

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА
ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: **«АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ**
МІКРОКЛІМАТОМ ОВОЧЕСХОВИЩА»

Виконав: студент 4 курсу групи Акт-22сп
Спеціальності 151 «Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології»
(шифр і назва)

Матіїв Я.А.

(Прізвище та ініціали)

Керівник:

Чаплига В.М.

(Прізвище та ініціали)

ДУБЛЯНИ-2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Освітній ступінь «Бакалавр» за спеціальністю –
151 – „Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Завідувач кафедри _____
д.т.н., проф. А.М. Тригуба
“ ____ ” _____ 202__ р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студенту

Матіїв Ярослав Андрійович

1. Тема роботи: «Автоматизована система керування мікрокліматом овочесховища».

Керівник роботи: Чаплига Вячеслав Михайлович, д.т.н., професор.

Затверджені наказом по університету від «30» грудня 2022 р. № 453 /к-с.

2. Строк подання студентом роботи: 08.06.2023 року.

3. Початкові дані до роботи: Технічна документація збудованого овочесховища, завдання на автоматизацію керування мікрокліматом згідно технологічного процесу зберігання декількох видів овочевої продукції

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

Вступ.

Розділ 1. Основи технологічного процесу зберігання овочів в овочесховищах та його автоматизації.

Розділ 2. Аналіз та вибір технічних засобів керування мікрокліматом овочесховища.

Розділ 3. Розробка автоматизованої системи керування мікрокліматом овочесховища.

Розділ 4. Розрахунок економічної ефективності автоматизованої системи керування мікрокліматом овочесховища.

Розділ 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

Висновки.

Список використаної літератури.

6. Консультанти з розділів:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1, 2, 3, 5	<i>Чаплига В.М., професор кафедри інформаційних технологій</i>		
4	<i>Городецький І.М., доцент кафедри управління проектами та безпеки виробництва</i>		

7. Дата видачі завдання 30 січня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Написання першого розділу та означення головних завдань роботи</i>	19.02 - 21.03.23	
2	<i>Виконання другого розділу та формування початкових даних</i>	22.03 - 11.04.23	
3.	<i>Виконання третього розділу та узагальнення отриманих результатів роботи</i>	12.04 - 11.05.23	
4.	<i>Написання розділу: «Охорона праці»</i>	12.05 - 17.05.23	
5.	<i>Вартісна оцінка ефективності пропозицій роботи</i>	18.05 - 23.05.23	
6.	<i>Завершення роботи та перевірка на плагіат</i>	24.05 - 02.06.23	

Студент _____ Матіїв Я.А.
(підпис)

Керівник роботи _____ Чаплига В.М.
(підпис)

АНОТАЦІЯ

УДК 681.5:635.1

Матіїв Я.А. Автоматизована система керування мікрокліматом овочесховища : кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2023. 67с.

Табл. 9; рис. 19; бібліогр. джерел 21.

Ключові слова: автоматизована система керування, мікроклімат, овочесховище, блок керування, мікропроцесор, сенсор, виконавчий пристрій.

Розглянуто технологічний процес зберігання овочів в овочесховищах в залежності від їх виду. Здійснено аналіз різних типів овочесховищ та вироблені рекомендації щодо умов зберігання в них продукції. Обґрунтовано необхідність комплексної автоматизації процесів зберігання овочів з приблизно однаковими умовами зберігання в універсальних овочесховищах.

Проаналізовано ринок технічних засобів, пристроїв та автоматизованих систем керування мікрокліматом овочесховища і обґрунтовано їх вибір для автоматизації універсального овочесховища.

Розроблені структурна схема, алгоритм функціонування автоматизованої системи керування мікрокліматом овочесховища. Здійснено вибір керуючого пристрою та розроблені принципові схеми з'єднань елементів структурної схеми автоматизації овочесховища, що забезпечують оптимальні параметри тривалого зберігання продукції.

Розділ "Охорона праці" містить перелік заходів стосовно забезпечення умов праці в овочесховищі та безпеки при роботі з автоматизованою системою контролю мікроклімату при зберіганні овочевої продукції.

Обґрунтовано економічну ефективність виконаної роботи.

SUMMARY

UDC 681.5:635.1

Matiiv Y.A. Automated microclimate control system of a vegetable storage facility: a qualification work. Dubliany: Lviv National University of Environmental Management, 2023. 68c.

Table 9; fig. 19; bibliography of sources 21.

Keywords: automated control system, microclimate, vegetable storage, control unit, microprocessor, sensor, actuator.

The technological process of storing vegetables in vegetable storages depending on their type is considered. Different types of vegetable storage facilities are analyzed and recommendations for storage conditions are made. The necessity of complex automation of storage processes for vegetables with approximately the same storage conditions in universal vegetable storages is substantiated.

The market of technical means, devices and automated systems for controlling the microclimate of a vegetable storage facility is analyzed and their choice for automating a universal vegetable storage facility is substantiated.

A structural diagram and algorithm for the functioning of an automated microclimate control system for a vegetable storage facility have been developed. The choice of the control device was made and schematic diagrams of connections of the elements of the structural scheme of vegetable storage automation were developed, which provide optimal parameters for long-term storage of products.

The section "Labor protection" contains a list of measures to ensure working conditions in the vegetable storage facility and safety when working with an automated microclimate control system for storing vegetable products.

The economic efficiency of the work performed is substantiated

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АСКМ -	автоматизована система керування мікрокліматом;
МК -	мікроконтролер;
БК –	блок керування;
ПКТ -	пристрій контролю температури;
ПКВ -	пристрій контролю вологості;
ПКСО -	пристрій контролю CO ₂ ;
ПВУ -	припливно--витяжна установка;
АРМ -	автоматизоване робоче місце;
SPI -	serial peripheral interface.

ЗМІСТ

ВСТУП	
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗБЕРІГАННЯ ОВОЧІВ В ОВОЧЕСХОВИЩАХ ТА ЙОГО АВТОМАТИЗАЦІЇ	
1.1. Основи технологічного процесу зберігання овочів в овочесховищах	
1.2. Аналіз та вибір типу овочесховища.	
1.3. Аналіз овочесховища як об'єкту автоматизації технологічного процесу зберігання продукції	
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ТА ВИБІР ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ ОВОЧЕСХОВИЩА	
2.1. Характеристики універсального овочесховища та визначення вимог до автоматизованої системи керування мікрокліматом	
2.2. Аналіз ринку технічних засобів керування мікрокліматом овочесховища.	
2.3. Аналіз пристроїв та автоматизованих систем керування мікрокліматом овочесховища	
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ ОВОЧЕСХОВИЩА	
3.1. Структурна схема автоматизованої системи керування мікрокліматом овочесховища	
3.2. Вибір елементів та пристроїв автоматизованої системи керування мікрокліматом овочесховища	
3.3. Електричні схеми та протоколи з'єднань і програмне забезпечення пристроїв автоматизованої системи керування мікрокліматом овочесховища	
РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ	

МІКРОКЛІМАТОМ ОВОЧЕСХОВИЩА	
4.1. Фактори, що впливають на ефективність системи автоматизації овочесховища	
4.2. Розрахунок економічної ефективності автоматизованої системи керування овочесховищем	
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	
5.1. Нормативно-правові положення з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.	
5.2. Удосконалення охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях при зберіганні продукції в овочесховищах	
5.3. Розрахунок блискавкозахисту овочесховищах	
ВИСНОВКИ	
Список використаної літератури	

ВСТУП

Військова агресія росії та окупація частини території України несе загрози продовольчій безпеці країни. Для її забезпечення вагомим є тривале зберігання вирощеної сільськогосподарської продукції з урахуванням її особливостей.

Важлива проблема забезпечення населення та харчової промисловості України овочевою продукцією пов'язана з недостатньою кількістю сучасних овочесховищ, обладнаних системами автоматизації, адаптованими до технологічних процесів зберігання конкретних видів овочевої продукції. Нестача овочесховищ також впливає на обсяги вирощування продукції, і, відповідно, на економічні показники фермерських господарств. Тоді вирощується продукції стільки, скільки її можна зберегти для реалізації за ціною, що стимулює розширене виробництво. Причому, без овочесховищ втрати відразу після збору фруктів і овочів становлять приблизно 6-18% [1, с. 6].

«Для плодів, ягід і овочів охолодження і зберігання в охолодженому стані – найнадійніший та поширений спосіб зберігання. Режим зберігання продукції в фруктосховищах та овочесховищах встановлюють на основі вивчення її властивостей, тривалості зберігання, виду упаковки та ін. особливостей» [1, с. 8].

На лежкість продукції в овочесховищах впливає багато факторів, серед яких [2, с. 3]:

- «- умови вирощування,
- терміни, способи збирання і транспортування,
- біологічні та біохімічні процеси зберігання,
- дихання, самозігрівання, в'янення і запотівання плодів і овочів,
- біологічна стійкість овочів до фітопатогенних мікроорганізмів,
- забезпечення оптимальних умов зберігання плодів та овочів».

Тому, за тривалістю терміну зберігання овочі поділяють на групи.

До першої групи відносяться овочі з терміном зберігання від шести до десяти місяців: картопля, морква, буряк, капуста, часник, цибуля. Їх лежкість визначається біологічними та біохімічними процесами.

Другу групу складають овочі з періодом зберігання від декількох днів до

одного - трьох місяців. Тут найбільший термін зберігання мають кавуни, гарбузи та дині. Термін зберігання томатів залежить від їх зрілості.

Для третьої групи характерним є короткий термін зберігання до 3-х днів. Це листова зелень та редис.

Овочесховище – це безкаркасні або каркасні споруди з системами автоматики, що забезпечують мікроклімат, найбільш сприятливий для зберігання овочевої продукції.

Сучасні овочесховища мають два основних типи:

- універсальні, які розраховані на зберігання у контейнерах або насипом різних видів плодово-овочевої продукції;
- спеціалізовані, що розраховані на зберігання різного об'єму одного виду овочевої продукції.

Врахування усіх цих факторів при виборі типу овочесховища та системи керування мікроліматом в ньому вирішує задачі підвищення врожайності овочевих культур (за рахунок суттєвого зменшення відходів продукції з, приблизно, 30% до 2-5%) та енергоощадності при їх зберіганні.

Актуальність теми. Оснащення овочесховищ різних типів сучасними системами автоматизації технологічних процесів зберігання дозволяє вирішити такі проблеми, як забезпечення високої якості (збереження поживності, вітамінів, смакових якостей та товарного вигляду) в період зберігання, мінімізацію енергоспоживання, зменшення відходів продукції, всесезонність реалізації населенню та харчовій промисловості овочевої продукції.

Розбудова широкої мережі овочесховищ різних типів має також важливе соціально-економічне значення. Це пов'язано зі створенням нових робочих місць, зокрема для спеціалістів з автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, а також з розвитком економіки територіальних громад України.

Об'єкт дослідження – технологічні процеси зберігання овочевої продукції в овочесховищах.

Предмет дослідження - автоматизація технологічних процесів керування мікрокліматом овочесховища.

Мета дослідження – розробка автоматизованої системи керування мікрокліматом сучасного овочесховища.

Для досягнення визначеної мети були поставлені та рішення наступні задачі:

- здійснити аналіз технологічного процесу зберігання овочів в овочесховищах та його автоматизації;
- проаналізувати ринок та вибрати технічні засоби керування мікрокліматом овочесховища;
- розробити структурну, функціональну та принципову схеми автоматизованої системи керування мікрокліматом овочесховища та її програмне забезпечення;
- оцінити економічну ефективність запропонованої автоматизованої системи керування мікрокліматом овочесховища;
- визначити вимоги щодо охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях в овочесховищах

Практична цінність виконаної кваліфікаційної роботи полягає у запропонованій системі автоматизації технологічного процесу зберігання овочів, яка може використовуватись в різних типах сховищ для декількох видів продукції.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗБЕРІГАННЯ ОВОЧІВ В ОВОЧЕСХОВИЩАХ ТА ЙОГО АВТОМАТИЗАЦІЇ.

1.1. Аналіз технологічного процесу зберігання овочів в овочесховищах.

Овочесховище є важливим об'єктом технології зберігання овочів. Воно використовується для створення оптимальних умов зберігання овочів з метою продовження їх терміну зберігання і збереження якості.

Овочесховища можуть бути різних типів, включаючи наземні та підземні сховища. Наземні сховища можуть бути здійснені у вигляді спеціальних приміщень, складів або будівель, які забезпечують ізольоване середовище для зберігання овочів. Підземні сховища можуть бути закопані у землю і мають природну ізоляцію.

Важливими аспектами технології зберігання овочів є контроль температури, вологості, вентиляції, газового середовища і освітлення. Оптимальні умови зберігання залежать від конкретного виду овочів, оскільки різні овочі можуть мати різні вимоги до умов зберігання.

Деякі овочі також можуть бути збережені у спеціальних упаковках або модифікованих атмосферних умовах, які допомагають зберегти їх якість і свіжість. Такі упаковки можуть використовуватися для довготривалого зберігання овочів та збереження їхніх харчових якостей.

Враховуючи різні фактори, такі як тип овочів, тривалість зберігання та доступні технології, важливо вибрати оптимальний метод зберігання овочів для забезпечення максимальної якості і тривалості зберігання.

Згідно завдання на кваліфікаційну роботу в овочесховищі має зберігатись декілька видів продукції зі схожимитехнологічними умовами зберігання. Тому проаналізуємо технологічні умови для зберігання основних видів овочевої продукції на основі [3].

Технологічні умови зберігання картоплі. Зберігання картоплі в овочесховищі має велике значення для збереження якості та тривалості зберігання цієї культури. Основні умови зберігання картоплі в овочесховищі

характеризуються наступними факторами:

- Температура. «Оптимальна температура зберігання картоплі зазвичай коливається від 4 до 10 °С. Важливо підтримувати стабільну температуру, щоб уникнути появи проростання або замерзання картоплі».

- Вологість. «Рівень вологості в овочесховищі також впливає на збереження картоплі. Оптимальна вологість повітря для картоплі становить приблизно 85-90%. Вологість слід контролювати, щоб уникнути пересихання або надмірного зволоження картоплі».

- Вентиляція. «Вентиляційна система в овочесховищі має забезпечувати циркуляцію повітря, що допомагає уникнути накопичення вологості і запобігає утворенню гнилі або плісняви».

- Темний режим. «Картоплю слід зберігати у темному середовищі, оскільки світло може спричинити зеленіння картоплі, що може бути небезпечними для споживання».

- Відсутність шкідників та хвороб. «Перед зберіганням картоплі слід перевірити на наявність шкідників або хвороб. Слід провести відповідну обробку або відсортувати пошкоджені картоплі».

- Розташування. «Овочесховище повинне бути розташоване в сухому і прохолодному місці, захищеному від прямих сонячних променів. Також слід уникати розташування овочесховища поруч з місцями, що можуть виділяти шкідливі гази».

Загальні умови зберігання можуть відрізнитися в залежності від сорту картоплі та місцевих умов регіону.

Технологічні умови зберігання білокачанної капусти є наступними:

- Температура. «Оптимальна температура для зберігання білокачанної капусти становить близько 0-2 градусів Цельсія. Низька температура допомагає уповільнити процеси розкладу і зберегти свіжість продукту. Проте, важливо уникати заморожування капусти, оскільки це може пошкодити її структуру і якість».

- Вологість. «Білокачанна капуста потребує відносно високого рівня

вологості для збереження своєї свіжості. Оптимальна вологість повітря становить 90-95%. Важливо контролювати рівень вологості в приміщенні, де зберігається капуста, для уникнення пересихання або зайвого зволоження».

- Вентиляція. «Забезпечення належної циркуляції повітря є важливим для збереження білокачанної капусти. Вентиляційна система в приміщенні повинна забезпечувати постійний потік свіжого повітря, що допомагає уникнути утворення конденсату і запобігає розвитку гнилі або плісняви».

- Етилен. «Білокачанна капуста є чутливою до етилену - газу, який виділяють деякі фрукти і овочі, особливо під час дозрівання. Етилен може спричинити прискорене старіння і гниль капусти».

- Час зберігання. «Чим довше зберігається капуста, тим більша ймовірність втрати якості. Оптимальний термін зберігання білокачанної капусти зазвичай становить близько 2-3 місяців, за умови дотримання правильних умов зберігання».

Загалом, зберігання білокачанної капусти вимагає низької температури, високої вологості, належної вентиляції, контролю етилену та уникнення ушкоджень. Забезпечення цих факторів системою автоматизації допоможе зберегти якість і свіжість капусти протягом тривалого періоду.

Технологічні умови зберігання моркви включають такі основні фактори, як температура, вологість, вентиляція, упаковка. Рекомендації щодо зберігання моркви наступні:

- Температура. «Морква зберігається найкраще при температурі від 0 до 4°C. Зберігання при нижчих температурах може спричинити втрату свіжості та зм'якшення коренеплоду».

- Вологість. «Оптимальна вологість для зберігання моркви становить близько 90-95%. Занадто сухе середовище може спричинити висихання коренеплодів, а надмірна вологість може сприяти розвитку грибків та гнилі».

- Вентиляція. «Має бути забезпечена хороша вентиляція, щоб уникнути накопичення етилену - газу, який виділяється овочами під час дозрівання, і може спричинити прискорене старіння та псування моркви».

Вентиляційні отвори або системи провітрювання повинні бути належно розташовані».

- Упаковка. «Морква може бути упакована в ящики або пакети з мікропроникного матеріалу, який дозволяє провітрювання і запобігає надмірній конденсації».

Зауважимо, що час зберігання може варіюватися в залежності від сорту моркви та її початкового стану.

Технологічні умови зберігання буряка включають такі фактори, як температура, вологість, вентиляція та умови упаковки. Рекомендації спеціалістів щодо зберігання буряку наступні.

- Температура. «Буряк зберігається найкраще при температурі від 0 до 4°C. Низькі температури допомагають зберегти свіжість та якість буряка. Зберігання буряка при температурах нижче 0°C може спричинити його замерзання та псування».

- Вологість. «Оптимальна вологість для зберігання буряка становить близько 90-95%. Занадто висока вологість може призвести до гниття, тоді як занадто низька вологість може спричинити висихання коренеплоду».

- Вентиляція. «Необхідно забезпечити хорошу вентиляцію, щоб уникнути утворення конденсату та запобігти розвитку грибків та гнилі. Вентиляційні отвори або системи повинні бути належно розташовані для забезпечення циркуляції повітря».

- Упаковка. Буряк можна зберігати без упаковки на піддонах або різних контейнерах. Уникайте герметичних упаковок, оскільки це може спричинити утворення конденсату та псування буряка. Якщо використовується упаковка, вона повинна мати добру провітрюваність.

Зауважимо, що для розглянутих видів овочів рівень CO₂ не повинен перевищувати 4000 ppm при завантаженні продукції і 2000 ppm при її зберіганні. Для підтримки рівня CO₂ менше 4000 ppm потрібно від 3 до 7 раз в день оновлювати повітря.

Висновки. Проаналізувавши аналогічним чином необхідні умови

зберігання інших видів овочевої продукції можемо виділити групу овочів (картопля, морква, буряк) зі схожими умовами і, відповідно для їх зберігання в одному овочесховищі може бути використана одна система керування автоматизованого керування мікрокліматом.

1.2. Аналіз та вибір типу овочесховища.

Класифікація овочесховищ як об'єктів автоматизації технологічного процесу зберігання продукції наведена в табл. 1.

Табл. 1.1. Класифікація овочесховищ. *Власна розробка на основі [1-3].*

Параметр	Характеристика овочесховища
Види продукції, що зберігаються	<ul style="list-style-type: none"> - Універсальні, - Спеціалізовані
Тривалість зберігання	<ul style="list-style-type: none"> - Постійні, - Короткотривалі
Конструкційне виконання	<ul style="list-style-type: none"> - Безкаркасні (ангари арочного типу), - Каркасні, - Холодильники, - Морозильні камери - Холодильники з регульованим газовим середовищем - Мобільні овочесховища
Тип вентиляції	<ul style="list-style-type: none"> - Природна, - Примусова
Вид забезпечення температурного режиму	<ul style="list-style-type: none"> - Природні фактори (наприклад, при поглибленні в землю), - Кліматичне обладнання

Вид тари	<ul style="list-style-type: none"> - Безтарне (насіпом), - Секційне безтарне, - Тарне (ящики, контейнери)
Ступінь автоматизації	<ul style="list-style-type: none"> - Без засобів автоматики, - Часткова автоматизація, - Комплексна автоматизація - Роботизовані системи

Прості сховища – це бурти і траншеї [3]. Більше 50 % картоплі й овочів «зберігають польовим способом завдяки його дешевизні. Збереженість картоплі та інших плодів у буртах і траншеях залежить від фізичних властивостей ґрунту (теплоємності, теплопровідності), покривного матеріалу, а також процесів теплогазообміну в масі продукції. При правильному влаштуванні буртів і траншей та закладанні і укріпленні продукції втрати її мінімальні — не більше 3 – 5 %» [3].

Підземні сховища. Це тип сховища, яке розташовується під землею. Вони зазвичай мають добру ізоляцію, що допомагає підтримувати стабільну температуру та вологість. Підземні сховища добре підходять для багатьох видів овочів, таких як картопля, цибуля, морква тощо.

Холодильні сховища. Цей тип сховища зазвичай використовується для овочів, які потребують низьких температур для збереження свіжості. Холодильні сховища обладнані спеціальними холодильними системами, які дозволяють підтримувати постійну низьку температуру. Вони часто використовуються для зберігання овочів, таких як буряк, капуста, морква тощо.

Морозильні камери. Це сховища, де температура знижується до дуже низьких значень, зазвичай нижче -18°C . Морозильні камери використовуються для заморожування овочів, зберігання заморожених овочів або довгострокового зберігання продуктів з низькою термостійкістю.

Газові сховища. Ці сховища використовуються для контролю газового

середовища, де склад повітря може бути змінений для сповільнення процесів дозрівання та псування. Наприклад, можуть використовуватися такі гази як етилен або вуглекислий газ, щоб контролювати швидкість дозрівання фруктів та овочів.

Мобільні овочесховища. Це пересувні структури, які можуть бути розміщені біля полів або на транспортних засобах. Вони забезпечують можливість зберігання овочів неподалік від місця їх збору, що дозволяє зберегти свіжість та якість продукту.

Використання різних видів овочесховищ та систем автоматики повинно в найбільш економічний спосіб забезпечити необхідні умови зберігання овочевої продукції на усьому технологічному ланцюгу від збирання врожаю, транспортування, завантаження та відвантаження і доставки його кінцевому споживачеві.

При виборі типу овочесховища (універсальний або спеціалізований), від чого залежить функціональність його системи автоматизації, треба визначити їх переваги і недоліки. Так, перевагами універсального типу овочесховища є:

1. Гнучкість. Універсальні овочесховища можуть забезпечувати зберігання різних видів овочів в одному місці. Це дозволяє економити простір і ресурси, оскільки не потрібно мати окремі сховища для кожного виду овочів.

2. Зручність керування. Одне універсальне сховище може бути кероване однією системою управління, що полегшує контроль температури, вологості та інших умов зберігання. Це може спростити процеси моніторингу та керування.

3. Економічність. Використання універсальних сховищ може бути економічно вигідним, оскільки зменшується необхідність у будівництві та обладнанні окремих сховищ для кожного виду овочів. Також можливо знизити витрати на енергію та обслуговування.

Поряд з цим універсальні овочесховища мають певні недоліки, зокрема:

1. Універсальне сховище може не задовольняти оптимальні умови для деяких видів овочів, що може призводити до псування або втрати якості

продукту.

2. Універсальні сховища можуть створювати умови для поширення хвороб або шкідників між різними видами овочів.

3. Керування оптимальними параметрами, такими як температура, вологість та газове середовище, може бути складнішим у випадку універсального сховища. Різні види овочів можуть вимагати різних умов, і вирішення цього завдання може бути складнішим.

Для таких універсальних овочесховищ потрібні гнучкі системи автоматизації та віддаленого контролю, що на даний час є достатньо складною науково-технічною проблемою.

1.3. Аналіз овочесховища як об'єкту автоматизації технологічного процесу зберігання продукції.

Основними технологічними елементами овочесховища як об'єкту автоматизації є наступні:

1. Будівля. Овочесховище може бути побудоване з різних матеріалів, таких як цегла, бетон або метал. Важливо, щоб будівля була добре ізольованою і мала можливість регулювання температури та вологості.

2. Вентиляція. Добре функціонуюча вентиляційна система дозволяє контролювати температуру та вологість всередині овочесховища. Вентиляційні отвори можуть бути відкритими або закритими залежно від потреб овочів, а також можуть мати фільтри для захисту від шкідливих організмів.

3. Регулювання вологості. Важливо забезпечити оптимальну вологість всередині овочесховища, оскільки занадто сухе середовище може спричинити втрату вологи овочами, а надмірна вологість може сприяти поширенню грибків та гнилі.

4. Освітлення. Овочі повинні зберігатися в темряві, оскільки світло сприяє швидшому старінню та втраті поживних речовин. Овочесховище має бути захищеним від проникнення світла ззовні.

5. Контроль температури. Температура є важливим фактором в збереженні овочів.

6. Контроль газового середовища. Зміна складу газового середовища, наприклад, шляхом видалення кисню та додавання вуглекислого газу, може допомогти знизити швидкість дозрівання та підтримати свіжість овочів.

Зовнішній вигляд будівлі та внутрішнє облаштування універсального овочесховища стаціонарно типу представлено на рис. 1.1.



Рис 1.1 - Зовнішній вигляд універсального овочесховища стаціонарно типу на 1200 м.кв. [4].

Однак, поряд з капітальними спорудами овочесховищ найбільшого поширення набули універсальні овочесховища ангарного типу (див. рис. 1.2) та з сендвіч панелей (див. рис. 1.3), які мають ряд переваг.



Рис.1.2 – Безкаркасне арочне овочесховище площею до 1000 м. кв. [5].

Арочні овочесховища ангарного типу мають велику просторову ємність і можуть забезпечувати достатньо місця для зберігання різнотипної продукції. Це дозволяє зберігати більшу кількість овочів на обмеженій площі. Також вони можуть бути модульними і кількість нарощених по довжині модулів може бути великою.

Овочесховища з сендвіч-панелей, що складаються з двох металевих шарів з ізолюваним серединним шаром, також мають свої переваги.



Рис. 1.3 – Сучасне овочесховища з сендвіч-панелей [6].

Вони швидко монтуються, мають високу теплоізоляційну здатність, міцність та строк експлуатації, що дозволяє зберігати оптимальну температуру всередині овочесховища та витривалість до впливу зовнішніх факторів. Це допомагає знизити витрати на опалення та охолодження і забезпечує стабільні умови для зберігання овочів.

При виборі конструкції овочесховищ варто враховувати переваги і недоліки та вибрати рішення, яке найкраще відповідає потребам і умовам агрофірм та фермерських господарств.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ТА ВИБІР ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ ОВОЧЕСХОВИЩА

2.1. Характеристики універсального овочесховища та визначення вимог до автоматизованої системи керування мікрокліматом.

В якості об'єкту автоматизації забезпечення необхідного за технологією мікроклімату нами вибрано універсальне овочесховище побудоване з сендвіч-панелей для середнього обсягу (до 1000 т.) зберігання 3 – 4 видів продукції.

Характеристики вибраного овочесховища наступні [7]: Розміри будівлі:

- Ширина 18 м.,
- Довжина 32 м,
- Висота 6,4 м.

Ширину вантажних коридорів приймаємо 6 м. Висоту складування продукту - 5,4 м (контейнери в 6 ярусів)

Овочі різних видів мають насипатися у контейнери довжиною - 1,6 м., шириною - 1,2 м. та висотою - 1,2 мм., які виготовлені з дерев'яних брусків, що забезпечує хороші умови для зберігання, як показано на рис. 2.1.



Рис. 2.1 – Овочесховище з сендвіч-панелей з контейнерним зберіганням продукції [7].

Автоматизована система керування мікрокліматом овочесховища повинна відповідати певним вимогам для ефективного та надійного зберігання овочів. Основні вимоги до такої системи містять можливість контролювати та регулювати наступні параметри (див. табл. 2.1.):

Таблиця 2.1. Параметри мікроклімату овочесховища, які повинні контролюватись і регулюватись автоматизованою системою. Власна розробка на основі [1].

Параметр	Діапазон регулювання	Точність регулювання
Температура, °C	3 - 5	0,5 °C
Вологість, %	90 - 95	5%
Вміст CO ₂	300 - 2000 ppm	1%
Вентиляція припливна	до 115 000 м ³ /год	за температурою
Вентиляція витяжна	до 115 000 м ³ /год	за вологістю і рівнем CO ₂
Освітлення	від 0 до 30%	1%

Система повинна мати високу точність і здатність підтримувати стабільні значення для забезпечення оптимальних умов зберігання овочів.

Стабільність системи регулювання мікроклімату є дуже важливим аспектом для ефективного зберігання овочів у овочесховищі. На стабільність впливають наступні фактори:

- точність і надійність належно налаштованих сенсорів;
- ефективність та швидкодія регуляторів;
- калібрування і налаштування до конкретних потреб овочесховища;
- стабільне та надійне енергопостачання;
- моніторинг та корекція параметрів мікроклімату.

Система також повинна бути гнучкою та дозволяти налаштовувати параметри мікроклімату відповідно до конкретних вимог зберігання овочів.

Система повинна мати можливість моніторити та реєструвати дані про параметри мікроклімату в режимі реального часу. Також бажано мати можливість генерувати звіти і аналітику щодо умов зберігання та продуктивності овочесховища.

Система повинна мати можливість сповіщення і дистанційного керування, щоб оператори могли віддалено контролювати та реагувати на зміни мікроклімату та проблеми негайно, навіть якщо вони знаходяться поза овочесховищем.

Система повинна бути надійною, щоб забезпечувати безпечно для овочів зберігання з можливістю аварійного відключення, а також енергоефективною.

Важливим є сумісність та здатність інтегруватися з іншими системами, такими як системи опалення, охолодження, освітлення, вентиляції та безпеки.

При виборі пристроїв та апаратно-програмних для автоматизованої системи керування мікрокліматом, важливо ретельно вивчити характеристики та можливості різних систем, а також зважити на конкретні вимоги та обмеження конкретного овочесховища.

2.2. Аналіз ринку технічних засобів керування мікрокліматом овочесховища.

Одними із головних виконавчих елементів комп'ютерно-інтегрованої системи керування мікрокліматом овочесховища є засоби припливно-витяжної вентиляції з можливістю як охолодження так і нагрівання повітря для утримання в допустимих межах параметрів мікроклімату.

В універсальних овочесховищах «необхідно забезпечити приплив свіжого повітря безпосередньо в місця зберігання продукту, і вивести забруднене по спеціальних каналах назовні. Забезпечити потрібну температуру без втрати тепла вже нагрітого повітря, допомагають припливно-витяжні установки з рекуперацією тепла. У теплу пору року в таких установках використовують режим «фрі-кулінг», тобто в обхід рекуператора» [8, с.1].

На ринку присутні різні модульні системи високоефективні припливно-витяжні установки. Наприклад, Припливно-витяжні установки Mitsubishi Electric (Climaveneta) з роторним рекуператором WIZARD DX (див. рис. 2.2). Кожен модуль забезпечує від 3000 до 20000 м.куб/год. підготовленого повітря.

«Мідно-алюмінієвий теплообмінник забезпечує економічне охолодження або нагрівання повітря за рахунок підключення до високоефективних зовнішніх блоків серії «Mr.SLIM». Вентиляція повітря відбувається за допомогою «радіальних вентиляторів з робочими колесами із загнутими назад лопатками та

електродвигунами із вбудованим інвертором та прямим приводом». В систему вбудований «високоєфективний регенератор (рекуператор), що обертається, колесо якого виготовлено зі спеціального гігроскопічного матеріалу, що забезпечує передачу явної і прихованої теплоти (вологи)».



Рис. 2.2 - Припливно-витяжна установка з роторним рекуператором WIZARD DX (Італія) та виносними блоками серії «Mr.SLIM» [9, с.132].

Секція попереднього нагріву містить «електричний або водяний калорифер, що включає вбудовану автоматику при зовнішній температурі нижче -10°C і забезпечує попередній нагрівання повітря на 5°C ».

Технічні характеристики цієї системи наведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2. Технічні характеристики модулів WIZARD DX 20000. Власна розробка на основі [9, с.133].

Розхід повітря	Параметр	Одиниця виміру	Значення
Розхід повітря		м ³ /год	15500-20000
Макс. статичний тиск	Стандартний вентилятор	Па	250
	Високонапірний вентилятор	Па	400
Охолодження	Потужність секції охолодження	кВт	75
	Продуктивність рекуператора	кВт	121,3
	Сумарно	кВт	196,3
Нагрів	Теплопродуктивність секції нагріву	кВт	81
	Продуктивність рекуператора	кВт	92,4

	Сумарно	кВт	173,4
Охолодження	Ефективність рекуперації за явною теплою	%	75,6
	Повна ефективність рекуператора	%	71,6
Нагрів	Ефективність рекуперації за явною теплою	%	77,2
	Повна ефективність рекуператора	%	75,6
Споживана потужність	Припливний вентилятор (250 Па)	кВт	5,53 / 10
	Витяжний вентилятор (250 Па)	кВт	4,80 / 10
	Роторний рекуператор	кВт	0,37
Парозволожувач		Кг/год	65

За параметром розходу повітря для вибраного овочесховища потрібно об'єднати 5 модулів, які забезпечать подачу в овочесховище від 77500 до 100000 м³/год. підготовленого повітря. Для його подачі до кожної секції з певним видом овочевої продукції овочесховище ще комплектується каналними та стельовими вентиляторами.

Наступними важливими елементами системи керування мікрокліматом овочесховища є сенсори, які вимірюють контрольовані параметри:

сенсори температури

- сенсори температури зовнішнього повітря,
- сенсори температури в секції зберігання картоплі,
- сенсори температури в секції зберігання моркви,
- сенсори температури в секції зберігання буряку;

сенсори вологості

- сенсори вологості зовнішнього повітря,
- сенсори вологості продукту в секції зберігання картоплі,
- сенсори вологості продукту в секції зберігання моркви,
- сенсори вологості продукту в секції зберігання буряку;

сенсори CO₂

- сенсори CO2 продукту в секції зберігання картоплі,
- сенсори CO2 продукту в секції зберігання моркви,
- сенсори CO2 продукту в секції зберігання буряку.

В даний час на ринку країни присутні сенсори виробництва різних фірм, зокрема, промислові комбіновані сенсори (перетворювачі) з цифровим виходом та послідовним виходом RS485/RS232 для застосування в автоматизованих комп'ютерно-інтегрованих системах керування мікрокліматом.

Для комплексного вимірювання температури, вологості та концентрації CO2 варто розглянути сенсори чеської фірми Comet System, зокрема, Comet T6445 (див рис. 2.3, а технічні характеристики наведені в табл. 2.3) [10].



Рис. 2.3 - Сенсор температури, вологості та рівня CO2 з інтерфейсом RS485 Comet T6445.

Таблиця 2.3. Технічні характеристики сенсора Comet T6445

Характеристика	Значення
Спосіб оповіщення	LED, LCD
Дисплей	LCD
Діапазон вимірювання температури	-30 до +60 °C
Точність вимірювання температури	±0,4 °C
Роздільна здатність вимірювання температури	0,1 °C

Діапазон вимірювання вологості	0 до 100% RH
Точність вимірювання вологості	±2,5% RH в інтервалі від 5 до 60%
Роздільна здатність вимірювання вологості	0,1% RH
Діапазон вимірювання точки роси	-60 до +80 °C
Точність вимірювання точки роси	±1,6 °C при температурі навколишнього середовища T <25 °C і RH> 30%
Роздільна здатність вимірювання точки роси	0,1 °C
Діапазон вимірювання CO2	0 до 2 000 ppm
Точність вимірювання CO2	±(50ppm +2% від показника) при 25 °C та 1013hPa
Роздільна здатність вимірювання CO2	1 ppm
Кількість каналів	1x внутрішній датчик температури, вологості та рівня CO2
Протокол	ModBus RTU, ARION, Advantech ADAM
Вихід	RS485
Джерело живлення	9-30 В пост. струму
Клас захисту	IP30 електроніки, IP40 датчика

В овочесховищі та назовні в місцях, де потрібно вимірювати тільки температуру та вологість повітря, в системі керування мікрокліматом можна застосувати, наприклад промисловий сенсор температури та вологості ПВТ100, який призначений для роботи в неагресивних газових середовищах.

Особливості та функціональні можливості сенсора ПВТ100 зведені нами в табл. 2.4. на основі

Таблиця 2.4. Технічні характеристики сенсора ПВТ100.

Температура, що вимірюється: -40...+80 °C.
Абсолютна похибка вимірювання температури – до ±0,5 °C.
Абсолютна похибка вимірювання вологості – до ±3,0 %,
Висока повторюваність результатів вимірювання: ±0,1 %RH, ±0,1 °C.
Висока стабільність вимірювання: ±0,25 %RH, ±0,02 °C на рік.
Два незалежні вихідні канали 4...20 мА
Обмін інформацією за інтерфейсом RS-485
Ергономічний корпус із ступенем захисту IP65



Сенсор ПВТ100 «здійснює безперервне перетворення значень температури та відносної вологості робочого середовища у два незалежні уніфіковані сигнали БЖ зуму 4...20 мА. Виміряні значення передаються через інтерфейс RS-485».

Рис. 2.4 - Промисловий сенсор температури та вологості ПВТ100 і його схема підключення.

Основна сфера застосування ПВТ100 – «системи вентилявання та кондиціонування. Сенсори можуть розміщуватися в каналах припливної вентиляції, повітроводах і димоходах, сушильних, коптильних та холодильних камерах, овоче- та зерносховищах» [10].

Сенсор ПВТ100 достатньо дешевий, але при комплектуванні автоматизованої системи керування мікрокліматом овочесховища бажано використовувати обладнання, зокрема сенсори, від одного виробника, хоча це і дорожче. Фірма Comet System пропонує свій сенсор температури та вологості Т3511 в різних модифікаціях (див. рис. 2.5, а технічні характеристики наведені в табл. 2.5) [11].



Рис. 2.5. - Сенсор температури та вологості Comet Т3511.

Таблиця 2.5. Технічні характеристики сенсора температури та вологості

Comet T3511.

ТЕМПЕРАТУРНИЙ СЕНСОР
Діапазон вимірювання від -30 до +105 °С
Точність $\pm 0,4$ °С
Роздільна здатність 0,1 °С
Сенсор ВОЛОГОСТІ
Діапазон вимірювання від 0 до 100 % відносної вологості
Точність $\pm 2,5$ % RH від 5 до 95 % при 23 °С
Роздільна здатність 0,1% RH
ТОЧКА РОСИ
Діапазон вимірювань від -60 до +80 °С
Точність $\pm 1,5$ °С при температурі навколишнього середовища $T < 25$ °С і $RH > 30$ %
Роздільна здатність 0,1 °С

Загальні характеристики сенсора температури та вологості Comet T3511

Робоча температура від -30 до +80 °С
Канали 1x підключається датчик температури + вологості
Підраховані значення точки роси, абсолютної вологості, питомої вологості
Вихід Ethernet
Діапазон температурної компенсації датчика вологості у всьому діапазоні температур
Інтервал вимірювання 2 с
Доступні одиниці вимірювання температури градуси Цельсія, градуси Фаренгейта
Протокол зв'язку WWW, ModbusTCP, SNMPv1, SOAP, XML
Протоколи тривоги E-mail, SNMP Trap, Syslog
Живлення 9-30 В постійного струму
Клас захисту електроніки IP30; Датчики IP40

Для невеликих овочесховищ можна використати дешеві сенсори температури та вологості, наприклад, типу ASAIR DHT11 [12] (див. рис. 2.6).

Сенсор DHT11– це «цифровий датчик температури та вологості, що дозволяє калібрувати цифровий сигнал на виході. Складається з ємнісного датчика вологості та термістора. Також, датчик містить в собі АЦП для перетворення аналогових значень вологості та температури» [12].



Характеристики:

- Модель виробника: ASAIR DHT11
- Визначення вологості: 5 - 95% RH \pm 5% (макс.)
- Визначення температури: -20 ~ +60 °C \pm 2% (макс.)
- Живлення: 3.5-5.5 В
- Частота опитування: не більше 1 Гц
- Розміри 15.5 x 12 x 5.5 мм

Рис. 2.6 - Сенсор DHT11 та його характеристики.

Також у комплект керування має входити сенсор CO₂. Тут добре підходить перетворювач MG811 (див рис. 2.7).

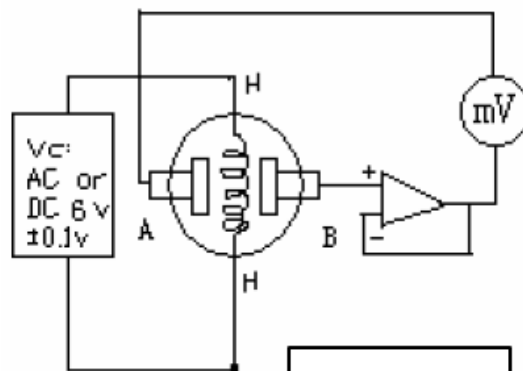


Рис. 2.7 - Сенсор MG811 та його схема підключення [13].

Сенсор MG811 «відзначається високою чутливістю та вибірковістю до вуглекислого газу (CO₂), стабільністю та відтворюваністю показів. Датчик видає два вихідних сигнали - дискретний (низький рівень - висока концентрація) та аналоговий - поточна концентрація. Його характеристики наступні:

Живлення:	6В/200 мА
Діапазон:	350-10000‰
Розмір:	32 мм x 22 мм x 30 мм
Аналоговий вихідний сигнал -	0 - 2 В (чим більший сигнал, тим менша концентрація).

Використання в автоматизованій системі керування мікрокліматом овочесховища сучасних сенсорів та комплексу пристроїв припливно-витяжної вентиляції від дозволить розробити комп'ютерно-інтегровану систему для

овочесховищ різного масштабу, розрахованих на зберігання від десятків до декількох тисяч тон продукції.

2.3. Аналіз пристроїв та автоматизованих систем керування мікрокліматом овочесховища

Вітчизняні та іноземні компанії пропонують різноманітні мікропроцесорні пристрої, та готові рішення, які можуть бути застосовані для побудови автоматизованих систем з керування мікрокліматом овочесховища.

Так, для овочесховищ місткістю від 1000 до 3000 т випускається «комплект обладнання, який забезпечує автоматичне управління мікрокліматом у камерах зберігання овочів, управління роботою конденсаторного і випаровувального обладнання, захист компресорів охолоджувальних машин та сигналізацію нормальних і аварійних режимів роботи. Один комплект може автоматично управляти двома – чотирма камерами (секціями).

Система автоматичного управління мікрокліматом фруктосховища призначена для підтримання в камерах заданих значень температури, вологості повітря, циклічного його перемішування в камерах; вмикання і вимикання установок припливної та витяжної вентиляції, а також для контролю за станом температури і вологості повітря в камерах і окремих точках холодильної установки» [14].

Принципова схема системи управління мікрокліматом у овочесховищі зображена на рис. 2.8.

«Напруга на схему подається кнопкою SB6. У разі необхідності можливе відключення всіх агрегатів за допомогою кнопок SB1...SB5, розташованих в різних місцях фруктосховища. За допомогою кнопок SB7, SB8 керують аварійним вентилятором M1 (потужністю 1,5 кВт).

Схема управління температурою і відносною вологістю повітря вмикається автоматом SF1. Перемикач SA1 задає режим роботи системи: ручний (1) або автоматичний (2)».

В автоматичному режимі «при підвищенні температури в камері спрацьовує терморегулятор Р, який через реле KV1 вмикає електромагнітний аміачний клапан YA1, вентилятори повітроохолоджувальних установок М2, М3 та один з насосів (М4 або М5) подачі холодоносія в охолоджувальні камери.

Коли температура в камері досягає заданого значення, контакти терморегулятора розмикаються і все електрообладнання відключається.

Режим роботи насосів холодоносія встановлюється перемикачем SA3: При 1 – обидва насоси відключені, 2 – робочий насос М4 (М5 в резерві), 3 – ручне управління, 4 – робочий насос М5 (М4 в резерві).

При вдалому запуску насоса спрацьовує датчик тиску SP1, який вмикає проміжне реле KV5. Реле KV5 одним контактом подає напругу на ввімкнення компресорів холодильної установки, а іншим – вимикає реле затримки часу KT2, призначене для включення резервного насосу.

При невдалому запуску або при зменшенні тиску аміаку в системі робочого насоса датчик SP1 розмикає реле KV5, що призводить до спрацювання реле KT2. З затримкою 10 с реле KT2 вмикає реле KV4, яке підключає резервний насос.

Відносна вологість повітря в камері овочесховища підтримується регулятором вологості В. При пониженні вологості повітря контакти В вмикають реле KV3, яке підключає додаткові секції електропароутворювачів ЕК2 і ЕК3. При досягненні заданої вологості подача пару припиняється. Підігрівник ЕК1 ввімкнений для запобігання замерзанню води при низьких зовнішніх температурах.

Схема передбачає захист пароутворювача від «сухого ходу» за допомогою регулятора рівня води PL. При зниженні рівня води регулятор розмикає контакти PL і відключає нагрівач ЕК1...ЕК3» [14].

Для рівномірного розподілу вологи та температури всередині секції-камери «передбачене циклічне перемішування повітря за допомогою вентиляторів. Режим управління роботою вентиляторів (тривалість роботи і час ввімкнення-вимкнення) забезпечується програмним реле KT1, яке вмикає електродвигуни М2 і М3 вентиляторів.

Системою автоматики передбачене управління процесом видалення льоду (снігової шуби), яка наростає на поверхні охолоджувачів. Режим роботи встановлюють перемикачами SA4 і SA5. В автоматичному режимі наявність «шуби» встановлює реле тиску SP2, яке сприймає різницю в тиску до і після охолодника. При обмерзанні повітропроводів ця різниця збільшується, що призводить до замикання контактів SP2 і спрацювання реле KV7. Реле KV7 своїми контактами відключає магнітний пускач KM3 вентиляторів охолодників і аміачний клапан YA1. Одночасно воно вмикає електромагнітний клапан YA2 води розморожування, а іншою групою контактів — реле затримки часу KT3 і реле KV6. Реле KV6 вимикає реле KV7. Із затримкою 3 хв., достатньою для виходу аміаку з охолодника, контактом KT3 вмикається пускач KM8, який включає насос M6 води розморожування і електромагнітний клапан виходу води YA3. Магнітний пускач KM9 вмикає додаткову секцію нагрівників води EK4. Через 27 хв. контактом KT3 насос M6, нагрівник EK4 і клапан YA3 вимикаються. Цикл розморожування закінчений і через 3 хвилини (за цей час з охолодника збігає вода) реле KV7 повертається в початкове положення і знову вводить в автоматичну роботу ланки управління аміачним клапаном YA1 і електроприводами M2 і M3 вентиляторів охолодників» [14].

Комплект автоматики також містить в собі «автоматичні системи управління рівнем аміаку, компресорами; управління повітряною завісою, яка вмикається при відкритті камер, а також прилади контролю, сигналізації і захисту електрообладнання» [14].

Для овочесховищ місткістю до 1000 т продукції пропонується «комплект обладнання ОРТХ (обладнання регулювання температури сховищ) з шафою керування ШАУ-АВ. Цей комплект обладнання забезпечує активне вентилявання овочів без їх охолодження (див. рис. 2.9).

На схемі позначено: «1, 2 і 4 - змішувальний клапан, підігрівач та виконавчий механізм; 3 і 5 - припливна та витяжна шахти; 6 - рециркуляційний опалювально-вентиляційний агрегат; 7 - вентиляційний канал; 8 - припливний вентилятор; S1... S4 - кнопкові станції; E1 - датчики диференціального

терморегулятора А3; Е2, Е3, Е4 - датчики терморегуляторів; Е5 - датчик пропорційного терморегулятора А1; Е6 - біметалічний датчик температури підігріву шафи ШАУ-АВ; А6 - електронагрівач; S5, S6 - універсальні перемикачі; S7 - вимикач; К1 - реле часу; К2... К5 - магнітні пускачі» [15].

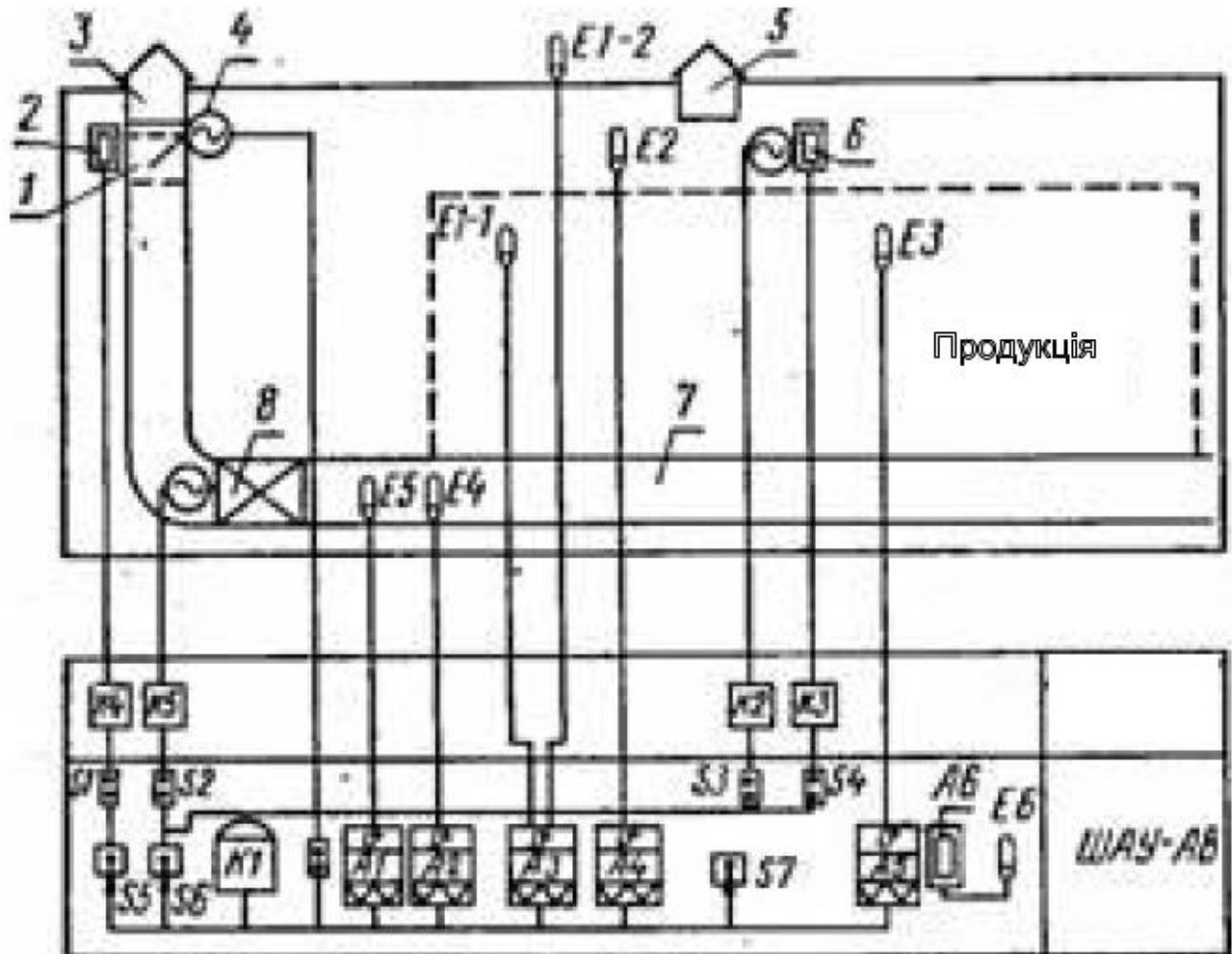


Рис. 2.9 - Структурна схема автоматичного керування ОРТХ температурним режимом в овочесховищі [15].

Температура продукції в овочесховищі регулюється та підтримується на заданому рівні терморегулятором А5. «При підвищенні значення терморегулятор готує до включення ланцюг магнітного пускача К5 припливної вентиляції. Поступає в сховище повітря змішується з внутрішнім в змішувальному клапані 1. Температура суміші регулюється пропорційним терморегулятором А1, керуючим заслінкою змішувального клапана за допомогою виконавчого механізму 4. Диференціальний терморегулятор А3

включає електродвигун припливної вентиляції 8 тільки в тому випадку, якщо температура зовнішнього повітря Е1-2, нижче, ніж у масі продукції. Терморегулятор А2 захищає продукцію від переохолодження зовнішнім повітрям, відключаючи припливну вентиляцію при виході з ладу змішувального клапана.

У період зберігання система вентиляції включається за програмою двопрограмного реле часу К1. Друга програма використовується для включення електропідігрівача 2 змішувального клапана, що запобігає підмерзанню заслінки. При зниженні температури у верхній зоні сховища нижче за допустиму терморегулятор А4 включає електрокалорифер підігріву повітря (магнітні пускачі К2 і К3). Необхідна температура шафи управління підтримується терморегулятором А6 і електричним нагрівачем Е6» [15].

Треба зазначити, що дана система не використовує холодильне обладнання, що не забезпечує довгострокове зберігання овочів, і тому потребує як додаткового технологічного обладнання, так і модернізації автоматизації управління мікрокліматом.

Сучасні мікропроцесорні засоби, сенсори та технологічні пристрої з послідовними інтерфейсами RS485 дозволяють задовільнити усі вимоги до побудови на їх основі автоматизованих систем керування мікрокліматом в овочесховищах різного розміру і, відповідно, різної місткості в залежності від вимог фермерів або агрофірм.

Розглянемо розповсюджені такі засоби керування і серед них – Блок керування мікрокліматом БУМsmart.NET, на базі якого пропонується комплексне рішення від фірми OWEN [16].



Система керування мікрокліматом на базі блоку БУМsmart.NET призначена для забезпечення заданого мікроклімату в приміщенні, зокрема, в овочесховищі.

Технічні характеристики блоку керування БУМsmart.NET наведені в табл. 2.6.

Таблиця 2.6. Технічні характеристики блоку керування БУМsmart.NET [16]

Назва	Значення
Живлення	
Напруга живлення, В	220 ± 10 %
Частота змінного струму, Гц	45...65
Струм споживання блоку, не більше, А	6
Напруга вбудованого блоку живлення для виконавчих пристроїв, В	24±10 % (постійного струму)
Потужність вбудованого блоку живлення для виконавчих пристроїв, датчиків не більше, Вт	30
Дискретні входи	
Кількість входів	6
Максимальна частота сигналу, що подається на дискретний вхід, Гц	15 (якщо прогальність 0,5)
Вхідні пристрої, що під'єднуються	Комутаційні пристрої (контакти кнопок, вимикачів, герконів, реле тощо)
Аналогові входи	
Типи датчиків, що під'єднуються	Pt100 (a=0,00385 °C ⁻¹)
	100M (a=0,00428 °C ⁻¹)
	Pt1000 (a=0,00385 °C ⁻¹)
Опір входів для під'єднання активних датчиків 4...20 мА, Ом	100,0 ± 0,1
Дискретні виходи	
Кількість релейних вихідних каналів, шт.	4
Максимальний струм, комутований контактами реле, не більше, А	- 5 (для змінної напруги не більше 250 В навантаження для категорії використання АС-1)
	- 5 (для постійної напруги не більше 30 В навантаження для категорії використання DC-1)

Електричний ресурс реле, не менше, циклів перемикання	100 000
Аналогові виходи (ЦАП «параметр – напруга 0...10 В»)	
Кількість вихідних каналів	4
Діапазон вихідного сигналу, В	0...10 (крім виходу на аналогові вентилятори)
Опір навантаження, Ом, не менше	2000
Розрядність ЦАП, біт	10
Інтерфейси зв'язку	
Інтерфейс	RS-485
Кількість	2
Призначення інтерфейсу RS-485 №1	Зв'язок з інтерфейсними датчиками
Призначення інтерфейсу RS-485 №2	Зв'язок зі SCADA-системою або хмарним сервісом
Людино-машинний інтерфейс	
Тип дисплея	Текстовий монохромний РКІ з підсвічуванням
Кількість знакомісць (символів)	4 × 16
Кількість кнопок	9
Корпус	
Ступінь захисту блоку	IP54
Габаритні розміри блоку, мм	304×380×158
Установчі розміри блоку, мм	278×280×158
Маса нетто, кг, не більше	4
Середній термін служби, років, не менше	5
Середній наробіток на відмову, год, не більше	50 000

На базі даного блоку можна побудувати систему автоматизації керування

мікрокліматом в овочесховищі, розрахованому на зберігання від 100 до 300 тон продукції.

Також варто звернути увагу на Блок управління мікрокліматом від вітчизняної фірми Ventura [17].



Блок управління кліматом Venton керує в автоматичному режимі такими системами:

- вентиляцією,
- охолодженням,
- зволоженням,
- обігрівом.

У разі аварійної ситуації система видає помилку та спрацьовує сигналізація. На моніторі задаються бажані параметри мікроклімату.

У підсумку можемо констатувати, що ринок елементів, технологічних пристроїв та блоків управління мікрокліматом дозволяє розробити і побудувати ефективні автоматизовані системи забезпечення оптимальних зберігання продукції в овочесховищах різного масштабу.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ ОВОЧЕСХОВИЩА

3.1. Структурна схема автоматизованої системи керування мікрокліматом овочесховища

Розробка структурної схеми автоматизованої системи керування мікрокліматом овочесховища ґрунтується на вимогах до її функціональних характеристик. Ці характеристики визначаються умовами, які формують мікроклімат овочесховища (див. рис. 3.1).

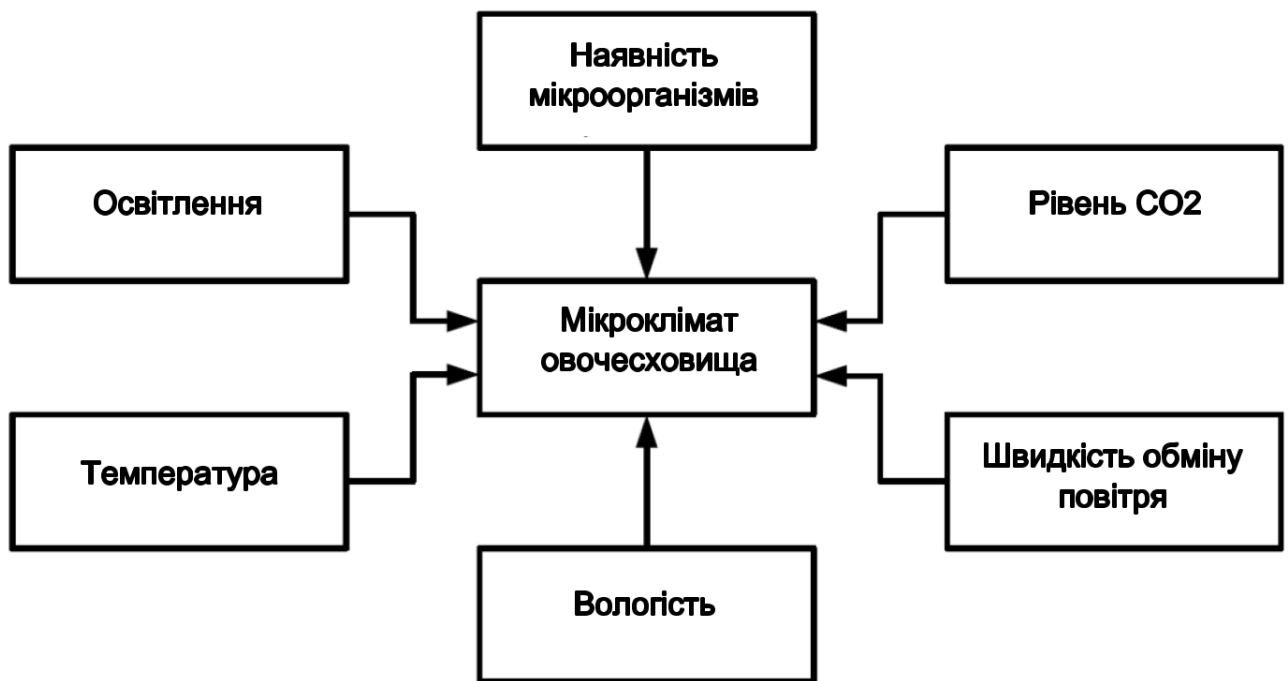


Рис. 3.1- Умови, що формують мікроклімат овочесховища.

На нашу думку, розроблена система автоматизованого контролю параметрів мікроклімату овочесховища повинна відповідати наступним вимогам:

- Наявність головного модуля управління та сенсорної системи, розміщених у визначеному місці, що збирають необхідну інформацію про стан мікроклімату складу та передають її на модуль керування.

- Розміри модуля керування повинні бути такими, щоб його можна було розмістити в зручному місці для оператора.

- Модуль управління повинен безперервно передавати всю інформацію про поточний стан мікроклімату приміщення в кожен проміжок часу, визначений оператором системи.

- Модуль управління повинен отримувати всю необхідну інформацію про поточні зміни стану різних функціональних вузлів камери по інтерфейсу RS485 або бездротовому зв'язку.

- Сенсори повинні мати точність, яка дозволяє однозначно і точно контролювати мікроклімат (кожен тип сенсора має свої власні допустимі похибки).

Основними параметрами модуля моніторингу є:

- Діапазон вимірювання температури всередині та ззовні овочесховища;
- діапазон вимірюваної відносної вологості всередині та ззовні овочесховища;
- діапазон вимірювання вмісту вуглекислого газу в повітрі всередині овочесховища;
- діапазон вимірювання освітлення всередині та ззовні овочесховища;
- діапазон вимірювання вмісту кисню в повітрі всередині овочесховища;
- Діапазон вимірювання неоднорідності показників повітря всередині овочесховища.

На основі параметрів моніторингу складається функціональний алгоритм роботи системи керування мікрокліматом овочесховища.

Функціональний алгоритм - це набір правил, що забезпечують правильне виконання технічного процесу в пристрої або системі.

Оскільки розроблена система є системою автоматичного керування за відхиленням, її функціональний алгоритм містить завдання збереження контрольованих параметрів в межах допустимих норм під час дії зовнішніх або внутрішніх збурень.

Цільовою дією для системи контролю мікроклімату є постійна величина значень множини контрольованих параметрів Аі мікроклімату овочесховища, тобто:

$$\{ A_i \} = \text{const} = \pm \Delta.$$

Функціональний алгоритм містить наступні дії:

1. Включення живлення;
2. Ініціалізація програмного забезпечення;
3. Перевірити підключення функціональних вузлів;
4. Перевірте наявність увімкнених датчиків;
5. Запит на отримання інформації від підключених модулів моніторингу;
6. Отримувати інформацію від модуля моніторингу;
7. Встановити режим роботи відповідно до виду овочів, що зберігається;
8. Підключіться до Інтернету та зв'яжіться з сервером, почніть запис параметрів на віддаленому сервері;
9. Перевірити відповідність нормативам поточним параметрам мікроклімату.
10. Встановити режим роботи приладу контролю мікроклімату відповідно до налаштованого режиму для забезпечення необхідних параметрів повітря.

В залежності від відповідного режиму роботи система управління вентиляцією управляє функціональними вузлами, що регулюють параметри повітря:

- повітрянагрівачі;
- Кондиціонер;
- зволожувач повітря;
- системи видалення вуглекислого газу та кисню з повітря;
- Система припливно-витяжної вентиляції в середині сховища.

Системи управління мікрокліматом приміщень для зберігання овочів повинні реалізовувати наступну послідовність операцій для забезпечення визначених значень контрольованих параметрів A_i (див. рис. 3.2).

Виходячи з вищевикладених вимог та маючи на увазі загальну концепцію розробленої системи, представимо структурну схему автоматизованого керування мікрокліматом овочесховища (див. рис. 3.3).



Рис.3.2. – Блок-схема функціонального алгоритму керування мікрокліматом овочесховища.



Рис. 3.3 – Структурна схема автоматизованої системи керування мікрокліматом сховища овочів.

Підсистема керування, яка показана на рис. 3.3. Вона складається з 10 блоків, що мають наступне використання.

Блок пристрою керування є основним обчислювальним блоком. Він обробляє всю інформацію, що надходить, та впливає на інші структурні вузли підсистеми, формує пакети інформації та відправляє їх на сервер. через порт RS485.

WEB-інтерфейс – забезпечує можливість запису поточного стану системи в реальному часі на віддаленому сервері.

Засобом виведення інформації є рідкокристалічний дисплей, світлові та інші індикатори. Вони показують функціональний стан усіх інших блоків підсистеми. При цьому:

Сенсори температури - відстежують поточну температуру в середині та ззовні овочесховища і містять усі необхідні елементи для коректної роботи сенсорів.

Сенсори вологості - відстежують поточний рівень відносної вологості в середині та ззовні овочесховища і передають інформацію про це в блок

пристрою керування.

Сенсор вуглекислого газу – контролює поточний рівень CO₂ в повітрі і передає його на мікропроцесорний блок пристрою керування.

Виконавчі блоки, що складаються з:

- підсистеми припливно-витяжної вентиляції,
- кондиціонування та зволоження,
- опалення,
- управління співвідношенням CO₂, кисню та інших газів у складі повітря в середині овочесховища,
- циркуляції повітря в середині сховища,

являє собою підсистему виконавчого обладнання, що отримує керуючі сигнали від пристрою управління, призначене для забезпечення необхідних параметрів мікроклімату у приміщенні для зберігання овочів.

Розроблена структурна схема дозволяє в повному обсязі виконувати усі задачі, що виникають при побудові та експлуатації автоматизованої системи керування мікрокліматом овочесховища.

Деталізація структурної схеми базується на виборі її складових частин на основі проведеного в Розділі 2 аналізу доступних елементів та пристроїв.

3.2. Вибір елементів та пристроїв структурної схеми автоматизованої системи керування мікрокліматом овочесховища.

У якості пристрою керування пропонується використати мікропроцесорний блок Venton вітчизняної фірми Вентура, який за своїми характеристиками (див. табл. 3.1.) не поступається закордонним аналогам, зокрема, БУМsmart.NET (див. табл. 2.6).

Блок Venton має широкі функціональні можливості та забезпечує керування однією секцією зберігання продукції в овочесховищі. Кількість таких блоків визначається масштабами овочесховища та видами продукції, що зберігається.

Функціональні можливості блоку Venton Plus розглянуто нижче.

Таблиця 3.1. Технічні характеристики блоку керування Venton Plus [17].

Назва	Значення
Фізичні характеристики	
Корпус	IP 55
Напруга живлення, В	230V
Частота змінного струму, Гц	45...60
Фазовий регулятор для плавного регулювання однофазними двигунами	10А
Сенсори температури	3 (є можливість розширення)
Реле управління виконавчими приладами (вентилятори, нагрівачі, серводвигуни, освітлення...)	8
Шина для підключення модулів розширення	CAN
Дискретні входи	
Кількість входів	6
Максимальна частота сигналу, що подається на дискретний вхід, Гц	15 (якщо прогальність 0,5)
Вхідні пристрої, що під'єднуються	Комутаційні пристрої (контакти кнопок, вимикачів, герконів, реле тощо)
Аналогові входи (напруга 0...10 В)	
Типи датчиків, що під'єднуються	Pt100 ($\alpha=0,00385 \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$)
	100М ($\alpha=0,00428 \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$)
	Pt1000 ($\alpha=0,00385 \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$)
Опір входів для під'єднання активних датчиків 4...20 мА, Ом	100,0 ± 0,1
Дискретні виходи	
Кількість релейних вихідних каналів, шт.	4

Максимальний струм, комутований контактами реле, не більше, А	5
Аналогові виходи (напруга 0...10 В)	
Кількість вихідних каналів	4
Діапазон вихідного сигналу, В	0...10 (крім виходу на аналогові вентилятори)
Опір навантаження, Ом, не менше	2000
Інтерфейси зв'язку	
Інтерфейс	RS-485
Кількість	1
Призначення інтерфейсу RS-485	Зв'язок з інтерфейсними датчиками Зв'язок зі SCADA-системою або хмарним сервісом
Людино-машинний інтерфейс	
Тип дисплея	Текстовий монохромний РКІ з підсвічуванням
Корпус	
Ступінь захисту блоку	IP 55

Функціональні можливості блоку Venton Plus наступні:

- Калібрування виходів 0-10V;
- Дві таблиці коректування відсотка роботи серводвигуна відносно вентиляції;
- Можливість підключення двох серводвигунів управління притоком повітря;
- Можливість розділення роботи вентиляції на два окремих канали, літню і зимову;
- Налаштування чутливості вентиляції до збільшення температури та вологості;
- Корекція клапанів припливу повітря в залежності від зовнішньої

температури та вологості;

- Журнал помилок на 1000 записів (вкл/викл живлення, відхилення температури та вологості, помилка датчика температури та вологості, помилка CAN модуля);

- Мінімальний рівень вентиляції автоматично розраховується від кількості овочів та зовнішньої температури і вологості;

- Контроль температури, вологості, рівня CO₂, мінімального та максимального рівня вентиляції;

- Автоматична програма регулювання мікроклімату;

- Калібрування мінімальної та максимальної напруги фазового регулятора;

- Калібрування значень з датчиків температури, вологості та CO₂;

- Два окремих паролі для оператора та системних налаштувань;

- Вибір кількості секцій вентиляції 1 – 6;

- Налаштування порогів включення/виключення обігріву;

- Можливість задавати пороги температури та вологості для спрацювання сирени сигналізації;

- Можливість вибирати джерела спрацювання сирени (поріг температури та вологості, помилка серводвигуна, датчика вологості, датчика температури, помилка модуля CAN шини).

Застосування блоку Venton Plus дозволяє реалізувати розроблену нами структурну схему (див. рис. 3.3) автоматизованої системи керування мікрокліматом овочесховища, яка представлена на рис. 3.4, де застосовані вибрані нами в Розділі 2 елементи та пристрої:

сенсори

- 1с - інтегрований сенсор температури, вологості та рівня CO₂ з інтерфейсом RS485 Comet T6445;

- 2с - сенсор температури та вологості ПВТ100 для зовнішнього середовища, який меншої вартості ніж аналогічний Comet T3511.

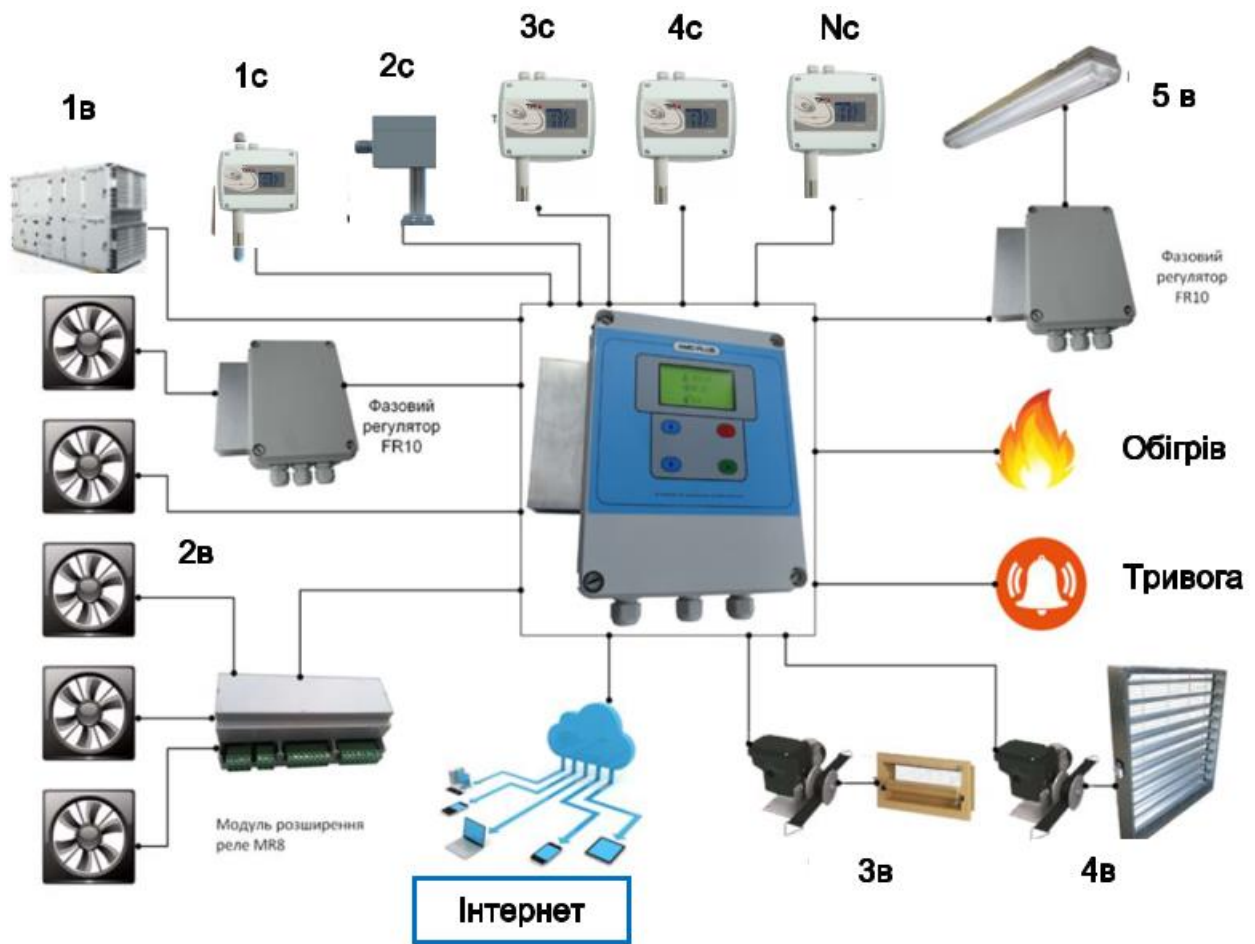


Рис. 3.4 – Система керування мікрокліматом на базі блоку мікропроцесорного управління Venton Plus.

Схема підключення сенсора температури та вологості (2с) ПВТ100 по RS485 зовнішнього показана на рис. 3.5.

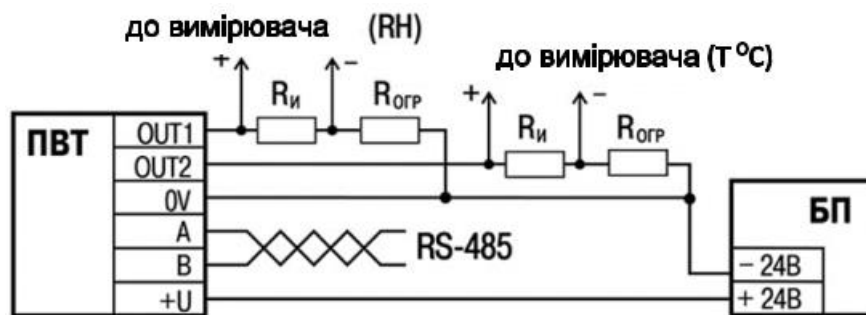


Рис.3.5 - Схема підключення сенсора температури та вологості ПВТ100.

Зважаючи на високі вимоги до вимірювання температури і вологи всередині овочесховища застосуємо декілька (хоча і більш дорогих) N

однотипних інтегральних сенсорів Comet T3511. На схемі вони позначені 3с, 4с,...,Nс.

Виконавчі пристрої:

- 1в – в якості основного виконавчого пристрою в системі для кондиціонування та вентиляції використаємо припливно-витяжну установку WIZARD DX (Італія) з виносними блоками серії «Mr.SLIM»;

- 2в – стельові вентилятори овочесховища;

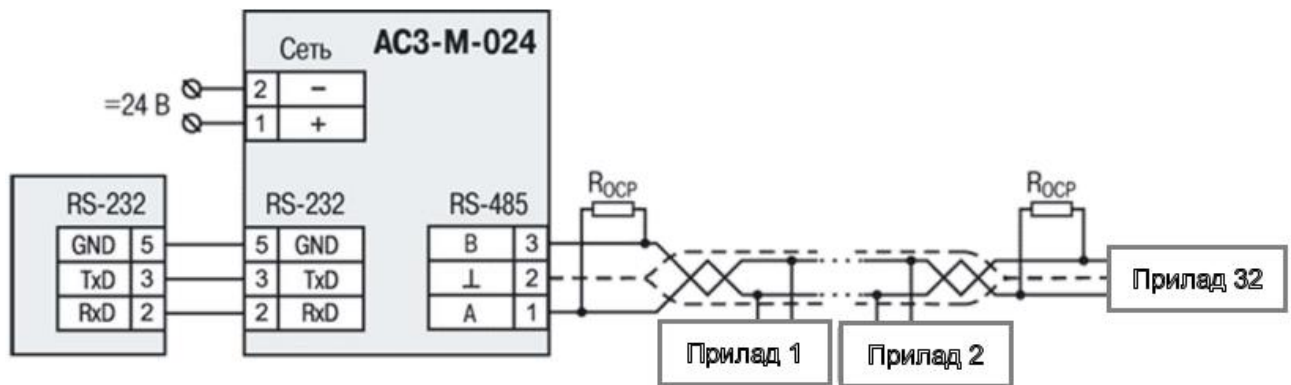
- 5в – пристрій робочого та аварійного освітлення.

Розроблена нами структурна схема автоматизованої системи керування мікрокліматом овочесховища дозволяє в повному обсязі забезпечити вимоги технологічного процесу тривалого зберігання різних видів овочів в універсальному овочесховищі.

3.3. Електричні схеми та протоколи з'єднань і програмне забезпечення пристроїв автоматизованої системи керування мікрокліматом овочесховища.

Електрична схема блоку управління Venton в складі автоматизованої системи керування мікрокліматом овочесховища предсталена на рис. 3.6, де:

- ПЛК – програмований логічний контролер;
- MB110-8A -модуль вводу аналогових сигналів;
- МУ110-6У – модуль аналогового виводу;
- UPS – блок безперебійного живлення або зовнішній електрогенератор;
- SCADA – програмне забезпечення диспетчерського контролю за технологічним процесом;
- АСЗ-М - Автоматичний перетворювач інтерфейсів RS-232/RS-485, схема його підключення показана нижче;



Сенсори та виконавчі пристрої під'єднані до Блоку керування через інтерфейси RS-232/RS-485 за їх стандартними протоколами, зокрема, ModBus - відкритий протокол обміну мережею RS-485, який розроблено компанією Modicon та підтримується незалежною організацією Modbus-IDA (www.modbus.org).

За протоколами RS-485 до ПЛК підключені пристрої аналогового входу та виходу.

Також через мережу RS-485 здійснюється зв'язок з хмарним сервісом, за допомогою якого відбувається в реальному часі віддалений моніторинг, контроль та налаштування автоматизованої системи керування мікрокліматом овочесховища.

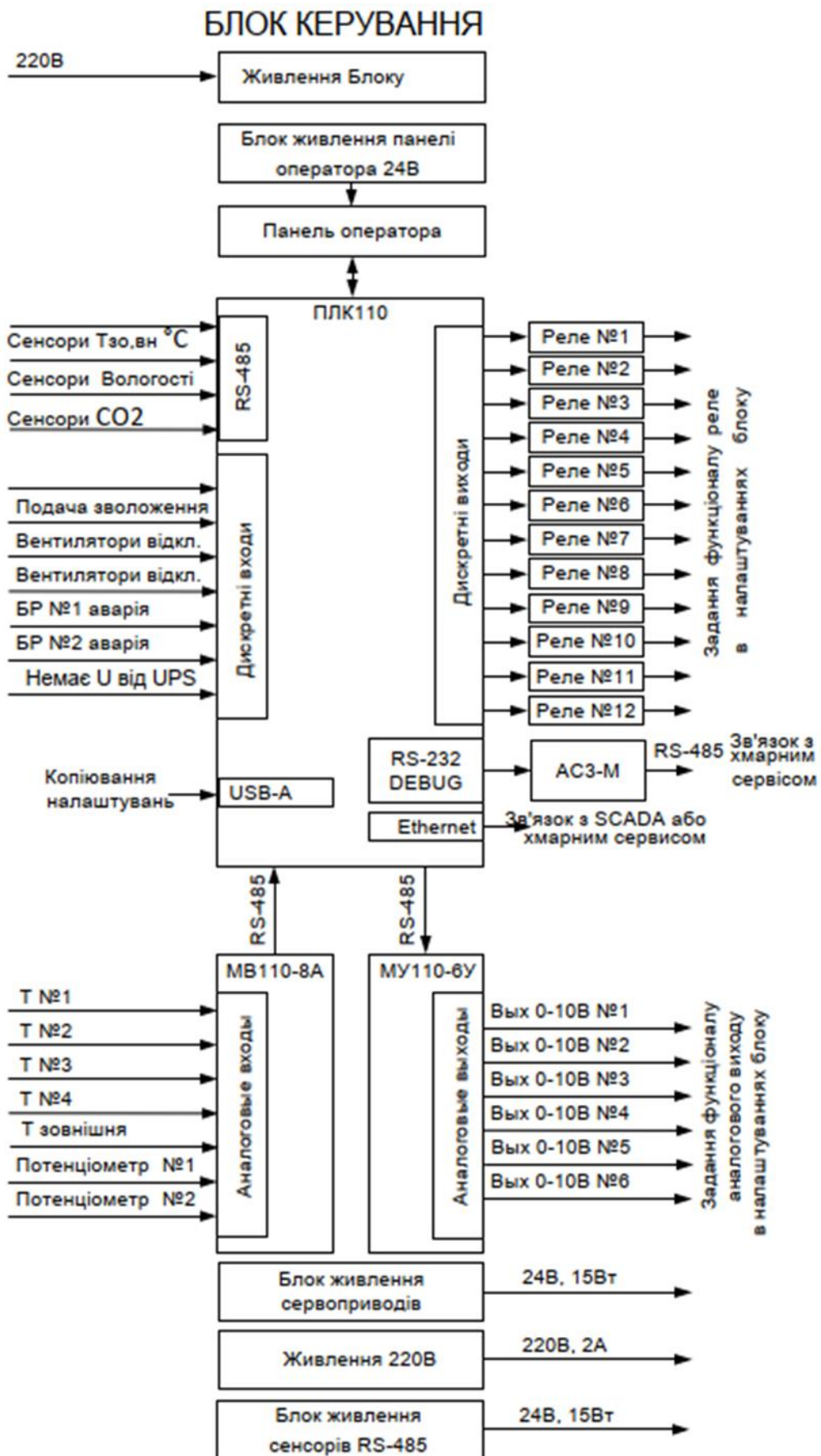


Рис. 3.6 – Електрична схема блоку управління автоматизованої системи керування мікрокліматом овочесховища.

За технологією Ethernet відбувається зв'язок з АРМ Диспетчера (див. рис. 3.7).

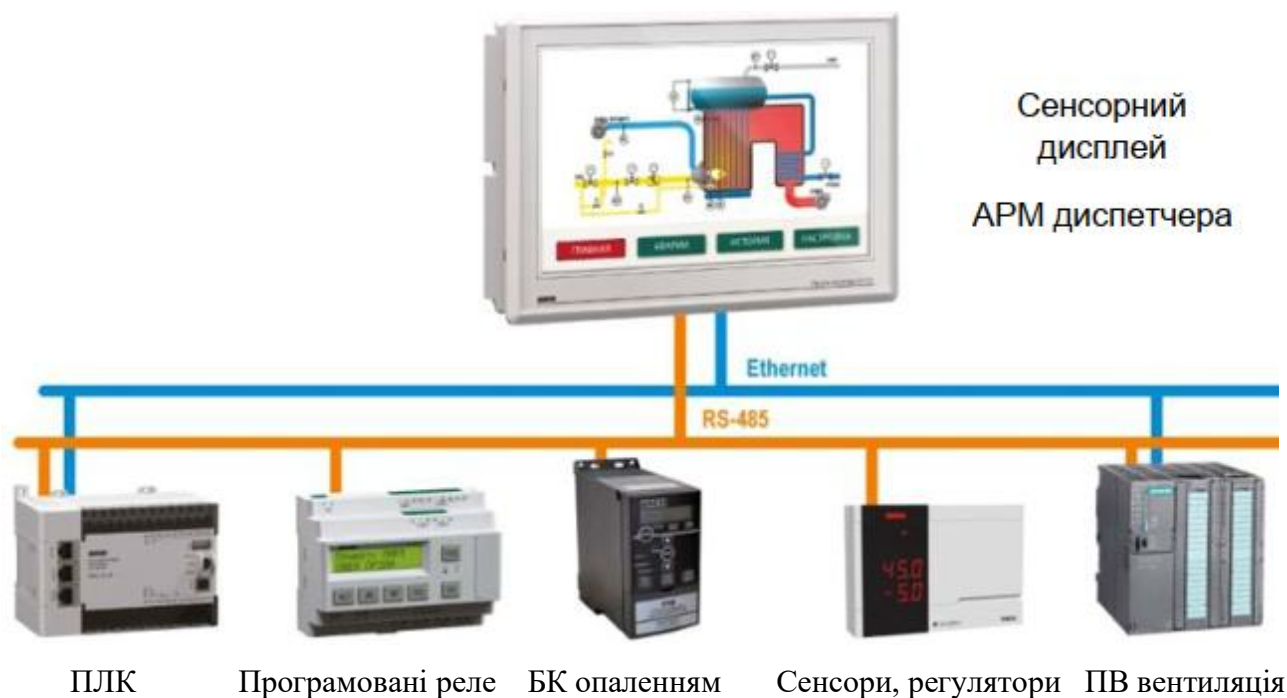


Рис. 3.7 – Схема з'єднання АРМ диспетчера з пристроями автоматизованої системи керування мікрокліматом овочесховища

Сенсорна панель АРМ Диспетчера, з якої диспетчер моніторить значення регульованих параметрів та аварійні ситуації і має фізичну змогу привести усе в норму.

Блок керування має вбудоване програмне забезпечення та свою мову програмування.

РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ ОВОЧЕСХОВИЩА

4.1. Фактори, що впливають на ефективність системи автоматизації овочесховища

Економічна ефективність системи автоматизації овочесховища може бути оцінена з різних поглядів [20]. Ось декілька факторів, які можуть впливати на ефективність системи автоматизації овочесховища:

Збільшення продуктивності. Система автоматизації може полегшити багато рутинних завдань, таких як контроль температури, вологості та провітрювання, що дозволяє збільшити продуктивність працівників. Це може призвести до збільшення обсягу виробництва та поліпшення якості продукції.

Зменшення втрат. Автоматизована система контролю може допомогти уникнути втрат врожаю через неправильне зберігання овочів. Вона може надавати постійний контроль параметрів, які впливають на якість та тривалість зберігання овочів, такі як температура, вологість та газовий склад.

Зниження витрат на енергозабезпечення. Овочесховища споживають значну кількість енергії для підтримання оптимальних умов зберігання продукції. Автоматизована система може ефективніше регулювати використання енергії, наприклад, шляхом використання сенсорів для точного контролю параметрів та вмикання/вимикання обладнання в залежності від потреби.

Зниження витрат на оплату працю: Автоматизована система може замінити або зменшити потребу у фізичній праці в овочесховищі для контролю та керування умовами зберігання. Це може дозволити знизити витрати на робочу силу або перенаправити працівників на більш складні завдання.

Збільшення точності та надійності. Автоматизовані системи зазвичай працюють з високою точністю та надійністю, що допомагає уникнути втрати

врожаю або погіршення якості продукції. Це підвищує економічну ефективність, зменшуючи втрати та підвищуючи якість продукції.

Враховуючи ці фактори, система автоматизації овочесховища може допомогти збільшити виробничі показники, знизити витрати та втрати, поліпшити якість продукції та збільшити загальну ефективність овочесховища. Однак, економічна ефективність буде залежати від багатьох факторів, таких як розмір овочесховища, вартість системи автоматизації, вартість робочої сили та ринкові умови.

4.2. Розрахунок економічної ефективності автоматизованої системи керування овочесховищем.

Припустимо, що фермерське господарство впроваджує автоматизовану систему управління овочесховищем для покращення контролю над умовами зберігання овочів. Вартість впровадження системи становить близько 50 000 у.о., включаючи придбання обладнання та його встановлення. Господарство очікує, що система допоможе збільшити виробничу потужність на 20% і знизити витрати на робочу силу на 10 000 у.о. на рік.

Також передбачається, що завдяки точному контролю температури та інших факторів, втрати врожаю зменшаться на 15%, що приведе до економії 8 000 у.о. на рік. Окрім цього, впровадження автоматизованої системи дозволить знизити споживання електроенергії на 10%, що зменшить витрати на енергію на 5 000 у.о. на рік.

Загальні щорічні економічні вигоди складатимуть:

- Збільшення виробничої потужності: $20\% * 100\ 000$ у.о. (річний дохід) = 20 000 у.о.
- Зниження витрат на оплату праці: 10 000 у.о.
- Зменшення втрат врожаю: 8 000 у.о.
- Зниження витрат на енергію: 5 000 у.о.

Отже, загальні щорічні економічні вигоди складатимуть 43 000 у.о.

Щодо капіталовкладень, зауважимо, вартість впровадження системи становить 50 000 у.о.

Тоді період окупності буде:

$50\ 000\ \text{у.о. (капіталовкладення)} / 43\ 000\ \text{у.о. (щорічні економічні вигоди)} \approx 1.16\ \text{року.}$

Таким чином, система автоматизації овочесховища повністю окупиться протягом близько 1,16 року. Після цього господарство буде отримувати чистий прибуток у розмірі 43 000 у.о. на рік (загальні економічні вигоди за мінусом витрат на обслуговування системи).

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1. Нормативно-правові положення з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Державна політика з питань охорони праці в Україні регулюється законодавчими та нормативно-правовими актами, зокрема Законом України «Про охорону праці» від 14 жовтня 1992 р. Цей Закон визначає основні положення щодо реалізації конституційного права громадян про охорону їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності, регулює за участі відповідних державних органів відносини між власником підприємства, установи й організації або уповноваженим ним органом і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

Охорона праці – проблема складна і багатогранна. Соціальне значення охорони праці полягає в сприянні зростанню ефективності виробництва шляхом безперервного вдосконалення і поліпшення умов праці, підвищення її безпеки, зниження виробничого травматизму і професійної захворюваності. У зв'язку з цим соціальне значення охорони праці виявляється у трьох основних показниках:

- зростанні продуктивності праці в результаті збільшення фонду робочого часу;
- скорочення цілоденних втрат робочого часу;
- збереження трудових ресурсів і підвищення професійної активності працівників завдяки поліпшенню стану здоров'я, підвищення їх професійного рівня.

5.2. Удосконалення охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях при зберіганні продукції в овочесховищах.

Овочесховища, як будь-яке робоче середовище, повинні дотримуватися вимог щодо охорони праці та безпеки, включаючи надзвичайні ситуації.

По перше - це пожежна безпека. Вона вимагає: забезпечити наявність вогнегасників та детекторів диму у відповідних місцях овочесховища; проводити регулярні перевірки та тестування пожежних систем; встановити правила безпеки щодо обробки та зберігання легкозаймистих матеріалів.

Протипожежна система для овочесховища може включати наступні компоненти:

- Пожежні детектори. Встановлення автоматичних пожежних детекторів, які спрацьовують при виявленні диму, високої температури або підвищеної концентрації пожежонебезпечних газів у приміщенні овочесховища.
- Система пожежного сповіщення. Встановлення системи пожежного сповіщення, яка активується при спрацюванні пожежних детекторів. Це може бути звукові сигнали, світлові сигнали або автоматичне сповіщення до пожежної служби.
- Вогнегасники. Розміщення вогнегасників у стратегічних місцях овочесховища, які дозволять оперативно впоратися з невеликими загоряннями. Рекомендується використовувати вогнегасники з придатними до використання для овочів вогасниками, наприклад, водяними вогнегасниками.
- Система автоматичного знеструмлення. У разі спрацювання пожежних детекторів або активації пожежної системи автоматично вимикається електропостачання в певних ділянках овочесховища, щоб запобігти подальшому розповсюдженню вогню через електричні кола.
- Евакуаційні шляхи та знаки. Мають бути чітко визначені евакуаційні шляхи з навігаційними знаками та планами овочесховища, щоб працівники могли швидко та безпечно вийти у разі надзвичайної ситуації.
- План надзвичайних ситуацій. Розроблення плану надзвичайних ситуацій, який включає процедури дії працівників у разі пожежі, вказівки щодо евакуації, збору на майданчику та сповіщення пожежних служб.

Окрім цього важливе значення в овочесховищах має електробезпека та вентиляція і контроль якості повітря. Всі електричні системи та обладнання

повинні відповідати нормам безпеки та перевірятись регулярно. Усі електричні пристрої захищаються від вологи та перевіряється стан електричних кабелів. Має бути забезпечена належна вентиляція в овочесховищі, щоб уникнути накопичення шкідливих газів (фреон, озон, діоксид вуглецю, етилен) та запахів. Якість повітря та параметри, такі як вологість та рівень вуглекислого газу, мають регулярно перевірятись та відповідати нормам для знаходження в овочесховищі працівників.

Важливо, щоб усі працівники були належно навчені та інформовані про вимоги щодо безпеки та процедури дії у надзвичайних ситуаціях. Збереження безпечного та здорового робочого середовища для працівників сприяє запобіганню нещасних випадків і покращує загальну продуктивність роботи працівників овочесховища.

5.3. Розрахунок блискавкозахисту овочесховища.

Блискавкозахист — це комплекс захисних пристроїв, призначених для забезпечення безпеки людей, збереження будинків і споруджень, устаткування і матеріалів від можливих вибухів, руйнувань і пожеж, що виникають від удару блискавки, а в будинках сільськогосподарських підприємств — також для забезпечення безпеки тварин і птахів.

Відповідно до курсу України на гармонізацію національної нормативної бази з міжнародною, прийнято чотири стандарти, а саме:

- ДСТУ EN 62305-1:2012 «Захист від блискавки. Частина 1. Загальні принципи» (EN 62305-1:2011, IDT);
- ДСТУ ІЕС 62305-2:2012 «Захист від блискавки. Частина 2. Управління ризиками» (ІЕС 62305-2:2010, IDT);
- ДСТУ EN 62305-3:2021 «Захист від блискавки. Частина 3. Фізичні руйнування споруд та небезпека для життя людей» (EN 62305-3:2021, IDT, далі — ДСТУ EN 62305-3:2021);

- ДСТУ EN 62305-4:2012 «Захист від блискавки. Частина 4. Електричні та електронні системи, розташовані в будинках і спорудах» (EN 62305-4:2011, IDT).

Основним елементом блискавкозахисту є правильно спроектоване заземлення. При виносній системі заземлення заземлювачі розташовуються на деякій відстані від заземленого обладнання. Тому заземлене обладнання знаходиться поза полем розтікання струму і людина, торкаючись його, опиниться під повною напругою відносно землі. Виносне заземлення захищає тільки за рахунок малого опору ґрунту.

При використанні заземлюючого пристрою одночасно для електроустановок напруга вище 1000 В мережі з ізольованою нейтраллю і для електроустановок до 1000 В з глухозаземленою нейтраллю, опір заземлюючого пристрою має бути не більше 4 Ом при лінійній напрузі 380 В.

Контур штучного заземлення овочесховища має форму прямокутника. Заземлювач передбачається виконати з вертикальних сталевих електродів завдовжки 3 метри. Верхні кінці вертикальних електродів з'єднуються за допомогою горизонтального електроду - сталеві смуги розміром 40x4 мм, укладеної в землю на глибину 0,5 м.

Початкові дані для розрахунку штучних заземлювачів зведені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 - Початкові дані для розрахунку захисного заземлення

Вид заземлення	виносне
Довжина вертикального електроду l , м	3
Діаметр вертикального електроду, м	0,016
Глибина заставляння заземлювачів у ґрунт h , м	0,5
Питомий опір ґрунту ρ , Ом*м	50
Кліматична зона	II
Розміри горизонтального електроду $b \times c$, мм	40 x 4
Опір заземлюючого пристрою $R_{з.п.}$, Ом	4

Розрахунок заземлюючого пристрою робитимемо згідно ДСТУ.

Визначаємо значення електричного опору розтіканню струму в землю від поодинокого заземлювача:

$$R_3 = \frac{\rho \cdot K_c}{2 \cdot \pi \cdot l} \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + 0,5 \cdot \ln \frac{4t + l}{4t - l} \right),$$

де ρ – питомий опір ґрунту, Ом · м;

K_c – коефіцієнт сезонності, що враховує промерзання і просихання ґрунту, в нашому випадку рівний 2;

l – довжина вертикального електроду, м;

d – діаметр вертикального електроду, м;

t – відстань від поверхні ґрунту до середини вертикального електроду,

м.

$$t = h + 0,5 \cdot l,$$

де h – глибина заставляння заземлювача в ґрунт, м

$$t = 0,5 + 0,5 \cdot 3 = 2 \text{ м};$$

$$R_3 = \frac{50 \cdot 2}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0,016} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot 2 + 3}{4 \cdot 2 - 3} \right) = 33,6 \text{ Ом}.$$

Розраховуємо число заземлювачів без урахування взаємних перешкод, що робляться заземлювачі один одному, так званим явищем взаємного екранування:

$$n' = \frac{R_{3,з}}{R_{3,п}};$$

$$n' = \frac{33,6}{4} = 8,4 \approx 8 \text{ шт.}$$

Розраховуємо число вертикальних електродів з врахуванням екранування.

$$n = \frac{n'}{\eta_3}$$

де η_3 – коефіцієнт екранування.

Коефіцієнт екранування приймаємо, за умови, що відстань між вертикальними електродами $a = l = 3$ м (рис. 5.1).

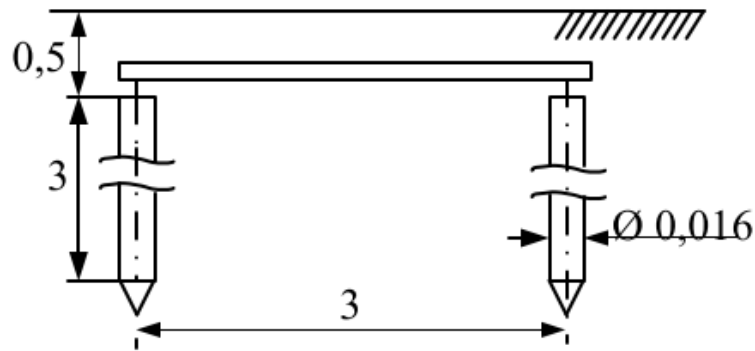


Рис. 5.1 - Схема розташування вертикальних електродів.

$$n = \frac{n'}{0,49} = \frac{8}{0,58} = 13,8 \approx 14 \text{ шт.}$$

Визначаємо довжину сполучної смуги :

$$l_{II} = 1,05 \cdot n \cdot a;$$

$$l_{II} = 1,05 \cdot 14 \cdot 3 = 44,1 \text{ м.}$$

Розраховуємо повне значення опору розтіканню струму зі сполучної смуги:

$$R_{II} = \frac{\rho \cdot K_c}{2 \cdot \pi \cdot l_{II}} \ln \frac{l_{II}^2}{0,5 \cdot b \cdot h},$$

де b – ширина сполучної смуги, м.

$$R_{II} = \frac{50 \cdot 2}{2 \cdot 3,14 \cdot 44,1} \ln \frac{44,1^2}{0,5 \cdot 0,04 \cdot 0,5} = 4,4 \text{ Ом.}$$

Розраховуємо повне значення опору заземлюючого пристрою :

$$R_{zn} = \frac{R_3 \cdot R_n}{R_3 \cdot \eta_n + R_n \cdot \eta_3 \cdot n},$$

де η_3 – коефіцієнт екранування смуги, [24];

$$R_{zn} = \frac{33,6 \cdot 4,4}{33,6 \cdot 0,46 + 4,4 \cdot 0,58 \cdot 14} = 2,9 \text{ Ом.}$$

Опір $R_{zn} = 2,9$ Ом менше допустимого опору рівного 4 Ом. Отже розрахована система заземлення забезпечує захист при виносній розташування заземлювачів.

ВИСНОВКИ

Для забезпечення продовольчої безпеки країни в сучасних складних умовах військової агресії проти України важливими є можливості тривалого зберігання вирощеної сільськогосподарської продукції з урахуванням її особливостей.

Проблема забезпечення населення та харчової промисловості України овочевою продукцією пов'язана з недостатньою кількістю різнотипових сучасних овочесховищ, обладнаних системами автоматизації, що також впливає на обсяги вирощування продукції, і, відповідно, на економічні показники фермерських господарств та на соціально-економічні показники територіальних громад.

Автоматизація технологічних процесів зберігання овочів дозволяє вирішити проблеми забезпечення їх високої якості під час тривалого зберігання, мінімізацію енергоспоживання, зменшення відходів продукції, всесезонність реалізації населенню та харчовій промисловості овочевої продукції.

В роботі здійснено аналіз необхідних умов зберігання для різних видів овочів та вибрано овочі з приблизно однаковими необхідними умовами (картопля, морква, буряк).

Проаналізувавши існуючі типи овочесховищ вибрано універсальне овочесховище для зберігання трьох видів продукції та досліджено його в якості об'єкту автоматизації, що дозволило визначити вимоги до автоматизованої системи керування мікрокліматом. Ці вимоги є наступними: регулювання внутрішньосховищної температури (3-5 °C) та вологості (90-95%) з врахуванням температури та вологості зовнішнього середовища. а також контроль співвідношення у внутрішньому повітрі кисню та CO₂.

На наступному етапі здійснено аналіз існуючих елементів, пристроїв та систем управління мікрокліматом овочесховища, визначено їх переваги та недоліки у забезпеченні необхідних умов для якісного та тривалого зберігання овочевої продукції у відповідності до технологічного процесу.

На основі проведеного аналізу та порівняння технічних характеристик вибрані сенсори основних параметрів мікроклімату овочесховища. Для одночасного вимірювання температури та вологості зовнішнього повітря пропонується застосувувати відносно недорогий сенсор ПВТ100. Для вимірювання параметрів мікроклімату всередині овочесховища застосовано більш сучасні, хоча і більш коштовні інтегральні сенсори фірми Comet з інтерфейсом RS485, а саме: для одночасного вимірювання температури, вологи та вмісту в повітрі CO₂ встановлено сенсор Comet T6445, а для вимірювання температури та вологості – інтегральні сенсори Comet T3511.

В якості одного з основних виконавчих пристроїв застосовано установку WIZARD DX припливно-витяжної вентиляції з роторним рекуператором та виносними блоками серії «Mr.SLIM», що забезпечує енергоощадне охолодження або нагрівання повітря та вентиляцію повітря за рахунок використання електродвигунів із вбудованим інвертором та прямим приводом.

Аналіз пристроїв та автоматизованих систем керування мікрокліматом овочесховища дозволив зробити висновок про доцільність використання в якості керуючого пристрою системи Блоку управління Venton вітчизняної фірми Вентура.

Розроблені структурна та функціональні схеми, електричні схеми з'єднань, а також алгоритм роботи вбудованого програмного забезпечення автоматизованої системи керування мікрокліматом овочесховища забезпечують виконання усіх вимог до технологічного процесу зберігання овочів.

Виконана кваліфікаційна робота має практичну значущість, що полягає у ефективності запропонованої системи автоматизації технологічного процесу зберігання овочів, яка може використовуватись в різних типах сховищ для декількох видів продукції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Інсолар-холод (2023). Сховища з регульованим газовим середовищем. URL: <https://insolar-holod.com/ua/area-of-business/ca-storages>
2. Попова О.І. (2020) Технологія зберігання плодів і овочів. URL: http://popova-oi.at.ua/posibnik_tekhnolog_zberigannja.pdf.
3. Особливості зберігання картоплі та овочів (2022). URL: <https://propozitsiya.com/ua/osoblivosti-zberigannya-kartopli-ta-ovochiv>
4. Овочесховище "Агросейв" (2020). URL: <https://ventbazar.ua/uk/project-84/>
5. Виробництво і монтаж безкаркасних арочних овочесховищ. URL: <https://askgroup.com.ua/ua/p100871396-stroitelstvo-zernohranilisch-skladov.html>
6. Прості сховища – бурти і траншеї (2018). URL: <https://foodtechnology.pro/tehnologiya-zberigannya-plodiv-ta-ovoch/sposobi-ta-metodi-zberigannya/prosti-shovishha-burti-i-transheyi>
7. Бізнес на зберіганні овочів (травень 2023). URL: <https://tdp.org.ua/yak-pobuduvati-ovochesxovishhe-na-100-tonn/>
8. Припливно-витяжні установки (2018). URL: <https://nse.com.ua/product/protochno-vytyazhni-ustanovky-mitsubishi-electric-z-rotornym-rekuperatorom-wizard-dx/#technical>
9. AIR HANDLING UNITS (2018). URL: <https://climaveneta.com>
10. Comet System. Remote CO2 concentration thermometer hygrometer with Ethernet interface and two relays (2021). URL: <https://www.cometsystem.com/products/remote-co2-concentration-thermometer-hygrometer-with-ethernet-interface-and-two-relays/reg-h6520>
11. Промисловий датчик вологості та температури повітря (2017). URL: <https://owen.ua/ru/datchiki/pvt100-datchik-temperaturi-i-vlazhnosti>
12. Comet System. Web sensor - remote thermometer hygrometer with Ethernet interface (2021). URL: <https://www.cometsystem.com/products/web-sensor-remote-thermometer-hygrometer-with-ethernet-interface-weather-sensor-for-environment-monitoring-/reg-t3511>

13. CO2 Sensor. URL: <http://sandboxelectronics.com/files/SEN-000007/MG811.pdf>
14. Автоматизація овоче- та фруктосховищ. https://atpicak.ucoz.ua/load/navchalnij_posibnik/rozdil_6_avtomatizacija_skhovishhs_g_produkciji/6_2_avtomatizacija_fruktoskhovishh/25-1-0-40
15. Електроустаткування та автоматизація плодо- та овочесховищ. URL: <https://leg.co.ua/arhiv/raznoe-arhiv/elektrooborudovanie-i-avtomatizaciya-selskohozyaystvennyh-agregatov-59.html>
16. Компанія Овен. БУМsmart.NET 02. URL
17. Venton-Plus — потужний блок управління мікрокліматом. URL: <https://ventura.com.ua/venton-plus/>
18. Pathak C. Automation of Refrigeration Systems for Extending Shelf life of Fruits and Vegetables in Remote Areas for Economically Weaker Section. Journal of Advanced Applied Scientific Research, 2022, Vol. 4 No. 1, P. 1-10.
19. Matson leads industry in automated cold storage technology (2022). URL: <https://www.goodfruit.com/matson-fruit-leads-industry-in-automated-cold-storage-technology/>
20. Боровик Н.А. До визначення поняття “економічна ефективність”. URL: http://dorogimosti.org.ua/files/upload/j9_6.pdf
21. Основи охорони праці: Підручник. 3-тє видання, доповнене та перероблене. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний та ін. – К. : Основа, 2011. – 480 с.