ентальпії охолодженого рідкого холодоагенту, відповідно до рівняння теплового балансу теплообмінника.

Температуру кипіння в холодильних установках з прямим охолодженням визначають на 14-16°C нижче за температуру повітря в камері, тобто

$$t_0 = t_{\text{в}} - (14-16), \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3.3)$$

Температура конденсації визначається температурою та об'ємом води або повітря, що надходить.

Температура конденсації для установок з конденсаторами, що охолоджуються водою, береться на 2+4 °C вище за температуру води, яка надходить з конденсатора:

$$t_k = t_{\text{вр}} + (10-12), \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3.4)$$

Температуру всмоктуваної пари в холодильних установках з регенеративними теплообмінниками визначаємо як (15+20) °C вище температури кипіння, отже:

$$t_{\text{вс}} = t_0 + (15-20), \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3.5)$$

Рівняння теплового балансу теплообмінника:

$$i_3 = i_3' - (i_{1-i1}'), \quad \text{кДж/кг} \quad (3.6)$$

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.4 Розрахунки вентиляції овочесховища

Інтенсивність вентилявання протягом часу зберігання та для досягнення необхідної температури зберігання визначають, беручи до уваги усі теплоприходи до повітря, яке вентилюється.

Першоджерелом теплопритоків є охолоджена продукція, а також волога, котра випаровується з неї й вивільняється під час дихання продуктів. До додаткових джерел теплопритоку належить надходження тепла крізь огороження сховищ та, у літній сезон, із зовнішнім повітрям. За низьких температур навколишнього середовища спостерігатиметься втрата тепла, оскільки тепло передаватиметься до свіжого повітря від вентиляторів та ґрунту через повітропроводи.

Інтенсивність активного вентилявання, або питома подача вентиляваного повітря [м³/т×год], для конкретної, протягом певного періоду часу, фази зберігання продукції r_{ϕ} , розраховується за формулою [5].

$$Q_V = \frac{10^3 \cdot c \cdot \varepsilon_p \cdot \varepsilon_{d.m} \cdot (t_2 - t_1)}{r_{\phi} \cdot \varepsilon_p \cdot \rho \cdot C_p \xi_1 (t_1 - t_n)} \quad (3.7)$$

де c - масова теплоємність продукту, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$;

ε_{ϕ} - коефіцієнт, що враховує фізіологічну теплоту, яка виділяється продукцією;

$\varepsilon_{d.m.}$ - коефіцієнт, який враховує допоміжні джерела теплоти;

ε_p - коефіцієнт робочого часу вентилятора;

ρ - густина повітря при температурі t_n (t_n - середня температура приточного повітря в заданій фазі сховища) кг/м³;

					БРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

C_p - питома ізобарна теплоємність повітря, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{с}^2}$;

ξ - коефіцієнт, який враховує тепловий ефект при випаровуванні охолодженою продукцією;

t_1, t_2 , - початкова і кінцева, для даної фази, температура охолоджуваної продукції, °С.

Коефіцієнт ε_ϕ , що враховує фізіологічне тепло, визначається згідно з формулою [5].

$$\varepsilon_\phi = \frac{1 + q_\phi}{10^3 c(t_1 - t_2)} \quad (3.8)$$

де q_ϕ - загальна фізіологічна теплота, яку виділяє продукція за дану фазу охолодження, кДж/т.

$$q_\phi = \frac{3,6[0,93 - 0,13b(t_1 - t_2)](e^{bt_1} - e^{bt_2})q_0 r_\phi}{b(t_1 - t_2)} \quad (3.9)$$

де q_0 - питома теплота дихання продукції при 0 оС, Вт/т.

$$q_\phi = \frac{3,6[0,93 - 0,13 \cdot 0,0717(5 - 2)](e^{0,017 \cdot 5} - e^{0,017 \cdot 2})19,5 \cdot 3000}{0,017(5 - 2)} = 63143,3$$

$$\varepsilon_\phi = \frac{1 + 63143,3}{10^3 \cdot 3,83(5 - 2)} = 5,49$$

					БРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт, що відображає додаткові втрати, визначаємо за формулою:

$$\varepsilon_{\partial.m} = 1 + \frac{3,6K_0F_0\varepsilon_0 [t_{н.ф} - 0,5(t_1 + t_2)] \tau_{\phi} + q_m C_m (t_1 + t_2)}{10^3 \tau (t_1 - t_2)} \quad (3.10)$$

де K_0 - середньозважений коефіцієнт теплопередачі через загорожу, Вт/м² .с;

F_0 - приведена питома площа поверхні огорожі, м²/т;

ε_0 - коефіцієнт теплопритоків через огорожу (при активному вентиляванні $\varepsilon_0 = 0,65$);

$t_{н.ф}$ - середня температура повітря навантаженого продукцією сховища за дану фазу, °С;

q_m - питома маса пари, кг/т;

C_m - масова теплоємність пари, кДж/кВ 0С.

Середньозважений коефіцієнт теплопередачі крізь навантажені стіни, покрівлі та підлоги сховища визначають за формулою [5]:

$$K_0 = \frac{K_{ст} F_{ст} + F_{пок} K_{пок} \varepsilon_n}{F_{оз}} \quad (3.11)$$

де $K_{ст}$, $K_{пок}$ - коефіцієнти теплоємності передачі зовнішніх стін і покриття, відповідно, Вт/м² . °С;

$F_{ст}$, $F_{пок}$ - питома площа поверхні стін і покриття, відповідно, м²/т;

ε_n - коефіцієнт, що враховує теплопередачу через підлогу.

					БРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Питома площа поверхні усіх огорож сховища обчислюється з рівняння [5]:

$$F_0 = \frac{\left[2 + (B + L) \left(\frac{h}{\varepsilon_{н.в}} \right) + B \cdot L \varepsilon_n \right]}{M} \quad (3.12)$$

де B, L - ширина та довжина сховища, м;

h - максимальна висота штабеля, м;

$\varepsilon_{н.в}$ - коефіцієнт використання висоти сховища;

M - повна місткість сховища, т.

Об'єм цілого сховища визначаємо за формулою:

$$M = BLh \cdot m_{в.н} \quad (3.13)$$

$$M = 27 \cdot 60 \cdot 5,6 \cdot 0,443 = 4000_{\text{т}}$$

де $m_{в.н}$ - питома місткість внутрішнього об'єму сховища, т/м³;

h - висота сховища, м.

$$F_0 = \frac{\left[2 + (27 + 60) \left(\frac{4}{0,834} \right) + 27 \cdot 60 \cdot 0,75 \right]}{4000} = 0,51$$

$$K_0 = \frac{0,47 \cdot 0,15 + 0,41 \cdot 0,45 \cdot 0,75}{0,51} = 0,409$$

$$F_{см} = \left((5,6 \cdot 27) + (5,6 \cdot 60) \right)^2 / 4000 = 0,409$$

					БРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{\text{пок}} = 27 \cdot 60 / 4000 = 0,45$$

$$\varepsilon_{\text{д.м}} = 1 + \frac{3,6 \cdot 0,409 \cdot 0,65 [4 - 0,5(5 + 2)] 3600}{3}$$

Температуру повітря, яке протікає, визначаємо за формулою [6]:

$$t_n = t'_{\text{н.ф}} + \Delta t_g + \Delta t_z \quad (3.14)$$

де $t'_{\text{н.ф}}$ - середня температура атмосферного повітря, у цій фазі сховища, протягом часу функціонування вентилятора, °С.

$$\Delta t_g = \frac{8 \cdot 10^4 P}{\eta} \quad (3.15)$$

де P - повний тиск, який розвиває вентилятор, Па;

η - ККД вентилятора.

$$\Delta t_g = \frac{8 \cdot 10^4 \cdot 66 \cdot 9,8}{0,6} 0,86$$

Температура нагрівання повітря у повітропроводах внаслідок надходження тепла від ґрунту:

$$\Delta t_z = \frac{2,8q_z}{Q_V} \quad (3.16)$$

					БРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де Q_V - питома подача вентиляючого повітря, м³/т . год;

q_z - питомий приток теплоти від ґрунту у Вт/т – знаходиться за формулою:

$$q_z = q \cdot h_{cp}^{0,8} \cdot l \cdot V^{0,8} (t_z - t'_{н.ф}) \varepsilon_p \quad (3.17)$$

де h_{cp} - середній поперечний розмір повітропроводу, м;

V - швидкість повітря, м/с ($V=0,133$ м/с);

t_{zp} - середня температура ґрунту за дану фазу зберігання продукції, оС ;

m - маса продукції, вентиляємої через даний повітровод.

$$q_z = 9 \cdot 0,4^{0,8} \cdot 30 \cdot 0,133^{0,8} (5 - 3) 0,2 = 0,4$$

$$\Delta t_z = \frac{2,8 \cdot 0,4}{70} = 0,016$$

$$t_n = 5 + 0,86 + 0,016 = 5,876$$

Коефіцієнт, що бере до уваги теплоту, яка вивільняється під час випаровування вологи з охолоджуваної продукції, обчислюється за формулою [6]:

$$\xi = (41,6 - t_n)(24,4 - t_n) \quad (3.18)$$

$$\xi = (41,6 - 6)(24,4 - 6) = 1,9$$

За формулою визначається питома витрата повітря, що вентиляється:

					БРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_V = \frac{10^3 \cdot 3,83 \cdot 5,49 \cdot 1,129}{240 \cdot 1,245 \cdot 1 \cdot 1,9} \frac{7-8}{15-6} = 68,3 \text{ м}^3/\text{Т} \times \text{ГОД.}$$

Приймаємо, що $Q_V = 70 \text{ м}^3/\text{Т} \times \text{ГОД.}$

Додатковий об'єм повітря, котрий потрібен для адекватної роботи комплексу, є оптимальним.

Висновки до третього розділу

Визначено товщину стінок для камер зберігання овочів та фруктів.

Визначено головні теплопритоки та тепловтрати в овочесховищі, що дозволить спроектувати холодильну установку для цієї споруди.

Виконано визначення розрахункового режиму функціонування та проведено теплові обчислення для одноступінчастої холодильної машини. Здійснено розрахунки та відібрано відповідне обладнання для холодильних камер. Здійснено перевірочні розрахунки обладнання та трубопровідної системи холодильної машини.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В результаті роботи над бакалаврською роботою було здійснено огляд наявних конструкцій споруд і холодильних установок, що використовуються для забезпечення потрібного мікроклімату в сховищах для овочів та фруктів.

Було розроблено овочесховище, призначене для зберігання овочів та фруктів. Надано опис ключових компонентів камер, проходів, а також методи розташування продукції всередині цих камер у сховищі.

Представлено опис функціонування автоматизованої системи регулювання.

Здійснено вибір ключових компонентів системи автоматичного управління мікрокліматом у приміщенні для зберігання овочів та фруктів, а також розроблено модель динамічних характеристик холодильного обладнання овочесховища.

Розроблено гідравлічну схему холодильної установки.

Визначено товщину стінок для камер зберігання овочів та фруктів.

Визначено головні теплопритоки та тепловтрати в овочесховищі, що дозволить спроектувати холодильну установку для цієї споруди.

Виконано визначення розрахункового режиму функціонування та проведено теплові обчислення для одноступінчастої холодильної машини. Здійснено розрахунки та відібрано відповідне обладнання для холодильних камер. Здійснено перевірочні розрахунки обладнання та трубопровідної системи холодильної машини.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Кирилюк К.І., Кузьмич С.С. Овочесховища // "Агроінженерія" – 2019 – № 5. – С. 18–25.
2. Савчук М.Л., Романенко О.В. Теплоізоляційні матеріали для овочесховищ // "Будівництво і архітектура" – 2018 – № 2. – С. 34–39.
3. Ковальчук П.С., Бойко Л.М. Мікроклімат у побутових сховищах овочів // "Теплоенергетика" – 2017 – № 6. – С. 27–32.
4. Гончаренко І.І., Демченко В.П. Автоматизація систем вентиляції в овочесховищах // "Електроніка та приладобудування" – 2020 – № 4. – С. 41–46.
5. Литвиненко Ю.В., Дяченко Р.С. Вологісні режими зберігання овочів // "Сільське господарство" – 2016 – № 7. – С. 13–19.
6. Ткаченко Н.В., Мельник А.І. Енергозбереження у малих овочесховищах // "Агроєкологія" – 2019 – № 8. – С. 51–56.
7. Поліщук А.Д., Черненко П.О. Системи охолодження в побутових овочесховищах // "Інженерія довкілля" – 2018 – № 3. – С. 24–30.
8. Іванченко Т.М., Шевченко Ю.О. Вентиляційні установки для овочесховищ // "Техніка агропромислового комплексу" – 2017 – № 1. – С. 12–17.
9. Стороженко В.П., Омельченко К.І. Оптимальні умови зберігання овочів // "Агросвіт" – 2016 – № 9. – С. 45–50.
10. Бойко Д.Л., Кушнір В.С. Проектування малогабаритних овочесховищ // "Техніка і технології АПК" – 2019 – № 2. – С. 60–66.
11. Климчук С.О., Сидоренко Р.В. Системи керування температурним режимом сховищ // "Автоматизація процесів" – 2018 – № 6. – С. 18–24.
12. Козяр І.Г., Бондаренко Л.М. Повітрообмін у побутових овочесховищах // "Енергетика і контроль" – 2020 – № 4. – С. 39–45.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13. Юрченко А.О., Лазаренко М.С. Системи моніторингу стану овочів у сховищі // "Інженерні рішення" – 2017 – № 3. – С. 20–26.

14. Нечипоренко Т.В., Іщенко А.І. Побутові сховища – практичні аспекти конструкції // "Будівельні конструкції" – 2018 – № 5. – С. 55–60.

15. Омельчук В.С., Черненко Д.В. Перспективи застосування сонячної енергії в овочесховищах // "Екологічна енергетика" – 2019 – № 1. – С. 10–15.

16. Лисенко В.А., Кравець С.В. Вплив температурного режиму на якість зберігання овочів // "Сільське господарство України" – 2017 – № 10. – С. 33–38.

17. Дмитренко І.С., Карпенко О.І. Вибір матеріалів для побутових овочесховищ // "Матеріалознавство та технології" – 2016 – № 8. – С. 22–28.

18. Біланюк І.В., Тимошенко К.П. Ефективність природної вентиляції в мінісховищах // "Інженерні системи" – 2019 – № 7. – С. 29–34.

19. Чорний Р.В., Луценко Н.І. Моделювання температурного поля в овочесховищі // "Теплофізика та енергетика" – 2020 – № 6. – С. 42–48.

					<i>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					БРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		