

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:

**«ПРОЕКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ
ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ТЕПЛИЦЬ»**

Виконав: здобувач групи ІТ-41
спеціальності 126 «Інформаційні системи та
технології»

_____ Ониськів М. М.

(прізвище та ініціали)

Керівник: _____ Пташник В. В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент: _____

(прізвище та ініціали)

ДУБЛЯНИ-2024

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

Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти
Спеціальність 126 «Інформаційні системи та технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

(підпис)

д.т.н., професор, Тригуба А. М.

(вч. звання, прізвище, ініціали)

“ ” _____ 202 року

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Ониськів Микола Михайлович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Проектування інформаційної системи контролю параметрів мікроклімату теплиць»

керівник роботи к. т. н., доцент., Пташник В. В.

(наук. ступінь, вч. звання, прізвище, ініціали)

затверджені наказом Львівського НУП від 27.11.2023 року № 641/к-с

2. Строк подання студентом роботи 10 червня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи: характеристика сучасних інформаційних систем сільськогосподарського призначення; технічна документація до інженерного обладнання теплиць, науково-технічна і довідкова література.

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

Вступ

Огляд засобів дистанційного управління мікрокліматом смарт-теплиць

Проектування схеми розумної теплиці

Розробка методів та засобів контролю параметрів мікроклімату теплиць

Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

Висновки

Список використаних джерел

5. Перелік графічного матеріалу

Графічний матеріал подається у вигляді презентації

6. Консультанти розділів

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3	<i>Пташник В. В., к.т.н., доцент</i>			
4	<i>Городецький І. М., к.т.н., доцент</i>			

7. Дата видачі завдання 28 листопада 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1	<i>Складання інженерної характеристики об'єкту проектування</i>	<i>28.11.2023 – 31.12.2023</i>	
2	<i>Проектування схеми розумної теплиці</i>	<i>01.01.2024 – 28.02.2024</i>	
3	<i>Розробка методів та засобів контролю параметрів мікроклімату теплиць</i>	<i>01.03.2024 – 30.04.2024</i>	
4	<i>Розгляд питань з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях</i>	<i>01.05.2024 – 14.05.2024</i>	
5	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки та презентаційного матеріалу</i>	<i>15.05.2024 – 31.05.2024</i>	
6	<i>Завершення роботи в цілому. Підготовка до захисту кваліфікаційної роботи</i>	<i>01.06.2024 – 10.06.2024</i>	

Здобувач

Ониськів М. М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

Пташник В. В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

УДК 681.52 / 681.51

Проектування інформаційної системи контролю параметрів мікроклімату теплиць. Ониськів М. М. Кафедра інформаційних технологій – Дубляни, Львівський національний університет природокористування, 2024.

Кваліфікаційна робота: 42 сторінки текстової частини, 19 рисунків, 1 таблиця, 13 джерел літератури.

Мета кваліфікаційної роботи полягає у створенні інформаційної системи контролю параметрів мікроклімату теплиці з урахуванням концепції Інтернету речей, сучасних протоколів бездротового зв'язку та доступних IoT платформ.

Об'єктом дослідження є програмні алгоритми та технічні засоби, необхідні для функціонування інформаційної системи контролю параметрів мікроклімату теплиці.

Предмет дослідження вивчає особливості функціонування елементів інформаційної системи контролю параметрів мікроклімату теплиці.

Бакалаврська кваліфікаційна робота присвячена розробці методів контролю параметрів мікроклімату у теплицях та відповідних програмно-технічних засобів на основі технології Інтернету речей.

На основі технології IoT розроблено функціонально-конструктивне рішення для моніторингу параметрів тепличного мікроклімату. Обґрунтовано вибір бібліотек та компонентів для системи проектування. Розроблено функціональну, структурну та електричну схему інформаційної системи контролю параметрів мікроклімату теплиці. Створено робочі алгоритми та програмне забезпечення що реалізує безперервний моніторинг та віддалене управління теплицею.

Проведено аналіз безпечних умов праці та можливих травматичних ситуацій при виконанні різних робіт у сфері використанням комп'ютерної техніки, викладено питання охорони праці.

Ключові слова: інформаційна система, інтернет речей, мікроконтролер, теплиця.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЗАСОБІВ ДИСТАНЦІЙНОГО УПРАВЛІННЯ МІКРОКЛІМАТОМ СМАРТ-ТЕПЛИЦЬ	7
1.1. Сфера застосування систем контролю та управління параметрами мікроклімату тепличних комплексів.....	7
1.2. Концепція «Розумна теплиця».....	8
1.3 Технології зв'язку елементів розумної теплиці	10
РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ СХЕМИ РОЗУМНОЇ ТЕПЛИЦІ	12
2.1 Розробка функціональної та структурної схем теплиці	12
2.1.1 Система датчиків	13
2.1.2 Мікроконтролер.....	14
2.1.3 Актuatorи.....	16
2.1.4 Програмне забезпечення	17
2.1.5 Елементи контролю та моніторингу.....	19
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ТЕПЛИЦЬ.....	20
3.1. Узгодження апаратних інформаційної засобів системи контролю параметрів мікроклімату теплиці	20
3.2. Реалізація алгоритмічного забезпечення проєктованої системи	23
3.3. Створення програмного продукту для інформаційної системи контролю параметрів мікроклімату теплиці	25
3.4. Взаємодія інформаційної системи контролю параметрів мікроклімату з ІоТ платформою	32
3.5. Результати тестування системи	34
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	35
4.1. Охорона праці під час виконання кваліфікаційної роботи	35
4.2. Оцінка стійкості роботи промислового підприємства до впливу вторинних вражаючих факторів	38
ВИСНОВКИ	40
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	41

ВСТУП

Зв'язок людини з природою є важливою частиною нашого життя. З розвитком технологій збільшуються можливості взаємодії з навколишнім середовищем, особливо в сільському господарстві. Одним із сучасних рішень для вирощування рослин є теплиця, яка дозволяє почати вирощування якомога раніше і продовжити вирощування пізніше взимку. Однак ручне керування умовами мікроклімату може бути складним і вимагає значних зусиль.

У зв'язку з цим у даній роботі розглядається розробка інформаційної системи дистанційного керування мікрокліматом у розумних теплицях. Система дозволить спростити управління параметрами мікроклімату та забезпечить оптимальні умови для росту рослин у теплиці.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка системи дистанційного керування мікрокліматом розумної теплиці, яка може автоматично контролювати температуру, вологість, освітлення та інші параметри середовища. Для досягнення поставленої мети поставлено наступні завдання:

- проаналізувати існуючі рішення для розумних теплиць;
- розробити архітектуру системи;
- підібрати апаратні засоби реалізації;
- провести аналіз функціональності системи.

Актуальність кваліфікаційної роботи обумовлена тим, що її реалізація сприяє підвищенню якості вирощування рослин, економії часу, витрат та зусиль виробників, а також відсутністю єдиних стандартів та підходів до реалізації подібних задач.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЗАСОБІВ ДИСТАНЦІЙНОГО УПРАВЛІННЯ МІКРОКЛІМАТОМ СМАРТ-ТЕПЛИЦЬ

1.1. Сфера застосування систем контролю та управління параметрами мікроклімату тепличних комплексів

Рослинництво є однією з провідних галузей сільського господарства України. Його частка в структурі сільськогосподарського виробництва перевищує 70%. За офіційними даними, у 2021 році в Україні виробництво рослинної продукції закритого ґрунту досягло 576 тис. тонн. Загальна площа земель тепличного комплексу України становить 4500 га [2].

Кліматичні умови нашої країни дозволяють вирощувати рослини на відкритому повітрі лише 4-6 місяців на рік. Проте попит покупців на таку продукцію протягом року залишався високим.

Вирощування рослин у тепличних комплексах характеризується високими енерговитратами, які можуть становити до 60-70 % у структурі фінансових витрат. Тому показники тепличного енергоспоживання є важливим фактором з точки зору економічної доцільності рослинництва. Тому завдання підвищення енергоефективності є актуальним для всіх тепличних комплексів [3]. Підвищення енергоефективності передбачає контроль споживання ресурсів та моніторинг параметрів мікроклімату, які безпосередньо впливатимуть на ці ресурси.

Крім того датчики і системи моніторингу дозволяють точно контролювати параметри середовища, такі як температура, вологість та освітлення, що підвищує врожайність та якість продукції. Водночас такий підхід спрощує завдання для обслуговуючого персоналу та технічних служб. А збір статистичних даних нерідко використовується під час планування робіт та визначення їх собівартості.

1.2. Концепція «Розумна теплиця»

Розумна теплиця – це автоматизована система, яка дозволяє регулювати параметри мікроклімату. Сучасні теплиці будуються за нормативною технікою, оснащені основними інженерними системами для підтримки параметрів мікроклімату та забезпечують:

- водопостачання, водовідведення та очищення стічних вод;
- циркуляцію повітря та вентиляцію;
- зрошування;
- опалення.

Такий тип системи використовується на великих підприємствах. Він не підходить для використання на невеликих приватних фермах через порівняно високу ціну та складнощі в установці та експлуатації (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Приклад реалізації концепції «Розумна теплиця»

Автоматизація теплиці передбачає моніторинг різних показників і управління параметрами мікроклімату для забезпечення росту рослин. Основні

параметри, якими можна керувати за допомогою розумних теплиць, включають [2]:

- освітлення – змінює рівень освітлення рослин залежно від їх сортових особливостей та зовнішніх умов;
- водопостачання – керує процесом поливу рослин;
- температура – запобігає вимерзанню або перегріву рослин;
- циркуляція повітря та рівень вологості – закритий простір теплиці може спричинити підвищену вологість і, залежно від часу доби, недостатню кількість вуглекислого газу та кисню для рослин.

Для кращого росту рослин необхідно синхронно регулювати ці показники. Для цього залучають такі підсистеми розумної теплиці: система вентиляції може відкривати та закривати вікна, вмикати та вимикати вентилятори; система поливу відповідає за регулярну та дозовану подачу води за графіком; система дозування поживних речовин аналізує стан ґрунту, а поживні речовини розподіляються через зрошувальну систему.

Щоб ефективно регулювати параметри мікроклімату теплиці, всі ці підсистеми необхідно об'єднати в одну велику систему, щоб контролювати їх одночасно для оптимізації їх роботи. На рис. 1.2 представлено рішення для обміну інформацією у системах сільського господарства на основі концепції Інтернету речей.

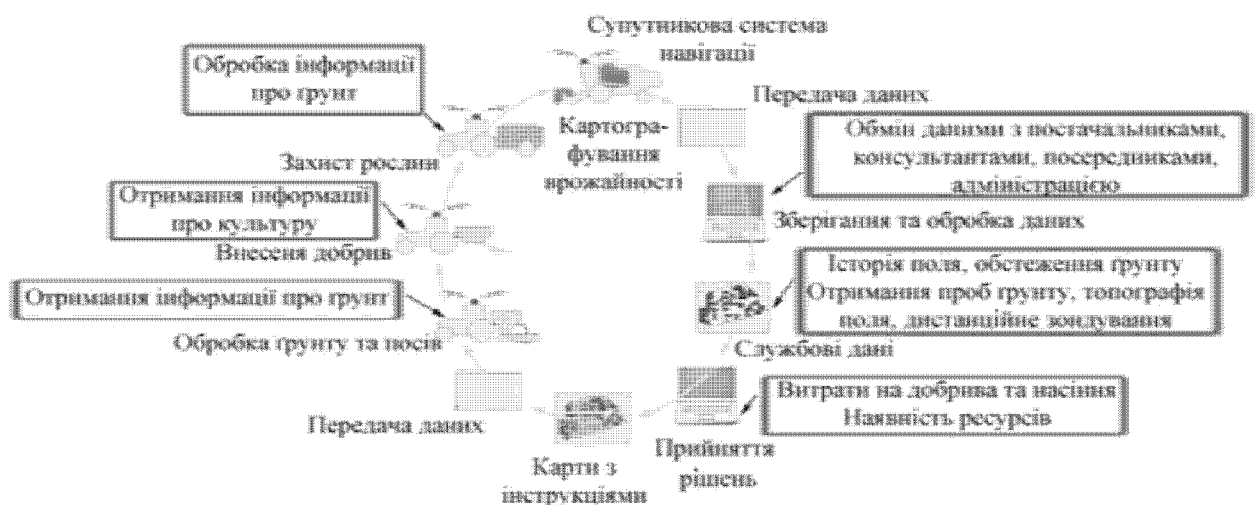


Рисунок 1.2. – Схема обміну інформацією в технології розумного землеробства на основі концепції IoT [4]

У сільському господарстві IoT дозволяє автоматизувати та контролювати різноманітні виробничі процеси, тим самим підвищуючи ефективність і фінансові результати. Сьогодні прогрес у розвитку IoT дозволяє розробляти комп'ютеризовані системи, доступні майже всім користувачам. Вони ефективніші, гнучкіші та рентабельніші за системи, що використовують принципи ручного управління [1].

1.3 Технології зв'язку елементів розумної теплиці

Дослідження комунікаційних технологій є важливою частиною розумної системи управління мікрокліматом теплиці. Забезпечення надійного та швидкого зв'язку між різними елементами системи керування має вирішальне значення для ефективної роботи та контролю мікроклімату теплиці.

Комунікаційні технології, які використовуються в сучасних інтелектуальних системах управління мікрокліматом теплиць, можна розділити на декілька категорій. Виконаємо їх ретельний аналіз.

Технологія Wi-Fi дуже поширена і доступна, вона забезпечує високу швидкість передачі даних і має високу стабільність з'єднання. Однак вона має обмежене покриття та чутлива до таких перешкод, як стіни та інші перешкоди.

Технологія Bluetooth розповсюджена в мобільних пристроях та інших пристроях, які передають дані на короткі відстані. Має характеристики низького енергоспоживання, що дуже важливо для систем управління, що живляться від батарейок. Однак вона має обмежений діапазон і може спричинити нестабільне з'єднання через перешкоди.

Технологія ZigBee відзначається тим, що споживає мало енергії та може працювати на великих відстанях від базової станції. Вона досить

стабільна і надійна, а також має можливість підключення до великої кількості пристроїв. Однак він має нижчу швидкість передачі даних порівняно з Wi-Fi.

Технологія LoRaWAN досить нова і дозволяє передавати дані на великі відстані з низькою швидкістю. Протокол, який працює на низьких частотах і забезпечує підключення до вузлів у межах кількох кілометрів від основного вузла зв'язку. Особливістю цієї технології є дуже низьке енергоспоживання, що дозволяє використовувати її для тривалого моніторингу різноманітних параметрів навколишнього середовища.

LoRaWAN використовується для створення мереж Інтернету речей (IoT), які можуть включати різні пристрої, такі як датчики, реле тощо. Технологія дозволяє передавати дані на відстань у кілька кілометрів без потреби у складних антенних системах, що робить її особливо привабливою для застосування в сільськогосподарському секторі, включаючи дистанційне керування мікрокліматом у розумних теплицях.

Технологія бездротового зв'язку NB-IoT розроблена спеціально для потреб Інтернету речей (IoT). Це дозволяє передавати дані на великі відстані з низькою швидкістю передачі даних, але з високою надійністю та енергоефективністю. NB-IoT має широкий спектр застосувань, включаючи розумні системи контролю мікроклімату в теплицях, які можна використовувати для збору даних і дистанційного керування системами контролю мікроклімату.

Технологія LTE-M – одна з найперспективніших для використання в системах Інтернету речей (IoT), з нижчою вартістю передачі даних і більш високою швидкістю передачі. Вона заснована на стандарті LTE (Long Term Evolution) і підтримує передачу даних на великі відстані до 100 кілометрів з низьким енергоспоживанням. Крім того, технологія забезпечує високу надійність, оскільки передача даних відбувається через захищений канал каналу зв'язку. Завдяки цим характеристикам LTE-M можна ефективно використовувати для забезпечення зв'язку в системах контролю мікроклімату в розумних теплицях, де важлива надійна і швидка передача даних на великі відстані з мінімальним енергоспоживанням.

РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ СХЕМИ РОЗУМНОЇ ТЕПЛИЦІ

2.1 Розробка функціональної та структурної схем теплиці

Для інтеграції систем автоматики та IoT конструкція теплиці потребує модернізації. Оскільки попередньо було визначено, що основними контрольними параметрами є температура і вологість, то функціональна схема теплиці має такий вигляд, як показано на рис. 2.1.

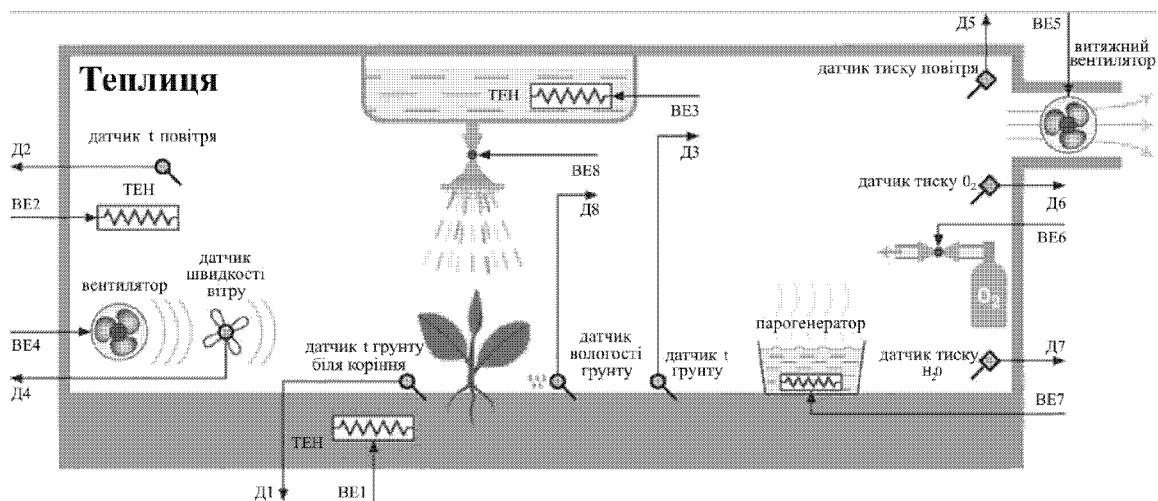


Рисунок 2.1 – Функціональна схема теплиці

Представлена функціональна схема теплиці може використовувати такі компоненти, як сенсорна система, мікроконтролер, виконавчі механізми, програмне забезпечення, мережа зв'язку.

Сенсорна система містить датчики температури, вологості, освітленості та інших параметрів мікроклімату в теплиці. Ці датчики забезпечують збір даних щодо умов навколишнього середовища в теплиці.

Мікроконтролер відповідає за збір даних від датчиків, обробку цих даних і прийняття рішень щодо керування параметрами мікроклімату. Мікроконтролери можуть бути запрограмовані на виконання різних алгоритмів керування.

Виконавчі механізми – це різні пристрої, які впливають на мікроклімат теплиці, такі як системи поливу, системи освітлення, системи опалення та вентиляції. Вони виконують команди від мікроконтролера для зміни параметрів середовища в теплиці.

Програмне забезпечення управління включає в себе алгоритми управління, які визначають оптимальні значення параметрів мікроклімату, таких як температура, вологість і освітленість. Програмне забезпечення може встановлюватись як на мікроконтролер так і на планшет або комп'ютер.

Мережа зв'язку використовується для передачі даних від датчиків до мікроконтролерів і команд від мікроконтролерів до виконавчих механізмів. Мережа може бути бездротовою, наприклад Wi-Fi, Bluetooth або LoRaWAN, або дротовою.

Для контролю та моніторингу системи використовується інтерфейс користувача, який дозволяє операторам теплиць контролювати стан параметрів мікроклімату, налаштовувати параметри контролю та отримувати сповіщення про події чи помилки.

2.1.1 Система датчиків

Сенсорні системи в теплицях відіграють важливу роль у зборі даних про параметри мікроклімату, допомагаючи контролювати середовище в реальному часі для оптимального росту рослин. Основні компоненти сенсорної системи можуть включати:

Датчик температури (рис. 2.2), що вимірює температуру повітря в теплиці. Він також може встановлюватись на різних висотах і у різних зонах теплиці для вимірювання температури на різних висотах або в різних областях.

Датчик вологості вимірює вологість повітря в теплиці. Це важливо для контролю вологості навколишнього середовища та забезпечення оптимального рівня вологості для рослин.

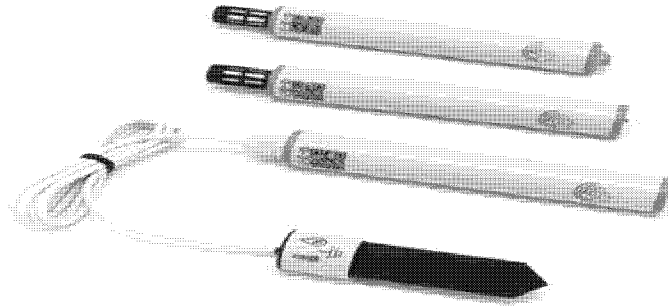


Рисунок 2.2 – Бездротові датчики освітленості, температури та вологості

Датчик світла вимірює світлову інтенсивність або рівень освітленості в теплиці. Це важливо для керування освітленням рослин і налаштування умов освітлення відповідно до їх індивідуальних потреб.

Датчик CO₂ вимірює рівень вуглекислого газу у теплиці. Цей параметр важливий для забезпечення оптимального рівня кисню доступного для рослин.

Залежно від потреб проекту можна використовувати додаткові датчики, такі як датчик рН ґрунту, датчик електропровідності, датчик рівня води тощо.

Усі ці датчики збирають дані про мікроклімат в реальному часі, які потім передаються до мікроконтролера або системи управління для подальшого аналізу, прийняття рішень та автоматичного керування параметрами мікроклімату в теплиці.

2.1.2 Мікроконтролер

Мікроконтролер (рис. 2.3) є ключовим компонентом системи управління мікрокліматом розумної теплиці. Він виконує обробку даних, приймає рішення щодо управління параметрами мікроклімату та взаємодіє з іншими компонентами системи. Основні функції мікроконтролера включають: взаємодію з датчиками та виконавчими механізмами, аналіз даних та прийняття управлінських рішень згідно з заданим алгоритмом або з використанням технологій штучного інтелекту.

Для збору даних мікроконтролер взаємодіє з датчиками та зчитує дані про температуру, вологість, освітленість, вуглекислий газ та інші параметри мікроклімату. Він отримує, накопичує та систематизує ці дані для подальшої обробки.



Рисунок 2.3 – Зовнішній вигляд компактного контролера для датчиків

У процесі обробки даних мікроконтролер використовує алгоритми для аналізу, фільтрації, нормалізації отриманих показів та інші операції для накопичення корисної інформації від датчиків.

Крім того на основі оброблених даних мікроконтролер приймає рішення щодо управління параметрами мікроклімату теплиці. Наприклад, він може керувати системами поливу, системами освітлення, вентиляції та іншими приводами.

Також мікроконтролери можуть обмінюватися даними з іншими пристроями чи системами за допомогою різних комунікаційних інтерфейсів (наприклад, Wi-Fi, Bluetooth, LoRaWAN, бездротова технологія GSM) або дротових інтерфейсів (наприклад, UART, SPI, I²C тощо). Це дозволяє передавати дані, отримувати команди або сповіщення з інших джерел і забезпечувати зв'язок із центральною системою управління.

Для підвищення енергоефективності системи мікроконтролери можуть використовувати різні стратегії зменшення споживання енергії, наприклад режим сну або оптимізацію структури та потоків передачі даних.

При виборі мікроконтролера для системи управління мікрокліматом варто враховувати такі фактори, як потужність, швидкість, кількість входів і виходів, наявність необхідних комунікаційних інтерфейсів і можливість програмування.

2.1.3 Актуатори

Актуатор є невід'ємною частиною системи управління мікрокліматом розумної теплиці. Вони безпосередньо виконують операції, що змінюють параметри мікроклімату, які контролюються мікроконтролерами або центральними системами управління.

Електромеханічні клапани використовують для керування системами поливу або зрошення в теплицях. Вони вмикають або вимикають подачу води в систему за сигналами мікроконтролера або системи управління (рис. 2.4).

Електродвигуни використовують для приводу вентиляторів, які забезпечують циркуляцію повітря в теплиці, або витяжних пристроїв, які регулюють температуру у ній.



Рисунок 2.4 – Приховані електромагнітні клапани поливу

Електронні реле використовуються для керування системами освітлення в теплицях. Вони дозволяють вмикати або вимикати освітлення залежно від заданих умов або режимів.

Насоси забезпечують перекачування рідин або розподіл розчинів добрив у зрошувальних системах. Вони управляються мікроконтролером або системою управління для забезпечення необхідної вологості рослинам.

Залежно від потреб проекту можна використовувати інші типи приводів, наприклад, електронні жалюзі для регулювання світлового потоку або систему повітродувки для регулювання рівня вуглекислого газу в теплиці.

Ці виконавчі механізми виконують команди, отримані від мікроконтролера або системи управління, і забезпечують необхідні зміни параметрів мікроклімату для оптимального росту рослин і підтримки їх здоров'я. Кожен з них має унікальну систему живлення, управління і фізичні принципи дії, які слід враховувати при проектуванні інформаційної системи контролю параметрів мікроклімату теплиці.

2.1.4 Програмне забезпечення

Програмне забезпечення для системи розумної теплиці повинно забезпечувати ефективне управління і моніторинг всіх аспектів тепличного господарства. Основні вимоги до такого програмного забезпечення включають функції моніторингу середовища, управління системами, аналізу даних, системи сповіщень, інтеграції з іншими системами та забезпечення безпеки.

Моніторинг середовища передбачає збір даних з датчиків температури, вологості, освітлення, рівня CO₂, вологості ґрунту та інших параметрів, а також відображення цих даних в реальному часі на інформаційній панелі. Управління системами включає автоматичне регулювання освітлення, поливу, вентиляції та обігріву на основі зібраних даних, а також можливість ручного управління всіма системами через інтерфейс.

Аналіз даних передбачає збереження історичних даних для аналізу та прогнозування, створення звітів та графіків для візуалізації тенденцій і ефективності роботи системи. Система сповіщень дозволяє налаштовувати сповіщення для критичних параметрів, таких як занадто висока або низька температура чи низький рівень вологи, з можливістю надсилання сповіщень через SMS, email або мобільний додаток.

Інтеграція з іншими системами забезпечує підтримку обміну даними з системами керування запасами, плануванням і бухгалтерією через API. Забезпечення безпеки включає захист даних і управління доступом користувачів, а також впровадження механізмів резервного копіювання даних.

Додаткові функції програмного забезпечення для системи розумної теплиці можуть включати мобільний додаток для доступу до інформаційної панелі і можливості керування системами з мобільного пристрою, а також пуш-сповіщення для важливих оновлень і попереджень. Модуль прогнозування може використовувати алгоритми машинного навчання для прогнозування потреб рослин, таких як потреби у воді та світлі. Модуль планування допомагає в плануванні сезонних робіт і управлінні ресурсами.

Технології, які використовуються для створення такого програмного забезпечення, включають веб-інтерфейс та/або мобільний додаток (Android/iOS) для інтерфейсу користувача, сервер на основі мікросервісної архітектури для бекенду, реляційну (наприклад, MySQL) або NoSQL (наприклад, MongoDB) базу даних для зберігання даних, протоколи IoT (наприклад, MQTT) для зв'язку з датчиками і контролерами, а також шифрування даних (наприклад, SSL/TLS) для захисту передачі даних.

Таке програмне забезпечення дозволить забезпечити оптимальні умови для вирощування рослин в теплиці, підвищити ефективність роботи та знизити витрати.

2.1.5 Елементи контролю та моніторингу

Контроль і моніторинг є важливими функціональними можливостями програмного забезпечення розумних систем управління мікрокліматом теплиць. Ці функції дозволяють користувачам стежити за станом теплиці, отримувати інформацію про роботу індикаторів мікроклімату, датчиків і виконавчих механізмів, а також виявляти можливі несправності або аномалії.

За допомогою графічного інтерфейсу користувачі можуть переглядати параметри мікроклімату, такі як температура, вологість і освітленість в теплиці. Інформація може бути представлена у вигляді діаграм, графіків або таблиць, що дозволяє аналізувати зміни та визначати тенденції.

Також програмне забезпечення повинно реалізувати функції сповіщення та оповіщення. Система може надсилати повідомлення користувачеві у разі несправності, відхилення від встановлених параметрів або аварійної ситуації. Це дозволяє швидко реагувати на проблеми та вживати відповідних заходів.

Автоматичне логування та ведення журналів може зберігати історичні дані про мікроклімат, роботу приводу, налаштування користувача, різноманітні події. Це дає змогу виконувати аналіз, визначати тенденції та відновлювати інформацію для подальших досліджень чи аналізу.

Також користувачі можуть дистанційно керувати системою, змінювати налаштування, режими роботи та інші параметри. Це дозволяє налаштовувати мікроклімат під потреби рослин або змінювати умови залежно від зовнішніх факторів.

Також система може надавати звіти, вести статистику та аналіз технологічних операцій. Це допомагає оцінити ефективність і продуктивність систем контролю мікроклімату.

Контроль і моніторинг можуть бути досягнуті за допомогою спеціального програмного забезпечення, або окремих інтегрованих блоків, що взаємодіють з датчиками, мікроконтролерами та іншими компонентами системи.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ТЕПЛИЦЬ

3.1. Узгодження апаратних інформаційних засобів системи контролю параметрів мікроклімату теплиці

Для розробки та перевірки методів та засобів контролю параметрів мікроклімату теплиць слід розробити відповідну структурну схему, відобразивши взаємозв'язки між її апаратними складовими. На рис. 3.1 показано структурну схему інформаційної системи контролю параметрів мікроклімату теплиць.

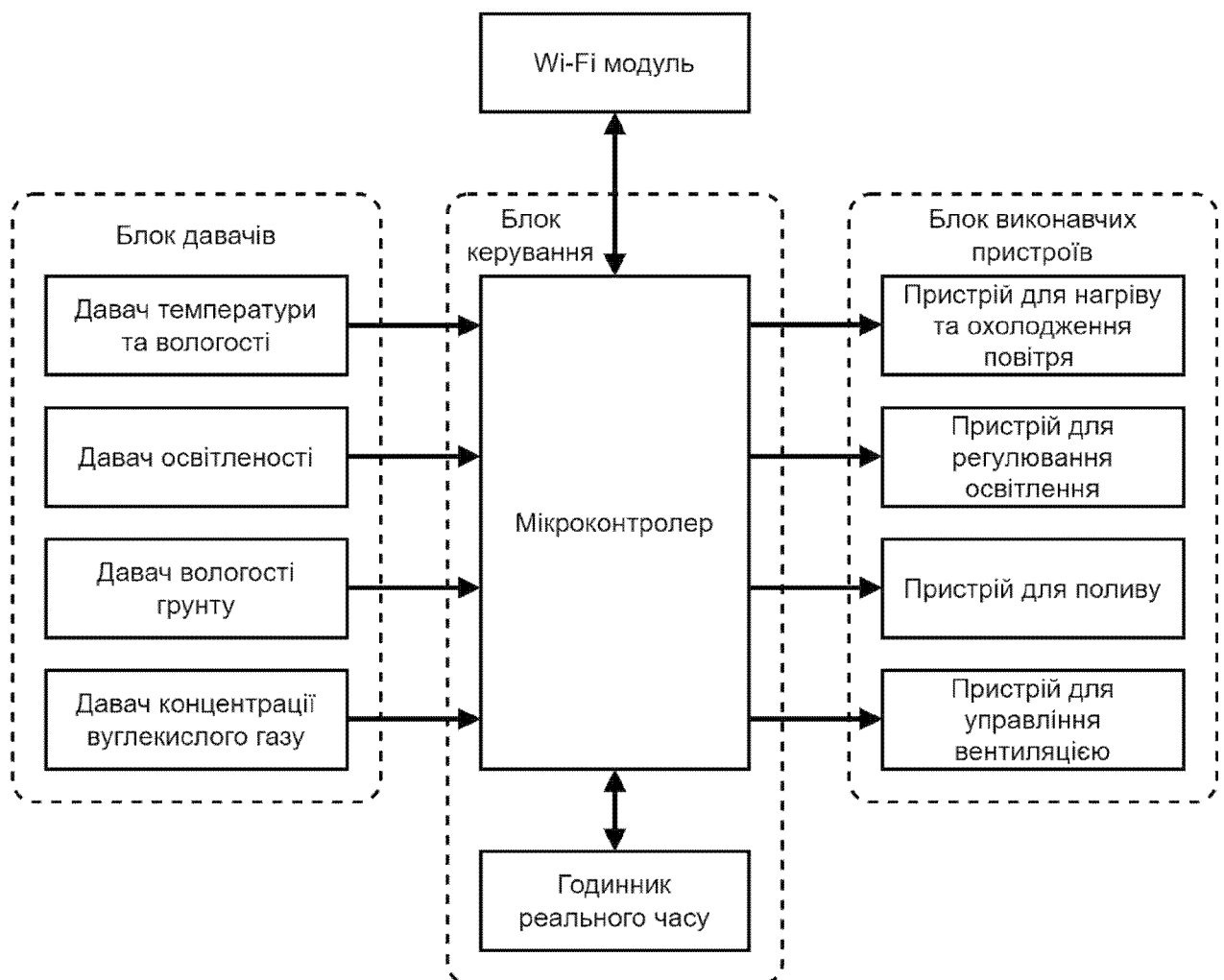


Рисунок 3.1. – Структурна схема інформаційної системи контролю параметрів мікроклімату теплиць

Проведемо попередній аналіз усіх складових елементів показаних на рис. 3.1. Мікроконтролер є важливим та невід'ємним компонентом розроблюваної системи, оскільки він відповідає за управління всією системою загалом. Модуль Wi-Fi також є важливим елементом, оскільки він забезпечить зв'язок системи із зовнішніми пристроями через Інтернет. Модуль годинника реального часу (RTC) дозволяє визначати точний час і дату. Він потрібен системі для того, щоб запрограмувати режим поливу рослин за певним графіком.

Також до складу системи входять різноманітні датчики для вимірювання найважливіших показників мікроклімату тепличного комплексу: температури та вологості повітря, освітленості, вологості ґрунту, концентрації вуглекислого газу в повітрі тощо.

Управління виконавчими механізмами теплиці реалізовано шляхом перемикання контактів реле для регулювання параметрів мікроклімату в автоматичному або ручному режимі.

Враховуючи результати огляду існуючих рішень та аналізу потреб системи проектування, на основі розробленого конструктивного рішення обрано технічні засоби реалізації (таблиця 3.1).

Відповідно до структурної схеми розроблено схему електричного підключення пристрою контролю параметрів мікроклімату теплиці (рис. 3.2).

Плата Arduino Nano використовує рівні логіки TTL і її напруга становить 5 В. Більшість периферійних пристроїв (датчики, модулі HRC, реле) мають такі ж логічні рівні. Тож при підключенні їх до плати мікроконтролера їхні логічні рівні будуть сумісні один з одним.

Напруга живлення плати Wi-Fi модуля ESP8266 становить 3,3 В, тому рівень сигналу, що відповідає логічному блоку, також становить 3,3 В. Теоретично модуль ESP8266 може взаємодіяти з іншими пристроями з логічним рівнем 5В. На практиці, однак, надійність такої роботи не гарантується. Щоб забезпечити надійний обмін даними між платами Arduino Nano і ESP8266 через інтерфейс UART, їх логічні рівні слід узгодити. У даній схемі це досягається використанням дільника напруги з резисторами R4 і R5.

Таблиця 3.1 – Апаратне забезпечення інформаційної системи контролю параметрів мікроклімату теплиці

Елементи управління та зв'язку	
платформа Arduino Nano	
WiFi модуль ESP8266	
годинник реального часу DS3231SN	
мікросхема живлення LM3940IT	
Датчики	
сенсор вологості та температури DHT22	пропрієтарне кодування сигналу
сенсор рівня освітлення RCK205502	цифровий або аналоговий сигнал
сенсор вологості ґрунту FC-28	цифровий або аналоговий сигнал
сенсор вуглекислого газу MQ-135	аналоговий сигнал
Виконавчі елементи	
4 модулі реле	цифровий сигнал

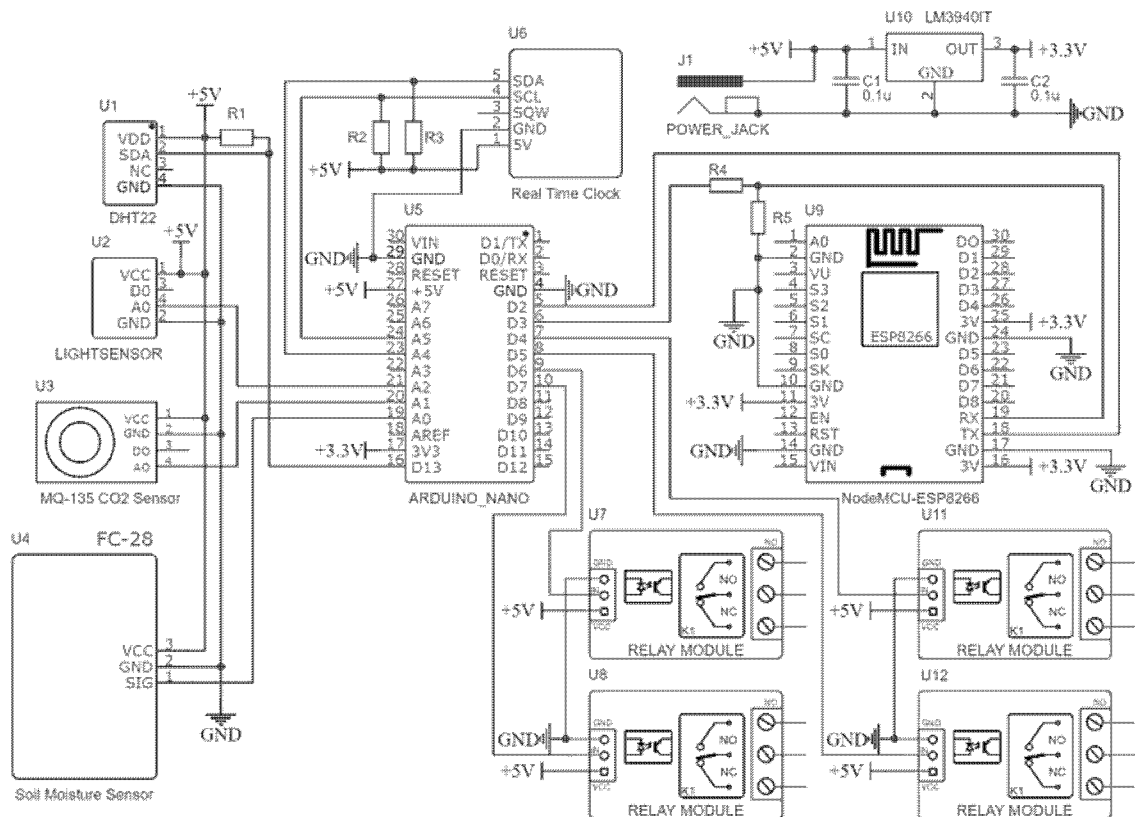


Рисунок 3.2 – Електрична схема інформаційної системи контролю параметрів мікроклімату теплиці

3.2. Реалізація алгоритмічного забезпечення проєктованої системи

При написанні програмного забезпечення важливим етапом, де описується логічна послідовність операцій, є побудова алгоритму. Розроблена комп'ютерна система повинна контролювати кліматичні параметри теплиці та керувати виконавчими механізмами щоб їх регулювати. Основним принципом управління мікрокліматом теплиці є зміна температури, вологості повітря і ґрунту, освітленості та концентрації CO₂ в теплиці шляхом увімкнення/вимкнення інженерного обладнання.

Блок-схема програмного алгоритму пристрою контролю параметрів мікроклімату теплиці наведена на рис. 3.3. Робота системи починається з підключення зовнішньої бібліотеки та налаштування режиму роботи пінів. Після цього розпочинається ініціалізація мікроконтролера та інтерфейсу.

В основному циклі програми проводиться опитування датчиків вологості та температури повітря, освітлення, концентрації вуглекислого газу в повітрі та вологості ґрунту. Отриманий сигнал оцифровується і порівнюється з пороговим.

Коли температура повітря в теплиці падає нижче порогового рівня, мікроконтролер подає команду на перемикання реле для включення опалювального агрегату.

При зниженні рівня освітленості в теплиці нижче допустимих норм освітлювальне обладнання включається перемиканням відповідного реле за командами мікроконтролера. Подібним чином контролюють подачу рідини, якщо вологість ґрунту падає нижче допустимої норми.

Вентилятор використовується для рециркуляції повітря, і коли концентрація вуглекислого газу в повітрі перевищує норму, з мікроконтролера на реле надходить керуючий сигнал і вентилятор включається.

Результати вимірювання параметрів мікроклімату передаються на модуль Wi-Fi, який передає їх на платформу IoT через протокол MQTT.

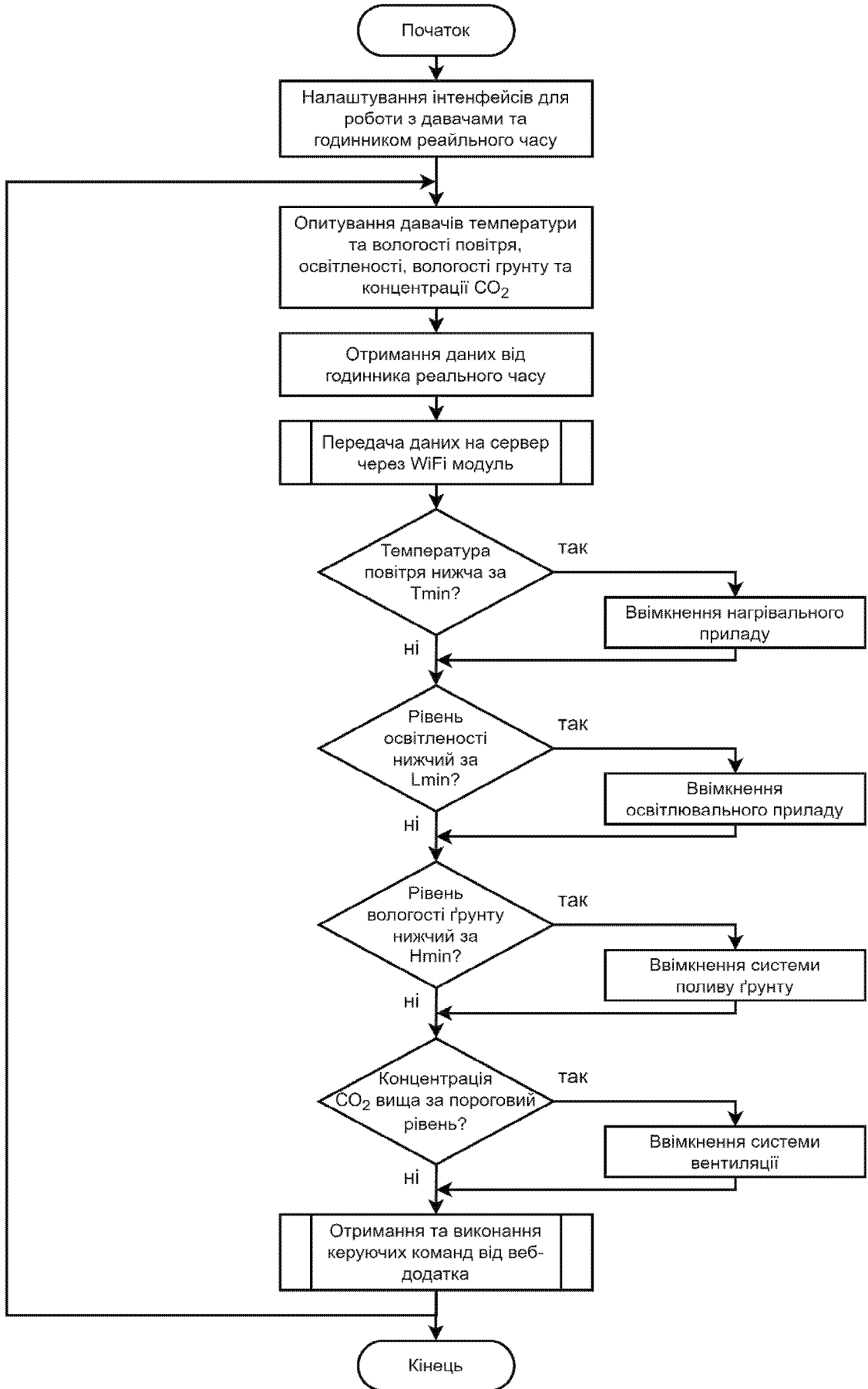


Рисунок 3.3 – Блок-схема алгоритму роботи інформаційної системи контролю параметрів мікроклімату теплиці

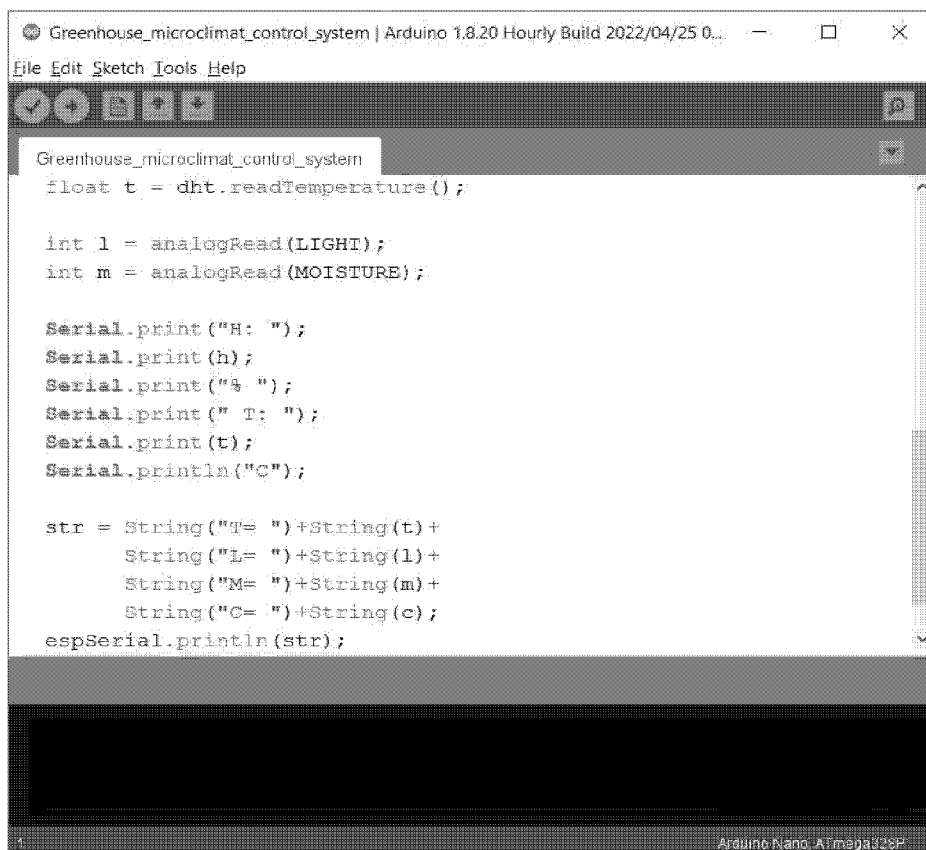
3.3. Створення програмного продукту для інформаційної системи контролю параметрів мікроклімату теплиці

В даний час існує кілька способів програмування мікроконтролерів [14].

C/C++ є найпоширенішою мовою програмування для вбудованих систем. Модуль ESP8266 також можна запрограмувати на мові Python, але вона менш поширена у використанні для цих завдань.

Мова програмування Arduino C — це структура типу Wiring, розроблена на основі мови C++. Вона має невеликі відмінності у способі написання коду, оскільки створена за допомогою компілятора AVR-GCC. Істотною перевагою, що надає вибір мови програмування Arduino C, є наявність бібліотек, що містять різні об'єкти та функції для роботи з периферійними пристроями.

У цій роботі середовищем для написання коду для мікроконтролера було обрано Arduino IDE. Його базовий інтерфейс наведено на рис. 3.4.



```
Greenhouse_microclimat_control_system | Arduino 1.8.20 Hourly Build 2022/04/25 0...
File Edit Sketch Tools Help

Greenhouse_microclimat_control_system
float t = dht.readTemperature();

int l = analogRead(LIGHT);
int m = analogRead(MOISTURE);

Serial.print("H: ");
Serial.print(h);
Serial.print("% ");
Serial.print(" T: ");
Serial.print(t);
Serial.println("C");

str = String("T= ") + String(t) +
      String("L= ") + String(l) +
      String("M= ") + String(m) +
      String("C= ") + String(c);
espSerial.println(str);

Arduino Nano ATmega328P
```

Рисунок 3.4 – Стартовий екран середовища розробки Arduino IDE

Вибір цього середовища розробки обумовлено підтримкою двох мікроконтролерів, обраних для реалізації проекту (Atmega328 і ESP8266). Також платформа Arduino IDE є відкритою та безкоштовною. Arduino IDE містить низку вбудованих бібліотек, що містять об'єкти та функції для взаємодії із зовнішніми пристроями, що використовуються в системі проектування. Це значно полегшує написання програмного забезпечення. Після компіляції програмного коду IDE створює файл із розширенням *.cpp.

За замовчуванням Arduino IDE має вбудований компілятор для написання коду для плати Arduino. Щоб збільшити можливості написання та компіляції коду для плати мікроконтролера ESP8266, у середовищі Arduino IDE необхідно встановити відповідні плагіни. Для цього у вікні «Налаштування» (рис. 3.5) потрібно вставити посилання на файл програми з розширенням .JSON:

https://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json

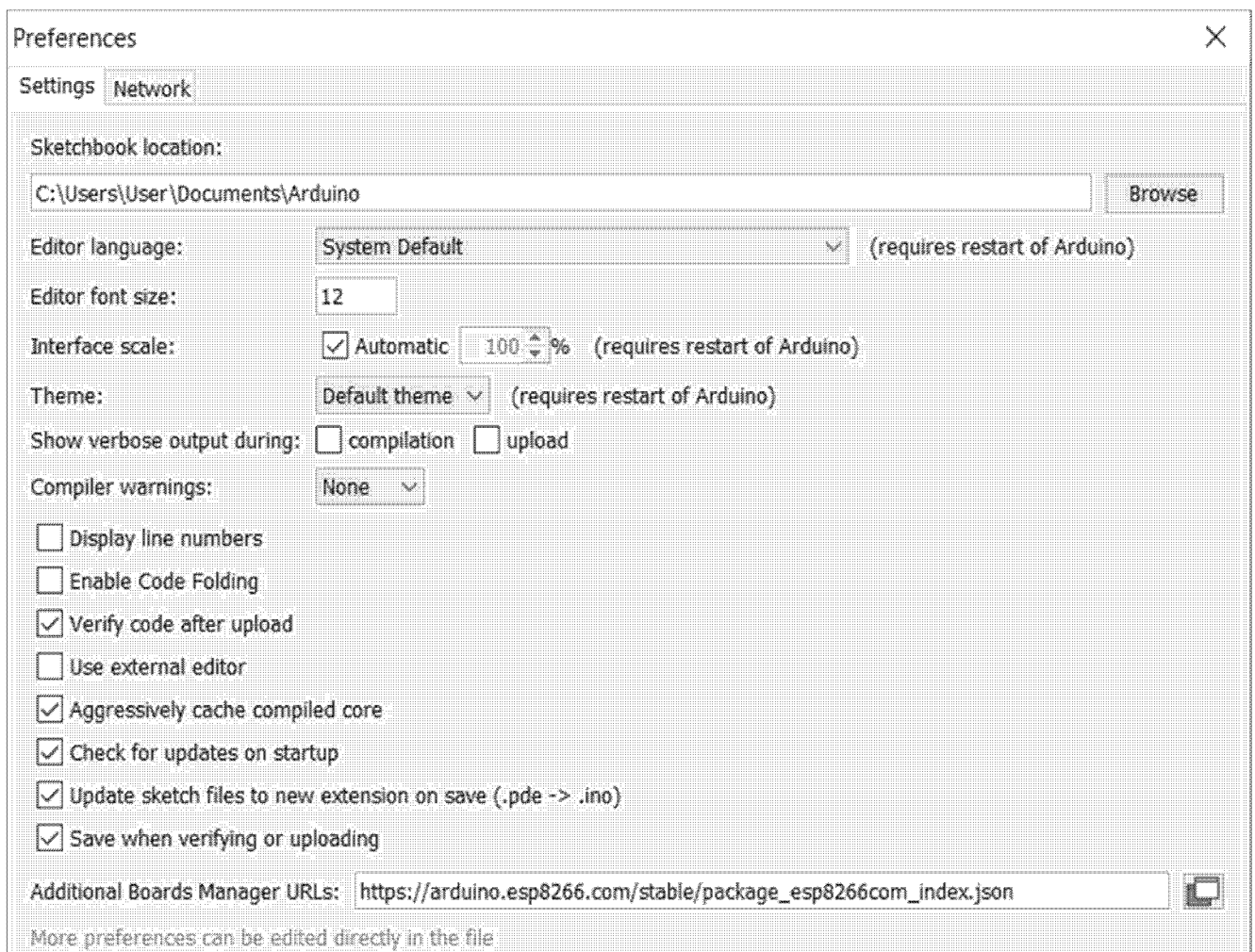


Рисунок 3.5 – Вікно налаштувань середовища Arduino IDE

Після цього можна здійснити встановлення Wi-Fi модуля ESP8266 у вікні «Board Manager», як показано на рис. 3.6.



Рисунок 3.6 – Процес встановлення плагіна для роботи з платформою ESP8266 у вікні «Boards Manager»

У процесі написання коду отримання даних від датчика вологості і температури DHT22 в середовищі Arduino IDE використовується бібліотека DHT.h. Процес її підключення до проекту показано на рис. 3.7.

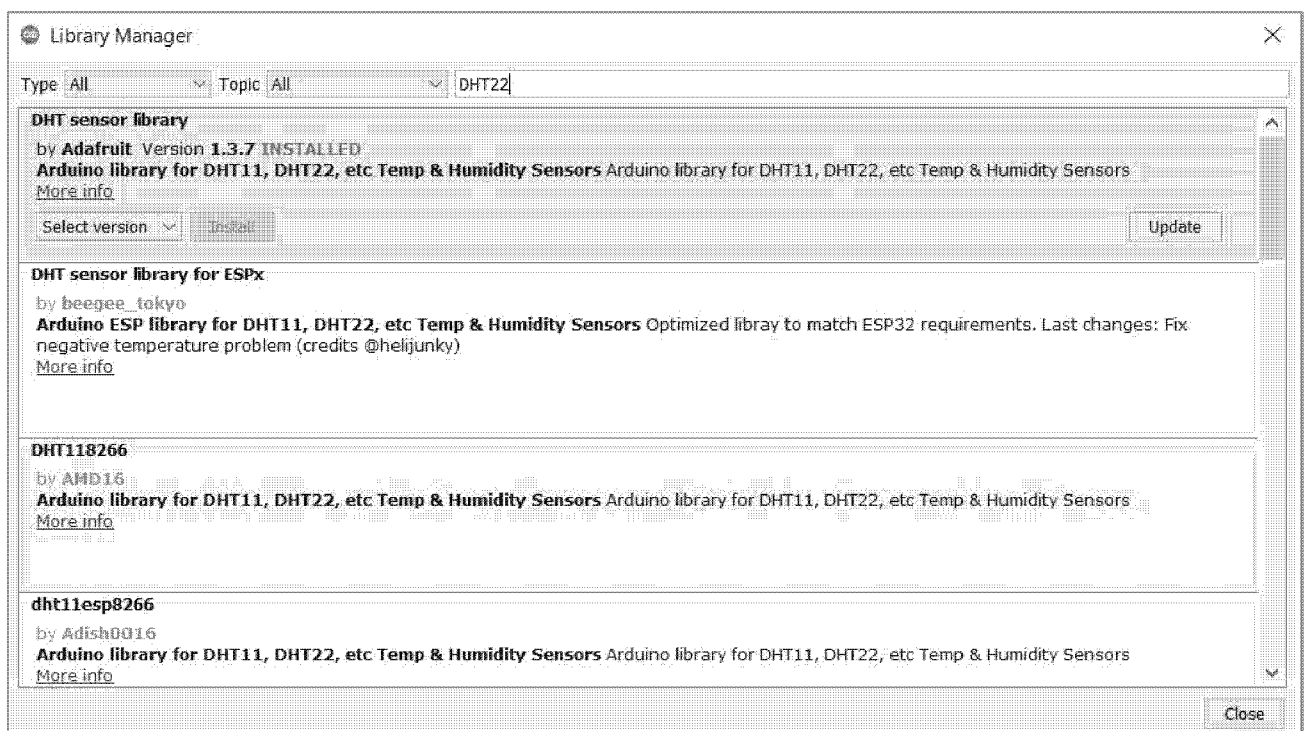


Рисунок 3.7 – Процес встановлення бібліотеки DHT.h

Розглянемо основні змістовні елементи програмного коду інформаційної системи контролю параметрів мікроклімату теплиці.

Спочатку підключається бібліотека для вимірювання температури повітря в теплиці

```
#include "DHT.h"
```

та генерується об'єкт `dht`, у якому вказується тип датчика та номер підключеного виходу:

```
#define DHTPIN 13
#define DHTTYPE DHT22
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
```

Безпосередня робота з цим об'єктом розпочинається з команди `begin()` у функції `setup()` основної програми:

```
dht.begin();
```

В основному циклі `loop()` процес опитування датчика реалізований за допомогою функції `readTemperature()`:

```
// Read temperature as Celsius (the default)
float t = dht.readTemperature();
```

Вимірювання рівня освітленості та вологість ґрунту в теплиці реалізовано за допомогою аналогових датчиків, підключених до контактів A0 і A2 плати Arduino Nano. Визначення контактів виконується на початку програмного коду:

```
#define MOISTURE A0
#define LIGHT A2
```

А у функції `setup()` визначається режим роботи цих контактів «на вхід»:

```
pinMode (A0, INPUT);
pinMode (A2, INPUT);
```

Для своєчасного зчитування показів цих двох датчиків використовується команда `analogRead()`:

```
int l = analogRead(LIGHT);
int m = analogRead(MOISTURE);
```

Також у середовищі розробки встановлено бібліотеку MQUnifiedsensor.h яка забезпечує взаємодію з сенсором MQ-135 для вимірювання концентрації CO₂ в повітрі (рис. 3.8).



Рисунок 3.8 – Встановлення бібліотеки MQUnifiedsensor в Arduino IDE для роботи з сенсором MQ135 для вимірювання концентрації CO₂

В кодї програми цю бібліотеку було підключено до розробленого проекту за допомогою директиви include:

```
#include <MQUnifiedsensor.h>
```

На наступному етапі проектування необхідно визначити основні константи, що будуть використовуватися як параметри під час ініціалізації об'єкта датчика MQ135 (рис. 3.9):

- тип плати;
- номер аналогового контакту, до якого під'єднаний давач;
- значення опорної напруги;
- тип давача;
- порогове значення концентрації вуглекислого газу;
- розрядність АЦП.

```

MQ135.setRegressionMethod(1); // _PPM = a*ratio^b
// Configure the equation to calculate CO2 concentration
MQ135.setA(110.47); MQ135.setB(-2.862);
MQ135.setR0(13.42);
/*Exponential regression:
GAS      | a      | b
CO       | 605.18 | -3.937
Alcohol  | 77.255 | -3.18
CO2      | 110.47 | -2.862
Toluen   | 44.947 | -3.445
NH4      | 102.2  | -2.473
Aceton   | 34.668 | -3.369
*/
MQ135.init();
#define Board ("Arduino NANO")
#define MQ135pin (A1)
#define TypeMQ135 ("MQ-135")
#define Voltage_Resolution (5)
#define ADC_Bit_Resolution (10)
#define RatioMQ135CleanAir (3.6)
/*****Globals*****/
//Declare Sensor
MQUnifiedsensor MQ135 (Board,
                        Voltage_Resolution,
                        ADC_Bit_Resolution,
                        MQ135pin,
                        TypeMQ135);

```

Рисунок 3.9 – Лістинг коду створення об'єкту сенсора MQ135 та налаштування його параметрів

У функції `setup()` записується код для калібрування датчика, щоб він був налаштований на вимірювання концентрації CO₂ у повітрі. Крім того, ініціалізується об'єкт MQ135.

У циклі `loop()` використовуються методи `update()` і `readSensor()` бібліотеки `MQUnifiedsensor.h`, щоб виміряти концентрацію CO₂ у повітрі (рис. 3.10).

```

MQ135.update();
sensorValue_MQ135_CO2 = MQ135.readSensor();
delay(500); //Sampling frequency

```

Рисунок 3.10 – Лістинг коду опитування сенсора MQ135

Для обміну даними між платами Arduino Nano та ESP8266 використано бібліотеку SoftwareSerial.h для реалізації функцій послідовного інтерфейсу на цифрових виходах модуля Arduino, відмінних від наданих виробником:

```
#include <SoftwareSerial.h>
```

Це дозволяє ініціалізувати декілька послідовних портів на платі Arduino. У цьому проекті для цієї мети використовуються контакти 5 і 6 плати, тому створюється об'єкт espSerial і глобальна змінна str:

```
SoftwareSerial espSerial(6, 5);
String str;
```

У підпрограмі setup() налаштовується швидкість передачі даних достатня для передачі Wi-Fi сигналу на послідовному порті, створеному, як зазначено вище:

```
Serial.begin(115200);
espSerial.begin(115200);
delay(2000);
```

У підпрограмі loop() виміряні значення параметрів мікроклімату теплиці передаються від Arduino до ESP8266. (рис. 3.11).

```
str = String("T= ") + String(t) +
      String("L= ") + String(l) +
      String("M= ") + String(m) +
      String("C= ") + String(c);
espSerial.println(str);
delay(1000);
```

Рисунок 3.11 – Лістинг коду для передачі виміряних параметрів мікроклімату теплиці між платами Arduino до ESP8266 через послідовний порт

На одній стороні плати ESP8266 також налаштована швидкість передачі даних через послідовний порт:

```
void setup() {
  // Open serial communications and wait for port to open:
  Serial.begin(115200);
```

А процес опитування послідовного порту організовано в основному циклі:

```
if (Serial.available()) {
    Serial.write(Serial.read());
}
```

3.4. Взаємодія інформаційної системи контролю параметрів мікроклімату з IoT платформою

У роботі пропонується використовувати платформу Blynk IoT для реалізації дистанційного керування параметрами тепличного мікроклімату. Її вибір обумовлено достатньою кількістю безкоштовних віджетів та можливістю підключення необмеженої кількості зовнішніх пристроїв контролю (планшетів, смартфонів, ПК). Схема на рис. 3.12 показує, як компоненти системи взаємодіють із платформою Blynk.

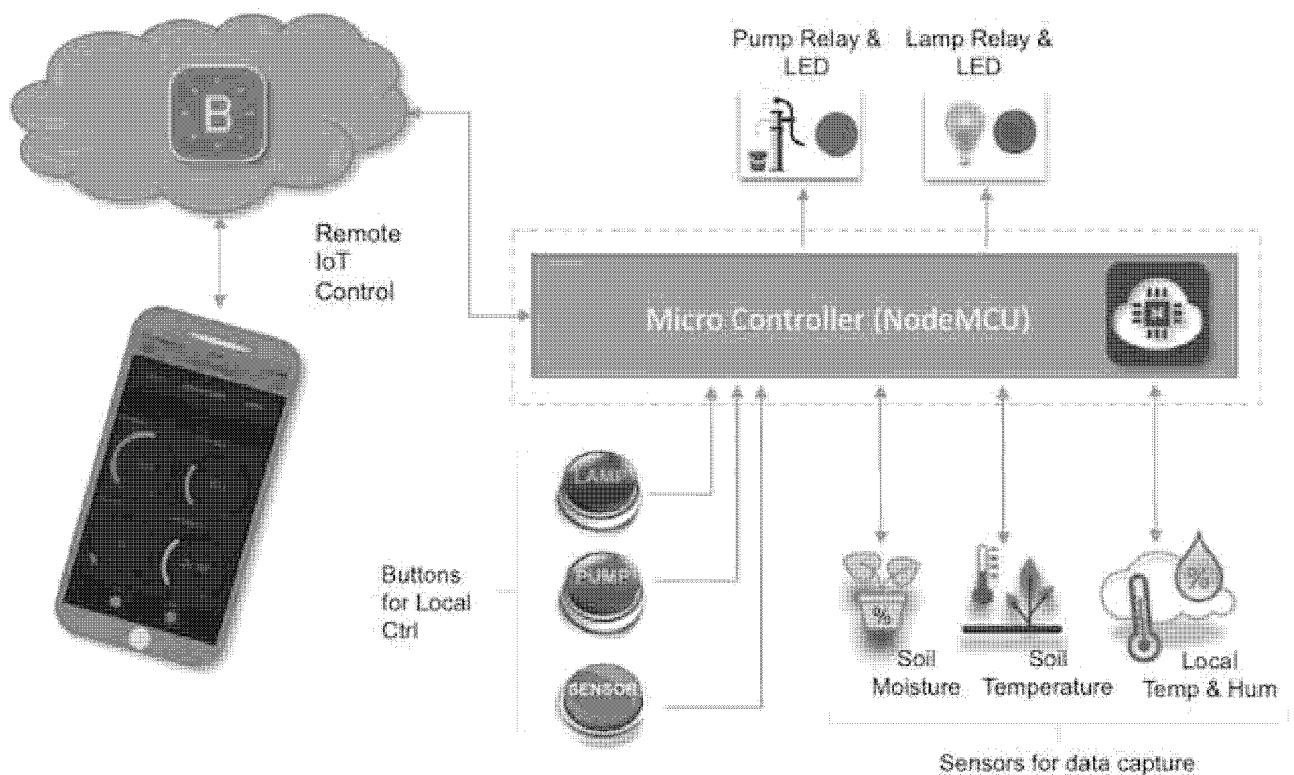


Рисунок 3.12 – Принцип взаємодії базових компонентів інформаційної системи контролю параметрів мікроклімату теплиць

Платформа Blynk надає можливість взаємодії з користувачами у вигляді мобільного додатку для смартфонів або веб-інтерфейсу на ПК чи ноутбуці. Серед її основних переваг – простота процесу створення та налаштування інтерфейсу мобільного додатку та зручна реалізація зв'язку з платами ESP та Arduino, що стало ще одним важливим фактором при виборі цієї платформи.

Мобільний додаток Blynk дозволяє розмістити елементи управління «розумними» пристроями, такі як перемикачі, кнопки тощо. Кожен із цих елементів можна конфігурувати по-різному. Крім того, можна прив'язати елементи керування мобільної програми до виходів фізичних пристроїв.

Для обміну даними з платформою Blynk в Arduino IDE слід інстальювати дві додаткові бібліотеки: ESP8266WiFi.h і BlynkSimpleEsp8266.h. Перша відповідає за підготовку плати ESP8266 до встановлення та підтримання Wi-Fi з'єднання, а друга реалізує сам зв'язок з хмарною платформою. Процес їх підключення та налаштування показано у коді нижче:

```

/* ESP & Blynk */
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp8266.h>
#define BLYNK_PRINT Serial
/* Blynk credentials */
char auth[] = "asga8ETWadfELLG9D8U6pT26F1";
/* WiFi credentials */
char ssid[] = "TPLINK";
char pass[] = "123456";

```

У функції setup() реалізується процес підключення та авторизації платформи Blynk. Для її коректної роботи використовується інформація про ім'я мережі, логін користувача та його пароль:

```
Blynk.begin(auth, ssid, pass);
```

Стандартним методом run() запускається процес обміну даними в основному циклі loop():

```

timer.run();
Blynk.run();

```

3.5. Результати тестування системи

Розроблена система контролю мікроклімату теплиці призначена для використання користувачами з різним рівнем досвіду та різними потребами. Передбачається, що основна сфера застосування даної системи – домашні теплиці. Завдяки розробленим алгоритмам отримання, зберігання та візуалізації інформації користувачі можуть розмістити мікроферму в будь-якому місці та віддалено контролювати параметри мікроклімату теплиці.

Відображення результатів моніторингу параметрів тепличного мікроклімату в мобільному додатку платформи Blynk показано на рис. 3.13.

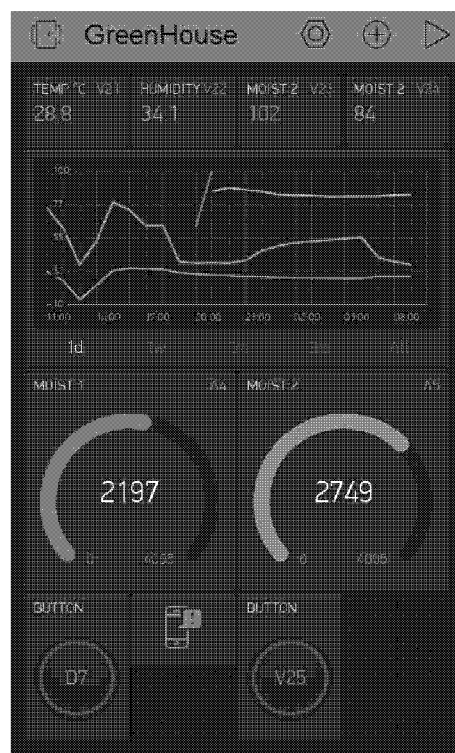


Рисунок 3.13 – Відображення результатів моніторингу параметрів мікроклімату теплиці у мобільному додатку платформи Blynk

Обраний спосіб відображення даних дозволяє контролювати параметри мікроклімату та управляти системою як з ноутбука чи настільного комп'ютера, так і за допомогою мобільних додатків.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Охорона праці під час виконання кваліфікаційної роботи

У кваліфікаційній роботі бакалавра спроектовано систему для контролю параметрів мікроклімату теплиць на основі технологій інтернету речей. Під час розв'язання задач дослідження, особливо практичної реалізації системи, враховано вимоги з охорони праці і техніки безпеки, пожежної та електробезпеки.

Виконання як теоретичної частини роботи, так і практичної, передбачає використання комп'ютерної техніки та обладнання з низькими напругами і силою струму. Зокрема, в якості блоку живлення плати ESP8266, використовувалась напруга живлення, яка становить 5 В. На платі використовуються можливі номінали напруги на рівні 5 В і 3,3 В, що не становить небезпеки для користувачів та розробника системи.

В якості регламентуючого документа з пожежної безпеки перед початком роботи над комп'ютерною системою для контролю параметрів мікроклімату теплиць використано вимоги «Типового положення про інструктажі, спеціальне навчання та перевірку знань з питань пожежної безпеки на підприємствах, в установах та організаціях України», які є діючим на даний час і затверджені постановою Кабінету міністрів України від 26 червня 2013 р. № 444.

Для організації захисту від негативного впливу екранів дотримано вимог Закону України "Про затвердження Вимог щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями" та НПАОП 0.00-7.15-18, який затверджений наказом Міністерства соціальної політики України 14.02.2018 N207. Робоче місце під час виконання кваліфікаційної роботи та проектування комп'ютерної системи облаштовано згідно наведених вимог та відповідає організаційним, ергономічним та вимогам з пожежної безпеки.

Електробезпеку робочого місця регламентують Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів, які затверджені наказом Держнаглядохоронпраці від 09.01.98 N 4, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 10.02.98 за N 93/2533 (НПАОП 40.1-1.21-98). Електромережа, яка використовувалася при виконанні кваліфікаційної роботи, відповідає правилам [23]:

- живлення електромережі проєктовано, як окрему групову трьох провідну мережу з використанням фази, робочого «нуля» та захисного «нуля»;
- захисний «нуль» застосовано для реалізації заземлення електропристроїв;
- усі електричні та електронні пристрої мають захист від короткого замикання та непередбачуваних аварійних ситуацій;
- монтаж та експлуатація електромережі задовольняють вимогам щодо унеможливлення виникнення джерела загоряння через коротке замикання та перевантаження;
- усі лінії електроживлення виконанні не з легкозаймистого матеріалу або з негорючою ізоляцією;
- електричне устаткування підключено до мережі лише за допомогою справних штепсельних з'єднань і розеток заводського виготовлення; – у розетках і штепселях передбачено контакти заземлення.

Вимоги електробезпеки при проєктуванні компонентів комп'ютерної системи для контролю параметрів мікроклімату теплиць дотримано двома шляхами: використання безпроводних технологій передавання даних і напруги живлення в діапазоні 3,3В і 5 В, що дозволяє зменшити можливість ураження струмом при виникненні контакту з мережею чи в аварійних ситуаціях.

Щодо пожежної безпеки будівлі, де виконувався проєкт, то дотримано вимоги державних будівельних норм "Пожежна безпека об'єктів будівництва", які затверджені наказом Держбуду України від 03.12.2002 N 88, а також вимоги правил пожежної безпеки України, затвердженими наказом Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій від 19.10.2004 N 126.

У приміщеннях, де розташовуються робочі місця користувачів ПК потрібно забезпечити відповідність вимогам санітарних норм і правил наведених у ДСанПіН 3.3.2-007-98 [24]. Крім цього, на робочих місцях, обладнаних комп'ютерами і периферійною технікою забезпечено оптимальні значення параметрів мікроклімату: температури, руху повітря та відносної вологості, у відповідності до вимог нормативних документів.

Щодо освітлення, то приміщення де експлуатуються ПК, повинно бути обладнаним джерелами штучного освітлення та мати природне освітлення. Нормативний документ, який регламентує вимоги до рівнів природного і штучного освітлення – ДБН В.2.5-28-2018. Природне освітлення забезпечують прозорі вікна та інші світлові прорізи, що знаходяться на півночі або північному сході. У приміщеннях коефіцієнт природного освітлення повинен бути не нижче ніж 1,5 %. Розрахунок коефіцієнта природного освітлення виконують відповідно до методики, яка наведена у ДБН В.2.5-28-2018.

Штучне освітлення у приміщеннях з ПК забезпечується за допомогою системи загального освітлення, переважно рівномірного. В якості штучного джерела світла застосовуються люмінесцентні лампи типу ЛБ.

При використанні ПК для розробки проекту комп'ютерної системи для контролю параметрів мікроклімату теплиць на основі технологій інтернету речей було дотримано наступних вимог з техніки безпеки:

- не виконувався самостійний ремонт ПК і периферійних пристроїв;
- не вносились конструктивні чи інші зміни в апаратне забезпечення комп'ютера;
- використовувались тільки ті матеріали та предмети, які стосувались розробки комп'ютерної системи для контролю параметрів мікроклімату теплиць.

Для забезпечення вимог щодо безпечної експлуатації інформаційних технологій та мереж дотримано вимог СТУ EN 60950-1:2015 «Обладнання інформаційних технологій. Безпека. Частина 1. Загальні вимоги» (ДСТУ EN 609501:2015).

4.2. Оцінка стійкості роботи промислового підприємства до впливу вторинних вражаючих факторів

Стійкість роботи об'єкта – це здатність в умовах військового часу виготовляти продукцію в запланованому об'ємі і номенклатурі, а при одержанні слабких і частково середніх руйнувань відновлювати своє виробництво в мінімальні терміни. Мета оцінки стійкості об'єкта полягає у виявленні слабких його елементів, щоб у подальшому провести інженерно-технічні заходи, спрямовані на підвищення стійкості об'єкта в цілому.

Оцінка стійкості роботи об'єкта – це всебічне вивчення підприємства з погляду спроможності його протистояти впливу вражаючих факторів ядерного вибуху, продовжувати роботу і відновлювати виробництво при одержанні слабких руйнувань.

Промислові підприємства відрізняються одне від одного як по конструктивному рішенню, так і по технологічному процесі. Відмінності об'єктів полягають в будинках і спорудах, устаткуванні і технології виробництва, комунально-енергетичних мережах і території, на якій розташований об'єкт. Тому в усіх випадках оцінка стійкості кожного об'єкта має свої особливості і вимагає конкретного підходу до рішення цього питання. У даному випадку розглянемо загальні для всіх об'єктів питання оцінки їх стійкості до впливу вражаючих факторів зброї масового знищення.

Оцінка стійкості роботи об'єкта починається з вивчення району розташування. Об'єкт може знаходитися в місті, за межею його проектної забудови і на деякій віддалі від міста. Досліджується територія району, його структура, щільність і тип забудови, сусідні об'єкти і можливість виникнення на них вторинних чинників поразки. На об'єкті визначаються щільність забудови, розміщення основних будинків і споруджень, що впливають на характер руйнування, можливе утворення завалів і виникнення пожеж. Особлива увага приділяється ділянкам, де можливе виникнення небезпечних вторинних чинників ушкоджень. Беруться на облік усі будинки і споруди, робиться оцінка

їх статичної стійкості. Вивчають кожен цех і його окремі елементи як по конструктивному рішенню, так і за матеріалами, що були використані в будівництві. Розглядаються умови розміщення внутрішнього технологічного устаткування і визначаються види руйнувань і ушкоджень, що можуть мати місце при ядерному вибуху і заваленні огорожуваних конструкцій цехів.

Особливо важливо визначити захист цінного й унікального устаткування, насиченість виробництва автоматикою і можливість продовження виробництва у випадку виходу з ладу контрольно-вимірювальної апаратури. Обстежуються комунально-енергетичні системи об'єкта і робиться оцінка стійкості споруджень і ліній, тобто визначаються параметри вражаючих факторів, при яких комунальноенергетичні мережі одержать ті або інші руйнування. Визначається забезпеченість працюючих захисними спорудженнями: встановлюється кількість сховищ, укриттів і оцінюються їхні захисні властивості. Вивчається система керування, зв'язку й оповіщення на основі вивчення стану захищених пунктів керування, вузлів і ліній зв'язку. Аналізується система матеріально-технічного постачання і виробничих зв'язків. Встановлюється об'єм запасів і можливих термінів продовження роботи без постачань; визначається відповідність їхньої кількості і номенклатури вимогам, запропонованим до виробництва у військовий час.

Оцінюється стійкість складів сировини, комплектуючих виробів, готової продукції й інших матеріалів, а також сховища паливних матеріалів. Досліджується підготовка об'єкту до відновлення виробництва у випадку одержання слабких або середніх руйнувань. Аналіз виробничої діяльності об'єкта дозволяє виявити слабкі елементи, ділянки і підготувати план підвищення стійкості їх роботи і план відновлювальних робіт, забезпечити їх будівельно-монтажною і проектною документацією.

Оцінка стійкості роботи об'єкта організовується начальником ЦО (директором підприємства), його штабом і головними фахівцями: головним інженером, головним механіком, головним технологом, головним енергетиком. До оцінки стійкості залучаються начальники служб і інші фахівці [26].

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі вирішується важлива задача розробки системи контролю параметрів тепличного мікроклімату на основі технології IoT. Ключові результати:

1. Розглянуто та проаналізовано літературу щодо дистанційного контролю параметрів тепличного мікроклімату та окреслено питання, які потребують вдосконалення.

2. Удосконалено метод контролю параметрів тепличного мікроклімату на основі технології IoT. Показано, що протокол MQTT можна використовувати для передачі даних на хмарну платформу IoT.

3. Розроблено апаратну частину системи дистанційного моніторингу параметрів тепличного мікроклімату. Зокрема, функціональну, структурну схеми та схему електричного підключення системи.

4. Розроблено алгоритми роботи та створено програмне забезпечення інформаційної системи контролю параметрів мікроклімату теплиці, яке забезпечує вимірювання параметрів та передачу отриманих значень на віддалений IoT-сервер платформи Blynk для відображення в мобільному додатку та реалізації дистанційного керування.

Впровадження розробленої системи дозволить здійснювати моніторинг параметрів тепличного мікроклімату в режимі реального часу, що забезпечить підвищення якості вирощеної продукції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ясінський Р.В., Осухівська Г.М., Паламар А.М., Величко Д.В. Комп'ютерна система для контролю параметрів мікроклімату теплиць на основі інтернету речей. *Актуальні задачі сучасних технологій : збірник тез доповідей XI міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів*, Тернопіль: ФОП Паляниця В. А, 2022. С. 177.
2. Решетюк В. М., Лендел Т. І., Куляк Б. В. Алгоритм прийняття рішень для проведення крапельного зрошення в теплиці із використанням інформації про стан рослини. *Науковий вісник НУБіП України*. № 6. 2008. С. 111–120.
3. Ясінський Р.В., Осухівська Г.М., Паламар А.М. Апаратно-програмна система для регулювання мікроклімату теплиць. *Матеріали X науково-технічної конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя «Інформаційні моделі, системи та технології»*, Тернопіль: ТНТУ, 2022. С. 102.
4. Дудник А.О. Методи побудови ресурсоефективних систем керування тепличними комплексами. *Актуальні проблеми наук про життя: матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених*. Київ: Просвіта, 2018. С. 58–59.
5. Васильєва Ю. Д., Морозова М. М. Нейромережа для контролю параметрів мікроклімату теплиці. *XII Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування»*. Збірник праць. Київ : КПІ ім. І. Сікорського. Київ: Просвіта, 2019. С. 429–432.
6. Шарапа О. В., Бердников А. Г. Модель системи управління технологічним процесом в тепличному агропромисловому комплексі. *Вісник Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна*. № 47, 2020. С. 86–92.

7. Лисенко В. П., Лендел Т. І. Алгоритм формування стратегій керування процесом вирощування рослин у теплиці з урахуванням їх стану. *Науковий вісник НУБіП України*. № 3. 2018. С. 118–124.
8. Заєць Н. А., Дудник А. О., Якименко І. Ю. Експериментально-статистичне дослідження теплиці як об'єкта керування з метою підвищення ресурсоефективності виробництва. *Енергетика і автоматика: навч. посіб.* Київ: Алерта, 2017. 200–211 с.
9. Науковці з Данії розробили розумну систему зрошення для теплиць. URL: <https://superagronom.com/news/13793-naukovtsi-z-daniyi-rozrobili-rozumnu-sistemuzroshennya-dlya-teplits> (дата звернення: 22.05.2024).
10. GroLab – Agricultural Automation System. URL: <https://opengrow.pt/software/> (дата звернення: 26.05.2024).
11. IntelliGrow – Cloud-based Greenhouse Crop Management Application. URL: <https://autogrow.com/our-products-solutions/intelligrow> (дата звернення: 24.05.2024).
12. Євсеєнко О. М. Розробка апаратно-програмної системи керування мікрокліматом теплиці. *Технічна інженерія: навч. посіб.* Київ: Просвіта, 2020. 104–109 с.
13. Бойко О. М. Основи проектування автоматизованих систем керування агропромисловими комплексами: навч. посіб. Харків: НТУ "ХПІ", 2020. 253 с.
14. Василенко О. В. Інформаційні технології в аграрному секторі: моніторинг та контроль. Одеса: ОНПУ, 2018. 195 с.
15. Гаврилук І. М. Автоматизація та контроль параметрів мікроклімату в тепличних господарствах: навч. посіб. Львів: Львівська політехніка, 2021. 165 с.
16. Данилюк В. І. Системи автоматизації тепличних комплексів: принципи та технології: навч. посіб.. Київ: Політехніка, 2020. 242 с.
17. Жданов М. О. Сучасні інформаційні системи для контролю мікроклімату: навчальний посібник. Суми: СумДУ, 2019. 232 с.

18. Зінченко О. М. Автоматизація процесів у сільському господарстві: від теорії до практики. Харків: Ранок, 2021. 254 с.
19. Іванченко П. С. Технології контролю параметрів мікроклімату у теплицях. Київ: КНУ ім. Тараса Шевченка, 2018. 212 с.
20. Карпенко А. В. Інформаційні системи для управління мікрокліматом у сільськогосподарських об'єктах. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2020. 231 с.
21. Мельник О. В. Технічні засоби та системи автоматизації в аграрному секторі. Одеса: ОНПУ, 2019. 152 с.