

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Методи та засоби контролю параметрів мікроклімату теплиць
на основі технологій інтернету речей

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи СІМ-61
спеціальності _____

123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Ясінський Р.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Осухівська Г.М.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Тим С.В.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Осухівська Г.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Осухівська Г.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«___» _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

студенту Ясінський Роман Віталійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Методи та засоби контролю параметрів мікроклімату теплиць на основі технологій інтернету речей

Керівник роботи Осухівська Галина Михайлівна, к.т.н., доцент

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

Затверджені наказом ректора від «6» грудня 2022 року № 4/7-986

2. Термін подання студентом завершеної роботи 14.12.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи Наукові літературні джерела, мова програмування C++

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1. Аналіз досліджень у сфері контролю параметрів мікроклімату тепличних комплексів.

2. Методи контролю параметрів мікроклімату теплиць.

3. Реалізація методів та засобів для контролю параметрів мікроклімату теплиць.

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Тема кваліфікаційної роботи, актуальність.

2. Мета і завдання дослідження.

3. Об'єкт і предмет дослідження та наукова новизна.

4. Функціональна схема системи.

5. Структурна схема модуля.

6. Схема електричних з'єднань.

7. Блок-схема алгоритму роботи системи.

8. Висновки.

АНОТАЦІЯ

Методи та засоби контролю параметрів мікроклімату теплиць на основі технологій інтернету речей // Кваліфікаційна робота магістра // Ясінський Роман Віталійович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних систем та мереж, група СІм-61 // Тернопіль, 2022 // с. – 72, рис. – 35, табл. – 1, аркушів А1 – 8, додат. – 1, бібліогр. –26.

Ключові слова: мікроклімат, теплиця, Інтернет речей, мікроконтролер, давач.

Кваліфікаційна робота присвячена питанню розроблення методів та програмно-апаратних засобів для контролю параметрів мікроклімату теплиць на основі технологій інтернету речей.

Розроблено функціональну та структурну схему для моніторингу параметрів мікроклімату теплиць на основі технологій інтернету речей. Обґрунтовано вибір елементної бази для проєктованої системи. Та розроблено електричну схему. Створено алгоритмічне та програмне забезпечення для комп'ютеризованої системи енергоефективного управління параметрами мікроклімату в теплицях.

Впровадження розробленої системи дозволить в режимі реального часу здійснювати моніторинг параметрів мікроклімату теплиці, що дасть змогу підвищити якість вирощеної продукції.

ANNOTATION

Controlling methods and means of greenhouses microclimate parameters based on Internet of Things technologies // Master diploma thesis // Yasinskyi Roman // Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Faculty of Computer Information System and Software Engineering, Department of Computer Systems and Networks, group CIm-61 // Ternopil, 2022 // p. – 72, fig. – 35, tabl. – 1, sheets A1 – 8, addit. – 1, bibliography – 26.

Keywords: microclimate, greenhouse, Internet of things, microcontroller, sensor.

The qualification work is devoted to the development of controlling methods and hardware-software means of greenhouses microclimate parameters based on Internet of Things technologies.

A functional and structural scheme for monitoring microclimate parameters of greenhouses based on Internet of Things technologies has been developed . The choice of the elements for the designed system is substantiated and the electrical scheme is developed. Algorithmic and software for a computerized system of energy-efficient management of microclimate parameters in greenhouses has been created.

The implementation of the developed system will allow real-time monitoring of greenhouse microclimate parameters, which will make it possible to improve the quality of grown products.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ У СФЕРІ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ТЕПЛИЧНИХ КОМПЛЕКСІВ.....	10
1.1. Аналіз сфери застосування систем контролю параметрів мікроклімату тепличних комплексів	10
1.2. Концепція «Розумна теплиця».....	11
1.3. Інтернет речей в сільському господарстві.....	12
1.4. Огляд методів та засобів контролю та регулювання мікроклімату теплиць	15
1.5. Аналіз існуючих систем для контролю параметрів мікроклімату теплиць	19
1.6. Висновки до розділу 1	22
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ТЕПЛИЦЬ	23
2.1. Метод дистанційного моніторингу параметрів мікроклімату теплиць.....	23
2.2. Методи та засоби для вимірювання параметрів мікроклімату теплиць.....	25
2.3. Реалізація багатозадачності в мікроконтролерах для задачі контролю параметрів мікроклімату теплиць	27
2.4. Метод обміну даними в системі моніторингу мікроклімату теплиць з використанням протоколу MQTT	29
2.5. Висновки до розділу 2	38
РОЗДІЛ 3 РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ТЕПЛИЦЬ	39
3.1. Реалізація апаратних засобів системи контролю параметрів мікроклімату теплиці	39
3.2. Реалізація алгоритмічного забезпечення проєктованої системи	42
3.3. Програмне забезпечення системи для контролю параметрів мікроклімату теплиці	44

3.4. Реалізація методів взаємодії системи контролю параметрів мікроклімату з ІоТ платформою.....	53
3.5. Результати роботи системи	55
3.6. Висновки до розділу 3	56
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	57
4.1. Охорона праці	57
4.2. Оцінка стійкості роботи промислового підприємства до впливу вторинних вражаючих факторів.....	60
4.3. Висновки до розділу 4	62
ВИСНОВКИ.....	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	64
Додаток А Тези конференцій.....	67

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

МК – мікроконтролер;

ОС – операційна система;

ПЗ – програмне забезпечення;

СК – система керування;

СКПМТ – система контролю параметрів мікроклімату теплиць;

ІоТ – Internet of Things.

ВСТУП

Актуальність теми. У сучасному світі все більше уваги приділяється якості людського життя. Це поняття включає в себе таку важливу сферу, як харчування. Воно відіграє важливу роль для забезпечення комфортного життя людини та загалом має вагомий вплив на суспільство. Сільське господарство є одним із основних способів забезпечення людини їжею.

Все більше технологій з'являється для розвитку сільського господарства. Це особливо відчутно в рослинництві, яке ведеться зі застосуванням тепличних комплексів. Для цієї сфери розробляються нові системи моніторингу процесу вирощування рослин та устаткування для збору урожаю.

Сучасні тепличні господарства характеризуються використанням великих обсягів енергетичних ресурсів, які необхідні для підтримки процесу вирощування овочевих культур. Висока вартість енергоресурсів формує умови для створення спеціалізованих систем, які спрямовані на мінімізацію енерговитрат. Існуючі системи використовують найпростіші алгоритми, які не спроможні забезпечити високий рівень ресурсо- та енергоефективності [1].

Актуальною задачею є зменшення вартості таких систем та підвищення зручності їх застосування для того, щоб вони могли використовуватись не лише в промислових масштабах виробниками аграрної продукції, але і приватними домогосподарствами.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є підвищення ефективності функціонування теплиць завдяки впровадженню дистанційних методів контролю параметрів мікроклімату.

Задачі дослідження:

– провести огляд літературних джерел та проаналізувати методи та засоби, які застосовуються для контролю параметрів мікроклімату теплиць, виділити питання, які потребують удосконалення;

– удосконалити метод контролю параметрів мікроклімату теплиць на основі використання технологій інтернету речей з можливістю передачі даних на віддалену IoT платформу;

– розробити апаратне забезпечення системи для дистанційного моніторингу параметрів мікроклімату теплиць;

– розробити алгоритмічне та програмне забезпечення для комп'ютеризованої системи енергоефективного контролю параметрів мікроклімату теплиць.

Об'єкт дослідження – процес моніторингу параметрів мікроклімату теплиць.

Предмет дослідження – апаратно-програмні методи та засоби контролю параметрів мікроклімату теплиць.

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Удосконалено комп'ютерну систему моніторингу параметрів мікроклімату теплиць, яка, завдяки застосуванню технологій інтернету речей, дозволяє підвищити ефективність управління енергетичними ресурсами.

2. Удосконалено метод дистанційного моніторингу параметрів мікроклімату теплиць, який, на відміну від існуючих, дозволяє отримувати та аналізувати результати моніторингу в реальному часі, що дає змогу підвищити енергоефективність роботи теплиць.

Практичне значення одержаних результатів кваліфікаційної роботи полягає у тому, що запропоновані та реалізовані програмно-апаратні засоби дозволяють в реальному часі контролювати параметри мікроклімату теплиць, що слугуватиме ефективним інструментом для зниження собівартості та підвищення якості продукції.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ У СФЕРІ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ
ТЕПЛИЧНИХ КОМПЛЕКСІВ1.1. Аналіз сфери застосування систем контролю параметрів мікроклімату
тепличних комплексів

Рослинництво є однією з провідних галузей сільського господарства нашої країни. Її частка перевищує 70 % в структурі виробництва сільськогосподарської продукції. Відповідно до офіційних даних, в 2021 році в Україні виготовлення рослинної продукції з використанням конструкцій закритого ґрунту склало 576 тис. тон. Сукупна площа земельних ділянок, на яких розміщені тепличні комплекси в Україні, становила 4,5 тис. гектарів [2].

Кліматичні умови в нашій країні дозволяють займатись вирощуванням рослин на відкритому ґрунті лише 4-6 місяців на рік. Проте, попит на таку продукцію серед покупців є стабільно високим впродовж всього року. Отже, площі для розміщення тепличних комплексів, будуть розширюватись.

Теплиці являють собою одну з найбільш складних, трудомістких та капіталомістких сфер сільського господарства, які функціонують весь рік. Процес вирощування рослин в тепличних комплексах характеризується суттєвими витратами на енергетичні ресурси, частка яких в структурі собівартості може становити 60-70 %. Таким чином, показник енерговитрат в теплицях є важливим фактором з точки зору економічної доцільності виробництва рослинної продукції. Тому задача збільшення енергоефективності є актуальною для усіх тепличних комплексів [3].

Проблема підвищення енергоефективності пов'язана з контролем за витратою ресурсів, а також з моніторингом параметрів мікроклімату, на які ці ресурси мають прямий вплив.

1.2. Концепція «Розумна теплиця»

Розумна теплиця – це автоматизована система, яка дає змогу регулювати параметри мікроклімату. Сучасні теплиці будуються за стандартними проектами, вони обладнуються базовими інженерними системами для підтримки параметрів мікроклімату:

- водопостачання, водовідведення та каналізації;
- циркуляції повітря та вентиляції;
- поливу;
- опалення.

Такі системи використовуються у великих підприємствах. Вони не пристосовані до застосування для дрібних приватних фермерських господарств, оскільки мають високу вартість, є складними в монтажі та експлуатації (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Приклад реалізації концепції «Розумна теплиця»

Автоматизація роботи теплиці передбачає моніторинг різних показників і керування параметрами мікроклімату з метою забезпечення росту рослин. До основних параметрів, які може контролювати розумна теплиця, можна віднести [2]:

- освітлення – регулювання рівня підсвічування або затемнення рослин;
- водопостачання – необхідно керувати процесом поливу рослин, оскільки в теплицю опади не потрапляють;
- температуру – для унеможливлення замерзання чи перегріву рослин;
- циркуляцію повітря та вологість – закриті приміщення теплиці спричиняє підвищення рівня вологості та не достатню кількість вуглекислого газу та кисню для рослин залежно від часу доби.

Потрібно здійснювати одночасне регулювання цих показників для забезпечення кращого росту рослин. Для цього використовують такі підсистеми:

- вентиляція – відкривання та закривання вікон, ввімкнення та вимкнення вентиляторів;
- зрошення – регулярна подача води відповідно до графіку;
- дозування поживних речовин – аналізуючи ґрунт можна здійснювати розподіл поживних речовин по зрошувальній системі.

Для ефективного регулювання параметрів мікроклімату теплиці усіма цими підсистемами потрібно керувати одночасно об'єднавши їх у одну велику систему, котра дозволить оптимізувати їх роботу.

1.3. Інтернет речей в сільському господарстві

Інтернет речей (IoT) є сучасною концепцією, яка створена з метою інтеграції різних об'єктів за допомогою мережевої інфраструктури для обміну даними з використанням IP протоколу.

Можливості інтернету речей надзвичайно широкі, вони можуть бути використані майже в усіх сферах людської, промислової та суспільної діяльності.

В сільському господарстві IoT дає змогу автоматизувати велику кількість напрямків діяльності виробництва сільськогосподарської продукції, збільшуючи ефективність і фінансові результати.

В наш час прогрес у розвитку галузі інтернету речей дає змогу розробляти комп'ютеризовані системи, які можуть бути доступні буквально усім користувачам. Вони є значно ефективнішими, гнучкішими та фінансово вигіднішими в порівнянні з системами, які використовують принципи ручного керування [1].

На рис. 1.2 зображена схема обміну інформацією відповідно до технології «розумного» землеробства на основі концепції IoT.



Рис. 1.2. Схема обміну інформацією в технології «розумного» землеробства на основі концепції IoT [4]

Технологія «розумного» землеробства передбачає застосування інтелектуальних систем контролю та прийняття керуючих рішень. Вони дають змогу реалізувати управління технологічними процесами вирощування рослин в реальному часі, базуючись на отриманих даних. Важливим компонентом при цьому виступають давачі, за допомогою яких є можливість отримувати інформацію про стан рослин в оперативному режимі. Для отримання даних від давачів виникає необхідність побудови бездротових сенсорних мереж на основі технологій передачі даних [4].

Використовуючи технології концепції Інтернету речей, можна створити комп'ютеризовану систему, яка здатна регулювати параметри мікроклімату тепличних комплексів. Це дасть змогу забезпечити якісніший процес догляду за рослинами, що призведе до збільшення урожайності. Витрати ресурсів будуть знижуватись, оскільки така система дасть змогу забезпечити їх оптимальне застосування [1].

Отже, підсумовуючи можна сформулювати висновок, що застосування технологій Інтернету речей в сфері сільського господарства дають змогу [5]:

- економити водні на енергетичні ресурси, завдяки використанню групи давачів, які призначені для визначення рівня вологості ґрунтів, що дозволить регулювати частоту поливу;
- оптимізувати витрати, які необхідні для отримання урожаю, завдяки використанню давачів, що здатні визначати в якому місці рослини потребують додаткове освітлення чи добриво;
- сприяти в боротьбі зі шкідниками, шляхом розпилення спецзасобів для їх відлякування більш точно, не зачіпаючи ділянок, де вони відсутні.

Це лише частина з багатьох критеріїв, враховуючи які можна зробити висновок про доцільність і корисність використання технологій Інтернету речей в цій сфері.

1.4. Огляд методів та засобів контролю та регулювання мікроклімату теплиць

У статті [6] запропонований неймережевий підхід для побудови системи моніторингу та адаптивного регулювання параметрів мікроклімату в теплиці. Автори використали неймережеві технології [7] для мінімізації енерговитрат при забезпеченні оптимальних значень параметрів мікроклімату (рис. 1.3). Для налаштування роботи системи була використана нейронна мережа на базі нечіткої логіки із застосуванням бази знань на основі даних, які отримані експериментальним шляхом.

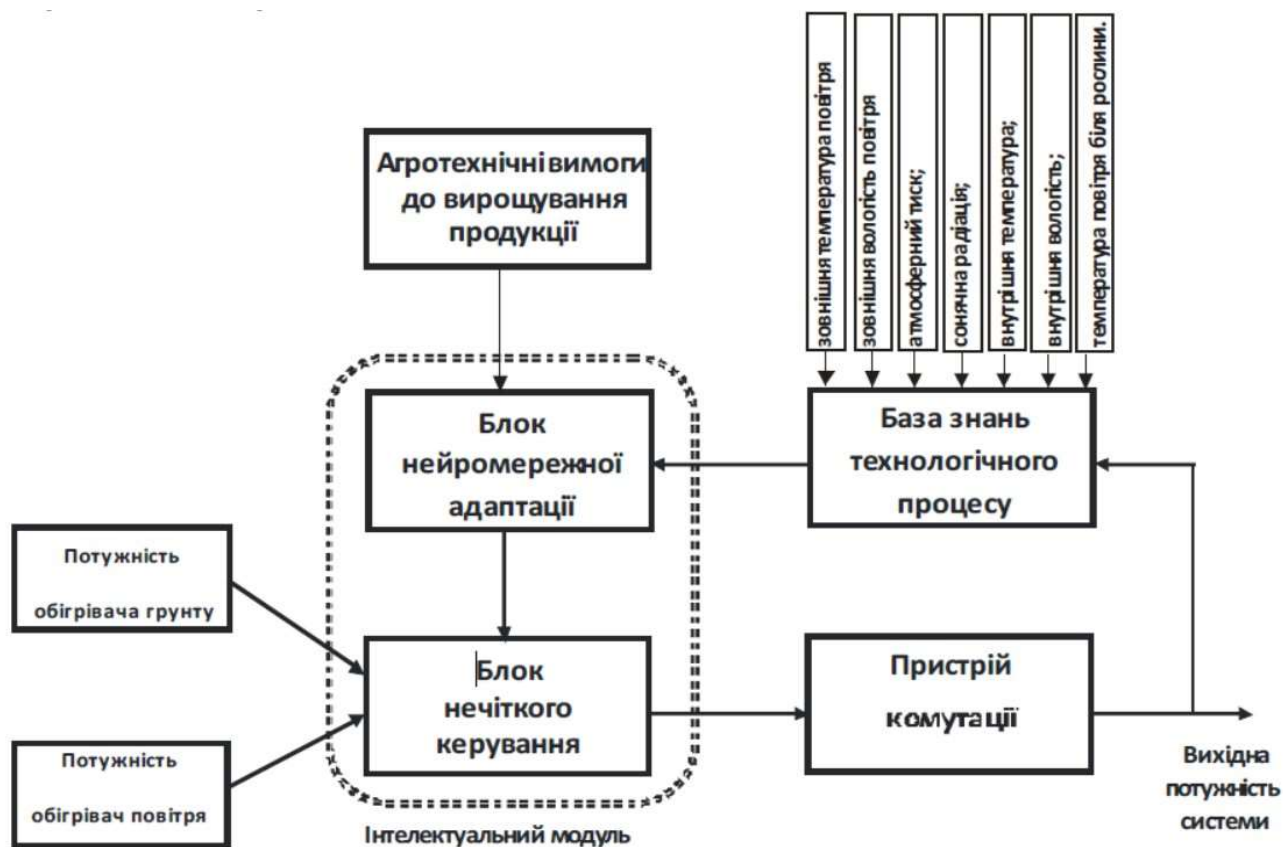


Рис. 1.3. Структура адаптивної системи регулювання параметрів мікроклімату теплиці [6]

Недоліком такого підходу можна вважати необхідність отримання експериментальних даних для оптимального налаштування системи щонайменше впродовж одного циклу вирощування рослин.

Автори [8] описують структуру системи керування процесами вирощування рослин в тепличному комплексі з використанням платформи Arduino на основі мікроконтролера ATmega2560 (рис. 1.4). Для передачі даних про результати вимірювань параметрів мікроклімату теплиць автори запропонували використати Ethernet модуль, який вимагає використання кабелю для підключення до локальної мережі. Це накладає певні обмеження та додаткові витрати при розгортанні такої системи. Крім того, практичних результатів впровадження запропонованої системи автори не навели.

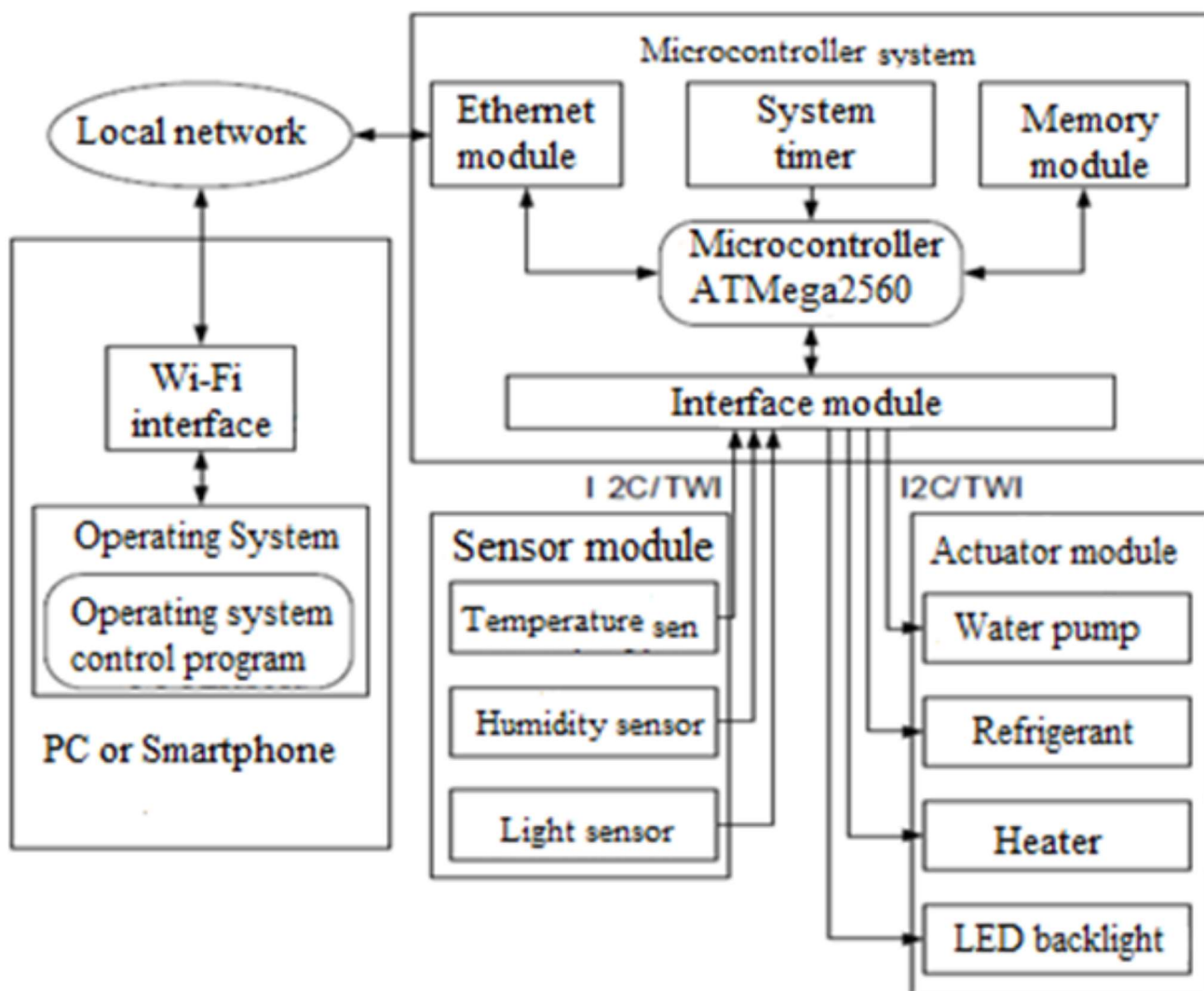


Рис. 1.4. Структурна схема системи управління мікрокліматом теплиці на основі Arduino Mega [8]

У статті [1] представлений метод прийняття рішень для крапельного зрошення рослин в теплиці на основі інформації про стан рослин та параметрів мікроклімату. Запропонований алгоритм передбачає, що процес зрошення починається лише після того, як товщина листка рослин зменшується щонайменше на 20 % від максимального значення. Представлені результати впровадження цього методу для системі зрошення, створеної на базі платформи Arduino, які демонструють 30 % зниження витрат розчину для живлення рослин.

В роботі [9] запропонований метод управління процесом вирощування рослин в закритих спорудах з врахуванням їх стану та параметрів мікроклімату (рис. 1.5). Розроблений алгоритм, який передбачає використання нейронної мережі, враховує такі фактори, як вартість продукції на ринку, ціни на енергоносії.

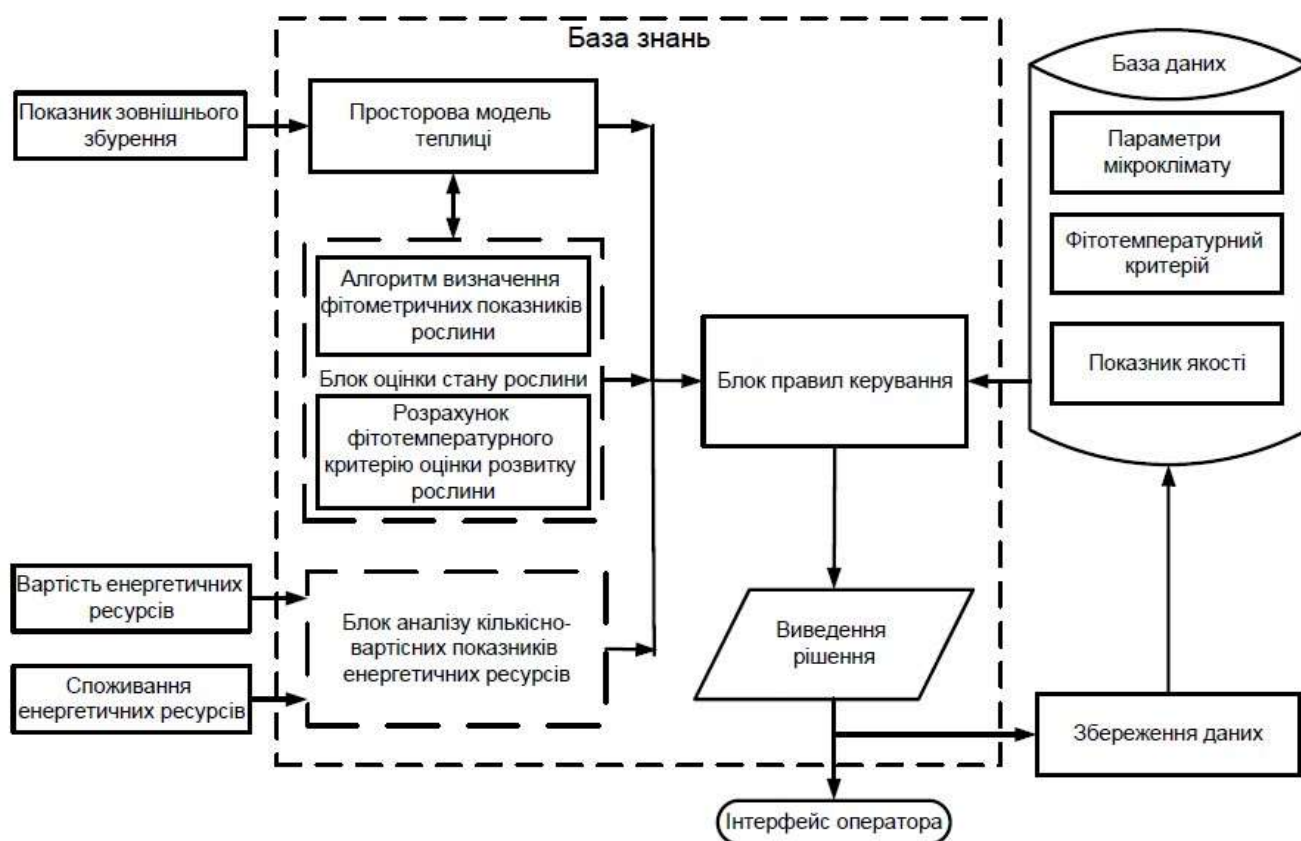


Рис. 1.5. Структура алгоритму щодо реалізації методу управління процесом вирощування рослин в теплицях з врахуванням їх стану [9]

В роботі [10] запропонований метод підвищення ресурсоефективності вирощування рослин в тепличному комплексі. Контролери в цій системі управляють інформаційними потоками, отримуючи дані з датчиків та надсилаючи їх до комп'ютера (рис. 1.6). Керуючі сигнали надходять з комп'ютера на виконавчі механізми (насоси, нагрівачі, вентилятори тощо).

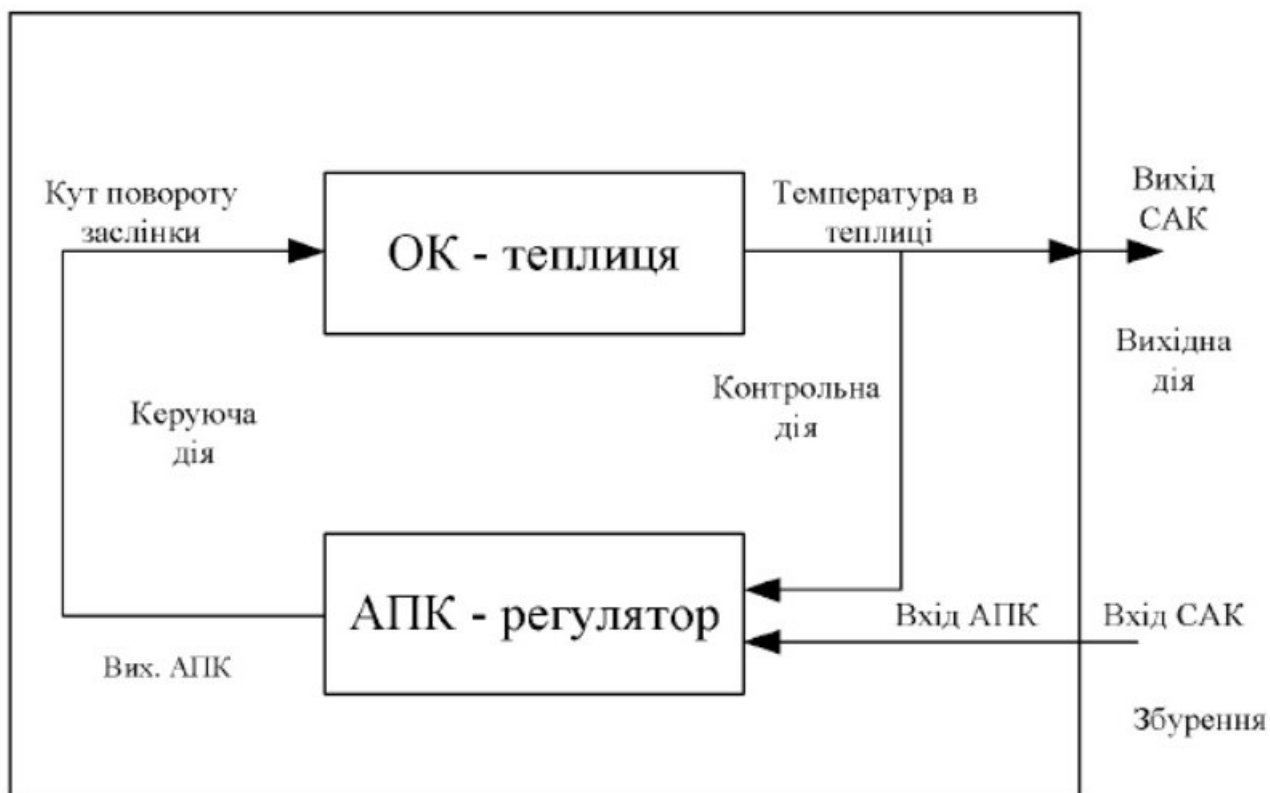


Рис. 1.6. Блок-схема алгоритму щодо реалізації методу прийняття рішень для крапельного зрошення рослин в теплиці [10]

Розроблений метод базується на використанні нейронних алгоритмів та програмного забезпечення для прогнозування зовнішніх збурень. Атмосферні метеорологічні умови є основними збурюючими факторами, які впливають на об'єкт регулювання. Керування здійснюється шляхом регулювання температури завдяки повороту заслінки на певний кут. Недоліком цього методу є необхідність використання комп'ютера для реалізації нейронних алгоритмів, що суттєво збільшує вартість обладнання.

1.5. Аналіз існуючих систем для контролю параметрів мікроклімату теплиць

SoilSense – це система зрошення на основі розумних датчиків, яка дає змогу економити воду і одночасно підвищувати урожайність рослин. Для використання системи потрібно лише встановити датчі в ґрунті теплиці і інстальовати на смартфон додаток. Система SoilSense дозволяє зменшити витрати води і збільшити кількість зібраного врожаю [11]. Зовнішній вигляд апаратного забезпечення та веб-інтерфейс користувача системи SoilSense зображені на рис. 1.7.



Рис. 1.7. Зовнішній вигляд компонентів системи SoilSense

Система зрошення SoilSense являє собою сучасний апаратно-програмний комплекс. Процес поливу рослин відбувається в автоматичному режимі завдяки запатентованому інноваційному алгоритму. Оскільки система SoilSense є повністю цифровою, вона не потребує технічного обслуговування механізмів. Це дає змогу виробникам зосередитися безпосередньо на оптимізації процесу свого виробництва. Недоліком цієї системи є обмежений набір датчиків, який не дозволяє контролювати весь спектр параметрів мікроклімату тепличного комплексу.

GroLab являє собою програмно-апаратний комплекс для управління процесом вирощування рослин в теплиці. Основна мета цієї системи – забезпечити можливість налаштовувати компоненти та пристрої, що відповідають за вирощування сільськогосподарської продукції [12]. Інтерфейс користувача системи GroLab зображений на рис. 1.8.

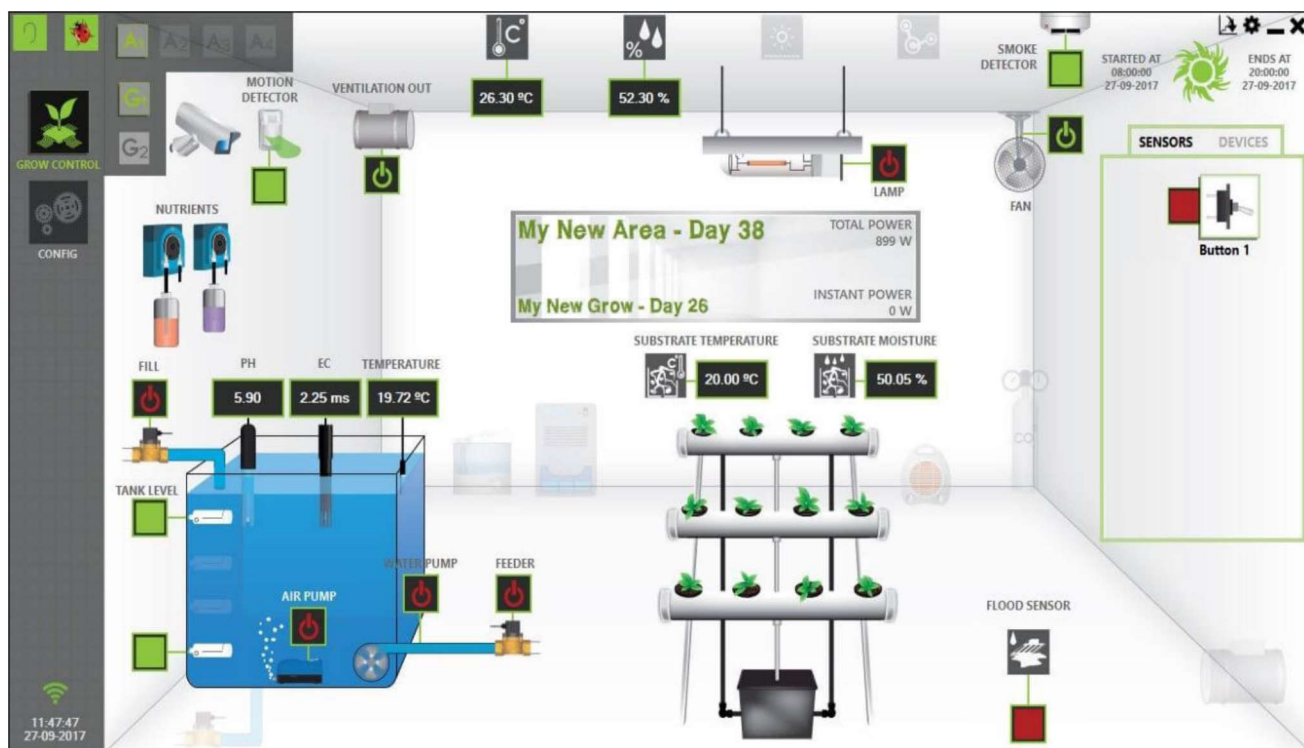


Рис. 1.8. Інтерфейс користувача системи GroLab [12]

Система забезпечує можливість відстеження росту рослин за допомогою IP-камер. Є можливість експорту усіх даних, які отримані від датчиків чи виконавчих механізмів, у файл для глибшого аналізу. Програмне забезпечення GroLab дає змогу створювати графіки для освітлення та зрошення.

До недоліків цієї системи можна віднести необхідність купівлі апаратних засобів разом із спеціалізованим програмним забезпеченням для повноцінної роботи.

Система Intelligrow дає змогу допомогти виробникам сільськогосподарської продукції, які вирощують її у тепличних умовах, досягти більшої врожайності впродовж цілого року. Система Intelligrow забезпечує можливість дистанційного моніторингу стану врожаю через веб-браузер з комп'ютера, планшета чи телефону [13]. На рис. 1.9 зображений додаток Intelligrow від компанії Autogrow.

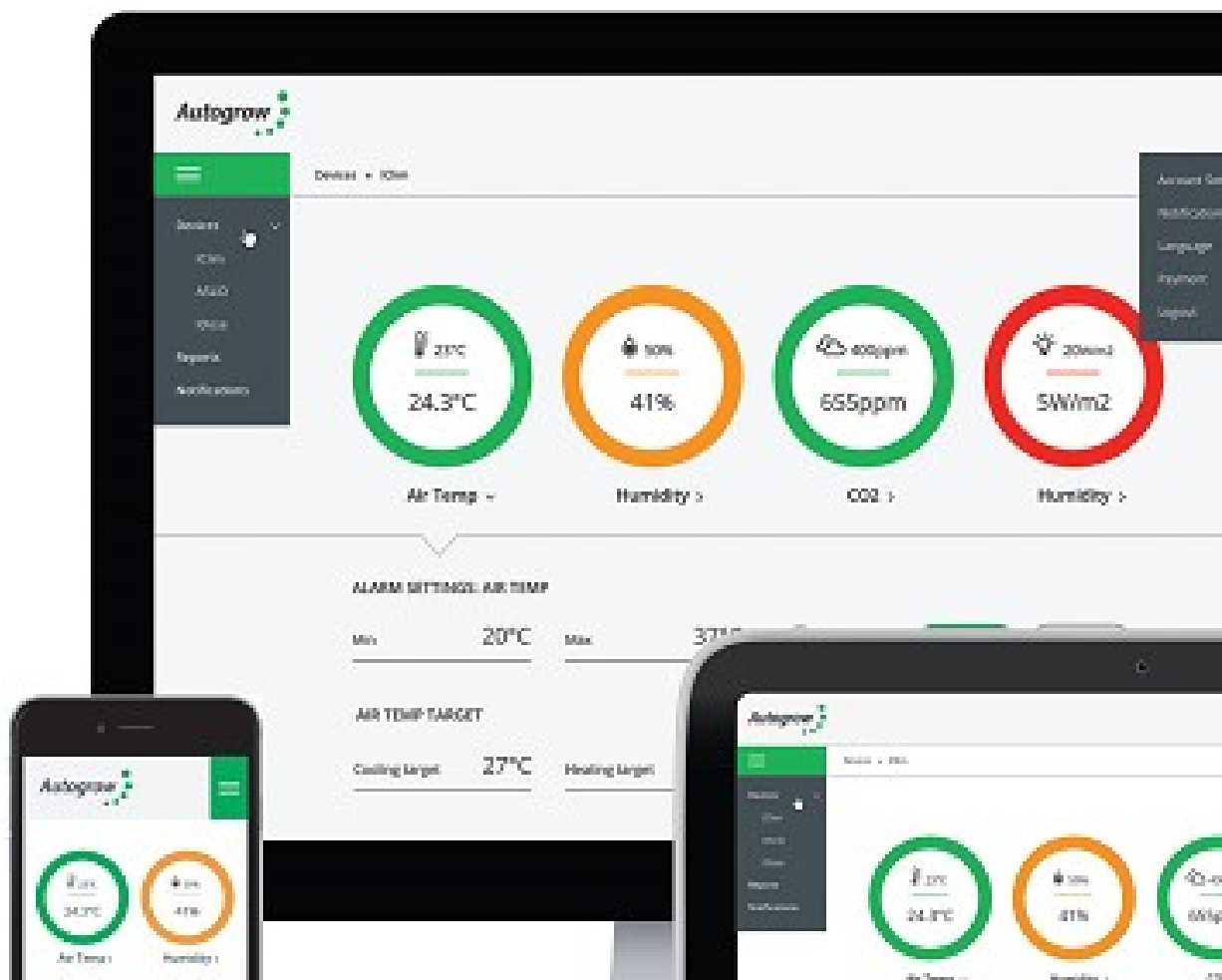


Рис. 1.9. Інтерфейс користувача системи Intelligrow [13]

Недоліком системи Intelligrow є відносно висока вартість апаратного забезпечення. Крім того, для використання програмного забезпечення необхідно вносити щомісячну плату.

1.6. Висновки до розділу 1

У першому розділі виконано огляд наукових праць в сфері підвищення ефективності управління мікрокліматом в тепличних комплексах. Виявлено, що на сьогоднішній день, зусилля науковців та інженерів спрямовані не лише на підвищення урожайності, а і на зниження витрат ресурсів. Для цього все частіше впроваджуються технології «розумних теплиць» на основі застосування концепції інтернету речей.

Проведено огляд сучасних методів та засобів контролю та регулювання мікроклімату теплиць. Виділено їхні сильні сторони та недоліки. Проаналізовано існуючі системи для контролю параметрів мікроклімату теплиць, які пропонуються на ринку провідними компаніями.

Отже, задача розроблення системи для підвищення ефективності контролю та керування мікрокліматом теплиць є важливою і актуальною.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ТЕПЛИЦЬ

2.1. Метод дистанційного моніторингу параметрів мікроклімату теплиць

Мікроклімат теплиці формують всі системи інженерного обладнання – джерело штучного освітлення, подача вуглекислого газу, система зрошення, вентиляції та опалення. Для оптимізації росту рослин під час їх вирощування потрібно забезпечити оптимальне співвідношення між вологістю та температурою в повітрі та ґрунті, концентрацією вуглекислого газу та інтенсивністю світла.

В роботі запропонований метод дистанційного моніторингу параметрів мікроклімату теплиць, на основі використання принципів концепції інтернету речей. Його суть полягає у реалізації можливості віддаленого моніторингу параметрів мікроклімату теплиці та, за необхідності, керування процесом ввімкнення та вимкнення виконавчих механізмів для регулювання цих параметрів та підтримки їх в оптимальному діапазоні значень. В загальному випадку, основна ідея запропонованого методу показана на функціональній схемі, яка зображена на рис. 2.1. Схема включає в себе такі основні компоненти:

- блок давачів;
- виконавчі пристрої;
- блок керування;
- WiFi модуль;
- веб-сервер.

Для реалізації методу дистанційного моніторингу параметрів мікроклімату теплиць потрібно розробити основні модулі та вузли проектованої системи: блок давачів, блок керування та блок виконавчих пристроїв.

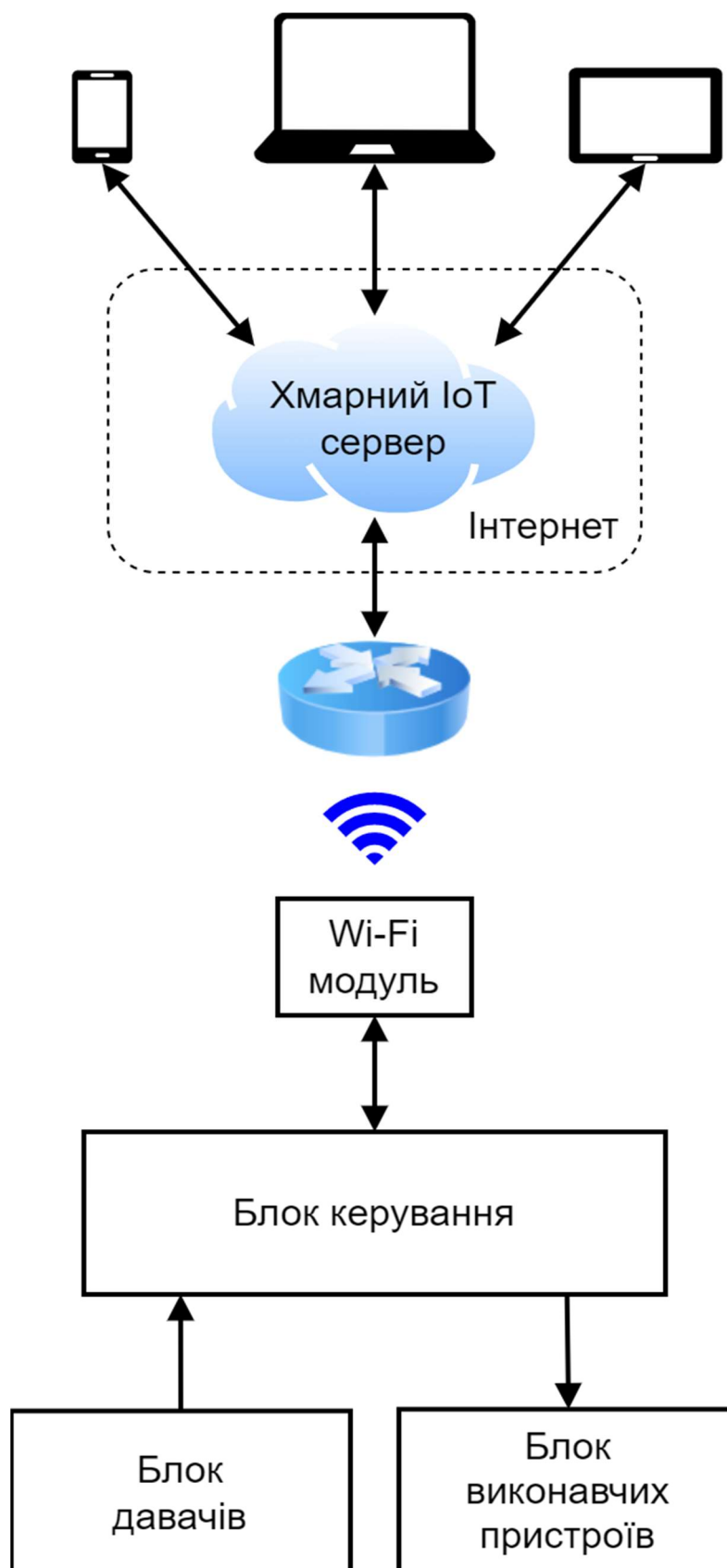


Рис. 2.1. Функціональна схема системи для дистанційного контролю параметрів мікроклімату тепличного комплексу

2.2. Методи та засоби для вимірювання параметрів мікроклімату теплиць

2.2.1. Метод вимірювання температури та вологості повітря. Однією з основних функцій проєктованої системи є отримання інформації від датчиків. Розглянемо детальніше особливості процесу опитування датчиків проєктованої системи. Для забезпечення високої продуктивності тепличних комплексів необхідно підтримувати велику кількість параметрів на певному рівні або у певному оптимальному діапазоні значень. До основних найважливіших параметрів можна віднести:

- температуру та вологість повітря в теплиці;
- рівень освітленості;
- вологість ґрунту;
- концентрацію CO₂ в повітрі.

Вологість та температура в теплиці вимірюються датчиком DHT22. Він передає отримані дані в мікроконтролер у вигляді цифрового сигналу через однонаправлену шину.

Одразу після подачі живлення датчик перебуває в нестабільному стані, який триває приблизно одну секунду. Тому варто перекрити цей період, не починаючи процесу його опитування. Управління датчиком DHT22 здійснюється шляхом встановлення стану логічного нуля на інформаційній лінії і встановлення логічної одиниці після її відпускання. Для цього використовується підтягуючий резистор номіналом 4,7 кОм, який встановлюється між інформаційною лінією датчика та шиною живлення.

На початку встановлюється логічна одиниця на інформаційному виводі датчика. Впродовж цього часу він перебуває у сплячому стані. Для початку роботи з датчиком необхідно надіслати команду для його запуску. Це робиться шляхом подачі логічного нуля на 18 мілісекунд, після чого потрібно подати логічну одиницю.

Після цих дій, у випадку підключення датчика до шини і готовності його до роботи, він через 20 мілісекунд відповість встановленням логічного нуля. Потім, після періоду тривалістю 80 мілісекунд DHT22 відпустить лінію і на ній встановиться логічна одиниця. Після ще одного часового інтервалу у 80 мілісекунд датчик почне процес передачі інформації розміром в 5 байт. Процес отримання даних від датчика DHT22 зображений у вигляді часової діаграми на рис. 2.2.

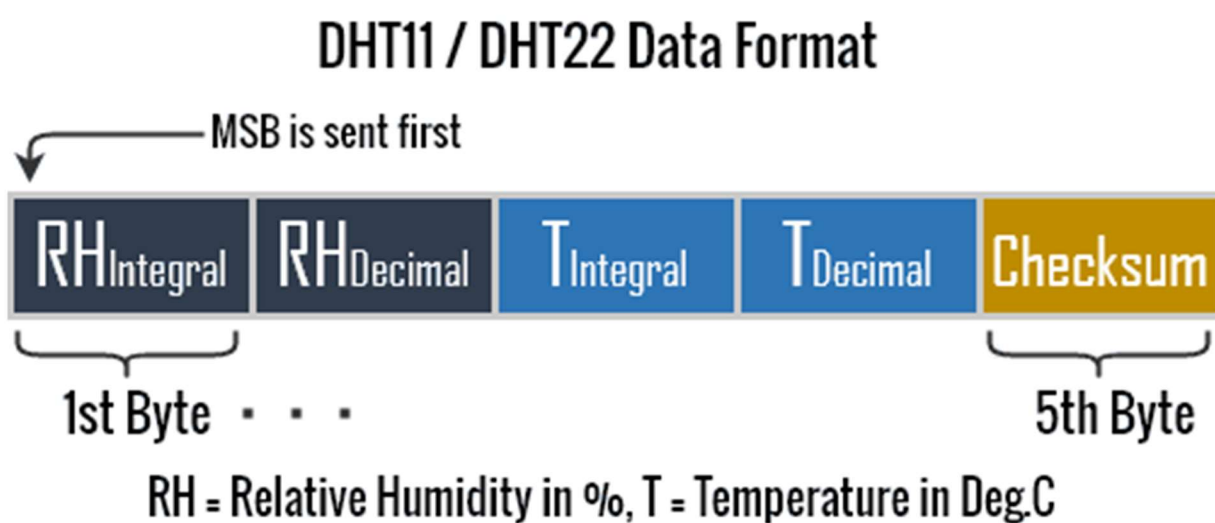
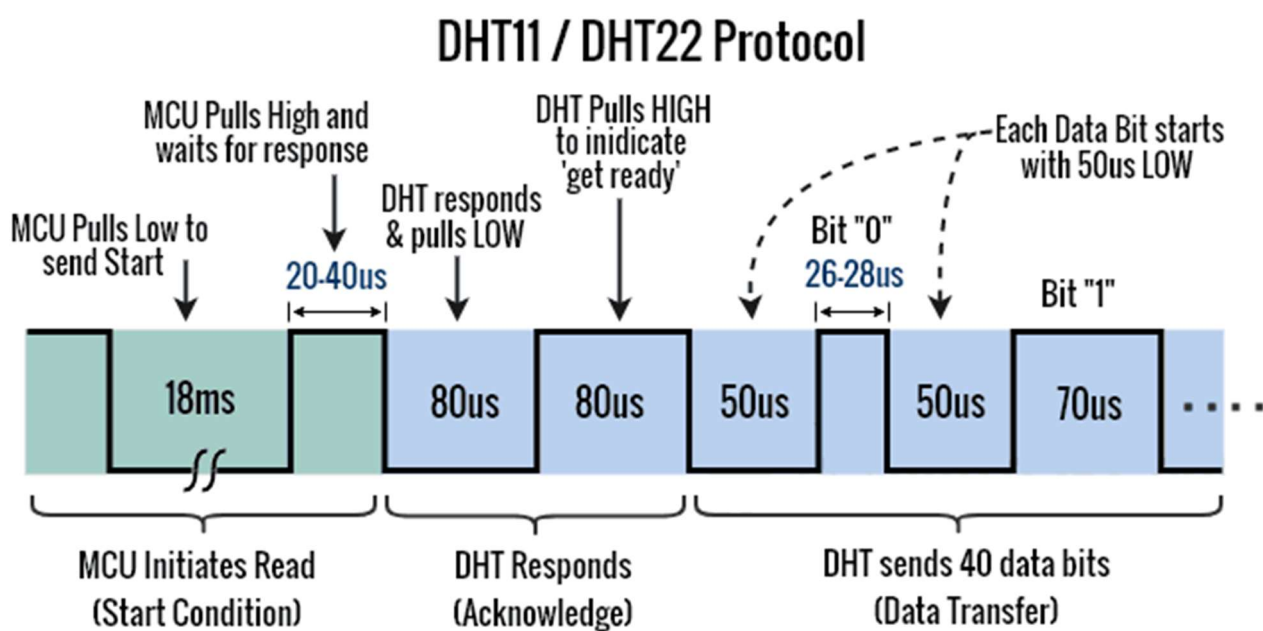


Рис. 2.2. Часова діаграма процесу опитування датчика DHT22

2.3. Реалізація багатозадачності в мікроконтролерах для задачі контролю параметрів мікроклімату теплиць

Одним із найважливіших компонентів сучасних вбудованих систем є RTOS, яка розшифровується як операційна система (ОС) реального часу. Вона відповідає за всі процеси в мікроконтролері, починаючи з планування завдань до виконання програм.

RTOS розроблена для забезпечення передбачуваного режиму виконання задач. Вона використовується у випадках, коли на обробку даних виділяється обмежений часовий інтервал. Таким чином, у порівнянні з GPOS (операційною системою загального призначення), RTOS зазвичай має невеликий об'єм та розмір і, як правило, лише забезпечує виконання функцій, які необхідні для запуску певних типів програм на спеціалізованому обладнанні. У деяких випадках розробники можуть виконувати модифікацію існуючої RTOS, звузити її, щоб залишити лише функціонал, який необхідний для роботи конкретного проєкту. Також можна здійснити налаштування її функціональності або параметрів продуктивності.

Ядро є головним елементом операційної системи. Кожна програма, що виконується, за своєю суттю є завданням (або потоком), яким керує ОС. Якщо ОС може таким чином виконувати кілька завдань, то її можна вважати багатозадачною.

Традиційні мікропроцесори здатні виконувати тільки одну задачу за раз. Проте, багатозадачна ОС може створювати враження, що усі завдання виконуються одночасно, швидко переключаючись між собою. На рис. 2.3 показана часова діаграма залежності режиму виконання трьох задач впродовж певного періоду.

Планувальник є частиною ядра, яка відповідає за прийняття рішення про те, яке завдання буде виконуватись в кожен конкретний момент часу. Ядро може призупиняти та відновлювати задачу кілька разів впродовж її життєвого циклу.

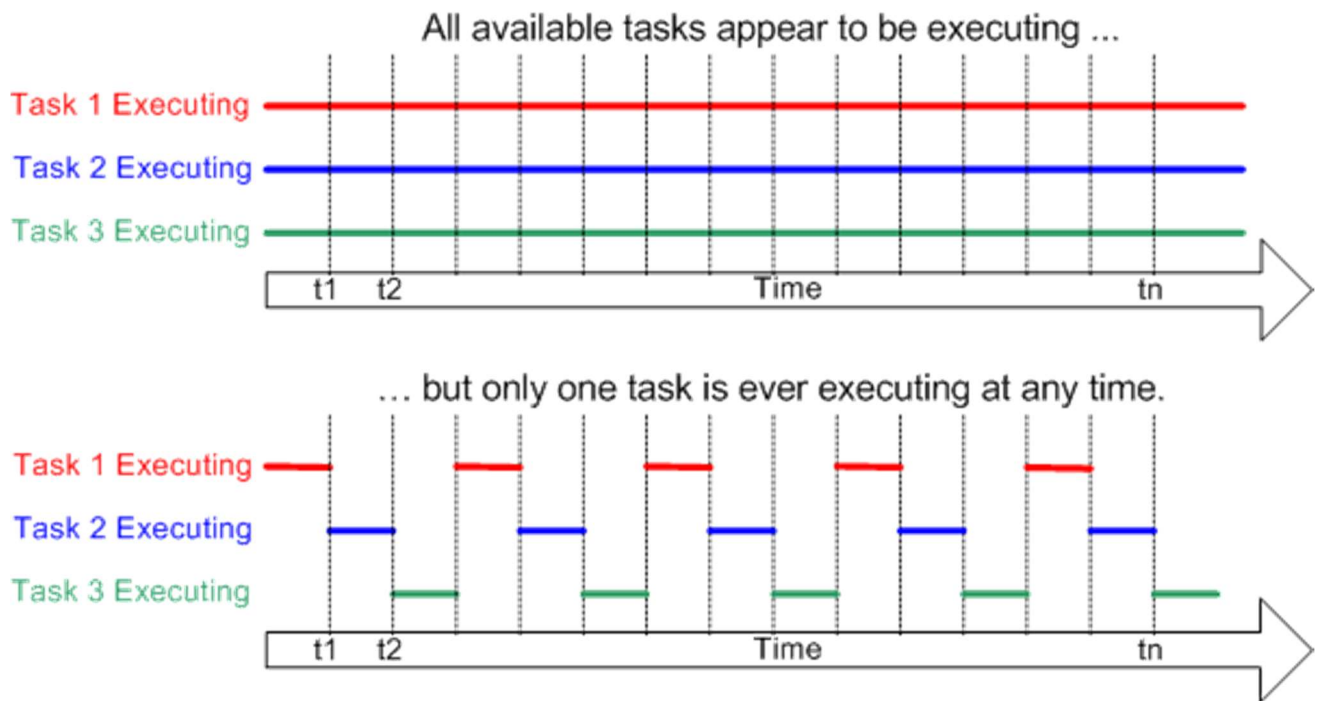


Рис. 2.3. Часова діаграма залежності режиму виконання трьох задач впродовж певного періоду

Стратегія планування – це алгоритм, за допомогою якого планувальник приймає рішення про те, яку задачу виконати в конкретний момент часу. Системна стратегія (не в режимі реального часу) виділяє для кожної задачі оптимальну частку процесорного часу (рис. 2.4). Кожна задача може бути призупинена самостійно, або під впливом ядра ОС.

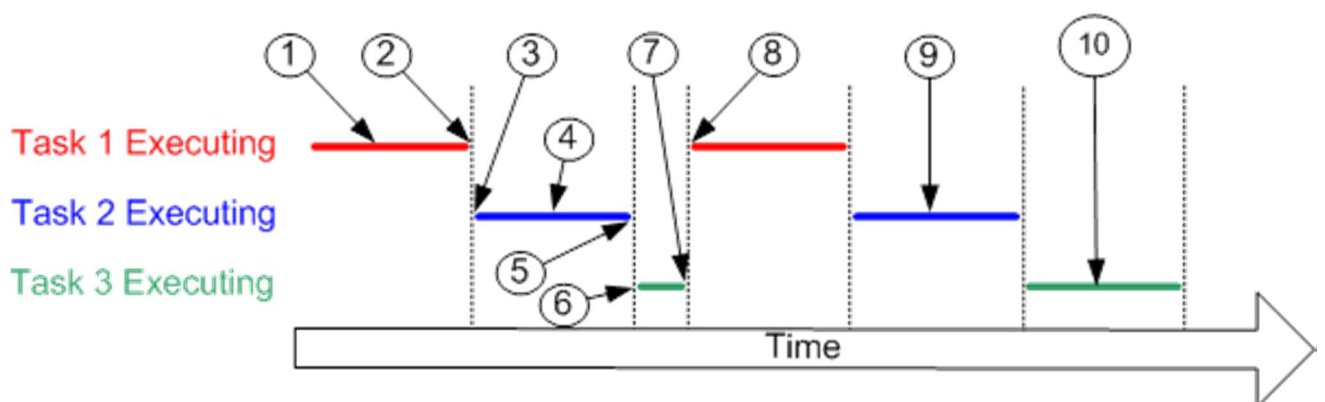


Рис. 2.4. Виділення для кожної задачі оптимальної частки процесорного часу

FreeRTOS – це тип RTOS, який розроблений перш за все для роботи на мікроконтролерах, хоча може використовуватись і для інших платформ. FreeRTOS містить ядро та набір бібліотек, призначених для реалізації різноманітних задач. За допомогою FreeRTOS є можливість реалізувати багатозадачність у мініатюрних пристроях, розроблених на основі мікроконтролерів.

Отже, FreeRTOS є багатозадачною ОС реального часу, яка призначена для вбудованих систем на основі мікроконтролерів з невисокою швидкістю та малим об'ємом оперативної пам'яті. ОС FreeRTOS може запускати велику кількість процесів, які будуть виконуватися паралельно. У цій ОС можна задавати потокову функцію, яка буде виконуватись періодично з певним часовим інтервалом. Потоки можуть мати різні пріоритети. Це значить, що потік, який має низький пріоритет, не може перервати потік з високим пріоритетом.

2.4. Метод обміну даними в системі моніторингу мікроклімату теплиць з використанням протоколу MQTT

Мікроконтролери не мають великого об'єму внутрішньої пам'яті. Тому, для збереження результатів вимірювання датчиками параметрів мікроклімату теплиці, запропоновано надсилати їх на віддалений веб-сервер для зберігання, відображення та опрацювання з використанням хмарних технологій та інтернету речей (рис. 2.5).

В інтернеті речей комунікація між пристроями, які підключені між собою, відбувається за допомогою спеціально розроблених протоколів для обміну повідомленнями. Апаратні пристрої не комунікуватимуть між собою без протоколів у системі IoT, оскільки саме вони забезпечують обмін інформацією в організований та прийнятний спосіб. Стандартними протоколами, які використовуються в інтернеті речей є: CoAP, AMQP, MQTT, XMPP, WebSocket та багато інших.

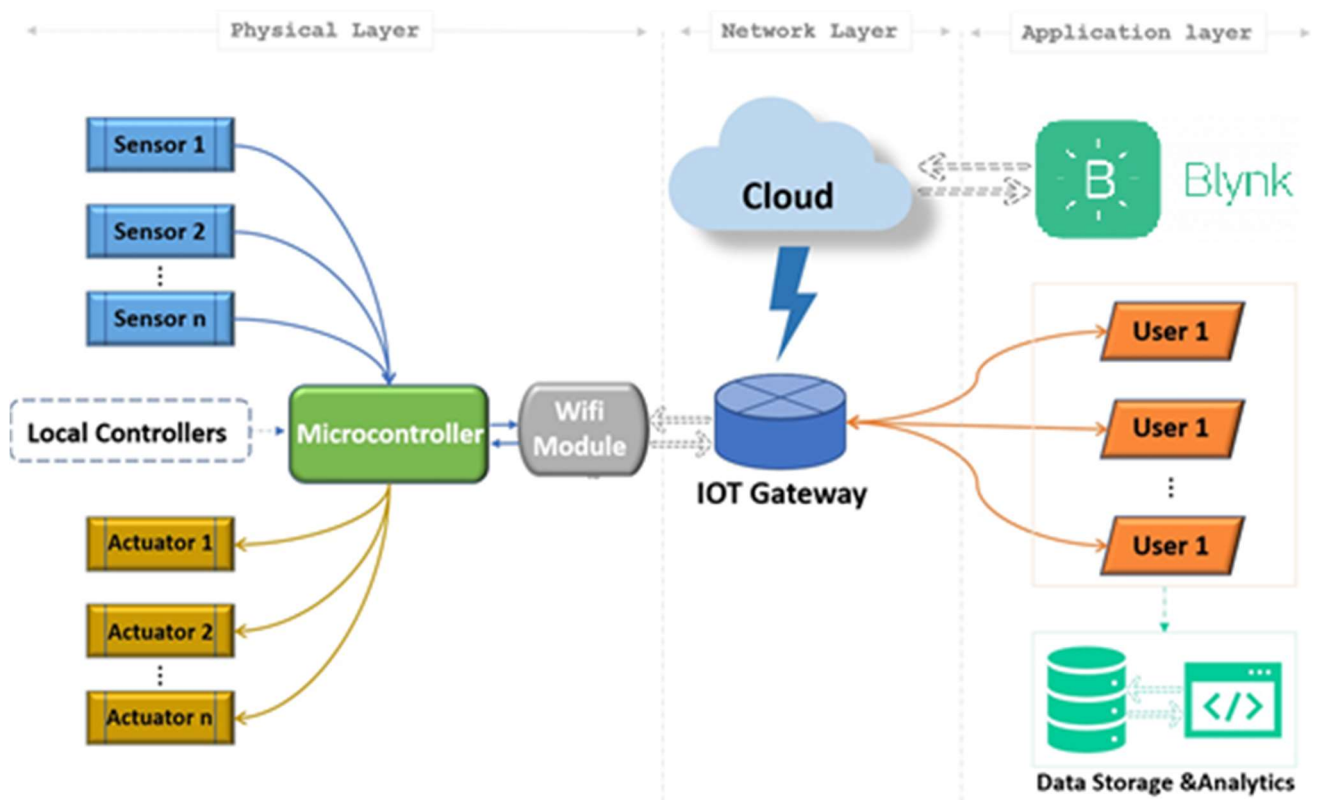


Рис. 2.5. Архітектура інтернету речей для проєктованої системи контролю параметрів мікроклімату теплиць

MQTT – це легкий протокол для обміну повідомленнями, який застосовується у випадках, коли передача даних здійснюється невеликими повідомленнями між пристроями, які підключені до мереж з обмеженою пропускнуою здатністю. Він в основному використовується для міжмашинної взаємодії (M2M) або в архітектурі інтернету речей.

MQTT працює поверх TCP/IP за допомогою топології PUSH/SUBSCRIBE. В архітектурі MQTT існує два типи систем: клієнти та брокери. Брокер – це сервер, з яким спілкуються клієнти. Брокер отримує повідомлення від клієнтів і надсилає їх іншим клієнтам. Клієнти не спілкуються безпосередньо один з одним, а підключаються до брокера. Кожен клієнт може бути видавцем, передплатником або виконувати обидві ролі одночасно (рис. 2.6).

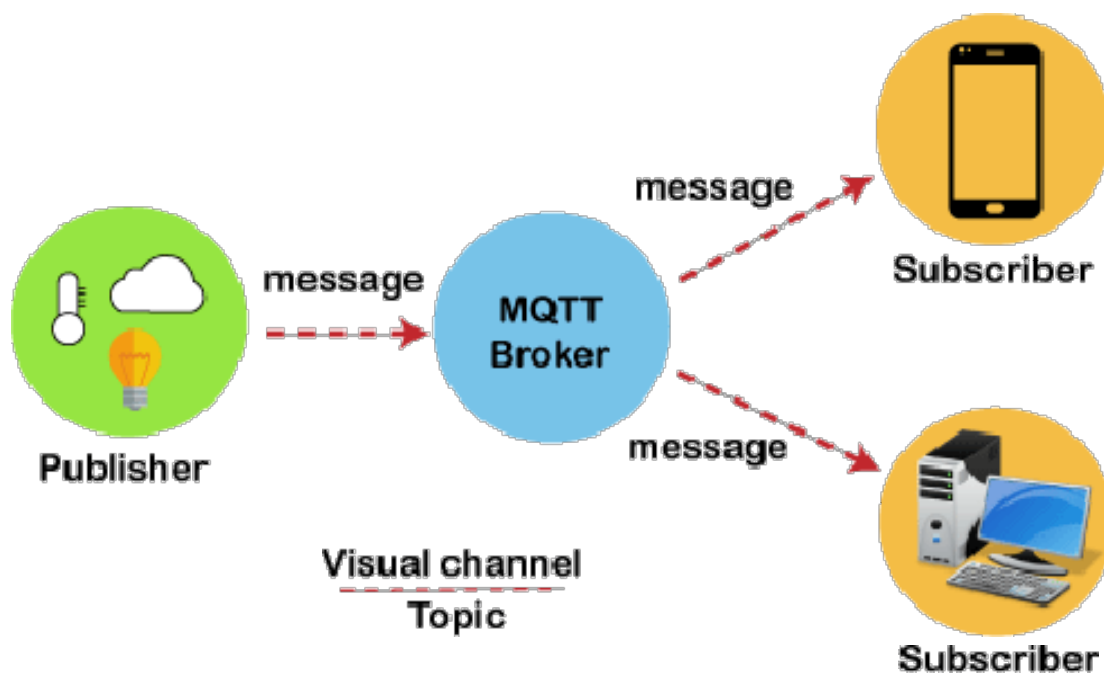


Рис. 2.6. Архітектура протоколу MQTT

MQTT має певні унікальні функції, які відсутні в інших протоколах, серед яких:

- реалізація комунікації між пристроями різного типу;
- забезпечення простого процесу передачі даних, який використовує систему публікація/підписка для обміну інформацією між клієнтом і сервером;
- відсутність необхідності одночасного встановлення з'єднання між клієнтом і сервером;
- швидкий процес передачі даних в реальному часі;
- надання можливості клієнтам підписатися на вузький набір тем, щоб вони могли отримати лише ту інформацію, яку вони потребують.

Передача інформації в MQTT відбувається з використанням подій. В цьому протоколі немає періодичної або постійної передачі даних. Це суттєво спрощує процес надсилання повідомлень. Клієнт публікує дані лише тоді, коли в нього є наявності інформація для передачі, а брокер надсилає дані передплатникам лише тоді, коли до нього надходить нова інформація (рис. 2.7).

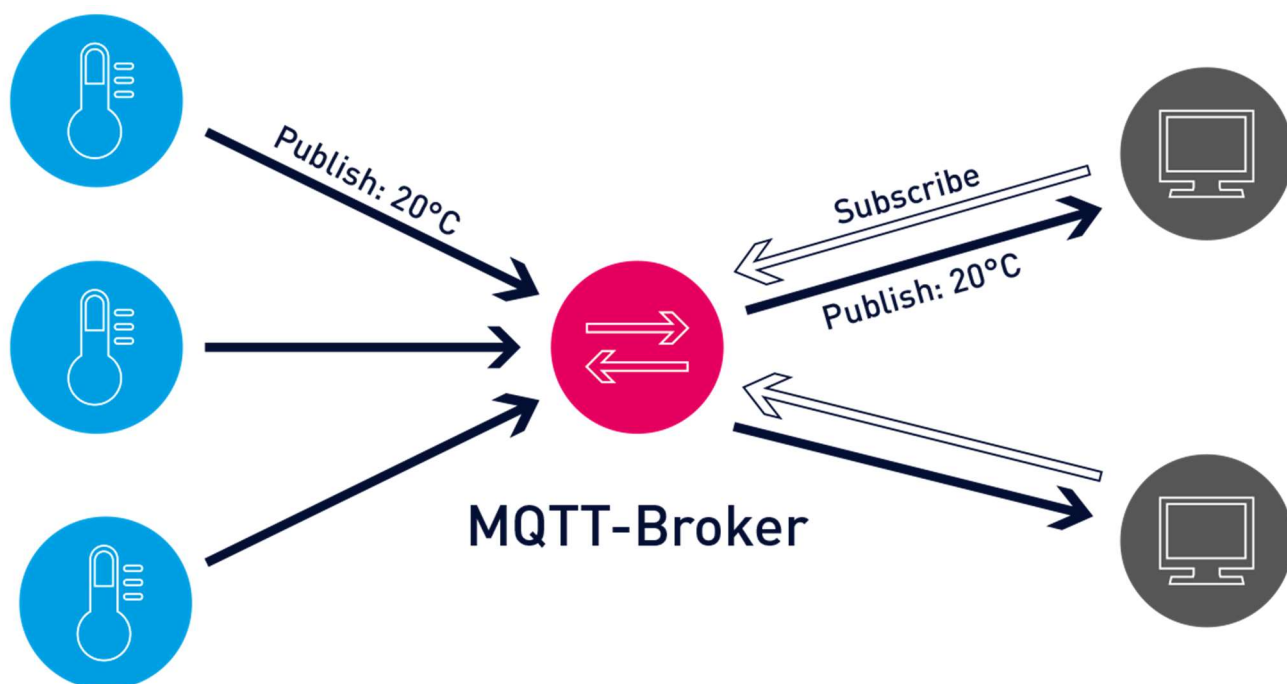


Рис. 2.7. Процес обміну даними з використанням протоколу MQTT за допомогою топології PUSH / SUBSCRIBE

Ще одним способом, за допомогою якого MQTT мінімізує об'єм переданих даних, є використання чітко визначеної невеликої структури повідомлення. Кожне повідомлення має фіксований заголовок, розмір якого становить лише 2 байти. Можна використовувати додатковий заголовок, але він збільшує розмір повідомлення. Корисне навантаження повідомлення обмежене розміром 256 Мб. Три різні рівні якості обслуговування (QoS) дозволяють розробникам мереж вибирати між мінімізацією передачі даних і максимальною надійністю (рис. 2.8).

Рівень якості QoS 0 – забезпечує мінімальний обсяг переданих даних. На цьому рівні кожне повідомлення доставляється абоненту один раз без підтвердження. Відсутній спосіб підтвердження факту отримання передплатником повідомлення. Цей метод іноді називають «запустив і забув» або «щонайбільше один раз». Оскільки цей рівень якості передбачає, що доставку завершено, повідомлення не зберігаються для доставки відключеним клієнтам, які пізніше підключаються повторно.

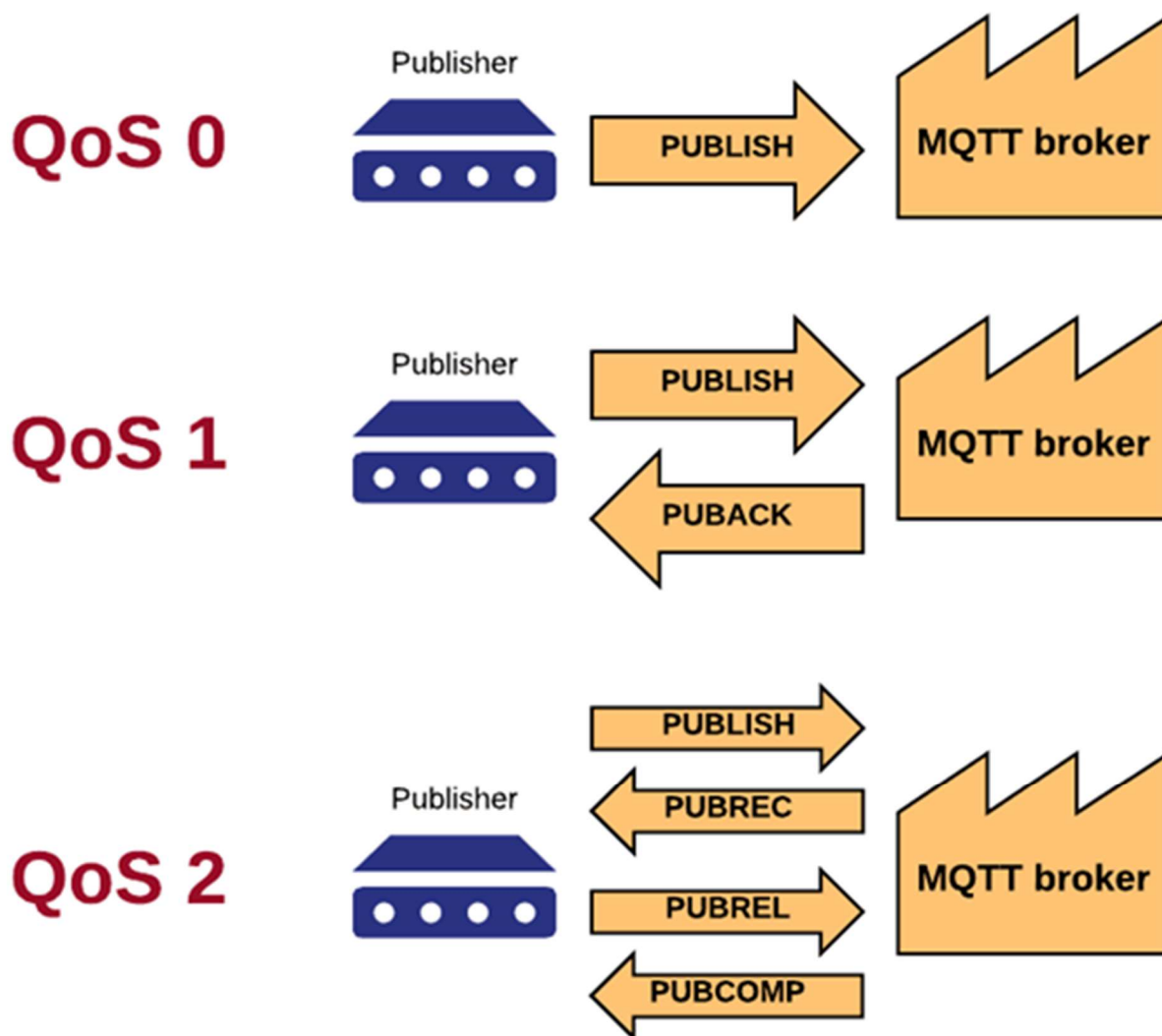


Рис. 2.8. Рівні якості обслуговування протоколу MQTT

Рівень якості QoS 1 передбачає, що брокер намагається доставити повідомлення, а потім чекає на відповідь для підтвердження доставки від абонента. Якщо підтвердження не отримано протягом зазначеного часу, повідомлення надсилається повторно. Використовуючи цей метод, абонент може отримати повідомлення кілька разів, якщо брокер вчасно не отримає підтвердження від підписника. Цей спосіб іноді називають «принаймні один раз».

Рівень якості QoS 2 передбачає, що клієнт і брокер використовують чотириетапне рукошлякування, щоб переконатися, що повідомлення отримано, і що воно отримано лише один раз. Цей метод іноді називають «одноразовою доставкою».

Для ситуацій, коли зв'язок надійний, але обмежений, рівень якості QoS 0 може бути найкращим варіантом. Для ситуацій, коли зв'язок ненадійний, але з'єднання не обмежені ресурсами, QoS 2 буде оптимальним вибором. QoS 1 надає своєрідну золоту середину з обох крайніх варіантів якості обслуговування, але вимагає, щоб програма, яка отримує дані, знала, як обробляти дублікати повідомлень.

Як для QoS 1, так і для QoS 2 повідомлення зберігаються або ставляться в чергу для клієнтів, які знаходяться в автономному режимі та мають встановлений постійний сеанс. Ці повідомлення надсилаються повторно (відповідно до певного рівня QoS), коли клієнт повертається в режим онлайн.

Повідомлення в MQTT публікуються як теми, які є структурами в ієрархії що використовують символ косої риски «/» як розділювач. Ця структура нагадує структуру дерева каталогів у файловій системі комп'ютера. Така структура, як `Sensors/Greenhouse/Temperature/`, дозволяє абоненту вказати, що йому слід надсилати дані лише від клієнтів, які публікують у темі `Temperature`, або, можливо, усі дані будуть надходити від клієнтів, які публікують у будь-якій темі `Sensors/Greenhouse/`. Теми не створюються явно в MQTT. Якщо брокер отримує дані, опубліковані в темі, яка наразі не існує, тема просто створюється, і клієнти можуть підписатися на нову тему (рис. 2.9).



Рис. 2.9. Взаємодія видавця та підписника через теми повідомлень в MQTT

Припустимо, проєктована система містить датчик для вимірювання температури повітря в теплиці і повинна надіслати дані від нього до сервера або брокера. Якщо мобільний додаток для смартфона або програма на ПК бажає

отримати це значення температури з іншого боку, то відбудуться дві речі. Видавець спочатку визначає тему; наприклад, температуру, потім публікує повідомлення, тобто її значення. Після публікації повідомлення додаток або програма для ПК з іншого боку підпишеться на тему, тобто температуру, а потім отримує опубліковане повідомлення, тобто значення температури. Роль сервера або брокера полягає в тому, щоб доставити опубліковане повідомлення до підписника у вигляді додатку або програми для ПК (рис. 2.10).

MQTT Message Format

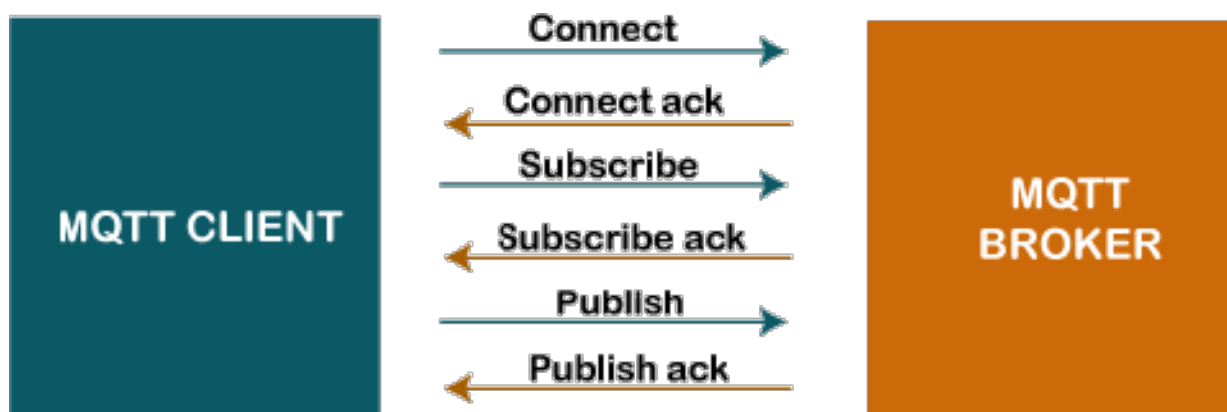


Рис. 2.10. Процес обміну повідомленнями в MQTT

MQTT використовує команду та формат підтвердження команди, що означає, що кожна команда має відповідне підтвердження. Як показано на малюнку вище, команда підключення має підтвердження підключення, команда підписки має підтвердження підписки, а команда публікації має підтвердження публікації. Цей механізм подібний до механізму встановлення зв'язків у протоколі TCP.

Повідомлення MQTT складається з 2-байтового фіксованого заголовка, який присутній у всіх пакетах MQTT. Друге поле – це заголовок змінної, який не завжди використовується. Третє поле – це корисне навантаження, яке також не завжди може використовуватись. Поле корисного навантаження в основному містить дані, які надсилаються (рис. 2.11). Деякі команди не використовують поле корисного навантаження, наприклад, у повідомленнях про відключення.

MQTT Packet Structure

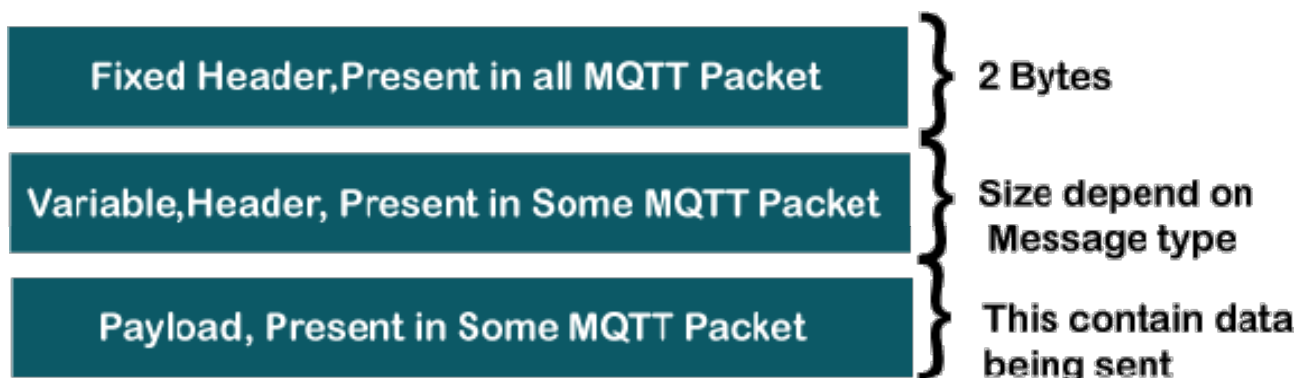


Рис. 2.11. Структура пакета даних та формат повідомлення MQTT

Розглянемо формат фіксованого заголовка. Як видно у наведеному вище форматі, фіксований заголовок містить два байти (рис. 2.12). Перший байт містить такі поля:

- тип контрольного пакета MQTT: він займає 4 біти, тобто позиції від 7 до 4 бітів. Ці 4 біти є присвоєним значенням, і кожен біт представляє тип контрольного пакету MQTT;
- прапор, який є специфічним для кожного типу пакету MQTT: решта 4 бітів являють собою прапор, специфічний для кожного типу пакету MQTT.

Fixed Header

BIT	7	6	5	4	3	2	1	0
Byte1	MQTT Control Packet Type				Flag specific to each MQTT Packet type			
Byte2...	Remaining Length							

Рис. 2.12. Формат фіксованого заголовка повідомлення MQTT

Другий байт містить кількість байтів, які залишилися в поточному контрольному пакеті, включаючи дані в заголовку змінної та корисне навантаження. Тому можна сказати, що довжина, що залишилася, дорівнює сумі

даних у заголовку змінної та корисного навантаження. Інформація про типи контрольних пакетів протоколу MQTT наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Типи контрольних пакетів протоколу MQTT

Name	Value	Direction of flow	Description
Reserved	0	Forbidden	Reserved
CONNECT	1	Client to Server	Connection request
CONNACK	2	Server to Client	Connect acknowledgment
PUBLISH	3	Client to Server or Server to Client	Publish message
PUBACK	4	Client to Server or Server to Client	Publish acknowledgment(QoS1)
PUBREC	5	Client to Server or Server to Client	Publish received(QoS2 delivery part 1)
PUBREL	6	Client to Server or Server to Client	Publish release(QoS 2 delivery part 2)
PUBCOMP	7	Client to Server or Server to Client	Publish complete (QoS 2 delivery part 3)
SUBSCRIBE	8	Client to Server	Subscribe request
SUBACK	9	Server to Client	Subscribe acknowledgment
UNSUBSCRIBE	10	Client to Server	Unsubscribe request
UNSUBACK	11	Server to Client	Unsubscribe acknowledgment
PINGREQ	12	Client to Server	PING request
PINGRESP	13	Server to Client	PING response
DISCONNECT	14	Client to Server or Server to Client	Disconnect notification
AUTH	15	Client to Server or Server to Client	Authentication exchange

У цій таблиці показані типи контрольних пакетів із 4-бітним значенням і напрямком потоку. З таблиці видно, що кожна команда супроводжується підтвердженням, наприклад, CONNECT отримує в якості підтвердження CONNACK, PUBLISH отримує PUBACK, запити SUBSCRIBE, PUBCOMP, PUBREC і PUBREL отримують підтвердження SUBACK, UNSUBSCRIBE отримує відповідь UNSUBACK.

2.5. Висновки до розділу 2

У другому розділі запропоновано метод дистанційного моніторингу параметрів мікроклімату теплиць, розроблено функціональну схему проєктованої системи, яка відображає взаємодію компонентів відповідно до запропонованого методу. Розглянуто методи та засоби для вимірювання параметрів мікроклімату теплиць. Зокрема, метод вимірювання температури та вологості повітря. Проаналізовано метод обміну даними в системі моніторингу мікроклімату теплиць з використанням протоколу MQTT.

РОЗДІЛ 3

РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ
МІКРОКЛІМАТУ ТЕПЛИЦЬ3.1. Реалізація апаратних засобів системи контролю параметрів мікроклімату
теплиці

Структурна схема пристрою для контролю параметрів мікроклімату теплиці наведена на рис. 3.1.

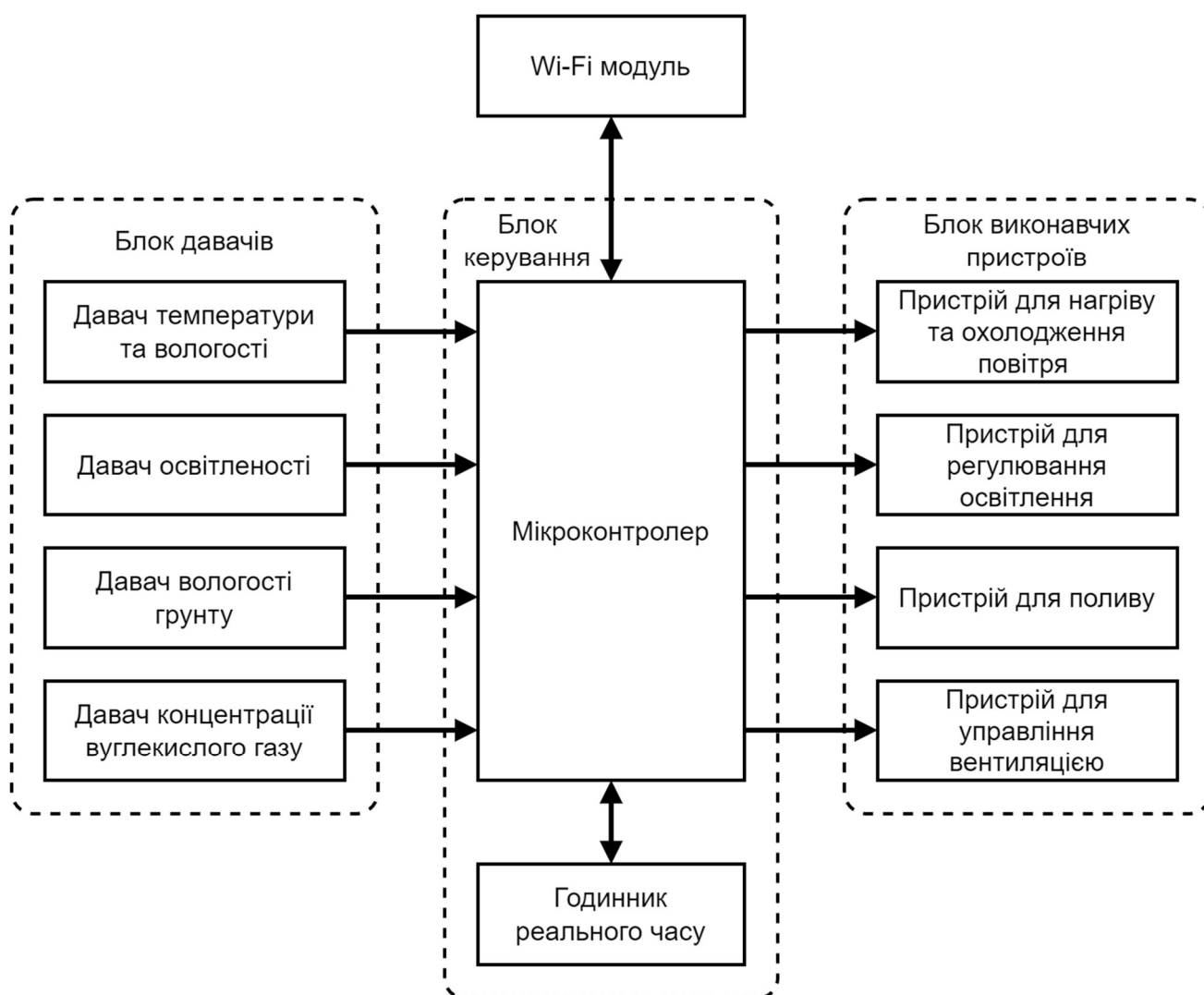


Рис. 3.1. Структурна схема пристрою для контролю параметрів мікроклімату
теплиці

Мікроконтролер є найважливішим і необхідним компонентом даної системи, оскільки він відповідає за управління системою загалом. WiFi модуль також є важливим елементом, оскільки він забезпечуватиме комунікацію з зовнішніми пристроями через інтернет.

Набір датчиків призначений для вимірювання найважливіших показників мікроклімату тепличних комплексів: температури та вологості повітря, рівня освітленості, вологості ґрунту та концентрації вуглекислого газу в повітрі.

Модуль годинника реального часу (ГРЧ) дає змогу визначати точний час і дату. Він потрібен в даній системі для того, щоб запрограмувати сценарії поливу рослин відповідно до певного розкладу.

Управління виконавчими механізмами теплиці для регулювання параметрів мікроклімату в автоматичному або ручному режимі буде виконуватись за допомогою перемикання контактів реле.

Враховуючи результати огляду існуючих рішень та аналізу вимог до проєктованої системи, здійснено вибір технічних засобів для її реалізації відповідно до розробленої структурної схеми. Перелік необхідних компонентів:

- мікроконтролерна платформа Arduino Nano;
- WiFi модуль ESP8266;
- датчик вологості та температури DHT22;
- модуль датчика освітленості RСК205502;
- датчик вологості ґрунту FC-28;
- датчик концентрації вуглекислого газу MQ-135;
- модуль ГРЧ DS3231SN;
- 4 модулі реле;
- мікросхема живлення LM3940IT;
- провідники;
- резистори;
- конденсатори;
- макетна плата.

На основі структурної схеми було виконано проектування схеми електричних з'єднань пристрою для контролю параметрів мікроклімату теплиці, яка представлена на рис. 3.2.

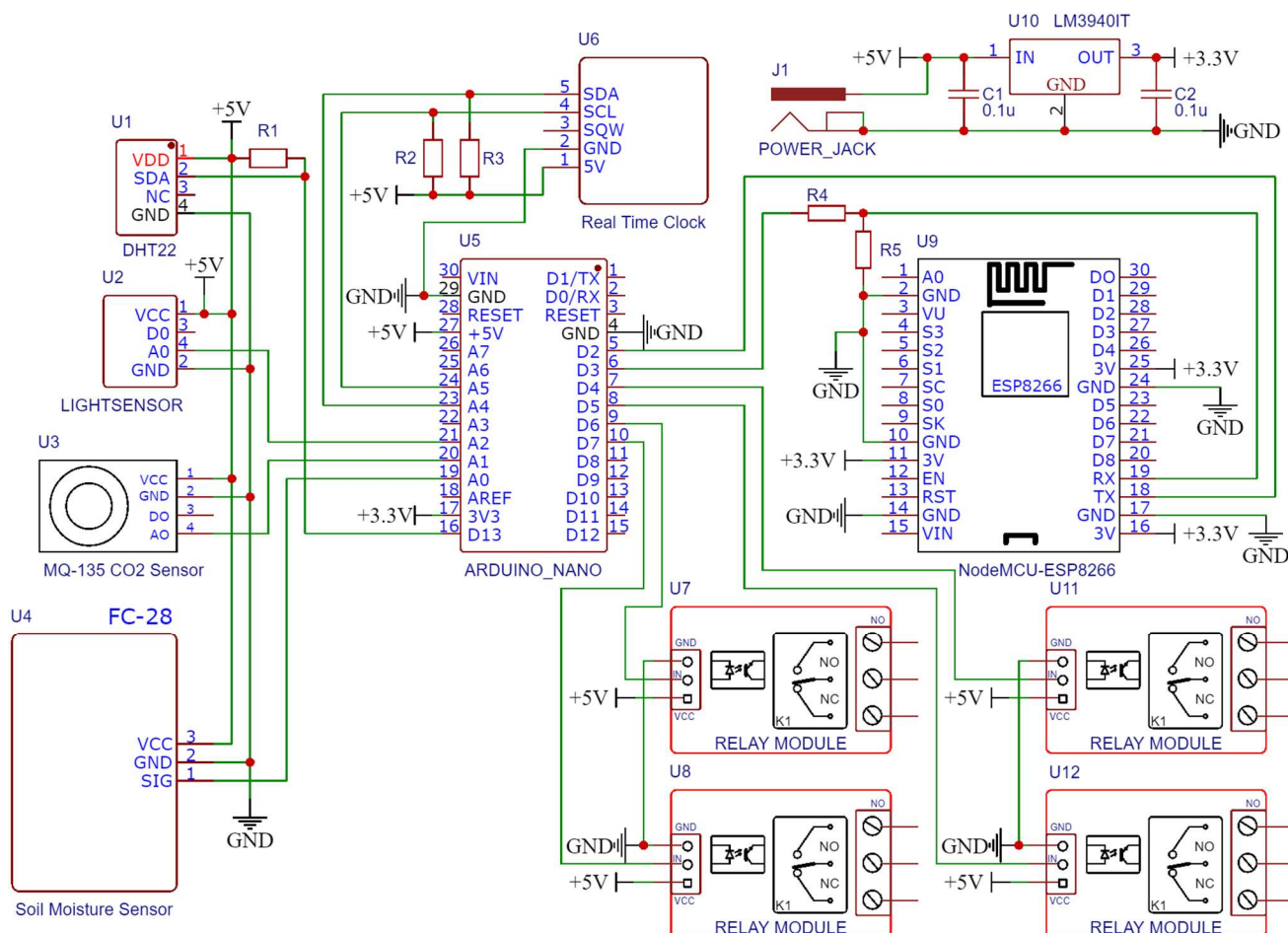


Рис. 3.2. Схема електричних з'єднань пристрою для контролю параметрів мікроклімату в теплиці

Плата Arduino Nano працює з логічним TTL рівнем, напруга якого становить 5 В. Більшість периферійних пристроїв (давачі, модуль ГРЧ, реле) мають такий самий логічний рівень цифрового сигналу. Отже, при підключенні їх до плати мікроконтролера, їх логічні рівні будуть сумісні між собою.

Плата WiFi модуля ESP8266 живиться від напруги 3,3 В, тому рівень сигналу, який відповідає логічній одиниці, теж становить 3,3 В. Теоретично модуль ESP8266 може взаємодіяти з іншими пристроями, логічний рівень яких становить 5 В.

Однак, на практиці надійність такої роботи не гарантується. Для того, щоб забезпечити надійний обмін даними між платами Arduino Nano та ESP8266 по UART інтерфейсу, потрібно привести у відповідність їхні логічні рівні. В даній схемі це реалізовано шляхом використання подільника напруги за допомогою резисторів R4 та R5.

3.2. Реалізація алгоритмічного забезпечення проєктованої системи

Під час написання програмного забезпечення побудова алгоритму є важливим етапом, впродовж якого описується логічна послідовність виконання операцій. Будь-який алгоритм являє собою перелік визначених інструкцій та дій, які повинні бути виконані для реалізації поставленої задачі.

Проєктована комп'ютеризована система повинна контролювати кліматичні параметри теплиці і керувати виконавчими пристроями для їх регулювання. Основним принципом керування мікрокліматом теплиць є ввімкнення / вимкнення інженерного обладнання для зміни температури, вологості повітря та ґрунту, освітленості приміщенні теплиці та концентрації CO₂.

Блок-схема алгоритму роботи програми пристрою для контролю параметрів мікроклімату теплиці зображена на рис. 3.3. Робота системи починається з підключення зовнішніх бібліотек, встановлення режиму роботи виводів мікроконтролера та ініціалізації інтерфейсів.

В головному циклі програми відбувається опитування датчиків вологості та температури повітря, освітленості, концентрації CO₂ в повітрі та вологості ґрунту. Отримані сигнали оцифровуються та порівнюються з пороговими значеннями.

При зниженні температури повітря теплиці нижче порогового рівня, мікроконтролер посилає команду на переключення реле для ввімкнення нагрівального приладу.

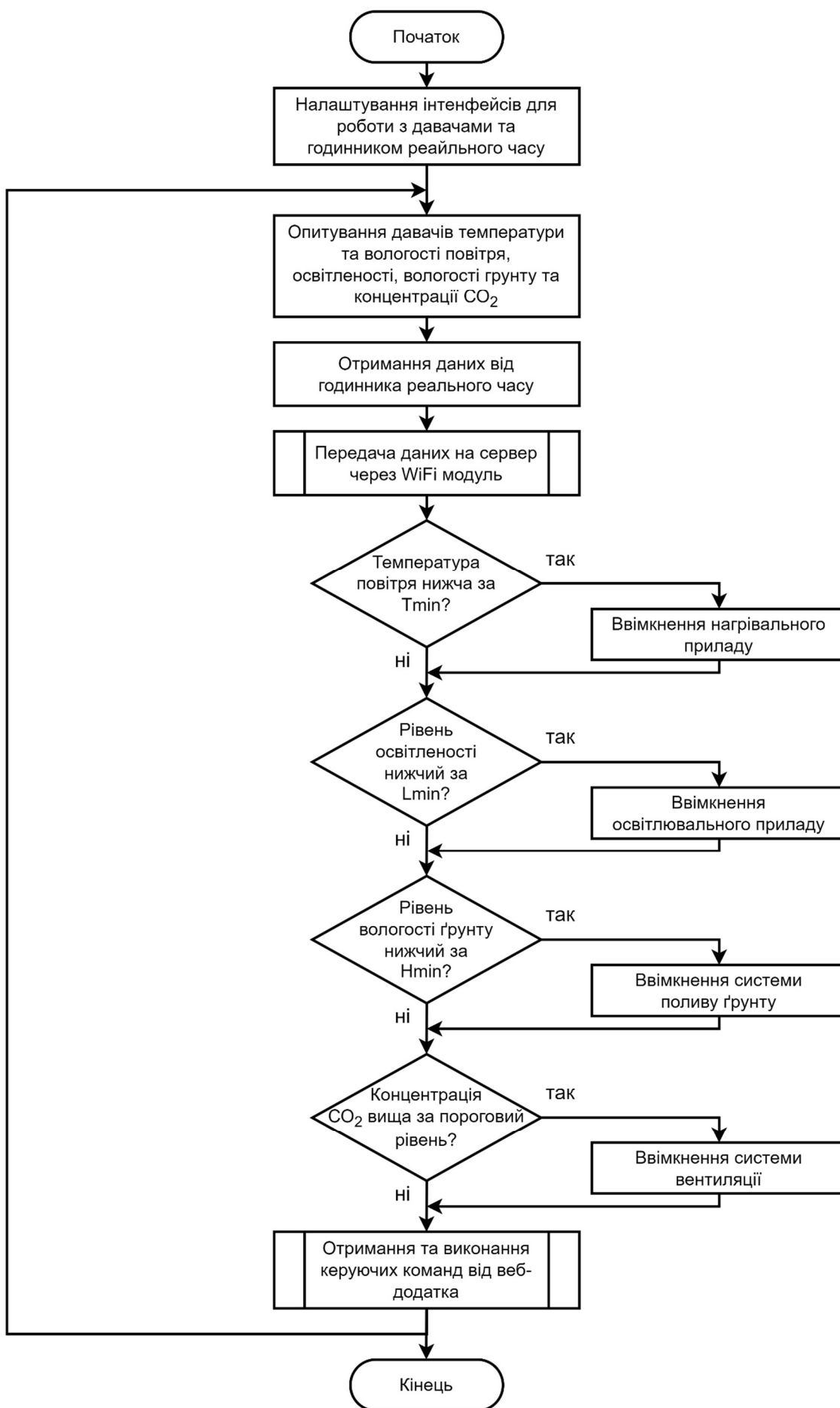


Рис. 3.3. Блок-схема алгоритму програми проекрованої системи

Якщо рівень освітлення в теплиці падає нижче за допустиму норму, вмикаються освітлювальні прилади шляхом переключення відповідного реле командою від мікроконтролера. Аналогічно відбувається керування подачею рідини у випадку зниження рівня вологості ґрунту нижче допустимого рівня.

Для рециркуляції повітря використовується вентилятор, який вмикається при подачі керуючих сигналів на реле від мікроконтролера у випадку, коли рівень концентрації CO₂ в повітрі виходить за межі норми.

Результати вимірювання параметрів мікроклімату передаються до WiFi модуля, який надсилає їх, використовуючи MQTT протокол, до IoT платформи Blynk для відображення на мобільному додатку.

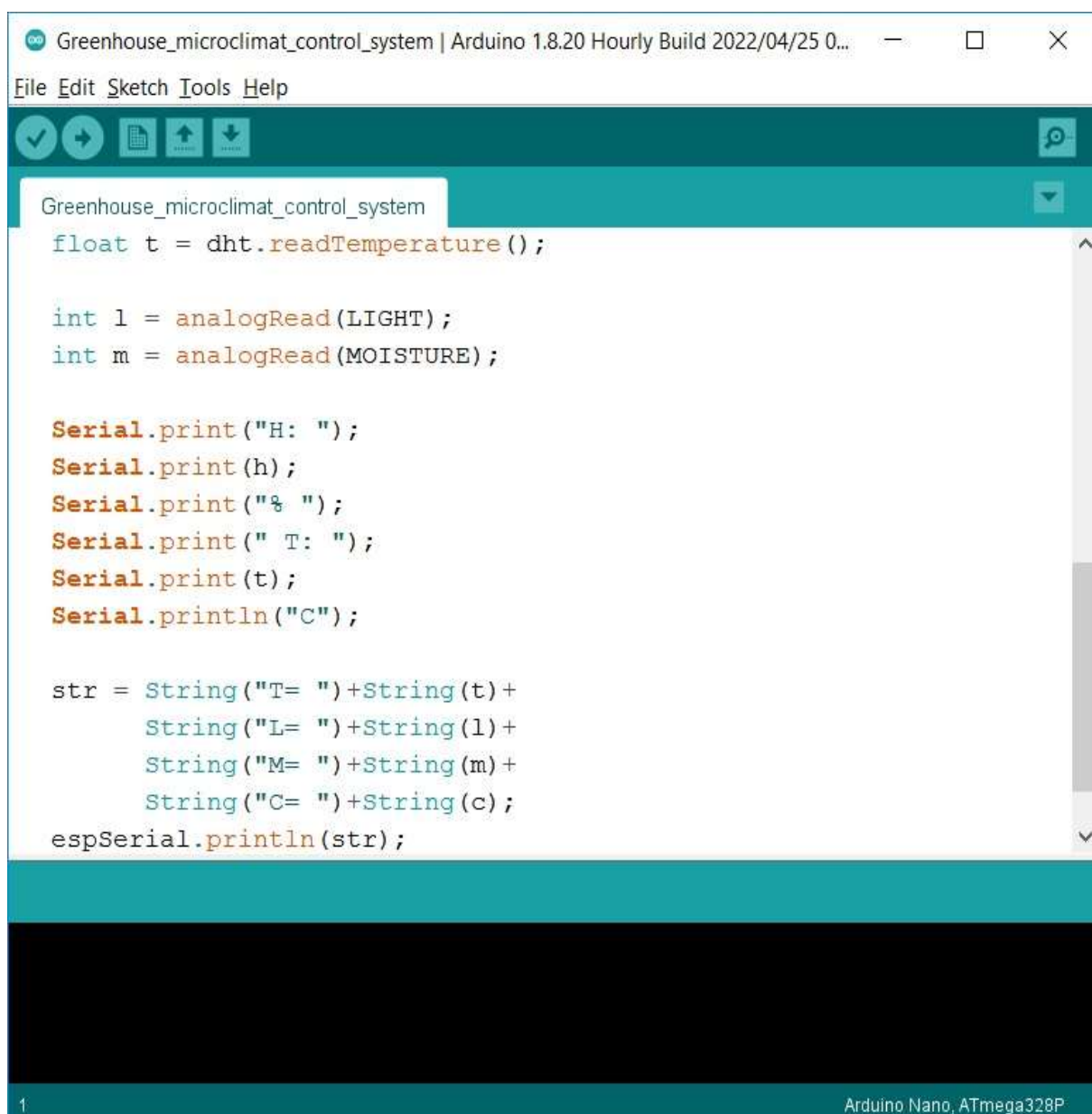
3.3. Програмне забезпечення системи для контролю параметрів мікроклімату теплиці

3.3.1. Обґрунтування вибору засобів розробки та мови програмування. На даний час існує велика кількість способів програмування мікроконтролера [14]. C/C++ є найпоширенішою мовою програмування для вбудованих систем. Модуль ESP8266 може бути також запрограмований мовою Python, проте вона є не такою поширеною для цих задач.

Мова програмування Arduino C являє собою фреймворк Wiring, який розроблений на основі мови C++. У нього є незначні відмінності в написанні коду, оскільки він будується із застосуванням компілятора AVR-GCC. Значною перевагою, яка полегшує написання програм, є наявність бібліотек, що включають різні об'єкти і функції для роботи з периферійними пристроями.

3.3.2. Вибір та налаштування середовища розробки ПЗ. В цій роботі обрано Arduino IDE (рис. 3.4) в якості середовища написання коду для мікроконтролерів. Його вибір зумовлений підтримкою обох мікроконтролерів, які вибрані для реалізації даного проєкту (Atmega328 та ESP8266).

Arduino IDE містить велику кількість вбудованих бібліотек з об'єктами та функціями для взаємодії з зовнішніми пристроями, які використовуються в проєктованій системі. Це значно спрощує написання програмного забезпечення. Після компіляції програмного коду IDE генерує файл, який має розширення *.cpp. Платформа Arduino IDE є відкритою та безкоштовною, що дає змогу використовувати її без порушення авторських прав.



```
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);

1 Arduino Nano, ATmega328P
```

Рис. 3.4. Середовище Arduino IDE

За замовчуванням середовище Arduino IDE має вбудований компілятор для коду, який написаний для плат Arduino. Для того, щоб додати можливість написання та компіляції коду для мікроконтролера плати ESP8266, необхідно інсталиувати у середовищі Arduino IDE відповідний плагін. Для цього у вікні «Preferences» потрібно вставити посилання на файл додатку з розширенням .JSON (рис. 3.5):

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

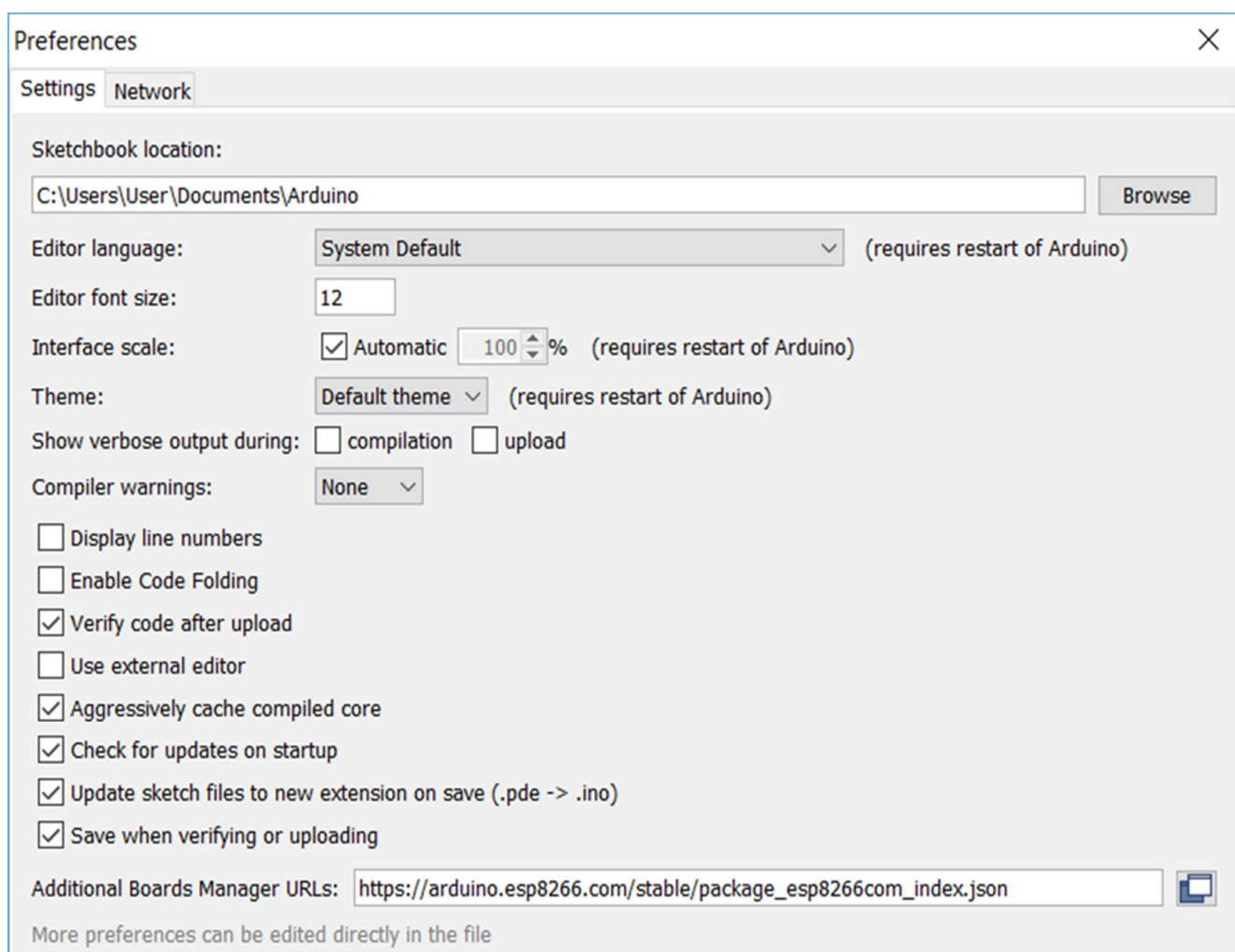


Рис. 3.5. Вікно налаштувань «Preferences» в Arduino IDE

Потім у вікні «Boards Manager» можна знайти та встановити модуль «esp8266» (рис. 3.6).



Рис. 3.6. Встановлення плагіна для роботи з платформою ESP8266 у вікні «Boards Manager»

3.3.3. ПЗ для вимірювання параметрів мікроклімату теплиці. В процесі написання коду для отримання даних від датчика DHT22 було встановлено бібліотеку DHT.h в середовищі Arduino IDE (рис. 3.7).

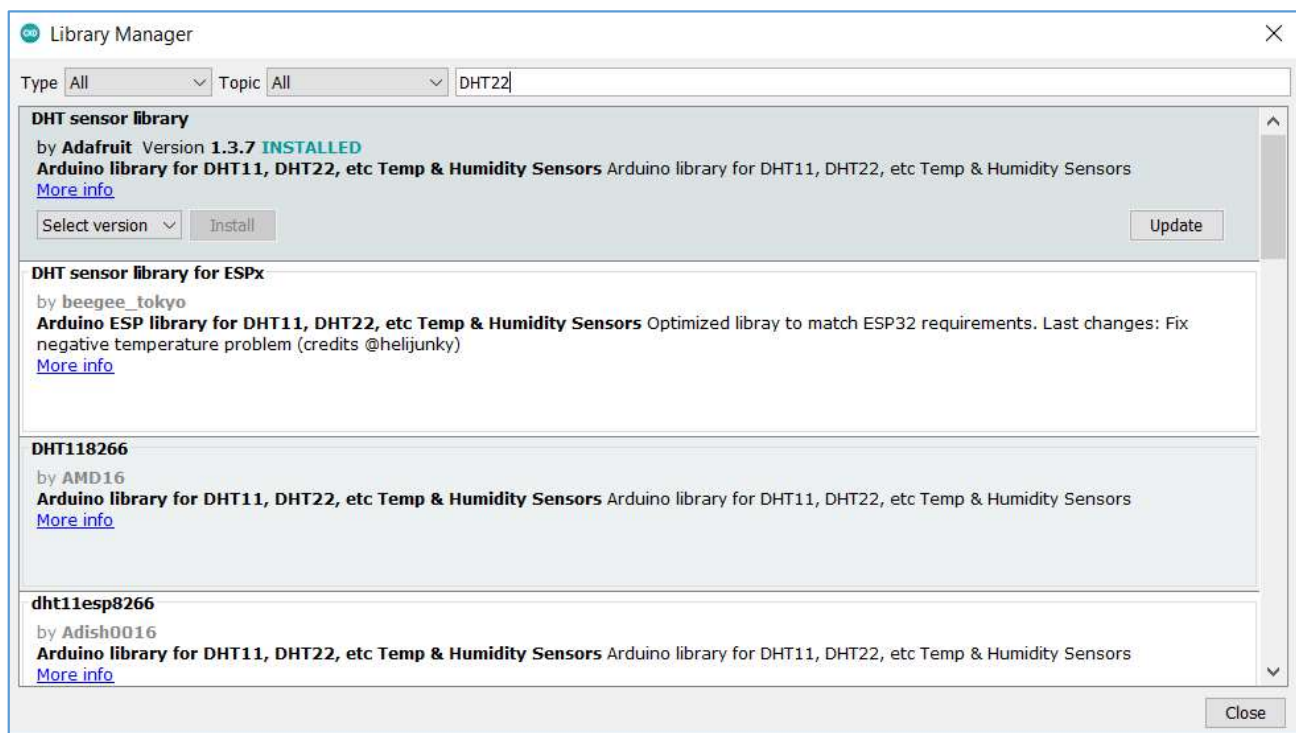


Рис. 3.7. Процес встановлення бібліотеки DHT.h

Для вимірювання температури повітря в теплиці підключено бібліотеку:

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

Створено об'єкт `dht` в якому налаштовано тип давача та номери виводу, до якого він підключений:

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

В підпрограмі `setup()` виконано налаштування цього об'єкта:

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

В головному циклі процес опитування давача реалізований з використанням функції `readTemperature()`:

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

Вимірювання рівня освітленості в теплиці та вологості ґрунту відбувається з використанням аналогових давачів, які під'єднані до виводів A0 та A2 плати Arduino Nano:

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

В функції `setup()` встановлено режими роботи цих виводів.

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

Для отримання відповідних значень було використано функцію `analogRead()`:

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

Для вимірювання концентрації CO_2 в повітрі за допомогою датчика MQ-135 було встановлено бібліотеку `MQUnifiedsensor.h` (рис. 3.8).

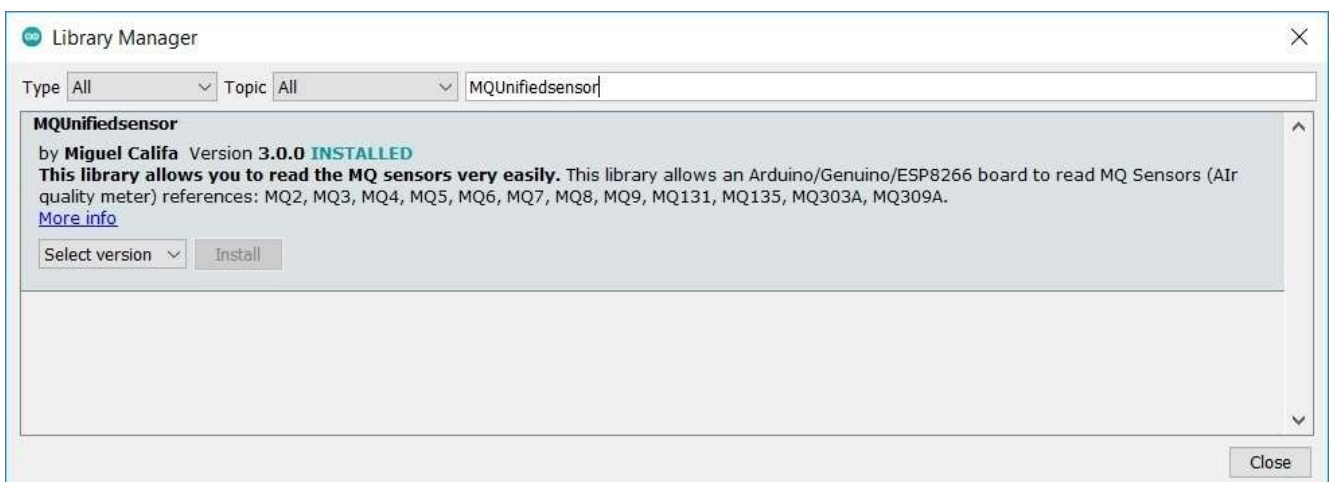


Рис. 3.8. Встановлення бібліотеки `MQUnifiedsensor` в Arduino IDE для роботи з датчиком MQ135 для вимірювання концентрації CO_2

В коді було підключено цю бібліотеку до проєкту за допомогою директиви `include`:

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

На наступному етапі визначено основні константи, для використання їх в якості параметрів при ініціалізації об'єкту давача MQ135 (рис. 3.9):

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

```
#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);
```

Рис. 3.9. Лістинг коду для створення об'єкту давача MQ135 та налаштування його параметрів

В підпрограмі `setup()` написано код для калібрування давача з метою налаштування його на вимірювання концентрації CO_2 в повітрі. Крім того, відбувається ініціалізація об'єкту MQ135 (рис. 3.10).

```

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();

```

Рис. 3.10. Лістинг коду для калібрування давача MQ135 та його ініціалізації

В головному циклі для отримання значення концентрації CO₂ в повітрі використовуються методи `update()` та `readSensor()` бібліотеки `MQUnifiedsensor.h` (рис. 3.11).

```

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

```

Рис. 3.11. Лістинг коду для опитування давача MQ135

3.3.4. ПЗ для обміну даними між модулями Arduino Nano та ESP8266. Для обміну даними між платами Arduino Nano та ESP8266 було використано бібліотеку `SoftwareSerial.h`, для реалізації послідовного інтерфейсу на інших цифрових виводах модуля Arduino ніж це передбачено виробником:

```

#include <SoftwareSerial.h>

```

Це дозволило отримати кілька послідовних портів на Arduino. В даній схемі для цього використовуються 5 і 6 виводи плати, тому був створений об'єкт `espSerial` та глобальна змінна `str`:

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

В підпрограмі `setup()` налаштована швидкість передачі даних по послідовному порту, який створений вище описаним способом:

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

В підпрограмі `loop()` реалізована передача значень вимірних параметрів мікроклімату теплиці від Arduino до ESP8266 (рис. 3.12).

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

Рис. 3.12. Лістинг коду для передачі вимірних параметрів мікроклімату теплиці по послідовному порту від Arduino до ESP8266

На стороні плати ESP8266 також виконано налаштування швидкості передачі даних по послідовному порту:

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

В головному циклі організований процес опитування послідовного порту:

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

3.4. Реалізація методів взаємодії системи контролю параметрів мікроклімату з IoT платформою

В роботі пропонується використати IoT платформу Blynk для реалізації дистанційного контролю параметрів мікроклімату теплиці. Принцип взаємодії компонентів системи з додатком Blynk показаний на рис. 3.13.

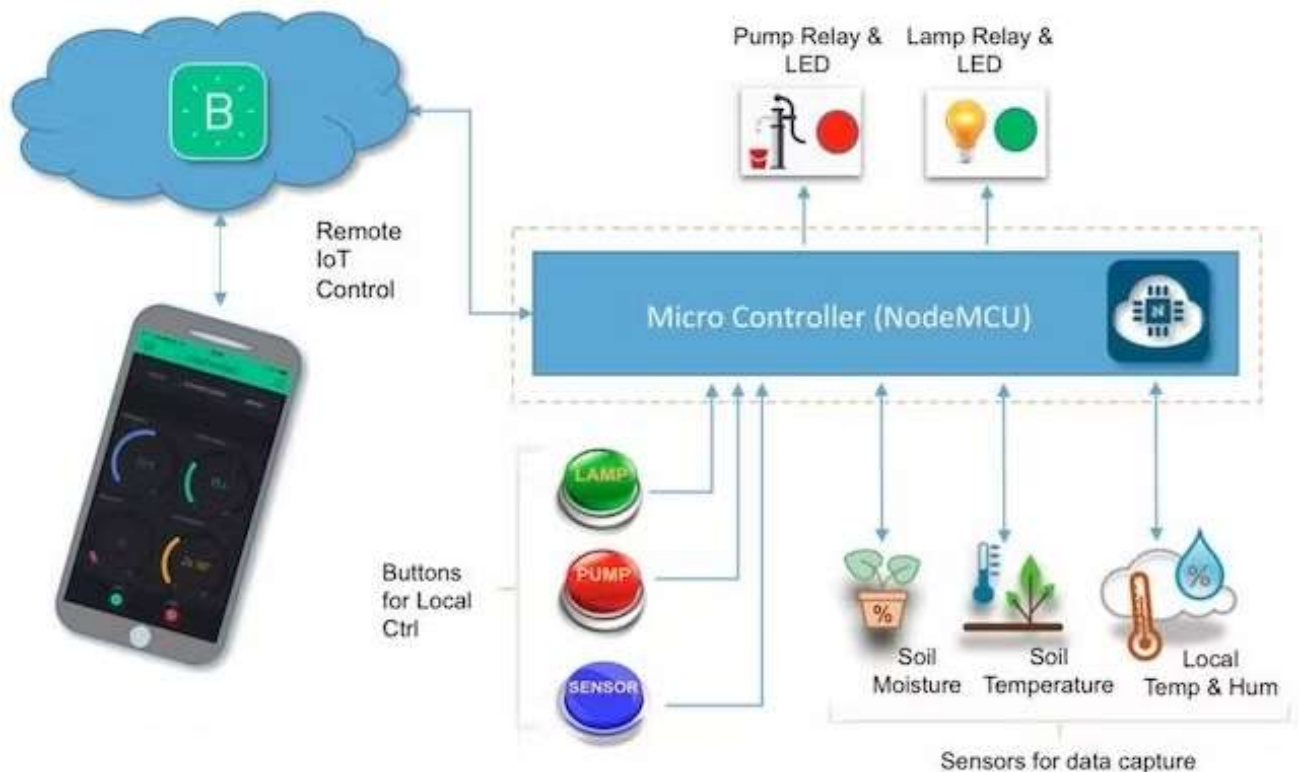


Рис. 3.13. Принцип взаємодії компонентів системи контролю параметрів мікроклімату теплиць

Платформа Blynk забезпечує можливість взаємодії з користувачем у формі мобільного застосунку для смартфона або веб-інтерфейсу на ПК чи ноутбучі. До основних її переваг можна віднести простоту процесу створення та налаштування інтерфейсів мобільних додатків та зручну реалізацію зв'язку з платами ESP та Arduino, що було вагомим фактором при виборі цієї платформи.

Мобільний додаток Blynk дозволяє розміщувати елементи управління «розумними» пристроями, такі як перемикачі, кнопки і т.д. Кожен із цих елементів можна налаштувати по-різному. Крім того, можна прив'язати елементи керування мобільного додатка до виходів фізичного пристрою.

Для обміну даними з платформою платформи Blynk в Arduino IDE було встановлено бібліотеки `ESP8266WiFi.h` та `BlynkSimpleEsp8266.h`:

```
/* 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";
```

В підпрограмі `setup()` виконано запуск процесу підключення та авторизації до платформи Blynk:

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

Запуск процесу обміну даними в головному циклі відбувається за допомогою методу:

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

3.5. Результати роботи системи

Розроблена система для контролю мікроклімату теплиць розрахована для використання широким колом користувачів. Передбачається, що основною сферою застосування системи є домашні тепличні господарства. Завдяки розробленим алгоритмам отримання, зберігання та візуалізації інформації користувачі мають змогу розміщувати мікроферму в будь-якому місці та в дистанційному режимі здійснювати контроль параметрів мікроклімату теплиці.

Результати моніторингу параметрів мікроклімату теплиці у мобільному додатку платформи Blynk представлені на рис. 3.14.



Рис. 3.14. Відображення результатів моніторингу параметрів мікроклімату теплиці у мобільному додатку платформи Blynk

Обраний спосіб відображення даних дозволяє контролювати параметри мікроклімату як з ноутбука чи настільного ПК, так і за допомогою мобільного додатка.

3.6. Висновки до розділу 3

У третьому розділі роботи спроєктовано структурну схему системи для контролю параметрів мікроклімату теплиці. Синтезовано схему електричних з'єднань блоку керування системи та наведено опис її елементів.

Розроблено алгоритмічне та програмне забезпечення для комп'ютеризованої системи контролю та керування мікрокліматом теплиці. Описаний процес отримання даних від датчиків. Реалізований обмін даними з IoT платформою Blynk для візуалізації результатів контролю параметрів мікроклімату теплиць.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Охорона праці

У кваліфікаційній роботі магістра 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 магістра, 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 60950-1:2015).

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 [25].

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 комунально-енергетичні 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].

4.3. Висновки до розділу 4

В даному розділі описані актуальні питання щодо безпеки в надзвичайних ситуаціях та охорони праці. Була опрацьована інформація стосовно вимог з охорони праці і техніки безпеки, пожежної та електробезпеки. Також, розглянуто питання щодо оцінки стійкості роботи промислового підприємства до впливу вторинних вражаючих факторів.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розв'язана важлива задача щодо розроблення системи для контролю параметрів мікроклімату теплиці на основі технології IoT.

Основні результати:

1. Проведено огляд та аналіз літературних джерел на тему дистанційного контролю параметрів мікроклімату в теплицях, окреслено питання, які потребують удосконалення.

2. Удосконалено метод контролю параметрів мікроклімату теплиць на основі використання технологій інтернету речей з можливістю передачі даних на IoT платформу, використовуючи MQTT протокол.

3. Розроблено апаратне забезпечення системи для дистанційного моніторингу параметрів мікроклімату теплиць. Зокрема, синтезовано структурну схему системи та схему електричних з'єднань.

4. Створено алгоритмічне та програмне забезпечення для комп'ютеризованої системи енергоефективного контролю параметрів мікроклімату в теплицях та передачі результатів вимірювання на віддалений сервер IoT платформи Blynk для відображення в мобільному додатку.

Впровадження розробленої системи дозволить в режимі реального часу здійснювати моніторинг параметрів мікроклімату теплиці, що дасть змогу підвищити якість 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. Серія: Техніка та енергетика АПК. 2017. Вип. 261. 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. Антонова Г. В., Кедич А. В., Ковирьова О. В. Інтернет речей та бездротові смарт-мережі в точному землеробстві. Комп'ютерні засоби, мережі та системи. № 18. 2019. С. 119–127.
5. Дудник А.О. Методи побудови ресурсоефективних систем керування тепличними комплексами. Актуальні проблеми наук про життя: матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених. Київ. 2018. С. 58–59.
6. Віхрова Л. Г., Каліч В. М., Прокопенко Т. А. Адаптивна автоматизована система збору та контролю основних параметрів мікроклімату в теплиці. Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. Кіровоград: КНТУ, Вип. 29. 2016. С. 168–172.
7. 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, 2019. С. 429–432.

8. Шарапа О. В., Бердников А. Г. Модель системи управління технологічним процесом в тепличному агропромисловому комплексі. Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, серія «Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління». Вип. 47, 2020. С. 86–92.

9. Лисенко В. П., Лендел Т. І. Алгоритм формування стратегій керування процесом вирощування рослин у теплиці з урахуванням їх стану. Науковий вісник НУБіП України. Серія: Техніка та енергетика АПК. Вип. 283. 2018. С. 118–124.

10. 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. 2017. № 4. С. 200–211.

11. Науковці з Данії розробили розумну систему зрошення для теплиць. URL: <https://superagronom.com/news/13793-naukovtsi-z-daniyi-rozrobili-rozumnu-sistemu-zroshennya-dlya-teplits> (дата звернення: 22.10.2022).

12. GroLab – Agricultural Automation System. URL: <https://opengrow.pt/software/> (дата звернення: 24.10.2022).

13. IntelliGrow – Cloud-based Greenhouse Crop Management Application. URL: <https://autogrow.com/our-products-solutions/intelligrow> (дата звернення: 24.10.2022).

14. Євсеєнко О. М. Розробка апаратно-програмної системи керування мікрокліматом теплиці. Технічна інженерія, № 1 (85), 2020. С. 104–109.

15. Ларіоник Р.В., Луцик Н.С., Паламар А.М. Система для моніторингу якості атмосферного повітря на базі IoT. Матеріали ІХ науково-технічної конференції "Інформаційні моделі, системи та технології". Тернопіль: ТНТУ. 2021. С. 116.

16. Оконський М.В., Лупенко С.А., Паламар А.М. Інформаційно-вимірювальна система для контролю метеорологічних параметрів на основі Інтернету речей. Матеріали ІХ науково-технічної конференції "Інформаційні моделі, системи та технології". Тернопіль: ТНТУ. 2021. С. 118.

17. Романов Д.В., Осухівська Г.М., Паламар А.М. Функціональна схема системи керування зовнішнім освітленням на основі технології LoRa. Матеріали ІХ науково-технічної конференції "Інформаційні моделі, системи та технології". Тернопіль: ТНТУ. 2021. С. 124.

18. Оконський М.В., Лупенко С.А., Паламар А.М. Комп'ютерна система для моніторингу метеорологічних параметрів на основі IoT. Актуальні задачі сучасних технологій : збірник тез доповідей X міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. Тернопіль: ТНТУ. 2021. С. 112.

19. Романов Д.В., Осухівська Г.М., Паламар А.М. Система управління зовнішнім освітленням на основі Інтернету речей. Актуальні задачі сучасних технологій : збірник тез доповідей X міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. Тернопіль: ТНТУ. 2021. С. 120.

20. Паламар М. І., Стрембіцький М. О., Паламар А. М. Проектування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів. Навчальний посібник. Тернопіль: ТНТУ. 2019. 150 с.

21. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д., Пасічник В. В. Комп'ютерні мережі. [навчальний посібник] Львів: «Магнолія 2006». 2013. 256 с.

22. Palamar A. Intelligent control and monitoring module for uninterruptible power supply system. II International Scientific and Practical Conference «Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs» (MC&FPGA-2020), Kharkiv, Ukraine. 2020. P. 12-13.

23. Охорона праці в офісі. Вимоги до робочого місця офісного працівника. URL: <https://gc.ua/uk/oxorona-praci-v-ofisi-vimogi-do-robochogomiscya-ofisnogo-pracivnika/> (дата звернення: 26.11.2022).

24. НПАОП 0.00-7.15-18. Про затвердження правил охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин. URL: https://dnaop.com/html/31562/docНПАОП_0.00-7.15-18 (дата звернення: 01.12.2022).

25. Желібо Є. П., Сагайдак І. С. Безпека життєдіяльності. Навчальний посібник для аудиторної та практичної роботи. К.:ЕКОМЕН. 2011. 200 с.

26. Депутат О. П., Коваленко І. В., Мужик І. С. Цивільна оборона. Навчальний посібник. За редакцією полковника В.С. Франчука. Львів: Афіша. 2000. 336 с.

Додаток А
Тези конференцій

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)
Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)
Маріборський університет (Словенія)
Технічний університет у Кошице (Словаччина)
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)
Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)
Наукове товариство ім. Т.Шевченка

АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Збірник
тез доповідей

**XI Міжнародної науково-практичної
конференції молодих учених та студентів**
7-8 грудня 2022 року



УКРАЇНА
ТЕРНОПІЛЬ – 2022

Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів
«АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ» – Тернопіль, 7-8 грудня 2022 року

- | | |
|--|-----|
| 41. Г.І. Франчевська, М.О. Хвостівський, В.Г. Дозорський | |
| ЗАСТОСУВАННЯ АДАПТИВНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ ДЛЯ ВИДІЛЕННЯ | 172 |
| ЕЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛУ ПЛОДУ НА ФОНІ ЗАВАД | |
| 42. І. Слюз, Р. Жаровський | |
| КРИТЕРІЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕСТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ | 174 |
| ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ | |
| 43. Y.I. Rudakevych, L.V. Moroz | |
| VIRTUAL REALITY: A BRIEF OVERVIEW | 175 |
| 44. Р.В. Ясінський, Г.М. Осухівська, А.М. Паламар, Д.В. Величко | |
| КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ДЛЯ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ | 177 |
| МІКРОКЛІМАТУ ТЕПЛИЦЬ НА ОСНОВІ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ | |
| 45. П.С. Панчишин, М.І. Паламар | |
| МЕТОДИ І ЗАСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ КОНТРОЛЮ | 178 |
| ПАРАМЕТРІВ АНТЕННИХ КОМПЛЕКСІВ ДИСТАНЦІЙНОГО | |
| ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ | |
| 46. А.О. Сачковський, М.І. Паламар | |
| ВИКОРИСТАННЯ ПЛАТФОРМИ НЕХАРОД ДЛЯ ЗАДАЧ ПРЕЦИЗІЙНОГО | 180 |
| ПОЗИЦІОНУВАННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ЇЇ РОБОТИ | |
| 47. В.С. Шкурін, Л.Є. Дедів, В.Г. Дозорський | |
| ВИЗНАЧЕННЯ ЯКОСТІ ТА ДОЗИ ГЕМОДІАЛІЗУ | 182 |
| 48. О.В. Куц, М.О. Мартиняк, В.Б. Савків | |
| АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ТА МОНИТОРИНГУ | 183 |
| ЗБЕРІГАННЯ РІДКОЇ ПРОДУКЦІЇ | |
| 49. В.Р. Медвідь, О.І. Драбик | |
| АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ СЕРВОПРИВОДАМИ | 184 |
| МЕТАЛОРІЗАЛЬНОГО ВЕРСТАТА | |
| 50. Р.П. Навозняк | |
| МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ МАТЕРІАЛІВ ПІСЛЯ ЛАЗЕРНОЇ | 185 |
| ОБРОБКИ ДЛЯ БІОМЕДИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ | |
| 51. В. Ліщина, Н. Луцик | |
| ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ В МОБІЛЬНИХ | 186 |
| МЕРЕЖАХ СТАНДАРТУ LTE | |
| 52. Г.В. Шимчук, О.С. Голотенко, Р.З. Золотий | |
| ПРОБЛЕМИ БЕЗПЕКИ ХМАРНИХ СЕРЕДОВИЩ | 187 |
| 53. М.С. Дзюмак, Р.З. Золотий, О.С. Голотенко, Т.Е. Рубен | |
| МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ТРАНСПОРТУЮЧОЇ СИСТЕМИ ЗАЛЕЖНО ВІД | 189 |
| НАЯВНИХ ПЕРЕШКОД | |
| 54. А.Г. Микитишин, М.С. Погорельцев, М. М. Прокопов, О.В. Сасовець | |
| РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ФІЛЬТРОМ | 190 |
| 55. Ю.І. Микитів, І.В. Чихіра, С. З. Кульчицький, О.І. Пиндик | |
| РОЗРОБКА СИСТЕМИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ПАРАМЕТРІВ | 191 |
| МІКРОКЛІМАТУ У БУДІВЕЛЬНИХ ПРИМІЩЕННЯХ | |
| 56. І.Я. Харів, В.Д. Тимошук, Р.З. Золотий, І.С. Дідич | |
| ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ЗД ДРУКУ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ | 192 |
| ЯКІСНИХ ВИРОБІВ | |
| 57. І.В. Луців, д.т.н., професор, Т.С. Дубиняк, к.т.н., доцент,
Ю.І. Наконечний, В.А. Соколовський, М.А. Соколовський | 193 |
| ДОСЛІДЖЕННЯ ЗУБЧАСТОЇ ЗАПОБІЖНОЇ МУФТИ З МОЖЛИВІСТЮ
САМОВІДКЛЮЧЕННЯ | |

*Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів
«АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ» – Тернопіль, 7-8 грудня 2022 року*

УДК 681.518.3

Р.В. Ясінський, Г.М. Осухівська, к.т.н, доцент, А.М. Паламар, к.т.н, Д.В. Величко
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ДЛЯ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ТЕПЛИЦЬ НА ОСНОВІ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

**R.V. Yasinskyi, H.M. Osukhivska, Ph.D., Assoc. Prof., A.M. Palamar, Ph.D., D.V. Velychko
COMPUTER SYSTEM FOR GREENHOUSE MICROCLIMATE PARAMETERS
CONTROL BASED ON INTERNET OF THINGS**

Для розвитку сільського господарства з'являється все більше технологій. Це особливо помітно в рослинництві, яке ведеться з використанням теплиць. Для цієї сфери розробляються нові системи моніторингу процесу вирощування та дозрівання урожаю, обладнання для його збору, зберігання і пакування [1].

Сучасні теплиці характеризуються використанням значних енергетичних ресурсів, які застосовуються для підтримки відповідної технології процесу вирощування овочевих культур. Високі ціни на енергоресурси (електричну енергію, природний газ) формують умови для створення спеціальних систем, які здатні мінімізувати енерговитрати. Існуючі системи використовують найпростіші алгоритми управління, які не здатні забезпечити високий рівень ресурсо- та енергоефективності.

Нововведенням в цій сфері є впровадження концепції «розумних теплиць», яка спрямована на підвищення врожайності, забезпечення високого рівня екологічності виробництва і зменшення кількості затрачених ресурсів. Актуальною задачею є зниження вартості таких систем та підвищення зручності їх використання для того, щоб вони могли бути доступні не лише для промислового виробництва аграрної продукції, але і для приватних домогосподарств.

Метою роботи є проектування системи для контролю параметрів мікроклімату теплиць для підвищення ефективності їх функціонування. Для досягнення мети запропоновано застосувати технології інтернету речей [2].

В наш час рівень розвитку сфери Інтернету речей дає змогу розробляти автоматизовані системи, які можуть бути доступні усім користувачам. Вони є ефективнішими, гнучкішими та економічно вигіднішими в порівнянні з системами, які базуються на принципах ручного керування.

Використовуючи технології Інтернету речей було створено прототип автоматизованої системи, яка здатна керувати параметрами мікроклімату теплиці. Це дозволить забезпечити якісніший догляд за рослинами, що забезпечить підвищення урожайності. Витрати ресурсів будуть знижуватись, оскільки автоматизована система дасть змогу вчасно спрогнозувати потребу в залученні додаткових ресурсів.

Література

1. 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. 2017. № 4. С. 200–211.
2. Романов Д.В., Осухівська Г.М., Паламар А.М. Система управління зовнішнім освітленням на основі Інтернету речей. Актуальні задачі сучасних технологій : збірник тез доповідей X міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. Тернопіль: ТНТУ. 2021. С. 120.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

МАТЕРІАЛИ

X НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
«ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ,
СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»



7–8 грудня 2022 року

ТЕРНОПІЛЬ
2022

В. Тимошук, Д. Тимошук ВІРТУАЛІЗАЦІЯ В ЦЕНТРАХ ОБРОБКИ ДАНИХ - АСПЕКТИ ВІДМОВСТІЙКОСТІ V. Tymoshchuk, D. Tymoshchuk VIRTUALIZATION IN DATA CENTERS – ASPECTS OF FAILURE TOLERANCE	95
В. Яцишин, Б. Харитон АРХІТЕКТУРА СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРОЦЕСІВ ВИЯВЛЕННЯ ТА ОЦІНЮВАННЯ ВРАЗЛИВОСТЕЙ ВЕБ-СЕРВЕРІВ У КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ V. Yatsyshyn, B. Kharyton ARCHITECTURE OF THE SUPPORT SYSTEM FOR THE DETECTION AND ASSESSMENT OF WEB SERVER VULNERABILITY PROCESSES IN COMPUTER SYSTEMS	96
В. Яцишин, В. Цимбалістий, Вік. Яцишин КОМП'ЮТЕРНІ ІГРИ ЯК СПОСІБ МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКИ РЕАЛЬНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ Vas. Yatsyshyn, V. Tsybalisty, Vik. Yatsyshyn COMPUTER GAMES AS A WAY OF REAL COMPUTER SYSTEMS BEHAVIOUR MODELLING	97
В. Шаварський, Є. Тиш ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ СИСТЕМ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ V. ShavarSKIY, Ye. Tysh BASIC CONCEPTS OF SOLAR ENERGY CONVERTER SYSTEMS	98
В. Шаварський, Є. Тиш ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ ОДНОВІСНОГО СОНЯЧНОГО ТРЕКЕРА V. ShavarSKIY, Ye. Tysh FEATURES OF THE DEVELOPMENT OF A SINGLE-AXIS SOLAR TRACKER	99
В. Яцишин, Б. Харитон СХЕМА РЕЛЯЦІЙНОЇ БАЗИ ДАНИХ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ ТА ОПРАЦЮВАННЯ ВРАЗЛИВОСТЕЙ ВЕБ-СЕРВЕРІВ У РОЗУМНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ V. Yatsyshyn, B. Kharyton A RELATIONAL DATABASE SCHEME FOR STORING AND PROCESSING WEB SERVER VULNERABILITIES IN SMART COMPUTER SYSTEMS	101
Р. Ясінський, Г. Осухівська, А. Паламар АПАРАТНО-ПРОГРАМНА СИСТЕМА ДЛЯ РЕГУЛЮВАННЯ МІКРОКЛІМАТУ ТЕПЛИЦЬ R. Yasinskyi, H. Osukhivska, A. Palamar HARDWARE AND SOFTWARE SYSTEM FOR GREENHOUSES MICROCLIMATE REGULATING	102
СЕКЦІЯ 4. ПРОГРАМНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМ А. Буй ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ ВИРШЕННЯ ПРОБЛЕМ ІЗ РЕАЛІЗАЦІЄЮ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ A. Bui INFORMATION SYSTEM FOR SOLVING PROBLEMS WITH SALE OF AGRICULTURAL PRODUCTS	103
В. Волович, Б. Береженко, І. Боднарчук ЗАДАЧА ПРОЄКТУВАННЯ ПРОГРАМНОЇ АРХІТЕКТУРИ В ПРОЦЕСАХ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ V. Volovych, B. Berezhenko, I. Bodnarchuk THE PROBLEM OF SOFTWARE ARCHITECTURE DESIGN IN THE PROCESSES OF QUALITY ASSURANCE	104

УДК 681.518.3

Р. Ясінський, Г. Осухівська, А. Паламар

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

АПАРАТНО-ПРОГРАМНА СИСТЕМА ДЛЯ РЕГУЛЮВАННЯ МІКРОКЛІМАТУ ТЕПЛИЦЬ

UDC 681.518.3

R. Yasinskyi, H. Osukhivska, A. Palamar

HARDWARE AND SOFTWARE SYSTEM FOR GREENHOUSES MICROCLIMATE REGULATING

На сьогоднішній день велика кількість фермерських господарств переходить до вирощування продукції у закритих приміщеннях. Тому тепличні комплекси розвиваються та набувають все більшого поширення. Процес вирощування рослин в теплицях характеризується суттєвими витратами на енергетичні ресурси, частка яких в структурі собівартості може становити 60–70%. Таким чином, показник енерговитрат в теплицях є важливим фактором з точки зору економічної доцільності виробництва рослинної продукції. Тому задача збільшення енергоефективності є актуальною для усіх тепличних комплексів [1].

Проблема підвищення енергоефективності пов'язана з контролем за витратою ресурсів, а також з моніторингом параметрів мікроклімату, на які ці ресурси мають прямий вплив. Для вирішення цієї проблеми в роботі запропоновано використати концепцію «розумних теплиць», яка являє собою автоматизовану систему, що дозволяє регулювати параметри мікроклімату. Автоматизація роботи теплиці передбачає моніторинг різних показників, а також керування параметрами мікроклімату з метою забезпечення росту та дозрівання рослин. До основних параметрів, які може контролювати «розумна теплиця», можна віднести: освітлення, водопостачання, температуру, циркуляцію повітря та вологість [2, 3].

Для ефективного регулювання параметрів мікроклімату теплиці усіма цими підсистемами потрібно керувати одночасно, об'єднавши їх у одну велику систему, котра дозволить оптимізувати їх роботу. Для цього було використано технології інтернету речей (IoT), що є сучасною концепцією, яка створена з метою інтеграції різних об'єктів за допомогою мережевої інфраструктури для обміну даними з використанням IP протоколу.

В запропонованій системі IoT дозволить автоматизувати вирощування сільськогосподарської продукції, збільшуючи ефективність і фінансові результати.

Література

1. Дудник А. О. Методи побудови ресурсоефективних систем керування тепличними комплексами. Актуальні проблеми наук про життя: матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених. Київ. 2018. С. 58–59.
3. Шарапа О. В., Бердников А. Г. Модель системи управління технологічним процесом в тепличному агропромисловому комплексі. Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, серія «Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління». Вип. 47. 2020. С. 86–92.
4. Романов Д. В., Осухівська Г. М., Паламар А. М. Система управління зовнішнім освітленням на основі інтернету речей: збірник тез доповідей X Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій». Т. 1. 2021. С. 117.