

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерної інженерії та управління
(повна назва)

Кафедра Комп'ютерних інтелектуальних технологій та систем
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
Пояснювальна записка

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Удосконалення системи створення
та контролю мікроклімату в приміщенні
(тема)

Виконав:

студент 2 курсу, групи КІТм-20-1
Шеліхов Ю.О.
(прізвище, ініціали)

Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Комп'ютерні інтелектуальні технології
(повна назва освітньої програми)

Керівник: _____
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри _____ проф. Руденко О.Г.
(підпис) (прізвище, ініціали)

2021 р.

Факультет _____ Комп'ютерної інженерії та управління _____
Кафедра _____ Комп'ютерних інтелектуальних технологій та систем _____
Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____
Спеціальність _____ 123 Комп'ютерна інженерія _____
(код і повна назва)
Тип програми _____ освітньо-професійна _____
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)
Освітня програма _____ Комп'ютерні інтелектуальні технології _____
(повна назва)

Харківський національний університет радіоелектроніки

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав.

кафедри

(підпис)

“ ____ ” ____ 2 ____ р.
0 ____ .

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студенту _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи _____

затверджена наказом по університету від “ ____ ” ____ 2021 р. № _____

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії _____

3. Вхідні дані до роботи _____

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати у роботі _____

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів) _____

6. Консультанти розділів роботи (заповнюється за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка

Дата видачі завдання _____

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис) _____
(посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи містить: 66 сторінки, 22 рисунки, 1 таблицю, 2 додатки, 11 джерел посилань.

Темою кваліфікаційної роботи є удосконалення системи створення та контролю мікроклімату у приміщенні.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка модифікованої апаратно-програмної складової системи контролю мікроклімату у замкненому приміщенні.

У ході виконання кваліфікаційної роботи досліджувалися існуючі апаратно-програмні моделі системи аналізу мікроклімату у виробничому приміщенні. Особливістю дослідження є вирішення завдання підтримки контролю показників мікроклімату у приміщенні гідропонного цеху. Модифікація апаратно-програмного комплексу системи підтримки мікроклімату у приміщенні.

СИСТЕМА КОНТРОЛЮ МІКРОКЛІМАТУ, ДАТЧИКИ, СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ КЛІМАТОМ, ШТУЧНІ НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ, АВАРІЙНЕ ЖИВЛЕННЯ, СЕРВЕР, WIFI, WLAN, T-SQL, МІКРОГРІН.

ABSTRACT

The explanatory note of the qualification work contains: 66 pages, 22 figures, 1 table, 2 appendices, 11 sources of references.

The topic of high-quality robots is the improvement of the system and the control of microclimate in the community.

The major goal of this thesis is the development of a modified hardware-software warehouse system and the control of microclimate in a closed environment.

In the course of the demonstration of the high-quality robots, the functional hardware-software models of the system and the analysis of the microclimate in the general population have been updated. Special attention is paid to the monitoring of microclimate indicators at the attached hydroponic shop. Modification of the hardware-software complex of the system and the adaptation of microclimate to the primitive.

CONTROL SYSTEM MICROKLIMAT, SENSORS, SYSTEM OF AUTOMATIC KERUVANNA KLIMATOM, PIECE NEURONY MEREZHI, AVARIINE LIVING, SERVER, WIFI, WLAN, T-SQL, MICROGRIN.

АНОТАЦІЯ

Станом на 2021 рік більшість господарських підприємств переходять до зрощування продукції у замкнених приміщеннях, через проблеми, які пов'язані з кліматом, родючістю ґрунту, нестабільними кліматичними умовами, що призводить до зменшення кількості продукції та підвищує собівартість.

Актуальність цієї роботи полягає в тому, що виробничі приміщення розташовані у різних кутках світу з різним кліматом та природними умовами, за для створення наближених природних умов всередині ферми, використовують системи контролю мікроклімату. Систем, для контролю не багато, але інтелектуальної немає.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка модифікованої апаратно-програмної складової системи контролю мікроклімату у замкненому приміщенні.

Об'єктом дослідження є процес підтримки оптимальних параметрів мікроклімату в приміщенні.

Предметом дослідження є впровадження елементів інтелектуальної системи у процес підтримки оптимальних параметрів мікроклімату.

В якості методів дослідження було використано системний аналіз, статистичний метод дослідження показників клімату.

Інформація, яка була досліджена та використана для написання кваліфікаційної роботи була взята з електронних, наукових та бібліографічних джерел.

Структура роботи складається з таких розділів:

Вступ;

Існуючі системи контролю мікроклімату;

Алгоритми та методи вирішення поставленої задачі;

Модернізація системи контролю мікроклімату;

Програмна реалізація елементів інтелектуальної системи;

Висновки.

В процесі виконання кваліфікаційної роботи, було успішно розроблено згорткову нейронну мережу для навчання моделі, яка розпізнає та корегує параметри мікроклімату у приміщенні такі як вологість, температура повітря, насиченість вуглекислим газом, тощо. Модель була успішно навчена та має точність розпізнавання 90 відсотків, що є позитивним результатом. Цю модель можна використовувати на гідропонних цехах для стабілізування клімату, та скороченню персоналу обслуговування що у свою чергу зводить людський фактор до мінімуму.

Для реалізації завдання кваліфікаційної роботи було досліджено предметну область нейронних мереж. Досліджено що таке персептрони, як вони працюють. Оглянуті проблеми навчання та їх вирішення, за допомоги сигмоїдних нейронів.

Розглянута архітектура нейронних мереж. Нейронна мережа за допомогою модуля формування рішення, видає рекомендації про управління технологічним процесом оператору-технологу, або спрямовує керуючі впливу безпосередньо на виконавчі механізми у разі автоматизованого режиму управління. Відповідно на виході НС-Р видаються фізичні величини керуючого впливу на температуру, вологість та вміст CO₂.

В основі нейромережевого регулятора лежить нейронна мережа прямого поширення типу багат шаровий персептрон з одним прихованим шаром та трьома вихідними параметрами. У даній мережі кожен нейрон попереднього шару пов'язаний із усіма нейронами наступного шару.

Під час розробки буде представлено структурно-параметричне моделювання процесу, з подальшим отриманням таблиці кореляційних зв'язків та перевірки її значності за критерієм Стюдента. Після отримання характеристик зв'язків між параметрами, був підібраний критерій якості, що відповідає поточним вимогам до регулюванню технологічного процесу, що відбувається на виробничому приміщенні. Даний критерій необхідний при

побудові інтелектуальної нейромережевої моделі.

Для побудови інтелектуального комплексу адаптивного управління процесами контролю мікроклімату необхідно уточнення математичної моделі параметрів середовища технологічного приміщення для зрошування харчової продукції з використанням формалізованого методу, в основі якого лежить фізичний підхід з інтерпретацією фізичних змінних, що визначають динамічні якості систем.

Запроваджена структурно-функціональна схема модифікованої інтелектуальної системи управління, що показує включення НС-Р до системи управління та його взаємодію з різними блоками збору інформації. Для забезпечення автоматичного управління технологічним процесом у режимі реального часу розроблено автоматизоване робоче місце (АРМ) оператора-технолога за допомогою системи SCADA TraceMode 6.0.

SCADA TraceMode - програмний комплекс класу SCADA HMI, розроблений компанією AdAstra Research Group, призначений для розробки програмного забезпечення АСУТП, систем телемеханіки, автоматизації будівель, систем обліку електроенергії (АСКУЕ, АПС КУЕ), води, газу, тепла, а також забезпечення їх функціонування в реальному часі. TraceMode складається з інструментальної системи та набору виконавчих модулів (рантаймів). В Інструментальній системі створюється набір файлів, який називається проектом TraceMode. За допомогою виконавчих модулів TraceMode проект АСУ запускається виконання в реальному часі на робочому місці диспетчера або оператора. Особливістю TraceMode є "технологія єдиної лінії програмування", тобто можливість розробки всіх модулів АСУ за допомогою одного інструменту. Технологія єдиної лінії програмування дозволяє в рамках одного проекту створювати засоби людино-машинного інтерфейсу, системи обліку ресурсів, програмувати промислові контролери та розробляти web-інтерфейс. Для цього в інструментальну систему TRACE MODE вбудовано спеціалізовані редактори.

За допомогою об'єктно-орієнтованого редактора представлення даних створено мнемосхему технологічного процесу, на якій у режимі реального часу відображається хід ТП із зазначенням контрольованих параметрів. При необхідності можна відстежувати контрольовані параметри мікроклімату за допомогою трендів – графіків, що відображають та аналізують історію ТП.

Для експериментальних випробувань адаптивної системи із застосуванням НС-Р було розроблено альтернативне рішення на РС-сумісній платформі. Запропоновано апаратну та програмну частину для реалізації інтелектуальної системи управління на базі ПЛК Омрон серії Cj1G.

При експериментальних дослідженнях як систему верхнього рівня використовувався портативний персональний комп'ютер із відповідним програмним забезпеченням. У процесі дослідження системи реєструвалися технологічні параметри процесу та параметри зовнішніх впливів, а також враховувалася інформація від бази даних про якісні показники рослин. За результатами вимірювань будувалися тимчасові графіки (тренди), які потім порівнювалися із завданням провідного технолога.

Через те, що на даний момент популярність сіті-фермерства зростає та більшість підприємців переходять до закрито-ґрунтового зрощування, потреба у системі автоматичного, інтелектуального контролю мікроклімату має велику актуальність. Також система може бути тісно зв'язана з контролерами автоматизації подання розчинів, провітрювання, освітлення, тобто влучати до себе повноцінний контроль роботи приміщення.

СИСТЕМА КОНТРОЛЮ МІКРОКЛІМАТУ, ДАТЧИКИ, СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ КЛІМАТОМ, ШТУЧНІ НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ, АВАРІЙНЕ ЖИВЛЕННЯ, СЕРВЕР, WIFI, WLAN, T-SQL, МІКРОГРІН.

Публікації здобувача за темою роботи:

1. Шеліхов Ю.О. Система контролю мікроклімату для забезпечення наближених природних умов. *Комп'ютерна інженерія і кібербезпека: досягнення та інновації*: Всеукраїнська науково-практична конференція здобувачів вищої освіти й молодих учених. Кропивницький. 2020. – С. 193 – 194. URL: <http://www.kntu.kr.ua/?view=advert&id=286>.

2. Шеліхов Ю.О. Вдосконалена система створення та контролю мікроклімату у замкнутому приміщенні. *Динаміка, рух та розвиток сучасної науки*: I Міжнародна студентська наукова конференція. Луцьк. 2021. С. 8 – 8. URL: https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/liga/issue/view/05.03.2021/468_.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	
ВСТУП.....	
1 ІСНУЮЧІ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ МІКРОКЛІМАТУ.....	
1.1 Необхідність впровадження системи контролю мікроклімату.....	
1.2 Переваги системи контролю мікроклімату.....	
1.3 Аналіз існуючих засобів систем контролю клімату.....	
1.3.1 Система контролю показників клімату sonoff.....	
1.3.2 Нейронна мережа, яка за знімком визначає вагу рослини.....	
1.4 Постановка задачі.....	
2 АЛГОРИТМИ ТА МЕТОДИ ВИРІШЕННЯ ПОСТАВЛЕНОЇ ЗАДАЧІ.....	
2.1 Структурна модель будови системи контролю мікроклімату.....	
2.2 Процес та основні етапи побудови системи контролю мікроклімату.....	
2.2.1 Зчитування показників.....	
2.2.2 Обробка інформації та запити до пристроїв.....	
2.2.3 Апаратна складова системи зміни клімату.....	
3 МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ МІКРОКЛІМАТУ.....	
3.1 Впровадження елементів інтелектуальної системи у процес підтримки оптимальних параметрів мікроклімату.....	
4 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ЕЛЕМЕНТІВ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ.....	
4.1 Концепція алгоритму інтелектуальної системи у процесі підтримки оптимальних параметрів мікроклімату.....	
ВИСНОВКИ.....	
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	
ДОДАТОК А ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ.....	
ДОДАТОК Б ВИХІДНИЙ КОД.....	

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ОС – операційна система

ШНМ – штучна нейронна мережа

API – програмний інтерфейс (англ., Application Programming Interface)

комаами (англ., Comma-Separated Values)

PDF – відкритий формат електронних документів (англ., Portable Document Format)

БД – база даних

ТЕН - трубчастий електронагрівник

НМ – нейронна мережа

CO₂ – углекислий газ

НС – навчальна середа

РС – робоча середа

ГЦ – гідропонний цех для зрощування рослин

ВСТУП

Станом на 2021 рік більшість господарських підприємств переходять до зрощування продукції у замкнених приміщеннях, через проблеми пов'язані з кліматом, родючістю ґрунту, нестабільних кліматичних умов, що призводить до зменшення кількості продукції та підвищує собівартість.

Актуальність цієї роботи полягає в тому, що виробничі приміщення розташовані у різних кутках світу з різним кліматом та природними умовами, за для створення наближених природних умов всередині ферми, використовують системи контролю мікроклімату. Систем, для контролю не багато, але інтелектуальної немає.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка модифікованої апаратно-програмної складової системи контролю мікроклімату у замкненому приміщенні.

Об'єктом дослідження є процес підтримки оптимальних параметрів мікроклімату в приміщенні.

Предметом дослідження є впровадження елементів інтелектуальної системи у процес підтримки оптимальних параметрів мікроклімату.

В якості методів дослідження було використано системний аналіз, статистичний метод дослідження показників клімату.

Інформація, яка була досліджена та використана для написання кваліфікаційної роботи була взята з електронних, наукових та бібліографічних джерел.

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи складається з таких розділів:

Вступ;

Існуючі системи контролю мікроклімату;

Алгоритми та методи вирішення поставленої задачі;

Модернізація системи контролю мікроклімату;

Програмна реалізація елементів інтелектуальної системи;

Висновки.

1 ІСНУЮЧІ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ МІКРОКЛІМАТУ

1.1 Необхідність впровадження системи контролю мікроклімату

Мікроклімат приміщення – сукупність змінних параметрів, які визначають стан внутрішнього середовища приміщення, виробничих цехів, складів тощо.

Мікрокліматичні показники значно впливають на самопочуття обслугованого персоналу, який перебуває у приміщенні підприємства, також на технологічний процес, працездатність та довговічність обладнання, збереження сировини і готової продукції.

Моніторинг показників мікроклімату потребує комплексного підходу – дуже важливо контролювати не тільки різні параметри приміщення, а й враховувати їхню взаємозалежність. Система контролю мікроклімату є обов'язковою ланкою для більшості промислових сфер, і потребує застосування спеціалізованого вимірювального обладнання, що відрізняється високими показниками точності.

Показники мікроклімату значно впливають на широкий спектр факторів, необхідних для нормальної життєдіяльності та роботи в приміщенні. Так від температури повітря на робочому місці безпосередньо залежить комфорт та працездатність працівників. Підтримка оптимальної температури у приміщенні дозволяє регулювати захисні процеси організмів, запобігати зростання захворюваності працівників, поширення інфекцій, зберегти стан продукції тощо. Крім цього, температурна стабільність необхідна для здійснення виробничих процесів, зберігання матеріалів та продукції. Температурні показники тісно взаємопов'язані з рівнем відносної вологості повітря, у зв'язку з чим їх контролю часто залучають багатофункціональне устаткування. Для моніторингу застосовуються спеціальні вимірювачі температури та вологості повітря – термогігрометри.

Відносна вологість повітря грає важливу роль забезпечення комфортних умов на промислових об'єктах. Оптимальні показники вологості в приміщеннях необхідні

для ефективної роботи та відпочинку, створення певних виробничих умов, виключення низки факторів, здатних завдати шкоди обладнанню та перешкоджати нормальному зберіганню матеріалів.

Швидкість руху повітряних потоків також необхідно враховувати для формування мікроклімату в офісних і виробничих приміщеннях. Контроль цього показника необхідний досягнення необхідного ступеня повітрообміну у приміщенні, надання сприятливого на здоров'я і самопочуття працівників. Одна і та ж швидкість руху повітря за різної температури може впливати на організм як позитивно, так і негативно. Саме тому для комплексного контролю та регуляції всіх мікрокліматичних параметрів застосовуються багатофункціональні прилади та комплекси моніторингу.

Дуже поширений спектр типів приміщень та їх призначення для використання систем контролю за кліматом, до цього списку можливо віднести усі офісні приміщення, де дуже важливо зберігати працездатність персоналу, спортивні клуби та тренажерні зали - їм потрібне гарне провітрювання, ванні кімнати – бо надлишкова вологість може зіпсувати більшу кількість будівельних матеріалів, тощо. Прилади, що дозволяють здійснювати безперервний контроль мікрокліматичних показників, знаходять широке поширення у різноманітних галузях:

- тепличні комплекси;
- виробництво мікроелектроніки;
- складські приміщення та сховища;
- підприємства енергетики;
- науково-дослідні установи;
- сільськогосподарські комплекси;
- центри стандартизації та метрології;
- гідрометеорологія та ін.

1.2 Переваги системи контролю мікроклімату

Результатом роботи буде інтеграція апаратно-програмної складової у приміщенні власного підприємства яке спеціалізується на виготовленні господарської продукції а саме – мікрозелені. Згідно до цього, налаштування та апаратні засоби підібрані під потребуючи проблеми.

Головні питання впровадження системи для вирішення проблем пов'язані з метою контролювання температурних показників повітря у замкнутому приміщенні у межах від 18 до 21 градусів за Цельсієм бо саме за цих умов досягається найсприятливіша флора. Стабілізування відносної вологості у межах від 60% до 75%, через значно низьку вологість буде швидке осушування сумішей та ґрунтів, але якщо показник сягне вище 80 відсотків у приміщенні почне з'являтися пліснява та різні захворювання рослин. Автоматизація світлового дня для мікрозелені як і для більшості рослин грає невід'ємний критерій успіху, вчасне ввімкнення та відключення світлових ламп допоможе вирішити проблеми нестачі світла. Для тепличного устаткування після заходу сонця відбувається ввімкнення досвідчення для прискорення росту та розвитку культур, для приміщень загалом городського призначення – сіті-ферм, де процеси вирощування відбуваються без наявності сонця загалом, головним джерелом світла стають лампи. Але рослини також потребують нічного проміжку часу на відпочинок, отже наявність графіку контролю освітлення грає дуже важливу роль[1].



Рисунок 1.1 – Вигляд сучасного гідропонного цеху

Замкнуті приміщення також відрізняються від великих господарських полів тим, що активно розвиваються і модернізуються напрями використання гідропонних установ замість звичних земляних сумішей, що надає можливість не залежати від земель зовсім (рис.1.1). Гідропонікою називають технологію вирощування культурних рослин без участі ґрунту. Ціль зводиться до занурення кореневої системи у живильний розчин або воду. В останні роки метод поступово набуває популярності у всьому світі. Завдяки системі гідропоніки вдається вирішити проблему дефіциту якісних земель. Конструкції різних масштабів прискорюють зростання і якість культур, що вирощуються. Споруда є подібністю ємності з живильною рідиною, поверх якої встановлюється решітка або пінопласт з отворами для розсади (рис.1.2). На ґратах розподіляється вологий субстрат (керамзит, торф, кокосове волокно та ін.)

У воду додають розчин з корисних мікроелементів та гумінових кислот, та для відстеження збагачення розчину теж потрібно використовувати системи

контролю[2].



Рисунок 1.2 – Технологія зрощування на плотах методом гідропоніки

Невід’ємною частиною усіх процесів зрощування у замкненому приміщенні є потужна припливно-витяжна система вентиляції, яка відноситься до системи контролю мікроклімату, бо при вирішенні проблем пов’язаних з вологістю саме завдяки вентиляції буде викачуватись вологе повітря назовні, а свіже потрапляти униз. Також вентиляція сприяє очищенню відпрацьованого повітря що запобігає розвитку шкідливих мікроорганізмів та захворювань. Але систему вентиляції потрібно скеровувати в залежності від потреби, за наявності високої вологості або інших критеріїв, бо без зупинне замінювання повітря може сприяти нестабільному клімату та інші вузли системи не зможуть працювати.

Отже використання систем контролю мікроклімату на основі зчитування, збору, порівняння та обробки показників, що надають запити до приладів корекції

середі бере важливу участь у створенні подібного гідропонного устаткування.

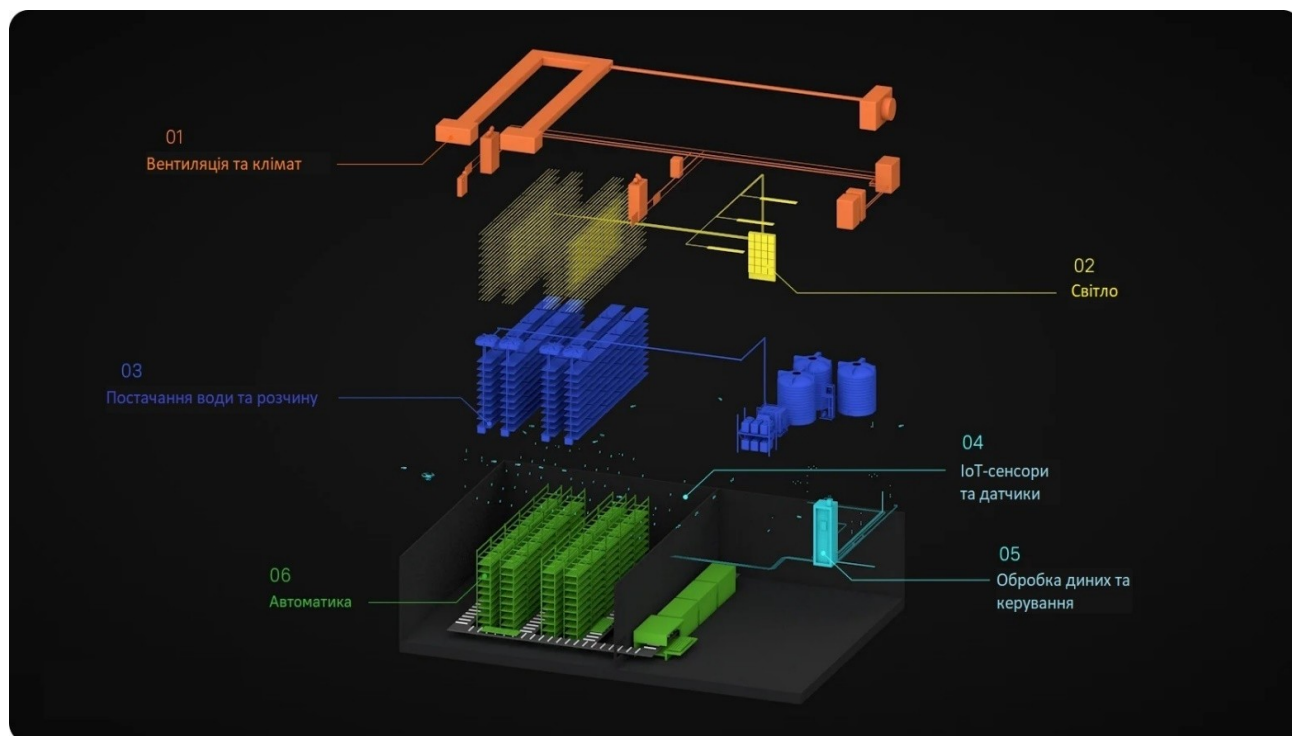


Рисунок 1.3 – Схема будови гідропонного цеху

1.3 Аналіз існуючих засобів систем контролю клімату

1.3.1 Система контролю показників клімату sonoff

Для спрощення використання систем контролю клімату вже відомо декілька джерел, які використовуються більшістю підприємств. Одним з основних гігантів є система Sonoff (рис. 1.4).

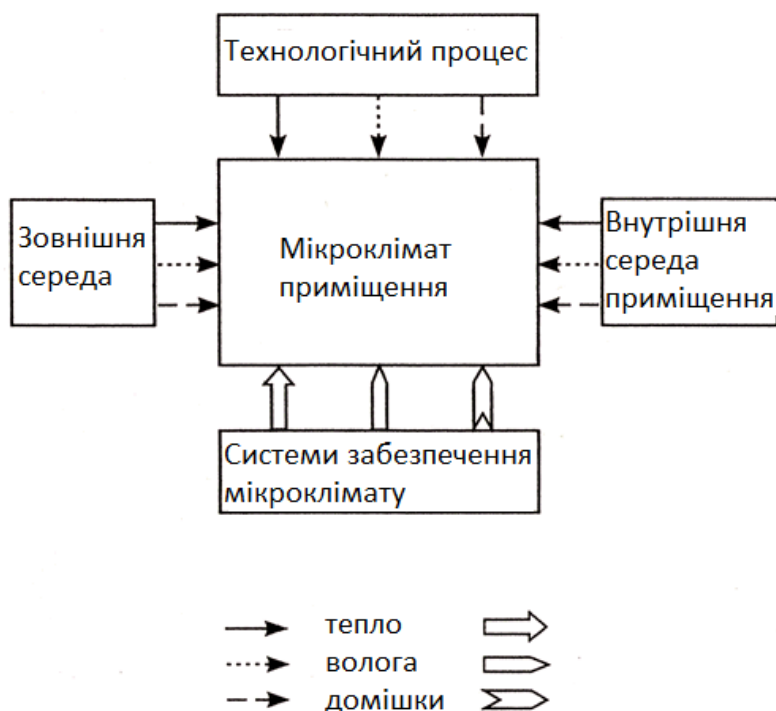


Рисунок 1.4 – Мікросхеми реле Sonoff

Sonoff – це реле з дистанційним керуванням від компанії ITEAD з інтеграцією у різні екосистеми приміщення. У найпростіших моделях, керування здійснюється лише за допомогою Wi-Fi, а у просунутих є управління за допомогою радіо каналу з частотою 433 мГц. Крім ручного керування, також можливо встановити роботу по таймеру або використовувати датчики. Крім Wi-Fi реле є і патрони для ламп, сенсорні вимикачі і розетки - все з дистанційним керуванням, що дозволяє автоматизувати деякі пристрої з їх допомогою і без втручання у внутрішню схему[3].

До властивостей Sun-off відносять:

- Підтримка з'єднання за допомогою WiFi;
- Підтримка відстеження статусу техніки у реальному часі;
- Підтримка віддаленого увімкнення або вимкнення для підключених пристроїв;
- Підтримка максимум 8 тимчасових завдань для кожного доданого пристрою.

До характеристик системи відносять:

- Діапазон напруги: 90-250V AC (50/60Гц);
- Максимальний струм: 10A;
- Максимальна потужність: 2200 Вт;
- Розміри: 88 * 38 * 23мм (L * W * H);
- Вологість: 5%-95%;
- Частота: 2.4Ghz;
- Температура температури: 0°C-40°C.

Особливістю Wi-Fi реле Sonoff є те, що вони інтегруються в екосистему розумного будинку IoT System, а також можуть працювати з такими системами та сервісами, як:

- Google Home;
- Google Nest;
- Amazon Alexa.

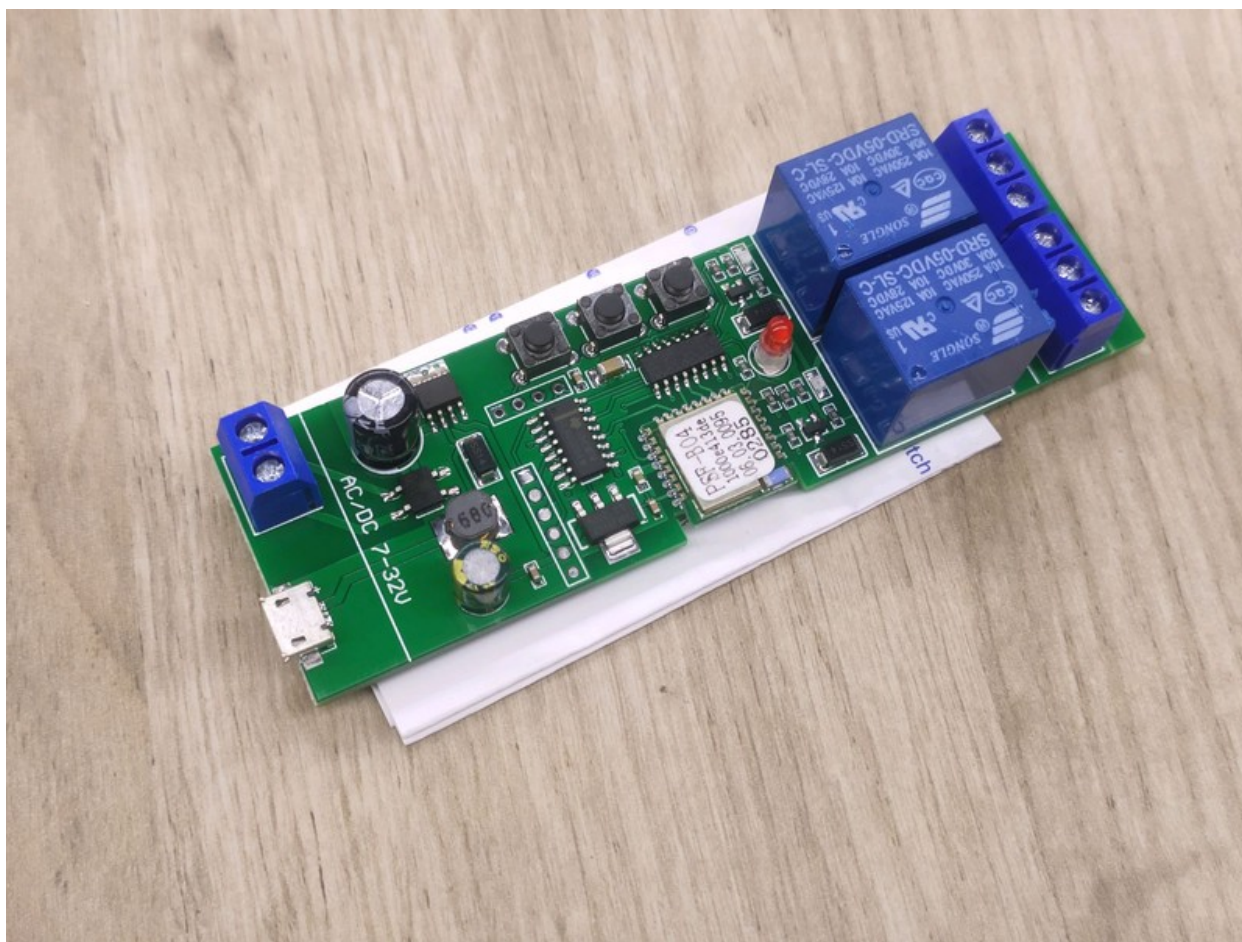


Рисунок 1.5 – Вигляд мікросхеми реле Sonoff.

1.3.2 Нейронна мережа, яка за знімком визначає вагу рослини

Нейронна мережа, навчена виявляти вагу рослини використовуючи лише фотографію, це доволі проривний напрям розвитку. Для тестування даної системи використовувалися технологічні інтерфейси програми “Telegram”. Дані про відхилення ваги надходять у вигляді повідомлень у систему yFarm, після чого програма вирощування коригується автоматично, або вручну фахівцями[4].

У якості початкового датасету збиралися фотографії контрольних культур щохвилини. Однак для навчання моделі використовувалися дані кожної години (решту залишили для валідації). Паралельно кожні три дні зважувалися контрольні рослини з ідентичних контрольних полиць без камер. Завдяки цьому були отримані дані про те, скільки важили всі рослини на конкретній фотографії у певний день

зростання при заданих параметрах мікроклімату, режиму живлення та освітлення.

Наступним кроком було прибирання спотворення на фото, інакше складно порівнювати розміри рослин. Подібні спотворення зветься «бочкоподібною» дисторсією (barrel distortion) і виникають через специфіку лінз у використовуваних фотокамерах. Однак саме такі лінзи дозволяють захопити в один кадр усю полицю через невеликі відстані між рядами з рослинами на вертикальній фермі.



Рисунок 1.6 – Апаратний комплекс фото-фіксування рослинності

Для тренування моделі нейронної мережі необхідно було зробити зіставлення між рослиною на знімку та їхньою масою. Було вирішено використати площу рослин як основну ознаку, чим більша площа зеленого кольору на фото, тим більша вага рослини. Щоб отримати площу всього ярусу, достатньо обчислити площу зеленого кольору на знімку, а для площі однієї рослини — отримати контури або область цієї рослини.

На знімках з ранніх днів зростання відокремити рослини одна від одної не склало труднощів. Але на пізніших днях вони починали перекривати один одного,

тому було навчено модель детектування контурів листя окремого куща на знімку. Для цієї нейронної мережі потрібно розмітити фото: «помістити» кожну рослину в обмежуючий паралелограм (bounding box). Після проведення цих робіт сегментувати рослини за зеленим кольором, відокремлювати кожну рослину та визначати її площу на полиці стало легше. За отриманими середніми показниками, обчислити цільову вагу (дані вихідного датасету) кожної рослини. При цьому розрахунку важливо було враховувати, що маса конкретної рослини повинна збільшуватися разом із збільшенням кількості днів початку посіву. Таким чином, спираючись на дані площі, модель може визначати масу рослини у конкретний день.

У процесі роботи було виділено кілька основних ознак, які є важливими та показовими для визначення відхилень:

- площа рослини на знімку (отримуємо з камер)
- кількість днів від посіву (міститься в уFarm)
- потужність освітлення (міститься в рецептурі вирощування культури та дані з контролерів)

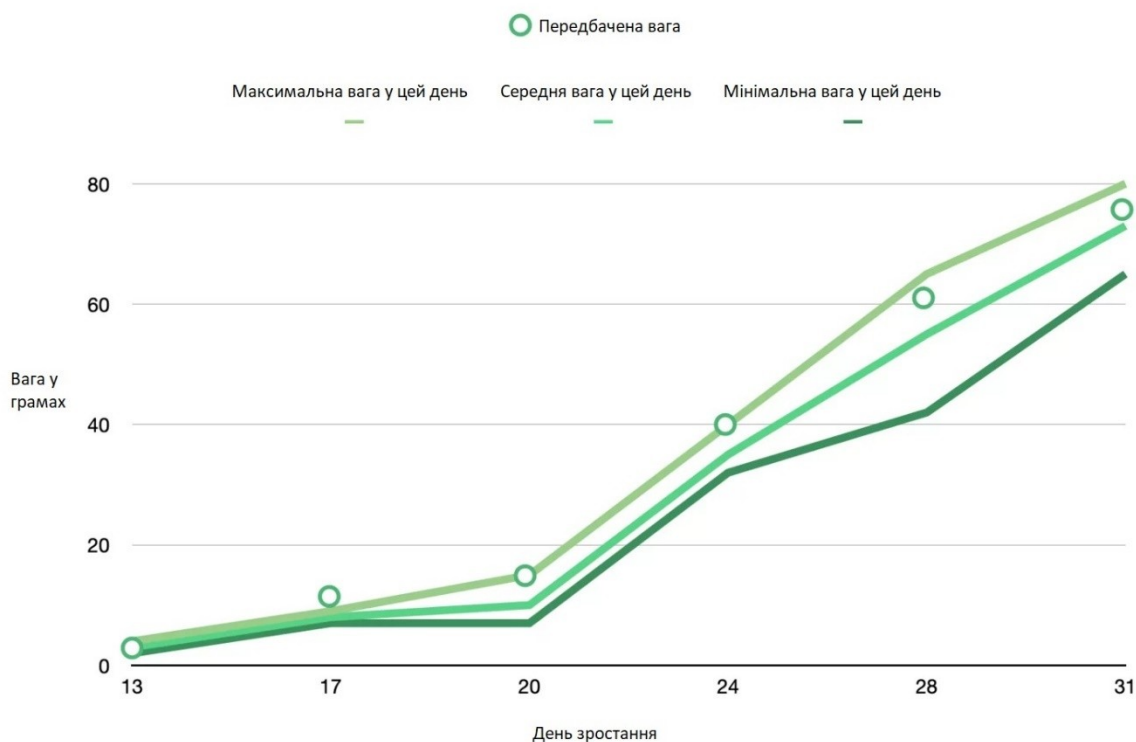


Рисунок 1.7 – Графік визначення ваги системою уFarm

Таким чином, нейронна мережа приймає фото та ідентифікатор поліці, тип освітлення (потужність) та кількість днів від посіву. Після чого модель нейронної мережі визначає зелену масу та передає в систему показники маси кожної рослини та сумарну масу всіх рослин на знімку. Також передбачається певний моделлю день зростання рослин, а на підставі статистичних даних виводиться очікувана вага цього дня. Дані порівнюються, і у разі відхилень система попереджає про можливі відхилення від норми.

1.4 Постановка задачі

Розробка модифікованої апаратно-програмної складової системи контролю мікроклімату у замкненому приміщенні. Практична реалізація системи за допомогою інтеграції у виробниче підприємство. Що зумовлює спрощення системи контролю за виробничою зоною, кліматичними умовами, зменшення кількості

обслуговуючого персоналу, та дистанційне відстеження і керування.

Головними вузлами системи є:

- Апаратні засоби зчитування показників;
- Програмні засоби збору, обробки та порівняння показників за встановленими нормами;
- Запити керування приладами зміни середи;
- Апаратні засоби контролю клімату.

2 АЛГОРИТМИ ТА МЕТОДИ ВИРІШЕННЯ ПОСТАВЛЕНОЇ ЗАДАЧІ

2.1 Структурна модель будови системи контролю мікроклімату

Мікроклімат – це комплекс наближених метеорологічних умов у приміщенні: температура, відносна вологість, повітрообмін, швидкість руху повітря, вміст у повітрі твердих частинок (пилу), наявність приємних запахів (ароматерапія) та ін[5].

Оптимальними для мікроклімату житлових та громадських приміщень у теплу пору року вважаються:

- температура повітря 22-25 °C,
- відносна вологість 30-60 %,
- швидкість руху повітря не більше 0,25 м / с;

У холодну пору року ці показники становлять відповідно:

- температура повітря 20-22 ° C;
- відносна вологість 30-45%;
- швидкість руху повітря не більше 0,1-0,15 м / с;

При цьому різниця температур по горизонталі від вікон до протилежної стіни не повинна перевищувати 2° C, а по вертикалі 1 ° C на кожен метр висоти приміщення.

Для створення комфортного мікроклімату в приміщенні використовуються спеціальні системи: у холодну пору року – системи опалення: газові, дров'яні або вугільні печі; система централізованого водяного, у поодиноких випадках (як застарілого) парового опалення (для житлових та громадських будівель заборонено); калорифери та електрообігрівачі. Системи припливно-витяжної вентиляції (можливе використання рекуперації теплової енергії витяжного повітря). Системи зволоження повітря (парові, ультразвукові, із традиційним випаром (холодні)).

У теплу і жарку пору року - системи вентиляції та кондиціювання (охолоджувачі, осушувачі, знепилювачі).

2.2 Процес та основні етапи побудови системи контролю мікроклімату

Розробка системи контролю буде спрямована на приміщення виробничого типу, а саме на приміщення по зрошуванню зелені до якої відносять: петрушка, кріп, різні види салатів, мікрозелень: горох, соняшник, цибуля, всі види редисок, капусти, амарант, кукурудза та інші. Усі ці види рослин вирощуються виключно без ґрунту, за основу вирощування беруть великі гідропонні установки до яких підводять подачу води з сумішами корисних-біологічних речовин які рухаються каналами або резервуарами на яких плавають плоти з рослинами. Такий метод дозволяє рослинам не розвивати у повній мірі свою кореневу систему та направляти усі корисні та поживні речовини до розвинення зеленої маси, що зумовлює дуже швидкий ріст. Саме тому рослинам не потрібен субстрат або ґрунт у якому вони постійно шукають вологу, тим самим розвиваючи свою кореневу систему замість надземної частини, що значно подовжує строки зростання та експлуатації рослин. Замість ґрунтів у гідропонних цехах використовують каміневу вату або дуже маленькі горщики, які виконують роль фіксування рослини до поверхні. Розчин який поперемінно поступає до кореневої системи збагачений природними мінералами на натуральними добривами на основі гумінових кислот, а також укорінювачі, такі методи допомагають пришвидшити стадії розвитку рослини, покращити її фізіологічний стан та зменшити фітопатологію семені.

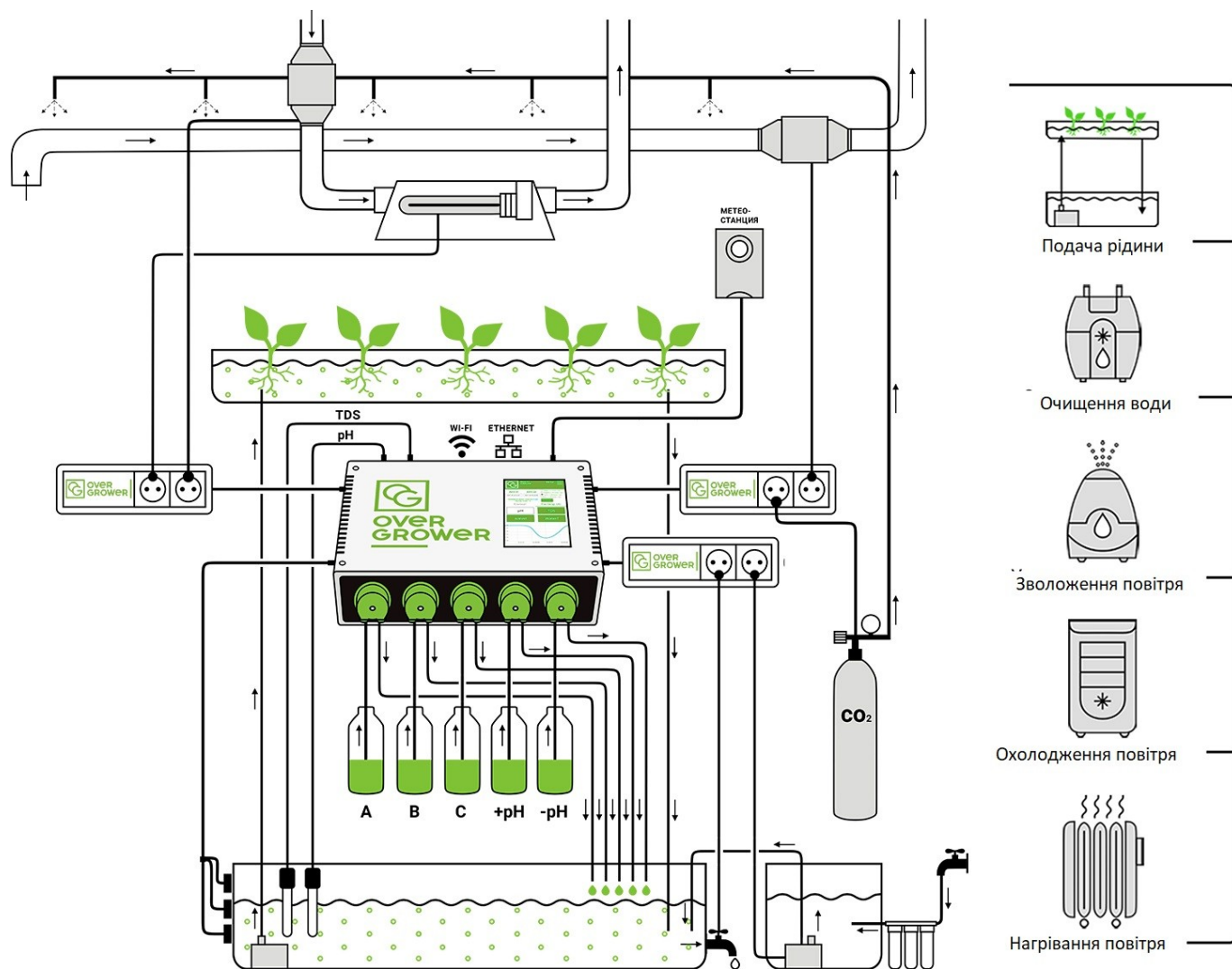


Рисунок 2.1 – Система повноцінного контролю гідропоніки та клімату

Усі гідропонні установки розміщуються на стелажах що збільшує обсяг продукції та кількість гектарів робочої поверхні (рис.2.1). Стелажі найчастіше використовують висотою 2 метри для легкого доступу обслуговуючого персоналу, але на автоматизованих фермах, де кількість персоналу мінімальна, висота вертикальних ферм може досягати декількох десятків метрів. За такого розміщення, логічно, що світло не буде досягати нижчих ярусів рослин, тому кожен ярус має свої світлодіодні стрічки які замінюють сонячне світло, це надає додаткові можливості для контролю врожаю, бо різні культури люблять свій спектр, так наприклад рослинам мікрозелені потрібен холодний спектр світіння, бо на стадіях пророщування не потрібно потужне світло, як наприклад на стадіях пізнього росту та

цвітіння. Це імітує параметри настання весни. Тип апаратної частини такого світу це звичайні лінійні, офісні світильники довжиною 1200мм, які мають потужність 18 Ватт (рис. 2.2). Деякі види рослинності, як щавель чи м'ята потребують свого спектру освітлення, так наприклад використовують фіто-світильники які складаються з попарно чергових світлодіодів червоного та синього спектру що при змішуванні дуже схоже на фіолетове світіння. Такі комбінації не випадкові, сині світлодіоди потрібні рослинам для нарощування зеленої маси рослини на стадіях з пророщування до цвітіння, та червоні грають свою роль на цвітінні та плодоношенні рослин.

Дуже важливу роль відіграє провітрювання приміщення, бо рослини взаємодіють з навколишнім середовищем, та системи гідропоніки дуже сильно підвищують рівень вологості повітря чим зумовлює шкідливий вплив, тим самим потрібен постійний притік свіжого повітря та примусове викачування зволоженого назовні бо без наявності достатньо сильного провітрювання у приміщенні буде накопичуватись вологість та почне розвиватися грибкові захворювання та пліснява. Для вирішення цього питання встановлюється масивні системи припливно-витяжної вентиляції рекуперацію, щоб вирівняти температури повітря. Також на сіті-фермі поміж стелажів встановлюються вентилятори які мають свої кути обертання для імітації природних умов подібних поривів вітру та перемішування використаного повітря з свіжим.

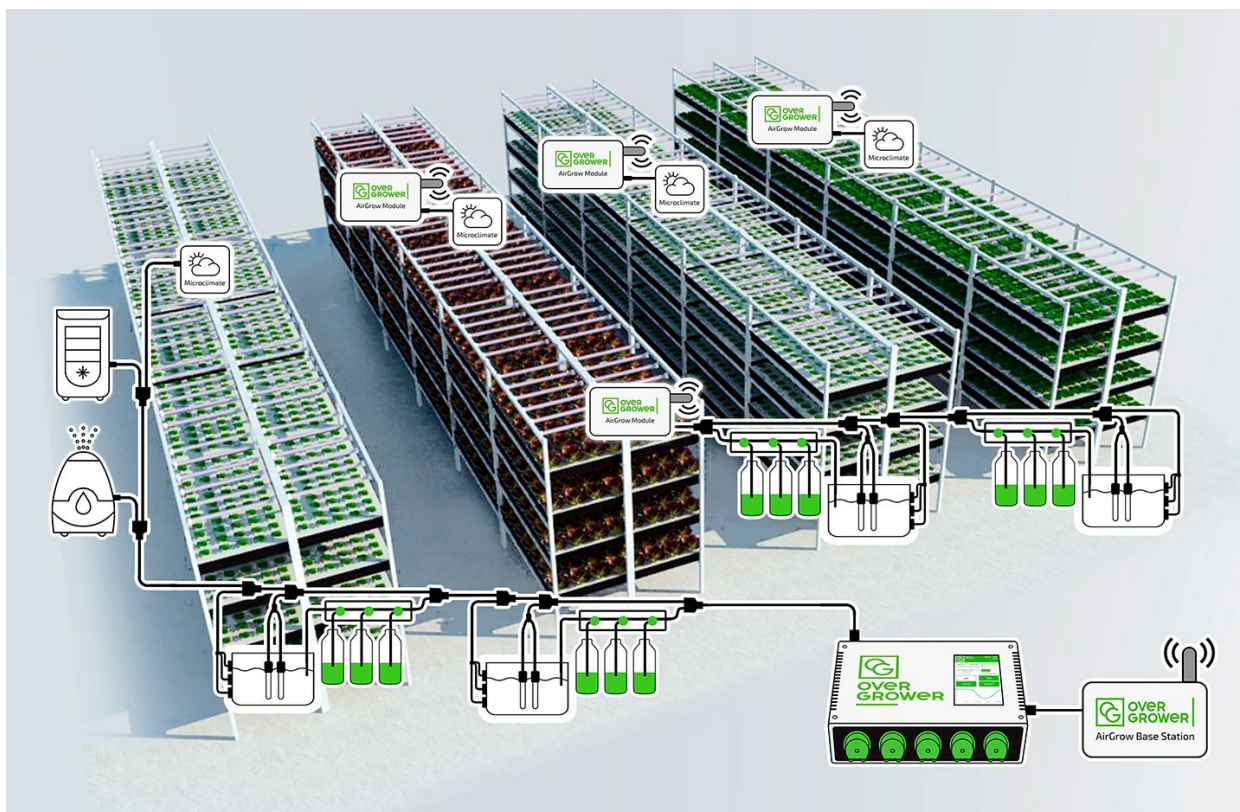


Рисунок 2.2 – Використання системи контролю клімату та світла на підприємстві

Для реалізації системи контролю мікроклімату потрібно розглянути наступні вузли системи:

- зчитування показників датчиками;
- обробка отриманої інформації та надсилання запитів до апаратів зміни клімату;
- Апаратна складова зміни клімату (вентилятори, теплові мережі, світлові масиви).

2.2.1 Зчитування показників

Процес визначення стану навколишньої середовища замкнутого приміщення відбувається за допомогою датчиків. Головним датчиком являє собою термогігрометр[6]. Завдяки цьому приладу отримуються показники відносної вологості приміщення та температури повітря. Гарним прикладом використання - Xiaomi MiJia

дуже сприйнятливий до змін у навколишньому середовищі. Завдяки використанню вбудованих датчиків високої чутливості, точність його показань доведена до необхідного максимуму – 0,1 °C та 0,1% вологості. При цьому оновлення результатів відбувається один раз на секунду, що дозволяє стежити за змінами в режимі реального часу.



Рисунок 2.2 – Приклад сучасного термо- гігрометра

Завдяки функціоналу цього датчику, маємо можливість надсилання отриманих показників технологією Bluetooth до бази даних комплексу.

Таким чином при підвищенні температури у приміщенні автоматично підключається кондиціонер та навпаки, при пониженні – підігрівачі. При зміні вологості більш зазначеного діапазону вмикається припливно-витяжна вентиляція.

Наступним приладом зчитування буде датчик іонізації та кисню у приміщенні,

бо рослини поглинають вуглекислий газ та дають кисень, що відомо як фотосинтез, але це не саме так, по це правило працює лише коли рослини отримують достатній рівень світла, а ось коли світла немає, цей процес протікає навпаки, тому має місце контроль наявності кисню та вуглекислого газу. Для цього використовують датчики газу, але це не дуже важлива річ для зрощування, достатньо гарного провітрювання приміщення.

Також до цього списку можна легко віднести датчики насиченості розчину, рівня води в баках, світового потоку, та інші, але вони не грають значну роль у створенні мікроклімату.

2.2.2 Обробка інформації та запити до пристроїв

Інформація про стан навколишнього середовища передається завдяки датчикам до системи контролю клімату, де вони обробляються, порівнюються з заданими параметрами норми, а потім надаються запити до пристроїв змін клімату, але також у сфері зрощування окрім контролю вологості та температури повітря має місце автоматизація багатьох процесів. Так наприклад автоматизація освітлення, для рослин вважається гарним 18 годин світлового дня та 6 годин ночі, отже щоб урегулювати послідовність потрібно використовувати у системі запити на подачу або відключення постачання електроенергії до світильників за заданим планом. Цей план може и буде змінюватись залежно від розташування та клімату на зовні приміщення, звідкіля отримується повітря, бо наприклад, у жаркі спекотні дні температура дуже велика, тому у день світло вимикають а у ночі вмикають, для поліпшення умов контролю, та навпаки, взимку світло дає більше тепла та доповнює системи обігрівання.

2.2.3 Апаратна складова системи зміни клімату

Виправлення мікроклімату полягає у послідовній роботі вузлів зв'язаних з системою контролю. Взаємодія з середовищем поділяється на:

- Прилади зміни температури;
- Прилади припливно-витяжної вентиляції;
- Прилади зволоження повітря;
- Прилади імітації вітру;

До приладів зміни температури відносять теплові конвектори та кондиціонери, маючи на увазі зміну температури повітря у приміщенні.

Для швидкого підвищення температури використовують електричні конвектори, швидкість досягається будовою подібного приладу (рис.2.3). Являє собою металевий прямокутний корпус, у нижній частині якого розташовується електричний нагрівальний прилад (ТЕН) і повітрозабірні ґрати, а у верхній — ґрати випуску повітря. Додатково обігрівач має термостат, який дозволяє встановити потрібну температуру повітря. Через відсутність рухомих частин конвектор працює абсолютно безшумно, що особливо важливо при використанні обігрівача. Захист від бризок дозволяє використовувати їх у вологих приміщеннях, наприклад, у ванних кімнатах. Електричний конвектор працює за рахунок конвекції повітря. Відомо, що холодне повітря набагато важче за тепле, тому нагріте повітря піднімається вгору, а охолоджуючись, опускається вниз. Така природна циркуляція повітря є конвекція. Отже, через нижні повітрозабірні ґрати конвектора в прилад надходить холодне повітря, нагріваючись від тону, він виходить з корпусу приладу і піднімається нагору. Охолодивши через деякий час, це повітря виявляється в нижній частині приміщення і знову надходить у конвектор.

Завдяки такому принципу роботи електро конвектори забезпечують дуже швидке і рівномірне нагрівання приміщення. Робоча температура обігрівача невисока - близько 40-45 ° С, тому про нього неможливо обпектись.

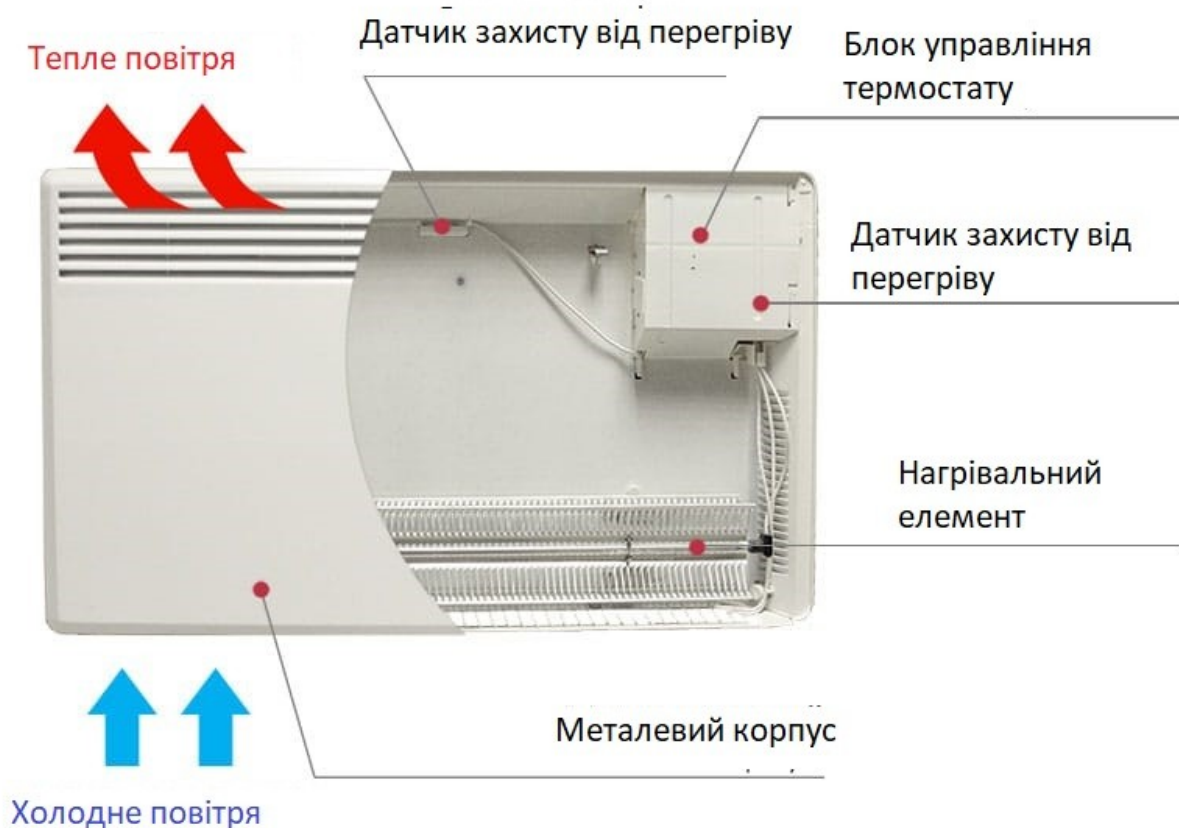


Рисунок 2.3 – Ілюстрація принципу роботи конвектору

Для вирішення задачі зниження температури приміщення, використання кондиціонера відіграє важливу роль у спекотні дні літа, найчастіше використовується сумісно з системою припливної вентиляції[7].

Чисте повітря життєво необхідне для комфортного перебування у приміщенні. На жаль, відкриття вікна не вирішує цю проблему, оскільки з вулиці надходить пил, холод чи спека. Оптимальним рішенням є припливно-витяжна система вентиляції, особливості якої є постійна циркуляція потоків сприяє хорошему внутрішньому мікроклімату та самопочуття мешканців чи рослин. Ключовими критеріями є потужність та продуктивність, що розраховуються під конкретну будівлю.

Щоб забезпечити подачу повітря в достатньому обсязі та видаляти відпрацьоване повітря в будинках різної площі та поверховості система може містити елементи, серед яких:

- вентилятори для всмоктування повітря;

- канали для розподілу повітряних мас;
- вентиляційні отвори у вікнах (клапани);
- всмоктувальні вентилятори;
- пристінні клапани;
- рекуператори для підігріву потоків;
- пристрої для збирання конденсату або повернення вологи назад до приміщення;
- витяжки.

За способом реалізації припливно-витяжна система вентиляції поділяється на індивідуальну (для однієї кімнати) та загальну (для всього поверху чи будівлі). За конструктивними особливостями вона буває моноблоковою, що зручно для монтажу, та набірною. Підігрів потоку може здійснюватись електрикою або водою. Щоб установка не заважала шумом від своєї постійної роботи, її частини ізолюють спеціальним звукопоглинальним матеріалом (рис.2.4).

Припливно-витяжна система вентиляції має дві взаємодіючі частини, що функціонують на приплив та витяжку повітря. Перше завдання реалізується через вхідні клапани, що монтуються у стінах або передбачені на корпусі дахової установки. Через них повітря нагнітається всередину агрегату.

Нагрів може здійснюватися ТЕНом або пропуском через камери, що межують з рідким теплоносієм. Другий варіант підігріву повітря це рекуператор, який має тонкі стінки. Через них добре відбувається теплообмін від повітря, що виходить, температура якого передається вступнику без змішування потоків.

Повітряні маси проходять і стадію очищення, для чого в систему інтегруються багатошарові фільтри та камери з активованим вугіллям.

Потім чисте повітря розподіляється по будівлі через прокладені в стелі або стінах канали. Вони можуть бути прихованим або зовнішнім типом.

Постійний приплив свіжого повітря створює надлишковий тиск у приміщенні. Оскільки відпрацьовані маси тепліші, вони піднімаються вгору та йдуть через спеціальні канали назовні. Якщо в кімнаті знаходиться багато людей і природної швидкості процесу недостатньо для повноцінного повітрообміну, витяжки

оснащуються всмоктуваними вентиляторами.

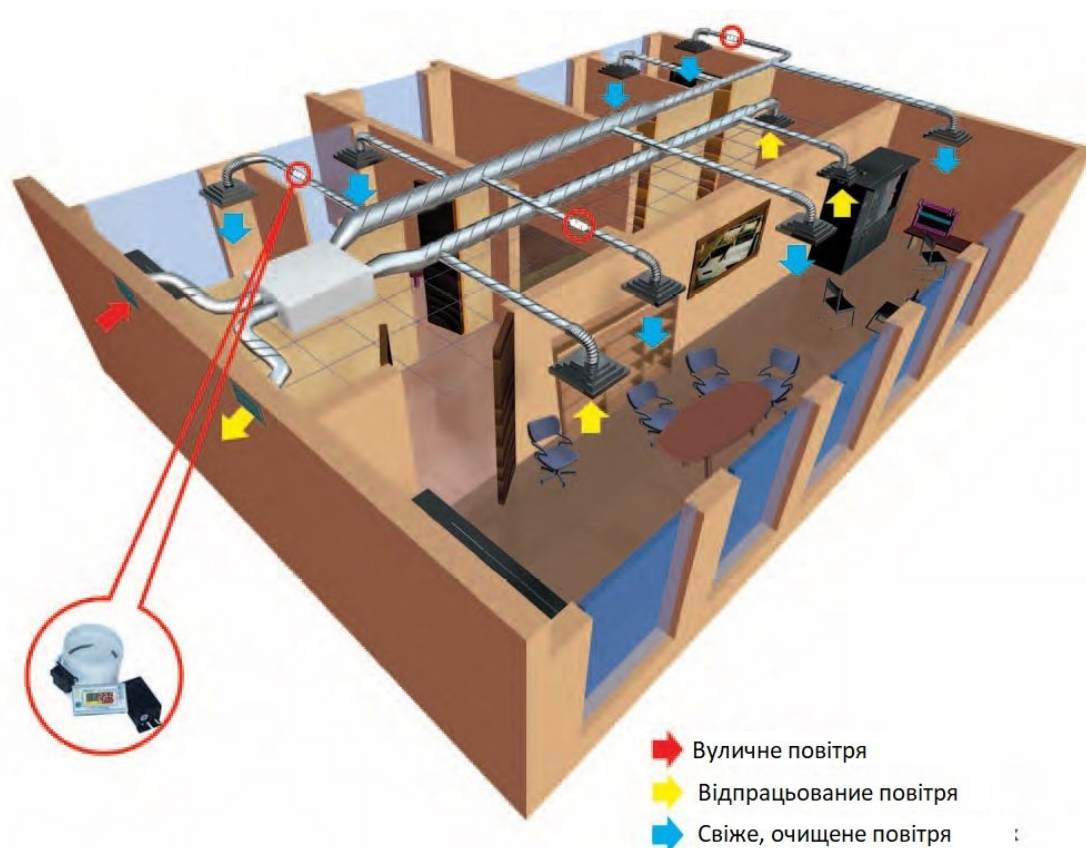


Рисунок 2.4 – Системи припливно-витяжної вентиляції

Зволожувачі повітря - це прилади, що дозволяють без значних витрат електроенергії підтримувати комфортний рівень вологості повітря у приміщенні. Основа дії більшості їх пов'язана із застосуванням випарників, що працюють за принципом "холодного" або "гарячого" випаровування води. Для використання у приміщеннях сіті-фермерства фактично не потрібно, бо системи гідропоніки та зрошування дуже сильно піднімають рівень вологості у приміщенні та рішенням цього питання є потужна система вентиляції.

Для переміщення та перемішування повітря у приміщенні слугують встановлені вентилятори по усьому периметру будівлі. Повітря яке застоювалося у кутах перемішується з вологим та виводиться у канали вентиляції а також виконує функцію імітацію пориву вітру для рослин, бо кожен вентилятор обертається на 60

градусів у різні боки. Технологічно являє собою звичайні лопості на електричному двигуні з кріпленням до стелі, підлоги або стін (рис.2.5).



Рисунок 2.5 – Типи вентиляторів

3 МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ МІКРОКЛІМАТУ

3.1 Впровадження елементів інтелектуальної системи у процес підтримки оптимальних параметрів мікроклімату

Під час розробки буде представлено структурно-параметричне моделювання процесу, з подальшим отриманням таблиці кореляційних зв'язків та перевірки її значності за критерієм Стюдента. Після отримання характеристик зв'язків між параметрами, був підібраний критерій якості, що відповідає поточним вимогам до регулюванню технологічного процесу, що відбувається на виробничому приміщенні. Даний критерій необхідний при побудові інтелектуальної нейромережевої моделі[. Для побудови інтелектуального комплексу адаптивного управління процесами контролю мікроклімату необхідно уточнення математичної моделі параметрів середовища технологічного приміщення для зрощування харчової продукції з використанням формалізованого методу, в основі якого лежить фізичний підхід з інтерпретацією фізичних змінних, що визначають динамічні якості систем[8].

Дана модель повинна враховувати, що параметри мікроклімату тісно пов'язані між собою і схильні до впливу різних обурюючих факторів. Для цього була збудована структура взаємозв'язку вхідних та вихідних параметрів мікроклімату в гідропонному цеху (рис. 3.1)

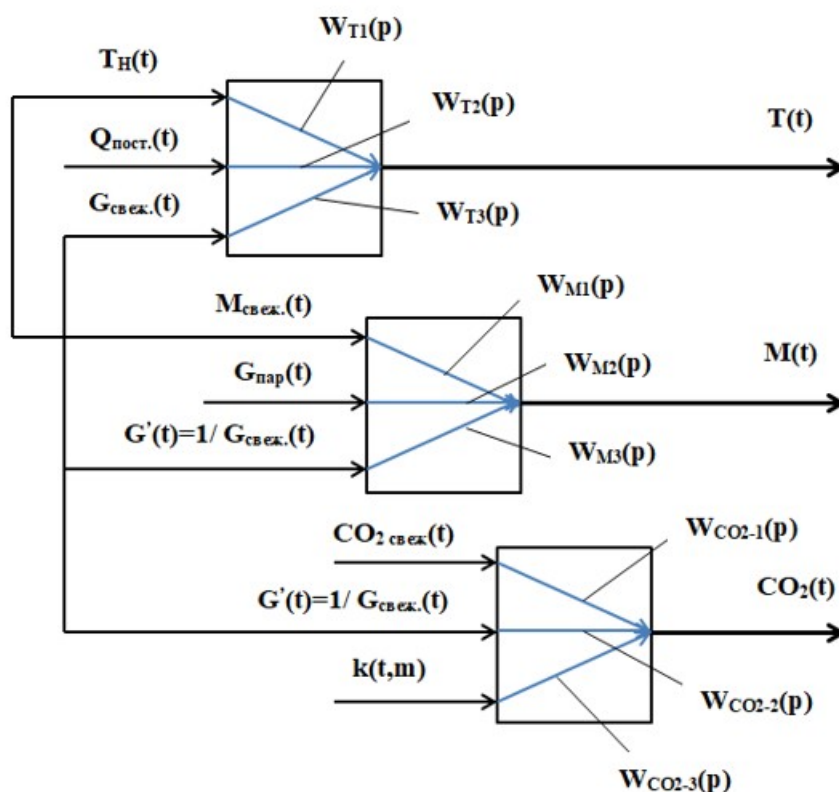


Рисунок 3.1 – Структура взаємозв'язку вхідних та вихідних параметрів мікроклімату

Взаємозв'язки параметрів мікроклімату і різних факторів, представлені у вигляді передавальних функцій.

На температуру повітря у приміщенні впливають наступні впливи, (3.1), (3.2) і (3.3):

$$W_{t1}(p) = \frac{T(p)}{T_n(p)} = \frac{1}{Tt * p + 1} \quad (3.1)$$

$T(p)$ – зображення Лапласа для температури усередині приміщення.

$T_n(p)$ – зображення Лапласу для зовнішньої температури повітря. Tt - постійна часу.

$$W_{t2}(p) = \frac{T(p)}{Q_{\text{пост.}}(p)} = \frac{k_1}{T_t * p + 1} \quad (3.2)$$

Q_{пост.} - Витрата теплого повітря. G_{свіж.} - Витрата свіжого повітря.

$$W_{t3}(p) = \frac{T(p)}{G_{\text{свеж.}}(p)} = \frac{k_2}{T_t * p + 1} \quad (3.3)$$

k_{1,2} – коефіцієнти роботи системи опалення.

Проаналізувавши параметр вологості повітря всередині приміщення M(t), були виявлені такі параметри (3.4), (3.5), (3.6):

На вологість повітря M(t) вплив, представлено передатними функціями (3.5), (3.6) і (3.7):

$$W_{M1}(p) = \frac{M(p)}{M_{\text{свеж.}}(p)} = \frac{1}{T_M * p + 1} \quad (3.4)$$

M(p) – зображення Лапласа для вологості повітря усередині цеху.

M_{свіж.}(p) – зображення Лапласа для вологості свіжого повітря.

T_M – постійна часу процесу зволоження парою.

$$W_{M2}(p) = \frac{M(p)}{G_{\text{пар.}}(p)} = \frac{k_3}{T_M * p + 1} \quad (3.5)$$

G_{пар.} - Витрата пари для увлаження.

$$W_{M3}(p) = \frac{M(p)}{G'(p)} = \frac{k_4}{T_M * p + 1} \quad (3.6)$$

$G'(p)$ – зображення Лапласа для витрати пари.

k_3, k_4 – коефіцієнти перетворення витрати пари і свіжого повітря.

Передавальні функції взаємозв'язку обурюючих і керуючих впливів на якість повітря, тобто. вмісту CO_2 у приміщенні представлено такими передатними функціями (3.7), (3.8) та (3.9):

$$W_{CO_2-1}(p) = \frac{CO_2(p)}{CO_{2\text{свеж}}(p)} = \frac{1}{T_{CO_2} * p + 1} \quad (3.7)$$

$CO_2(p)$ – зображення Лапласа для концентрації вуглекислого газу.

CO_2 свіжий. – зображення Лапласа для концентрації вуглекислого газу в свіжому повітрі.

T_{CO_2} - постійна часу процесу повітрообміну.

$$W_{CO_2-2}(p) = \frac{CO_2(p)}{G'(p)} = \frac{k_5}{T_{CO_2} * p + 1} \quad (3.8)$$

$G'(p)$ – зображення Лапласа для витрати повітря у системі повітрообміну.

$$W_{CO_2-3}(p) = \frac{CO_2(p)}{K(p, m)} = \frac{k_6}{T_{CO_2} * p + 1} \quad (3.9)$$

K, k_5, k_6 - коефіцієнти перетворення з витрати повітря та виділення CO_2 .

На підставі структури взаємозв'язку параметрів мікроклімату і різних факторів, що впливають, зроблено висновок, що велике значення для адаптивного управління процесом зрощування є не тільки точна підтримка контрольованих параметрів, а також їх поєднання між собою, що потребує використання інтелектуальних технологій[9].

Наступним кроком буде вирішення модифікація апаратно-програмного комплексу системи підтримки мікроклімату, здатної вирішувати евристичні

завдання без участі людини, яка приймає рішення щодо вибору управління. Запропоновано систему зі спеціально розробленим нейромережевим регулятором (НС-Р), як найбільш відповідну даному ТП. Далі розглянуті та реалізовані основні етапи розробки нейромережевого регулятора. Розроблена структура нейромережевого регулятора представлена рисунку 2.7.

На вхід регулятора подаються такі вхідні параметри як температура $T(t)$, вологість $M(t)$, вміст CO_2 $Q(t)$, і навіть обурювальні параметри: зовнішня температура $T_{\text{out}}(t)$ і зовнішній вміст CO_2 $Q_{\text{out}}(t)$. НС-Р складається із чотирьох основних блоків. Від системи збору даних, наприклад SCADA-системи, відомості про параметри та обурювальні впливи об'єкта управління надходять до бази даних, яка передає параметри на модуль навчання, де відбувається навчання нейромережі. Разом з вхідними параметрами база даних передає на нейромережу також попередні значення параметрів мікроклімату, значення впливів, що управляють, і інформацію про вихідну якість сировини.

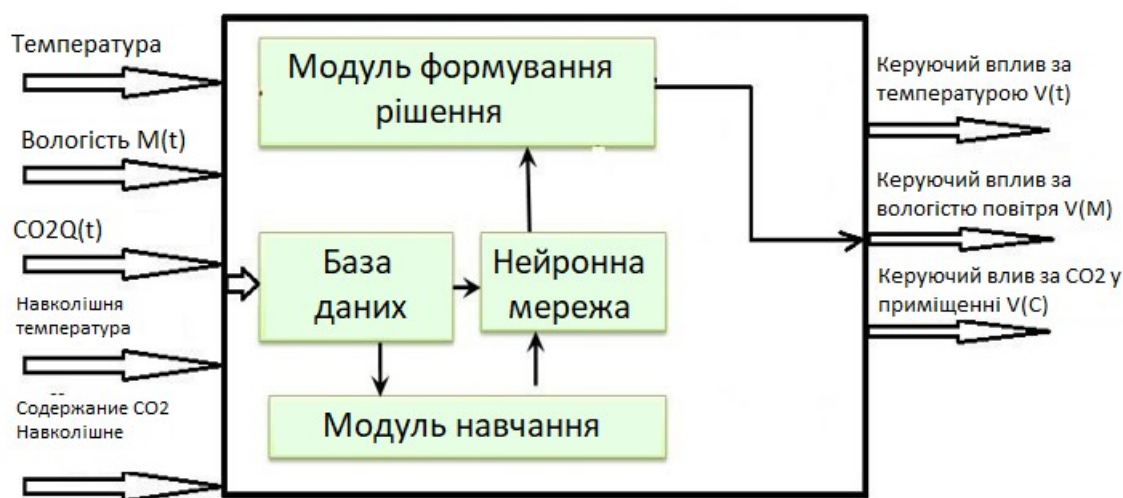


Рисунок 3.2 – Структура НС-Р

Далі навчена нейромережа за допомогою модуля формування рішення, видає рекомендації про управління технологічним процесом оператору-технологу, або спрямовує керуючі впливи безпосередньо на виконавчі механізми у разі автоматизованого режиму управління. Відповідно на виході НС-Р видаються фізичні

величини керуючого впливу на температуру $VT(t)$, вологість $VM(t)$ та вміст CO_2 $VCO_2(t)$ [10].

В основі нейромережевого регулятора лежить нейронна мережа прямого поширення типу багатошаровий персептрон з одним прихованим шаром та трьома вихідними параметрами. У даної мережі кожен нейрон попереднього шару пов'язаний із усіма нейронами наступного шару. Структура нейронної мережі представлена на рисунку 2.8.

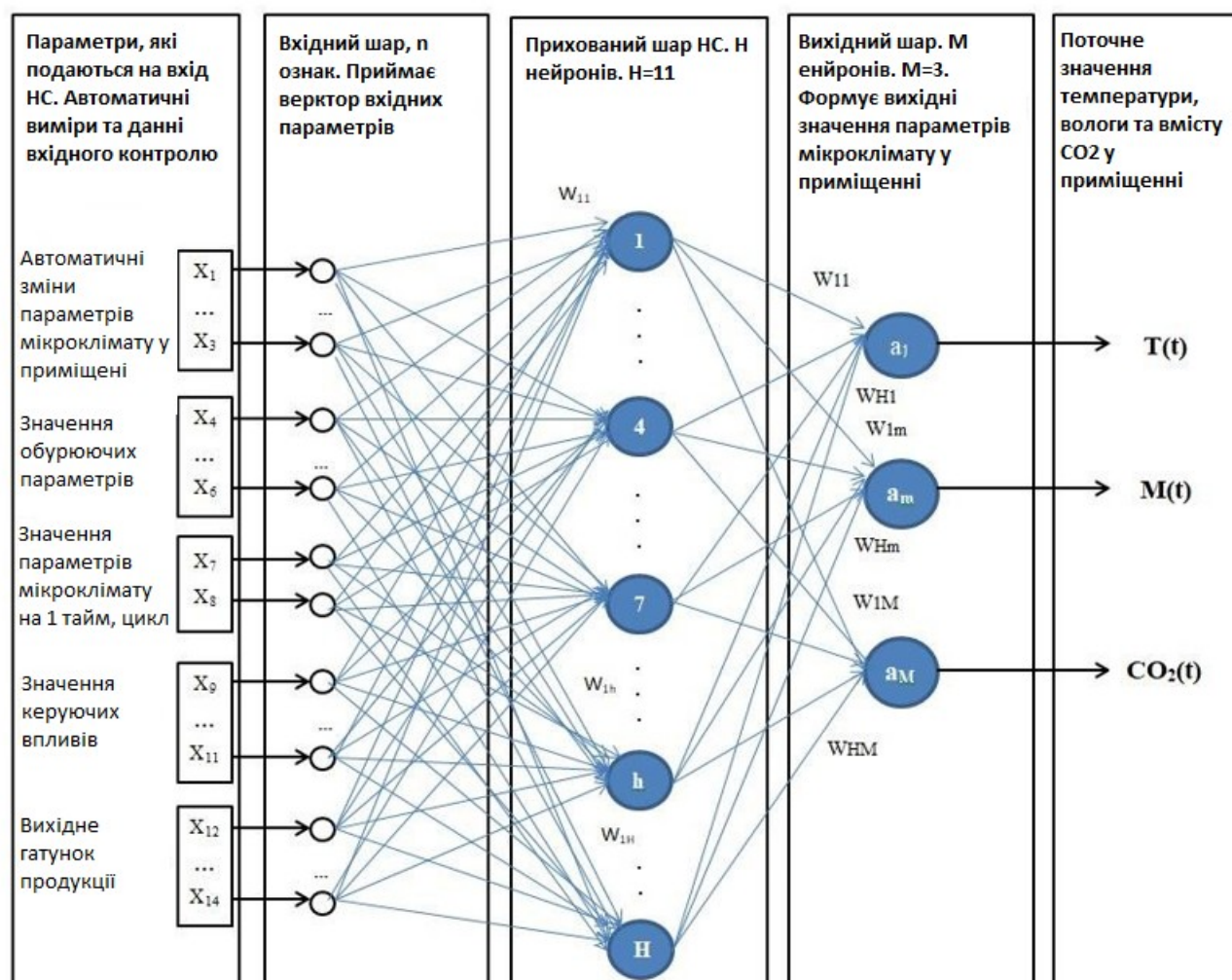


Рисунок 3.3 – Структура розробленої штучної нейронної мережі з трьома вихідними параметрами

На вхідний шар нейромережі подається вектор вхідних параметрів X_n , відображених у таблиці. Кожен нейрон прихованого шару подає на нейрони

вихідного шару сигнал ваг синаптичних зв'язків. Таких нейронів у прихованому шарі одинадцять. Вага синаптичних зв'язків між h -м нейроном прихованого шару та m -м нейроном вихідного шару позначені через Whm . Зміна синаптичних терезів відбувається за градієнтним методом зворотного поширення помилки. Взаємодія штучної нейронної мережі зі зворотним розповсюдженням помилки може ефективно вирішувати завдання, пов'язані з недостатньою визначеністю параметрів управління. Це пояснюється можливістю НР апроксимувати будь-яку нелінійну функцію, простотою структури мережі та особливостями алгоритму навчання. Ця нейронна мережа безпосередньо виконує функції регулятора.

Таблиця 1 - Параметри, які подаються на вхід нейромережі.

Позначення	Параметр	Позначення	Параметр
X_1	Температура у приміщенні $T(t)$	X_8	Попереднє значення вологості повітря всередині приміщення $M(t-1)$
X_2	Вологість повітря у приміщенні $M(t)$	X_9	Кількість тепла за одиницю часу, яке надходить від системи обігріву $Q_{\text{пост}}(t)$
X_3	Кількість CO_2 Q_{co2}	X_{10}	Кількість свіжого повітря, яке надходить у приміщення від систем вентиляції $G_{\text{свеж}}(t)$
X_4	Температура навколишнього повітря $T_{\text{н}}(t)$	X_{11}	Витрата пару від системи зволоження $G_{\text{пар}}(t)$
X_5	Вологість свіжого повітря $M_{\text{н}}(t)$	X_{12}	Температура потрапляння з інших місць $T_{\text{м}}(t)$
X_6	Кількість CO_2 у надходженні Q_{co2}	X_{13}	Вологість потрапляння з інших місць $M_{\text{м}}(t)$
X_7	Попереднє значення температури всередині	X_{14}	Маса продукції яка

	приміщення $T(t-1)$		вирощується $W_m(t)$
--	---------------------	--	----------------------

Алгоритм навчання мережі методом back-propagation - зворотного поширення помилки складається з деякої кількості кроків, що повторюються. У разі коли всі вагові коефіцієнти скориговані, знову проходить пряме поширення сигналів від входів НС до виходів, і т.д. За рахунок постійного коригування параметра навчання та вагових коефіцієнтів нейрорегулятор адаптується до змін параметрів об'єкта управління, ґрунтуючись на вимірних значеннях показників неузгодженості.

Аналіз працездатності нейромережевої моделі показав, що з даної системи помилка навчання становила 3%, це значення входить у межу допустимої похибки, визначений 5%. Межа допустимої похибки була обрана і узгоджена. Таким чином, застосування методу, заснованого на роботі НС-Р дозволяє працювати з наборами вхідних параметрів будь-якого рівня декомпозиції та враховувати вплив кожного параметра на підсумкові оцінки величин значень температури, вологості повітря та вміст CO_2 у приміщенні за допомогою значень вагових коефіцієнтів. Отримані значення порівнюються з контрольними показниками шляхом статистичної обробки даних, внаслідок чого розраховується відхилення значень параметрів мікроклімату від еталонних та видається результат про відповідність цих показників заданим значенням для виконання подальших дій у процесі.

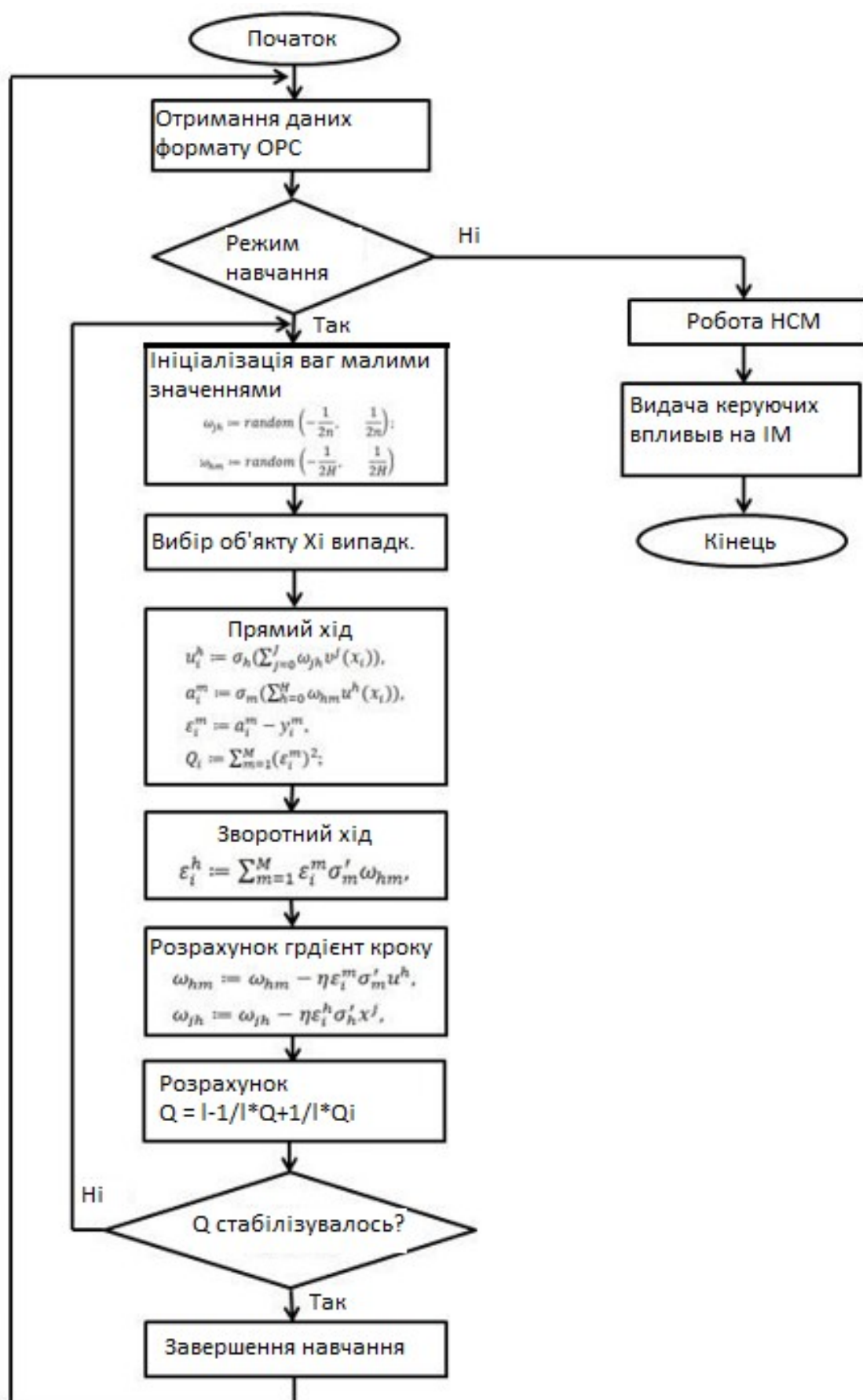


Рисунок 3.4 – Алгоритм роботи нейромережі

На підставі проведених досліджень та отриманих результатів було збудовано алгоритм роботи інтелектуальної системи у процес підтримки оптимальних параметрів мікроклімату.

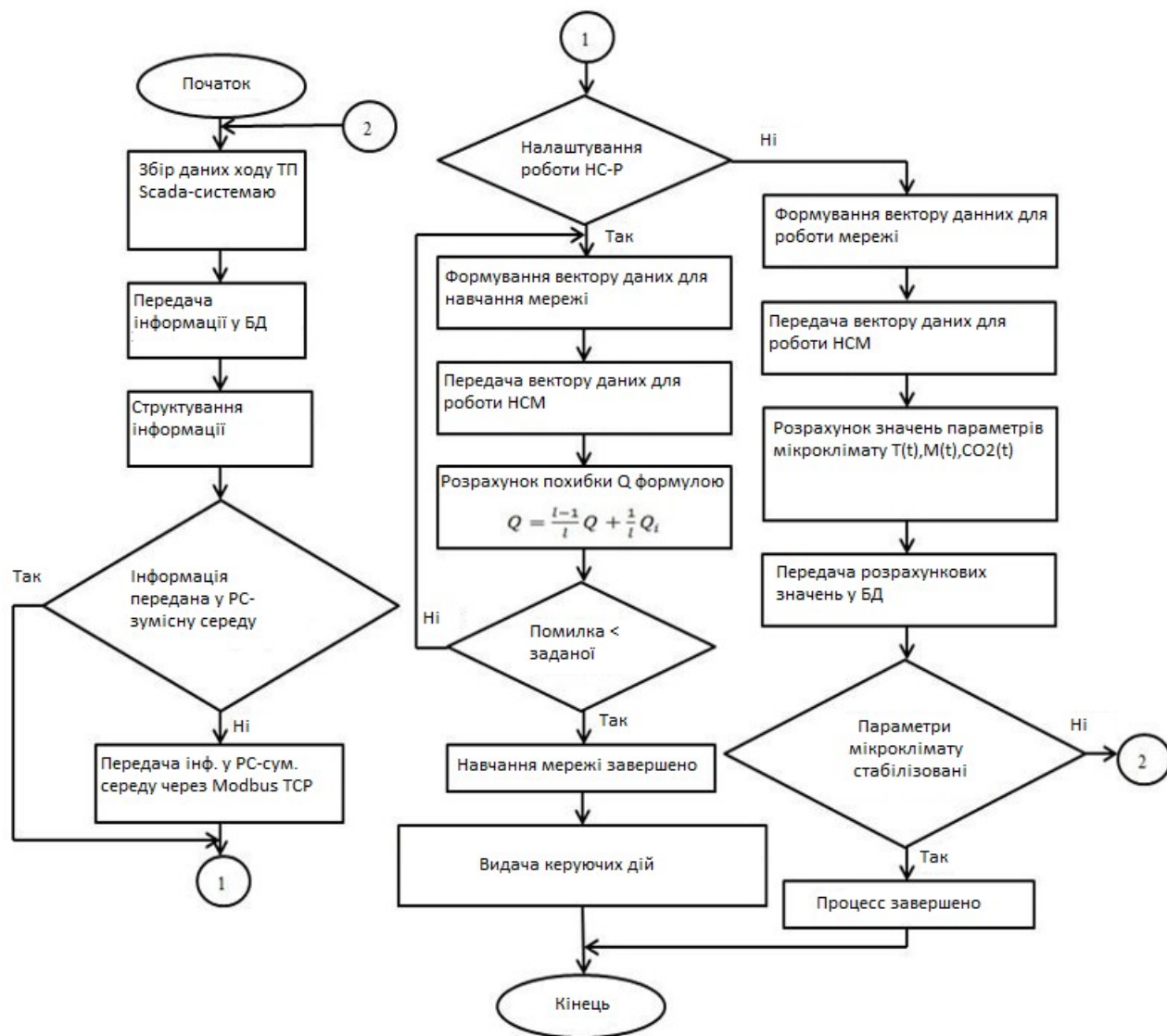


Рисунок 3.5 – Алгоритм роботи адаптивного управління параметрами мікроклімату

Від SCADA-системи інформація про перебіг ТП подається до БД, де вона зберігається у структурованому вигляді. Розроблена нейромережева модель з використанням Matlab, до складу пакету якого входить інструмент для синтезу, навчання та аналізу НР (Neural Network Toolbox), здійснює автоматичний

розрахунок основних величин параметрів мікроклімату: температури, вологості та вмісту CO₂ усередині цеху. НСМ у певні проміжки часу отримує дані з БД і в середовищі Matlab перетворює отримані вектори даних необхідні нам величини параметрів мікроклімату. В результаті роботи даного алгоритму в залежності від режиму управління ТП на екран монітора технолога видаватиметься інформація про прогнозовані величини параметрів мікроклімату з рекомендаціями про зміну ходу ТП, або у разі повністю автоматизованого управління, керуючі впливи будуть подані безпосередньо на виконавчі механізми.

Для аналізу таких складних та багатопараметричних систем, побудованих на основі застосування інтелектуальних технологій, використовують технології імітаційного моделювання. Імітаційна модель завжди створюється як реалізована у часі, дозволяючи після запуску будувати для користувача траєкторії зміни стану системи. Ця модель є набором правил, якими відбувається перехід системи з одного стану до іншого. У зв'язку з цим побудовано імітаційну модель системи управління складом

4 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ЕЛЕМЕНТІВ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

4.1 Концепція алгоритму інтелектуальної системи у процесі підтримки оптимальних параметрів мікроклімату

Запроваджена структурно-функціональна схема модифікованої інтелектуальної системи управління, що показує включення НС-Р до системи управління та його взаємодію з різними блоками збору інформації. Для забезпечення автоматичного управління технологічним процесом БХМ у режимі реального часу розроблено автоматизоване робоче місце (АРМ) оператора-технолога за допомогою системи SCADA TraceMode 6.0. За допомогою об'єктно-орієнтованого редактора представлення даних створено мнемосхему технологічного процесу, на якій у режимі реального часу відображається хід ТП із зазначенням контрольованих параметрів. При необхідності можна відстежувати контрольовані параметри мікроклімату за допомогою трендів – графіків, що відображають та аналізують історію ТП.

Для експериментальних випробувань адаптивної системи із застосуванням НС-Р було розроблено альтернативне рішення на РС-сумісній платформі. Запропоновано апаратну та програмну частину для реалізації інтелектуальної системи управління на базі ПЛК Омрон серії Cj1G.

При експериментальних дослідженнях як систему верхнього рівня використовувався портативний персональний комп'ютер із відповідним програмним забезпеченням. У процесі дослідження системи реєструвалися технологічні параметри процесу та параметри зовнішніх впливів, а також враховувалася інформація від бази даних про якісні показники рослин. За результатами вимірювань будувалися тимчасові графіки (тренди), які потім порівнювалися із завданням провідного технолога.

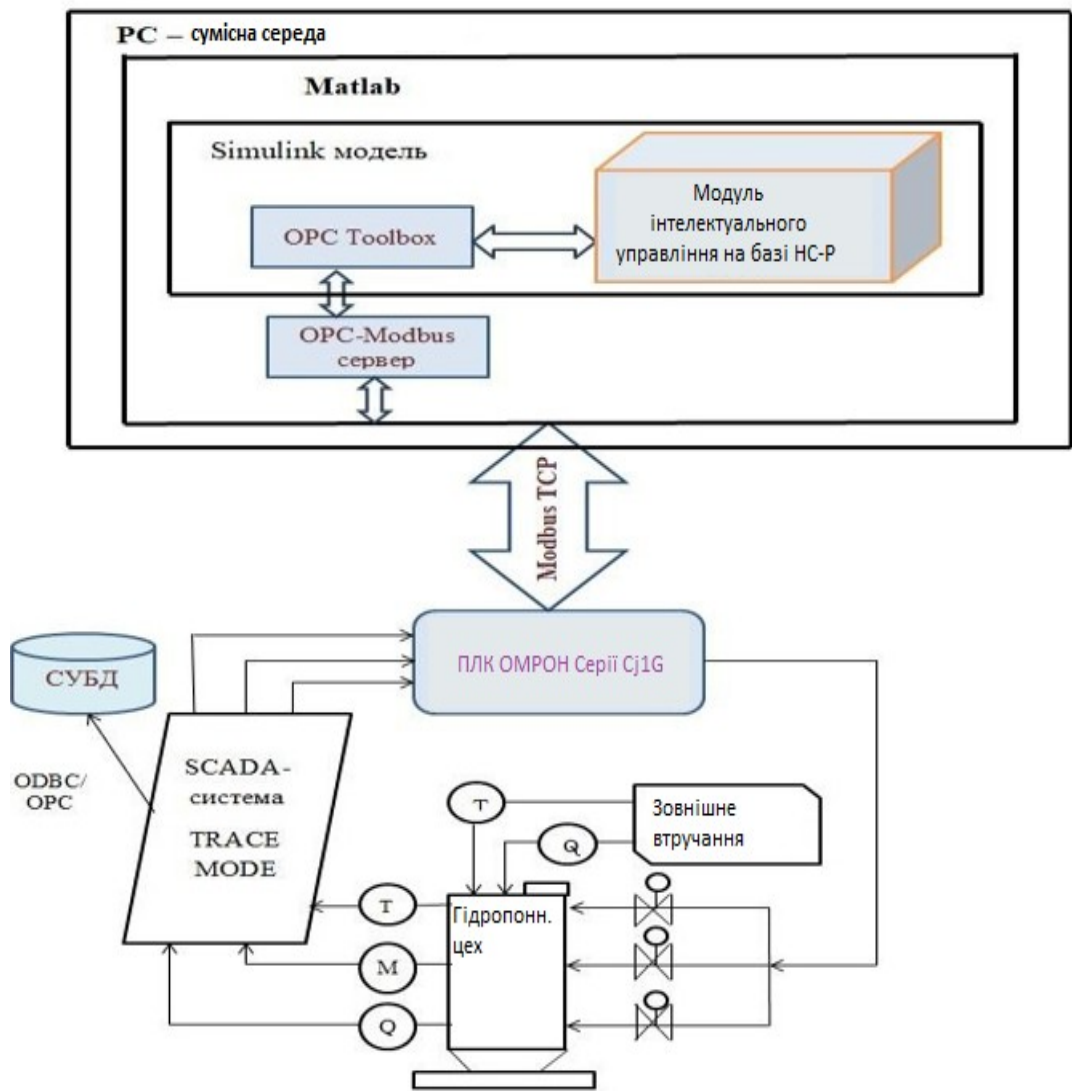


Рисунок 4.1 – Включення PC-сумісності платформи

На малюнку представлений графік зміни температури повітря у приміщенні гідропонного цеху при зовнішній температурі, що змінюється, в зимовий період часу. З графіків видно, що з зміни зовнішньої температури повітря, температурний режим у цеху змінюється відповідно до уставками технолога, відхилення становить трохи більше 0,2оС.

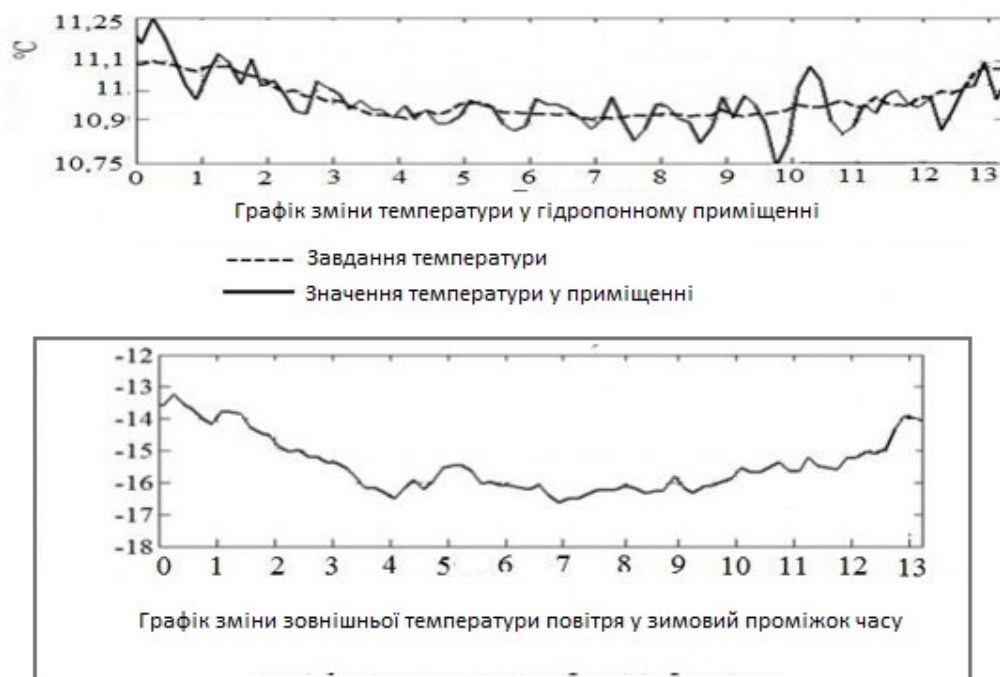


Рисунок 4.2 – Графік зміни температури повітря у приміщенні при впливі зміни зовнішньої температури

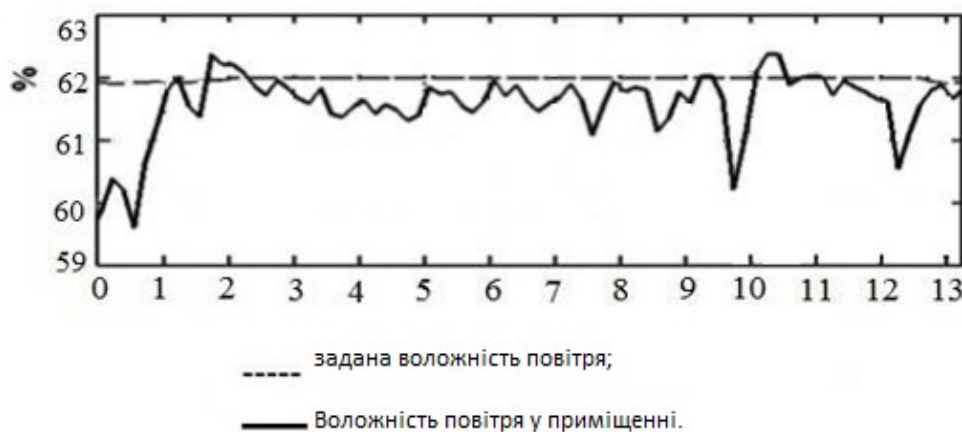


Рисунок 4.3 – Графік зміни вологості повітря у приміщенні при впливі зміни зовнішньої та внутрішньої температури

На підставі завдання технолога, вологість повітря всередині у зимовий період становить 62%. Судячи з графіка, є відхилення від завдання, але воно становить не більше 3,3%, а це входить у максимальне відхилення у 5%.

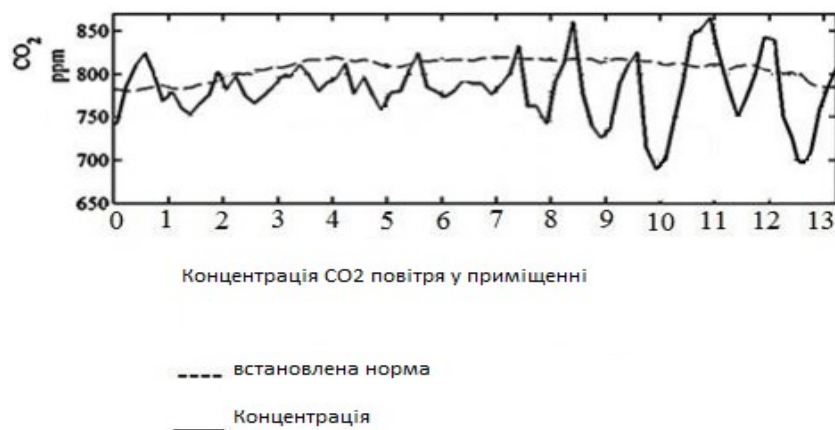


Рисунок 4.4 – Графік зміни CO₂ у повітрі

З графіку видно, що значення концентрації CO₂ також змінюється відповідно до уставок, показаних пунктирною лінією. Найбільше відхилення встановлено в межах 100 ppm, що також входить до межі допустимої похибки.

Таким чином, в процесі удосконалення управління мікроклімату на базі гідропонного цеху, система управління з інтелектуальним управлінням на основі нейромережевого регулятора, який забезпечив адаптацію параметрів процесу при зовнішніх умовах, що безперервно змінюються, зі стабілізацією параметрів у межах допустимої точності управління, що задовольняють своєчасному зрощуванню, дозріванню і збереженню врожаю.

ВИСНОВКИ

В процесі виконання кваліфікаційної роботи було успішно вдосконалено апаратно-програмний комплекс інтелектуальної системи контролю мікроклімату у замкненому приміщенні, яка зчитує параметри показників відносної вологості, температури, наявності вуглекислого газу та освітлення з датчиків, обробляє та надає запити пристроям корегування клімату. Модель була успішно навчена та має точність розпізнавання 90 відсотків, що є позитивним результатом. Для тестування адаптивної системи із застосуванням НС-Р було розроблено альтернативне рішення на РС-сумісній платформі. Запропоновано апаратну та програмну частину для реалізації інтелектуальної системи управління на базі ПЛК Омрон серії Cj1G. Результати задовільні, розпізнавання працює без помилок.

Через те, що на даний момент популярність гідропонних цехів зростає та більшість підприємців переходять до закрито-ґрунтового зрощування, потреба у системі автоматичного, інтелектуального контролю мікроклімату має велику актуальність. Також система може бути тісно зв'язана з контролерами автоматизації подання розчинів, провітрювання, освітлення, тобто влучати до себе повноцінний контроль роботи приміщення.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Технології зрошування натуральних ягід та зелені URL: <https://ifarmproject.ru/> (дата звернення: 10.10.2021).
2. Гідропонні системи URL: <https://hydroponics.in.ua/> (дата звернення: 12.10.2021).
3. Реле Sonoff URL: <http://sonoff.su/> (дата звернення: 14.10.2021).
4. Нейронна мережа, яка за знімком визначає вагу рослини URL: <https://ifarmproject.ru/technologies#program/> (дата звернення: 16.10.2021).
5. Поняття мікроклімату URL: https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_medicine/ (дата звернення: 19.10.2021).
6. Що таке термогігrometer та принцип його використання URL: <https://trc33.ru/news/society/chto-takoe-termogigrometr-i-kak-on-rabotaet/> (дата звернення: 19.10.2021).
7. Системи припливно-витяжної вентиляції URL: <https://www.airvent.com.ua/ventilyatsiya-uk/priplivno-vityazhna-ventilyatsiya/> (дата звернення: 21.10.2021).
8. Нейронні мережі URL: <http://apeps.kpi.ua/neural-networks/en> (дата звернення: 22.10.2021).
9. Особливості передачі даних у вузькій смузі радіочастот URL: <https://strij.tech/protokol/> (дата звернення: 25.10.2021).
10. Бездротові технології URL: https://controlengrussia.com/internet-veshhej/lpwan_iot/ (дата звернення: 26.10.2021).
11. Менеджер пакетів Entware URL: <https://wiki.dd-wrt.com/wiki/index.php/> (дата звернення: 26.10.2021).