

Хмельницький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
Автоматизована система керування теплицею
Назва теми

Рівень вищої освіти Перший (бакалаврський)
Галузь знань 17 – Електроніка, автоматизація та електронні комунікації
Спеціальність 174 – Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка
Освітня програма «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

КвРАКІТР. 2023150.01.14.ПЗ
Шифр

Виконав здобувач 3 курсу, група АКІТРс-23-1
Шифр


Підпис

Дмитро КУЧЕР
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник д-р техн. наук, проф.
Науковий ступінь, учене звання


Підпис

Валерій МАРТИНЮК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер канд. техн. наук, доц.
Науковий ступінь, учене звання


Підпис

Галина РАДЕЛЬЧУК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
Завідувач кафедри автоматизації,
комп'ютерно-інтегрованих технологій та
робототехніки


Підпис

Людмила КОРЕЦЬКА
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

19.06.2026р.
Дата

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Інформаційних технологій
Кафедра Автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань 17 – Електроніка, автоматизація та електронні комунікації
Спеціальність 174 – Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка
Освітня програма Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АКІТтаР

Людмила КОРЕЦЬКА

07 лютого 2026 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Кучеру Дмитру Олександровичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема роботи Автоматизована система керування теплицею

Керівник роботи Мартинюк Валерій Володимирович, д-р техн. наук, проф.

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

Затверджено наказом ректора університету від 20 січня 2026 р. № 7

2 Строк подання студентом роботи на кафедру 02.06.2026 р.

3 Вихідні дані до роботи Матеріали переддипломної практики




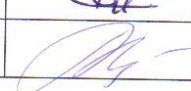
4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. Проблематика автоматизованого керування теплицями. Основна частина. Розробка програми роботи автоматизованої системи керування теплицями. Висновки.

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

Презентаційні матеріали (слайди)

6 Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Антиплагіат	Федула М. В., доцент кафедри АКІТтаР		
Нормоконтроль	Радельчук Г. І., доцент кафедри АКІТтаР		

7 Дата видачі завдання 07 лютого 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу кваліфікаційної роботи	Строк виконання	Примітка
Вступ	15.02.2026 р.	виконано
1 Проблематика автоматизованого керування теплицями	15.03.2026 р.	виконано
2 Основна частина	15.04.2026 р.	виконано
3 Розробка програми роботи автоматизованої системи керування теплицями	15.05.2026 р.	виконано
Висновки	25.05.2026 р.	виконано

Студент


Підпис

Дмитро КУЧЕР
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник кваліфікаційної роботи


Підпис

Валерій МАРТИНЮК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Автоматизована система керування теплицею».

Автор роботи: Дмитро КУЧЕР

Керівник роботи: Валерій МАРТИНЮК

Пояснювальна записка: 65 с., 14 рис., 40 джерел.

Графічна частина: 13 презентаційних слайдів.


АЛГОРИТМ, ПРОГРАМОВАНІЙ ЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЕР,
ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ТЕПЛИЦЕЮ.

Мета роботи: розробка автоматизованої системи керування теплицею на основі сучасних мікроконтролерних засобів та спеціалізованого програмного забезпечення, які дозволяють здійснювати точне регулювання параметрів мікроклімату для підвищення ефективності вирощування сільськогосподарських культур.

Проведено системний аналіз сучасного стану автоматизації споруд захищеного ґрунту. Обґрунтовано доцільність переходу від класичних локальних систем автоматики до розподілених кіберфізичних систем, що дозволяють здійснювати безперервний моніторинг і гнучке керування параметрами мікроклімату з використанням хмарних технологій та бездротових каналів зв'язку.



Підпис студента



Дата

ЗМІСТ

	С.
ВСТУП.....	5
1 ПРОБЛЕМАТИКА СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ТЕПЛИЦЯМИ.....	8
1.1 Особливості автоматизованого керування теплицями.....	8
1.2 Особливості бездротової сенсорної мережі для моніторингу навколишнього середовища	12
1.3 Застосування бездротової технології ZigBee.....	Ошибка! Закладка не определена.
1.3 Висновки до першого розділу	20
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	22
2.1 Вибір компонентної бази автоматизованої системи керування теплицею ...	22
2.2 Вибір програмного забезпечення автоматизованої системи керування теплицею.....	33
2.3 Висновки до другого розділу	39
3 РОЗРОБКА ПРОГРАМИ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕПЛИЦЕЮ	42
3.1 Алгоритм роботи автоматизованої системи керування теплицею.....	42
3.2 Моделювання системи за допомогою WOKWI.....	48
3.3 Висновки до третього розділу	60
ВИСНОВКИ	62
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	64

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КвРАКІТР. 2023150.01.14.ПЗ			
					Автоматизована система керування теплицею Пояснювальна записка	Лім.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Кучер Д.О.		09.06.23				
Перевір.		Мартинюк В.В.		09.06.23			4	65
Реценз.						ХНУ, АКІТРс-23-1		
Н. контр.		Радельчук Г. І.						
Затверд.		Корецька Л. О.						

ВСТУП

Актуальність теми. Ефективне ведення сучасного тепличного господарства неможливе без точного дотримання технологічних параметрів вирощування культур. Температура повітря та ґрунту, відносна вологість, рівень освітлення та концентрація вуглекислого газу є критично важливими факторами, які безпосередньо впливають на швидкість росту рослин, їхню врожайність та якість кінцевої продукції.

Підтримання стабільного мікроклімату дозволяє мінімізувати вплив зовнішніх погодних умов, оптимізувати терміни дозрівання та підвищити загальну рентабельність виробництва.

Однак ручне керування процесами у теплиці часто призводить до значних коливань параметрів через людський фактор, спричиняє перевитрати енергоресурсів та води, а також обмежує можливості масштабування господарства через високу трудомісткість.

Автоматизована система керування теплицею дозволяє вирішити ці проблеми завдяки використанню сучасних датчиків та виконавчих механізмів, забезпечуючи безперервний контроль та оперативне реагування на зміни параметрів середовища без безпосередньої участі людини.

Актуальність роботи зумовлена потребою у створенні доступної, надійної та гнучкої автоматизованої системи, яка забезпечує комплексне керування мікрокліматом теплиці, знижує енергоспоживання та ризики втрати врожаю.

Метою роботи є розробка автоматизованої системи керування теплицею на основі сучасних мікроконтролерних засобів та спеціалізованого програмного забезпечення, які дозволяють здійснювати точне регулювання параметрів мікроклімату для підвищення ефективності вирощування сільськогосподарських культур.

Для досягнення цієї мети необхідно розв'язати такі завдання:

– проаналізувати існуючі методи та засоби автоматизації тепличних

						<i>КвРАКІТР.2023150.01.14.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			5

автоматизованої системи, проведено вибір апаратних компонентів, а саме мікроконтролера, датчиків температури та вологості, драйверів виконавчих механізмів та описано принципи їх взаємодії.

У третьому розділі розроблено програмне забезпечення для мікроконтролера, реалізовано алгоритми PID-регулювання або порогового керування, створено інтерфейс для відображення даних, а також проведено тестування працездатності розробленої системи в різних режимах.

					<i>КвРАКІТР.2023150.01.14.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		7

залежить від якості управління, а хороша схема управління визначається якістю інформації, зібраної з середовища теплиці. Система теплиці є складною системою. Будь-які значні зміни одного кліматичного параметра можуть мати несприятливий вплив на інший кліматичний параметр, а також на процес розвитку рослин [4].

Тому безперервний моніторинг і контроль цих кліматичних факторів дозволять отримати максимальну врожайність культур. Температура, вологість, інтенсивність світла та CO_2 є чотирма найбільш поширеними кліматичними змінними, на які більшість виробників зазвичай звертають увагу [5].

Однак розгляд цих чотирьох кліматичних змінних не дасть виробникам повної картини функціонування системи теплиці. Попередні дослідження використовували такі датчики, як датчик температури листя та датчик вологості листя, у поєднанні з датчиком температури навколишнього середовища та датчиками вологості для дослідження стану теплиці [6].

Ці методи були визнані непрактичними, оскільки вологість листя рослин варіюється від одного листка до іншого та залежить від розташування рослини в теплиці. Не кажучи вже про те, що в одній теплиці зазвичай вирощують кілька різних видів рослин, і різні рослини мають різну текстуру листя, а також геометрію поверхні. Ці фактори сильно вплинули б на розподіл води на поверхнях листя, що призвело б до неточних спостережень [6], [7].

Загалом систему теплиці можна розділити на два основні компоненти, які взаємодіють між собою:

- внутрішня атмосфера;
- стан ґрунту.

Поведінка системи теплиці значною мірою залежить від цих взаємодій. Більшість виробників і дослідників більше цікавляться внутрішньою атмосферою теплиці і часто нехтують важливістю стану ґрунту [8].

У відповідності до Кірксхема, поглинання та транспортування води та поживних речовин залежать від стану ґрунту. Тому важливо підтримувати

температуру та рівень вологості в ґрунті на оптимальному рівні, щоб зберегти рослину здоровою [9].

Теплиці мають дуже велику площу, де кліматичні умови можуть змінюватися в різних точках. Дуже поширеним є встановлення лише одного датчика у фіксованій точці теплиці як такого, який відображає основну динаміку системи.

Однією з причин цього є те, що типові тепличні установки вимагають великої кількості проводів і кабелів для розподілу датчиків та виконавчих механізмів. Тому система стає складною та дорогою, а додавання нових датчиків або виконавчих механізмів у різних точках теплиці, таким чином, є досить обмеженим [10].

Не кажучи вже про те, що сучасні теплиці, як правило, великі, тому збільшення кількості точок вимірювання є неминучим. Як наслідок, різке зростання вартості встановлення є майже гарантованим [10].

Бездротова сенсорна мережа стає вирішенням багатьох існуючих проблем у сучасній промисловості. Бездротова сенсорна мережа може працювати в широкому діапазоні середовищ і забезпечувати переваги у вартості, розмірах, енергоспоживанні, гнучкості та розподіленому інтелекті [11].

Завдяки швидкому зростанню індустрії бездротового зв'язку, на ринку зараз доступно багато бездротових технологій як для особистого, так і для промислового використання. Серед цих новітніх бездротових технологій ZigBee була відзначена як одна з найбільш використовуваних бездротових технологій у сучасній промисловості [12].

Бездротова технологія ZigBee здатна забезпечувати великомасштабні мережі з низьким енергоспоживанням та пристрої, які можуть працювати роками на недорогих батареях. Не кажучи вже про її низьку вартість та низьку складність мережі, що робить її ідеальною для багатьох застосувань у сільському господарстві, таких як моніторинг клімату в теплицях [13].

Ранні системи керування були такими простими, як закриття та відкриття

вікон або вмикання/вимикання клапанів для керування опаленням та зрошенням.

Ці системи часто склалися з кількох електричних пристроїв, таких як термостати та таймери, і їх часто називають контролерами, «керованими часом». Однак методи керування, які базуються на часі, не можуть забезпечити рівень автоматизації та ефективності, необхідний у сьогодишньому динамічному середовищі теплиці [14].

В міру того, як зростають експлуатаційні витрати, рівень складності управління теплицею також зростає. Це в кінцевому підсумку вплине на попит на можливість моніторингу та керування. Завдяки комп'ютерній революції у вісімдесятих роках була створена можливість задовольнити потребу у вдосконаленому керуванні. Як наслідок, відбулися значні покращення як в технології керування, так і в методології керування [15].

В наш час комп'ютеризовані контролери стають все більш поширеними, особливо для розподіленого вимірювання та керування в реальному часі. Тому метою є розробка бездротової системи керування теплицею на базі ZigBee, яка здатна інтелектуально здійснювати моніторинг та керувати кліматичним середовищем теплиці заздалегідь запрограмованим чином [16].

Основними перевагами бездротової системи керування теплицею в порівнянні з попередніми системами є:

- здатність здійснювати моніторинг шести різних кліматичних параметрів теплиці, а саме температури, відносної вологості, інтенсивності світла, CO₂, вологості ґрунту та температури ґрунту;
- система не потребує кабелів для роботи та має нижче енергоспоживання;
- система складається із вбудованих бездротових сенсорних вузлів, які можуть бути використані для збору даних про навколишнє середовище в реальному часі;
- система забезпечує зв'язок між центральною станцією та виконавчими механізмами, що розташовані в різних частинах теплиці;

– систему легко перемістити після встановлення, а технічне обслуговування є відносно дешевим і простим [17].

1.2 Особливості бездротової сенсорної мережі для моніторингу навколишнього середовища

З безперервним розвитком сучасної промисловості та постійним прогресом людського суспільства потреби людей у кращому середовищі для життя значно зросли. За останні десятиліття було розроблено багато складних систем моніторингу навколишнього середовища. Однак ці системи здебільшого були дротовими, і це обмежує використання та впровадження цих систем через високу вартість їх встановлення та обслуговування [18].

Завдяки швидкому зростанню індустрії бездротового зв'язку, велика кількість проектів щодо бездротового моніторингу навколишнього середовища реалізується або успішно завершена по всьому світу [19].

Одним із таких прикладів було застосування бездротової сенсорної мережі в надзвичайно небезпечному та несприятливому середовищі, а саме моніторинг вулканічної активності, де вчені успішно розгортають бездротові сенсорні мережі для моніторингу вивержень, використовуючи серію низькочастотних акустичних та сейсмічних датчиків [20].

Інші сучасні дослідження пропонують використання бездротових чарункових мереж, а саме Mesh-мереж для моніторингу атмосферного середовища. Було доведено, що такі мережеві системи мають сильну здатність до самовідновлення та мережеву стійкість, а саме будь-який вузол збору даних може бути доданий або замінений у системній мережі в будь-який момент часу без будь-яких наслідків або впливу на саму системну мережу [21].

Хоча деякі аспекти бездротових сенсорних мереж можуть бути універсальними, важливо ретельно враховувати конкретні вимоги застосування, особливо коли воно є таким вимогливим, як моніторинг навколишнього середовища [22].

теплицях. Система складається з трьох типів вузлів: вузла-стоку, бездротового сенсорного вузла та бездротового вузла керування.

Головне завдання бездротового сенсорного вузла – збір інформації про клімат у теплиці. Завданням вузла-стоку є аналіз та обробка інформації, отриманої від кожного сенсора. Відповідальністю вузла керування є контроль клімату всередині теплиці на основі зібраних даних.

Подібне дослідження було проведено групою Rinnovando [30] у теплиці з томатами на півдні Італії. Група Rinnovando розробила веб-орієнтовану бездротову сенсорну мережу для моніторингу теплиць, яка дозволяє користувачам відстежувати будь-які зміни клімату через Інтернет.

Система також використовує службу коротких повідомлень (SMS), щоб дозволити самій системі безпосередньо сповіщати користувача про будь-які аномальні зміни в середовищі теплиці шляхом надсилання простого текстового повідомлення.

Ще одне дослідження системи управління кліматом теплиці на основі бездротової сенсорної мережі було проведено в Національному університеті Сунчхон у Південній Кореї [31]. Система складається з вузлів-стоків, комп'ютера-сервера бази даних та вузлів-актуаторів.

Вузли-стоки відповідають за збір даних про навколишнє середовище та надсилання їх на локальний сервер бази даних. Вузли-актуатори діють відповідно до інформації, витягнутої із зібраних даних. Це дослідження також було зосереджене на вивченні кореляції між зміною стану листя та появою шкідливих комах.

Інший підхід до керування мікрокліматом запропонували Ван і Ван [32]. Вони розробили систему автоматичного моніторингу на базі бездротової сенсорної мережі з використанням протоколу ZigBee для зв'язку між вузлами. Особливістю їхньої розробки є застосування нечіткого ПІД-регулятора (Fuzzy-PID), який дозволяє системі адаптуватися до похибок вимірювань і забезпечує більш плавне та точне керування виконавчим обладнанням для підтримання стабільних умов у теплиці.

електромагнітних завад.

Було створено та протестовано прототип бездротового сенсорного вузла на основі ZigBee. Згідно з експериментальними результатами, передача даних з використанням цієї технології виявилася стабільною, і було зроблено висновок, що ZigBee справді підходить для діагностики промислового обладнання в реальному часі.

Інтелектуальна система домашньої автоматизації не тільки дозволить мешканцям інтегрувати домашнє обладнання через Інтернет або телефон, але й забезпечить віддалений моніторинг систем безпеки, включаючи захист від крадіжок, витоку газу, пожежі та інші функції.

Дослідники [39] обговорили деякі ключові проблеми використання технології Wi-Fi в домашній автоматизації (зокрема високе енергоспоживання) та те, як енергоефективна технологія ZigBee може бути використана для вирішення цих проблем та забезпечення надійності mesh-мережі.

Автори [40] розробили розумну систему цифрового дверного замка для домашньої автоматизації з використанням бездротової технології ZigBee. У запропонованій системі модуль ZigBee вбудовано в блок цифрового замка, який діє як центральний контролер системи доступу.

Блок дверного замка, який використовується в цій системі, складається з наступних частин:

- RFID - зчитувача для аутентифікації користувача;
- сенсорного дисплея або клавіатури введення;
- моторного модуля для фізичного відкриття та закриття дверей;
- сенсорних модулів для визначення стану дверей, а саме відчинено/зачинено;
- комунікаційного модуля ZigBee;
- головного мікроконтролера керування.

Розроблена система дозволяє користувачеві зручно контролювати та здійснювати моніторинг вхідної групи. Крім того, це дозволяє власнику віддалено перевіряти статус замка через Інтернет, використовуючи шлюз

ZigBee-to-Internet.

Зараз бездротові системи моніторингу здоров'я широко розробляються та впроваджуються по всьому світу. Вони дозволяють користувачам ефективно контролювати стан свого здоров'я або стан здоров'я своїх пацієнтів. Все більше і більше бездротових систем і пристроїв моніторингу здоров'я продовжують розроблятися дослідниками по всій земній кулі.

Одне з таких досліджень було проведено Сі та ін. з Пекінського університету Цзяотун. Розроблена ними система складається з набору фізіологічних датчиків, модулів ZigBee та центрального контролера. Фізіологічні дані, зібрані датчиками, передаються на центральний контролер через бездротову мережу ZigBee, де дані зберігаються, аналізуються та візуально представляються користувачам.

Інше дослідження щодо застосування бездротової сенсорної мережі на базі ZigBee у медицині та охороні здоров'я також було проведено Карандіп Малхі. Дослідження відбувалося в Інженерній школі університету Мессі в Новій Зеландії.

Вона розробила бездротовий натільний неінвазивний пристрій фізіологічного моніторингу, який дозволяє визначати температуру тіла та частоту серцевих скорочень людини. Цей тип пристрою є надзвичайно корисним для літніх членів родини або тих, хто має певні захворювання, щоб покликати на допомогу у випадку критичної ситуації.

Зараз бездротові системи моніторингу здоров'я широко розробляються та впроваджуються по всьому світу. Вони дозволяють користувачам ефективно контролювати стан свого здоров'я або стан здоров'я своїх пацієнтів. Все більше бездротових систем і пристроїв моніторингу продовжують удосконалюватися дослідниками.

Одне з таких досліджень було проведено групою науковців [41]. Розроблена ними система складається з набору фізіологічних датчиків, модулів ZigBee та центрального контролера. Фізіологічні дані, зібрані датчиками, передаються на центральний контролер через бездротову мережу ZigBee, де

платформами та GSM-сповіщеннями для віддаленого контролю.

На основі огляду існуючих реалізацій у різних сферах (від промислового моніторингу двигунів до систем «розумний будинок» та медицини) обґрунтовано доцільність використання стандарту ZigBee. Ключовими перевагами цієї технології для тепличного господарства визначено низьке енергоспоживання, підтримку mesh-топології для покриття великих площ та високу надійність передачі даних в умовах перешкод.

Спираючись на досвід попередніх дослідників, а саме Цян, Wang, групи Rinnovando та інших, визначено, що перспективна система керування теплицею повинна базуватися на бездротових вузлах із використанням мікроконтролерів та інтелектуальних алгоритмів для адаптації до змін навколишнього середовища.

Таким чином, використання технології ZigBee для побудови системи моніторингу мікроклімату теплиці є актуальним науково-технічним завданням, яке дозволить вирішити проблеми енергоефективності та точності керування.

					<i>КвРАКІТР.2023150.01.14.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		21

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Вибір компонентної бази автоматизованої системи керування теплицею

Традиційні системи моніторингу та управління теплицями здебільшого використовують дротове підключення та складну схему проводки. Тому технологія бездротової передачі даних стала однією з найнагальніших потреб, і з технологічної точки зору найкраще впровадити цю технологію в датчики теплиць. Датчики, оснащені бездротовою мережею, не тільки заощаджують час і полегшують моніторинг, але й дозволяють заощадити значну кількість людських ресурсів.

ESP32 максимально спрощує програмування мікроконтролерів – компонентів, які надають об'єктам такий самий рівень інтерактивності. ESP32 є наступником ESP8266. Він має додаткові ядра процесора, швидший Wi-Fi, більше GPIO-выводів та підтримує Bluetooth 4.2 і Bluetooth Low Energy.

Крім того, ESP32 оснащений сенсорними выводами, які можна використовувати для виведення ESP32 із режиму глибокого сну, а також має вбудований датчик Холла та вбудований датчик температури.

На рисунку 2.1 зображено ESP32-PICO-KIT – це міні-плата для розробки на базі ESP32, вироблена компанією Espressif.

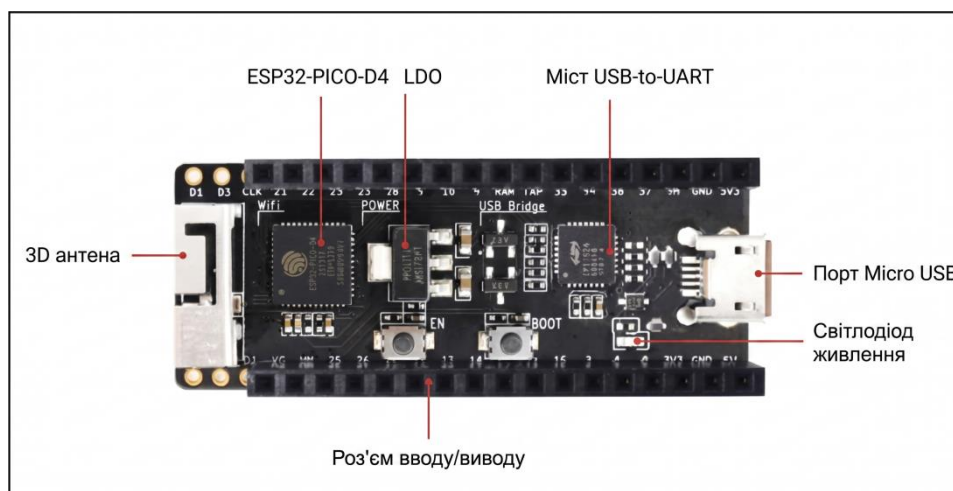


Рисунок 2.1 – Схема розміщення компонентів плати ESP32-PICO-KIT

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КвРАКІТР.2023150.01.14.ПЗ

Арк.
22

Також на платі є регулятор напруги з низьким падінням напруги від 5 В до 3,3 В. Однокристальний USB-UART-міст CP2102 у версії V4, який забезпечує швидкість передачі даних до 1 Мбіт/с, а CP2102N у версії V4.1 – до 3 Мбіт/с.

Порт Micro USB: USB-інтерфейс, забезпечує живлення плати, а також слугує інтерфейсом зв'язку між комп'ютером і платою. Світлодіод увімкнення 5 В, а саме червоний світло діод, який загоряється, коли на плату подається живлення.

Усі виводи на ESP32-PICO-D4 виведені на роз'єми. Можна запрограмувати ESP32 для реалізації різних функцій, таких як PWM, ADC, DAC, I2C, I2S, SPI тощо.

Кнопка BOOT є кнопка завантаження. Утримання кнопки Boot і подальше натискання кнопки EN запускає режим завантаження прошивки через послідовний порт. Кнопка EN призначена для скидання.

Датчик – це пристрій, який виявляє та реагує на певний тип вхідних даних із фізичного середовища. Вхідними даними можуть бути світло, тепло, рух, вологість, тиск або будь-які інші явища навколишнього середовища.

Вихідними даними зазвичай є сигнал, який перетворюється на зрозумілий для людини показ на дисплеї в місці розташування датчика або передається в електронному вигляді через мережу для зчитування чи подальшої обробки.

Датчики відіграють ключову роль в Інтернеті речей. Вони дають змогу створити екосистему для збору та обробки даних про конкретне середовище, щоб його можна було легше й ефективніше моніторити, керувати ним та контролювати.

Датчики IoT використовуються в оселях, у польових умовах, в автомобілях, на літаках, у промислових умовах та в інших середовищах. Датчики заповнюють прогалину між фізичним і логічним світами, виступаючи очима та вухами обчислювальної інфраструктури, яка аналізує дані, зібрані датчиками, та діє на їхній основі.

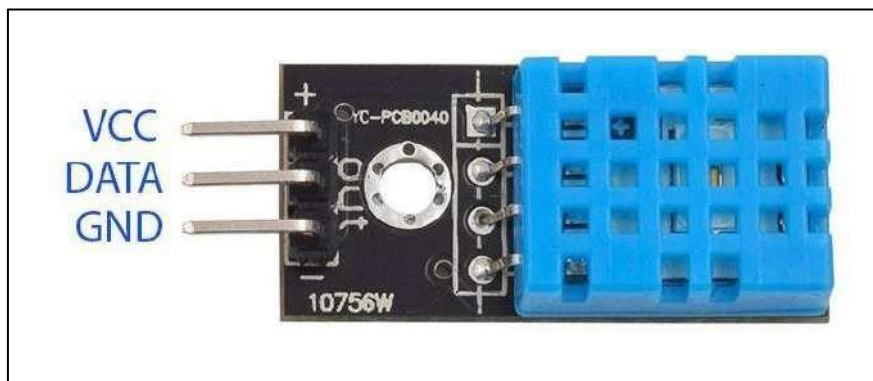


Рисунок 2.3 – Датчик вологості DHT11

Датчик вологості DHT11 складається з датчика температури на основі терморезисторів NTC, резистивного датчика вологості та мікроконтролера, який обробляє вимірювання, перетворює їх та передає. Він підключається за допомогою протоколу OneWire, що дозволяє здійснювати передачу та прийом даних по OneWire. Ця технологія, що використовується датчиком DHT11, забезпечує високу надійність, чудову довгострокову стабільність та дуже швидкий час відгуку.

Цей датчик має такі характеристики:

- живлення та вхід/вихід від 3 до 5 В;
- максимальний струм споживання під час перетворення 2,5 мА;
- підходить для вимірювання вологості в діапазоні 20–80 % з точністю 5 %;
- підходить для вимірювання температури в діапазоні 0–50 °С з точністю ± 2 °С;
- частота дискретизації не більше 1 Гц, а саме один раз на секунду;
- розміри корпусу 15,5 мм x 12 мм x 5,5 мм;
- 4 контакти з кроком 0,1;
- відповідає вимогам RoHS.

Датчик вологості ґрунту, який зображений на рисунку 2.4, це простий прилад, який використовується для вимірювання вологості ґрунту та подібних матеріалів.

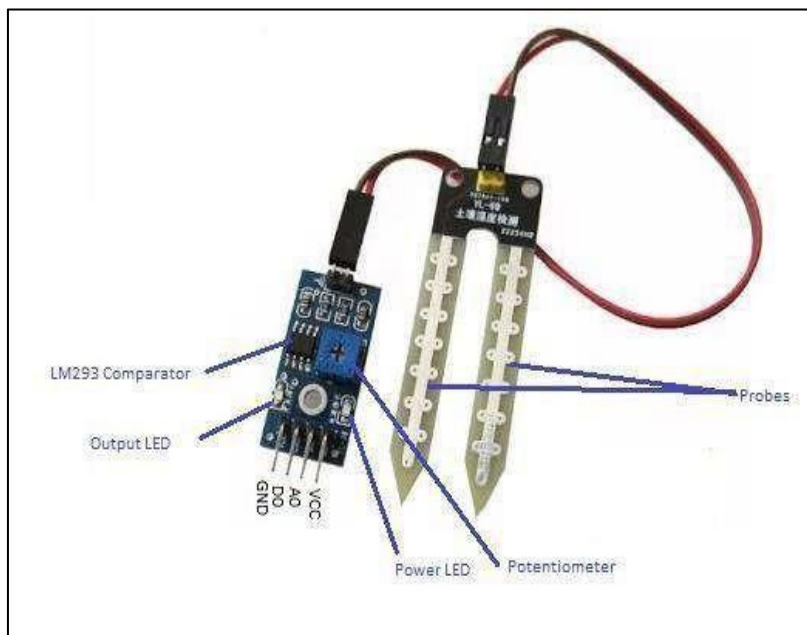


Рисунок 2.4 – Датчик вологості ґрунту

Датчик вологості ґрунту досить простий у використанні. Вилку датчика встромляють вертикально в ґрунт. Потім вимірюють електричний опір між двома електродами. Чим більше води в ґрунті, тим краща провідність між електродами, що забезпечує більш надійне вимірювання опору.

Цей датчик має такі характеристики:

- робоча напруга від 3,3 В до 5 В постійного струму;
- робочий струм 15 мА;
- цифровий вихід від 0 В до 5 В, рівень спрацьовування регулюється за попередніми налаштуваннями;
- аналоговий вихід від 0 В до 5 В;
- світлодіоди, які вказують на наявність сигналу на виході та живлення;
- розмір друкованої плати 3,2 см x 1,4 см;
- конструкція на базі LM393;
- простий у використанні з мікроконтролерами або навіть зі звичайними цифровими/аналоговими інтегральними схемами;
- компактний, недорогий та легкодоступний.

Датчик якості повітря MQ135, який зображений на рисунку 2.5, це один

із типів газових датчиків серії MQ, який використовується для виявлення, вимірювання та моніторингу широкого спектру газів, присутніх у повітрі, таких як аміак, спирт, бензол, дим, вуглекислий газ тощо.



Рисунок 2.5 – Датчик якості повітря MQ135

Датчик якості повітря MQ135 працює при напрузі живлення 5 В та струмі 150 мА. Для отримання точних результатів перед початком роботи необхідний 20-секундний розігрів.

Датчик якості повітря MQ135 такі особливості:

- широкий діапазон виявлення, висока чутливість і швидка реакція, а також тривалий термін служби та стабільність;
- робоча напруга: +5 В;
- вимірює та виявляє NH₃, спирт, NO_x, бензол, CO₂, дим тощо;
- використовується як аналоговий або цифровий датчик, діапазон вихідної напруги для обох типів становить 0 В до 5 В;
- напруга живлення 5 В ± 0,1В
- опір навантаження регулюється;
- опір нагрівача 33 Ом ± 5 %.
- споживання енергії на нагрівання <800 мВт;
- робоча температура: від -10 °С до +45 °С.

Світловий датчик – це найпоширеніший електронний компонент, який легко знайти. Найпростішим оптичним датчиком є фоторезистор LDR, який зображений на рисунку 2.6 або фотоелемент, який є світлочутливим резистором.

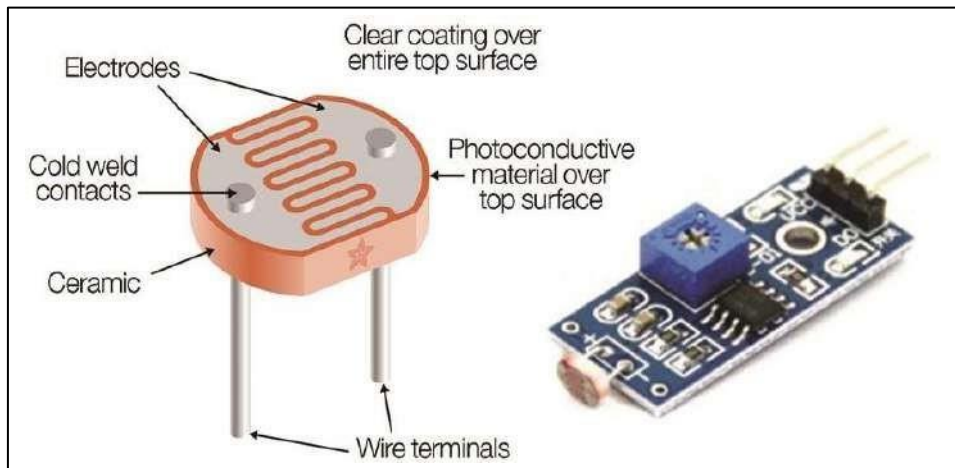


Рисунок 2.6 – Світловий датчик LDR

Фоторезистор, або світлозалежний резистор – це електронний компонент, чутливий до світла, а саме коли на нього потрапляє світло, його опір змінюється. Значення опору LDR можуть змінюватися на багато порядків величини, причому опір зменшується із зростанням рівня освітленості.

Обладнання для видалення повітря в теплицях включає набір пристроїв, які використовуються для вентиляції та видалення надлишкового повітря зсередини теплиці. Серед цього обладнання на перший план виходить вентилятор, який зображений на рисунку 2.7.



Рисунок 2.7 – Вентилятор

Вентилятор переміщує повітря та видаляє надлишкову вологу й тепло зсередини теплиці. Ventilator допомагає забезпечити приплив свіжого повітря та зменшити накопичення вологи й поширення хвороб у сільськогосподарському середовищі. Використання належного вентилятора сприяє створенню відповідних умов для росту рослин та поліпшенню якості повітря всередині сільськогосподарської споруди.

Зволожувач повітря використовується для підвищення рівня вологості всередині теплиці. Він допомагає створити ідеальне середовище для рослин, які потребують високої вологості, запобігаючи їхньому висиханню та зменшуючи негативний вплив сухого повітря на ріст рослин. Зволожувач повітря забезпечує збалансований і відповідний рівень вологості, сприяючи здоровому розвитку рослин і зображений на рисунку 2.8.



Рисунок 2.8 – Плата керування зволожувачем повітря Mist

Електричний нагрівач, який зображений на рисунку 2.9, це пристрій, що використовується для генерації тепла в теплицях за допомогою електрики. Він працює за принципом перетворення електричної енергії в тепло за допомогою вбудованих електричних нагрівальних елементів.

Електричні нагрівачі мають низку переваг, зокрема:

– простота експлуатації, їх достатньо підключити до джерела живлення

та увімкнути;

– екологічність та відсутність шкідливих викидів і не потребують палива та не передбачають горіння, а отже, не утворюють шкідливих викидів, таких як вихлопні гази;

точне регулювання температури, а саме деякі електричні нагрівачі оснащені датчиками температури та пристроями регулювання, що дозволяють точно налаштувати бажану температуру та підтримувати її на заданому рівні.

– енергоефективність, а саме електричні обігрівачі ефективно використовують енергію, оскільки більша частина електричної енергії перетворюється на тепло.

Важливо вибрати відповідний електричний обігрівач, виходячи з розміру теплиці, площі, що підлягає обігріву, а також інших факторів, таких як доступна електрична потужність та бажана тепла ефективність.

Світлодіодні лампи для вирощування рослин, які зображені на рисунку 2.5, це спеціалізовані освітлювальні прилади, призначені для забезпечення штучного освітлення, що сприяє росту та розвитку рослин.



Рисунок 2.9 – Світлодіодна лампа

В якості джерела світла в них використовуються світлодіоди, які випромінюють світло певних довжин хвиль, що є вирішальними для фотосинтезу та росту рослин.

Зрошувальний насос, який зображений на рисунку 2.10, це пристрій, що

використовується в сільськогосподарському зрошенні для перекачування води з джерела, наприклад, колодязя або водосховища та розподілу її між посівами.



Рисунок 2.10 – Зрошувальний насос

Призначення зрошувальних насосів полягає у забезпеченні достатньої кількості води та відповідного тиску для поливу рослин і задоволення їхніх потреб у воді. Насос працює за допомогою двигуна, який приводить у дію насосний механізм, завдяки якому вода забирається з джерела та перекачується через зрошувальні труби до сільськогосподарських ділянок.

Зрошувальні насоси доступні у різних розмірах та з різною продуктивністю, а відповідний тип обирається з урахуванням розміру господарства та потреб у зрошенні.

Перевага використання реле, яке зображене на рисунку 2.11, в теплиці полягає в тому, що воно забезпечує управління запуском та зупинкою різних пристроїв у системі автоматизації теплиці.

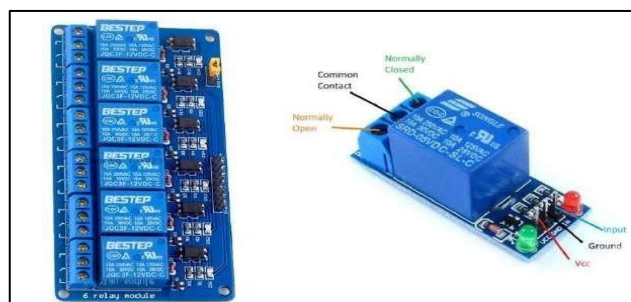


Рисунок 2.11 – Реле

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Редактор надає розширені функції, такі як автоматичне прокладання трас, заливка міддю, перевірка на відповідність правилам проектування та імпорт/експорт списку зв'язків.

EasyEDA інтегрує можливості моделювання, що дозволяє тестувати та перевіряти ваші проекти схем. Програма підтримує як перехідні, так і стаціонарні аналізи, що дає змогу оцінити поведінку вашої схеми за різних умов. Ви можете виконувати моделювання постійного струму, змінного струму та перехідних процесів для оцінки рівнів напруги, струмових потоків та характеристик компонентів.

EasyEDA надає функції співпраці, які дозволяють кільком користувачам одночасно працювати над одним проектом. Можете запрошувати членів команди, ділитися проектами та співпрацювати в режимі реального часу. Крім того, EasyEDA підтримує обмін проектами за допомогою URL-адрес, що спрощує обмін вашими проектами з іншими або отримання відгуків.

EasyEDA має активну спільноту користувачів і надає різноманітні ресурси для підтримки розробників. Можна знайти навчальні матеріали, документацію та приклади проектів, з яких можна вчитися та черпати натхнення.

Спільнота також пропонує платформу для звернення по допомогу, обміну знаннями та спілкування з іншими ентузіастами електроніки. На рисунку 2.13 зображена 3D-схема від EasyEDA.

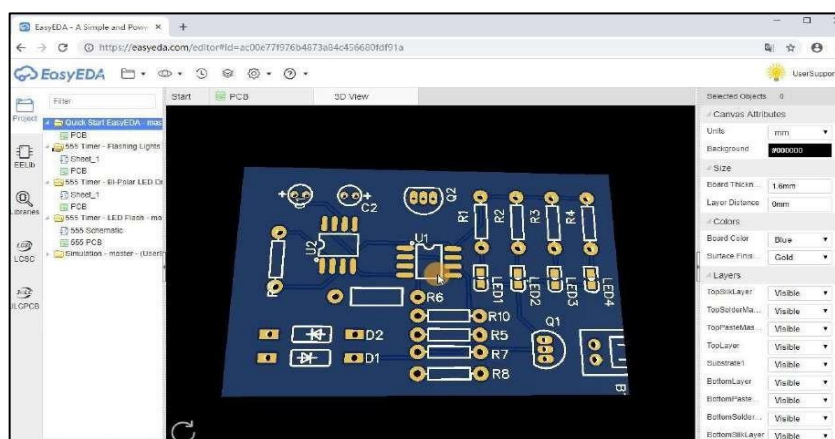


Рисунок 2.13 – 3D-схема від EasyEDA

Then That, що дозволяє створювати правила автоматизації та запускати дії на основі подій у даних.

ThingSpeak забезпечує доступ до даних у реальному часі через свої API, що спрощує отримання та використання зібраних даних у ваших додатках. Ви можете отримувати доступ до даних за допомогою RESTful API або підписок MQTT, що дозволяє здійснювати моніторинг у реальному часі або інтеграцію із зовнішніми системами.

ThingSpeak – це відкрита платформа, яка дозволяє розробникам розширювати її можливості. Вона підтримує власні плагіни та інтеграцію коду MATLAB, що дає змогу додавати конкретні функції або реалізовувати власні алгоритми обробки даних відповідно до вимог вашого додатка.

2.3 Висновки до другого розділу

У другому розділі було проведено детальний аналіз та обґрунтовано вибір апаратного й програмного забезпечення для побудови автоматизованої системи керування теплицею. За результатами виконаної роботи можна зробити такі висновки.

Для побудови системи обрано енергоефективну плату розробки ESP32-PICO-KIT на базі модуля ESP32-PICO-D4. Завдяки інтегрованим бездротовим інтерфейсам Wi-Fi та Bluetooth 4.2 / BLE, наявності великої кількості GPIO-виводів та підтримці режимів глибокого сну, цей мікроконтролер забезпечує гнучкість, надійність та дозволяє відмовитися від складних дротових схем підключення, суттєво заощаджуючи людські й матеріальні ресурси.

Для забезпечення всебічного моніторингу мікроклімату теплиці було обрано та досліджено такі сенсори:

- цифровий датчик DHT11 для точного вимірювання температури й вологості повітря за протоколом OneWire;
- датчик вологості ґрунту на базі компаратора LM393 для контролю стану субстрату;

– газовий датчик MQ135 для моніторингу якості повітря та концентрації вуглекислого газу й інших домішок;

– фоторезистор LDR для фіксації рівня природного освітлення.

Для керування середовищем передбачено використання вентилятора охолодження й вентиляція, зволожувача повітря, електричного обігрівача, фітоламп штучне освітлення та зрошувального насоса полив. Безпечно та автоматизоване комутування цих потужних споживачів реалізовано за допомогою блоку електромагнітних реле.

Як середовище програмування обрано Arduino IDE, яке має зручний інтерфейс, менеджер бібліотек та вбудований послідовний монітор для налагодження скетчів.

Для віртуального тестування, моделювання схем і покрокового відлагодження коду без використання фізичного заліза залучено веб-симулятор Wokwi.

Проектування принципової електричної схеми та розведення друкованої плати у 3D-форматі виконано в середовищі EasyEDA.

Збір, збереження та візуалізацію даних у реальному часі покладено на хмарну платформу ThingSpeak. Використання Restful API та протоколу MQTT забезпечує надійну передачу даних із датчиків, а інтеграція з аналітикою MATLAB дозволяє розгортати складні алгоритми обробки даних та створювати сценарії автоматизації.

Таким чином, обрана компонентна база та інструментальні програмні засоби повністю задовольняють вимогам технічного завдання, забезпечують енергоефективність, низьку собівартість та масштабованість для подальшої практичної реалізації автоматизованої теплиці.

3 РОЗРОБКА ПРОГРАМИ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕПЛИЦЕЮ

3.1 Алгоритм роботи автоматизованої системи керування теплицею

Система керування теплицею базується на вимірюванні факторів та фізичних явищ, які впливають на ріст і виживання рослин. На рисунку 3.1 показано структурну схему автоматизованої системи керування теплицею.

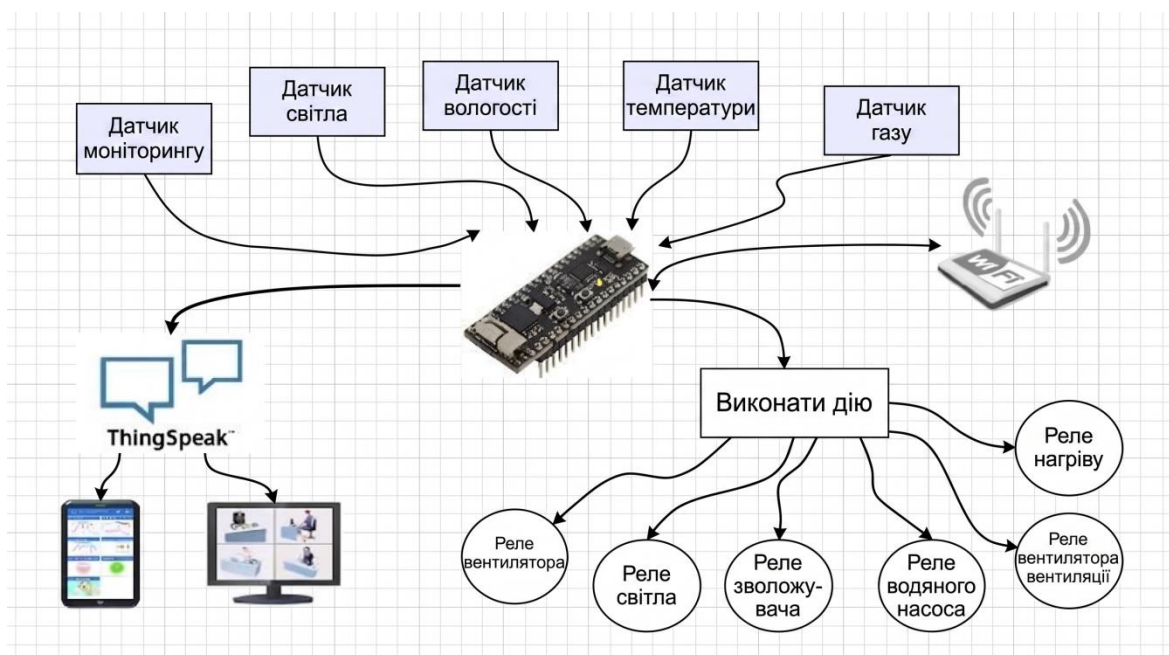


Рисунок 3.1 – Структурна схему автоматизованої системи керування теплицею

Підключаємо датчики до мікроконтролера esp32 pico kit v4, а саме необхідно дотримуватися схеми підключення, наведеної виробником.

Мікроконтролер підключається до Інтернету через маршрутизатор. Мікроконтролер порівнює дані з датчиків з оптимальними умовами, необхідними для росту рослин. На основі цього аналізу мікроконтролер видає команди для регулювання цих факторів навколишнього середовища.

Крім того, зібрані дані передаються до хмарного сервісу «ThingSpeak» для подальшої обробки та аналізу.

На рисунку 3.2 зображена блок схема регулювання температури за

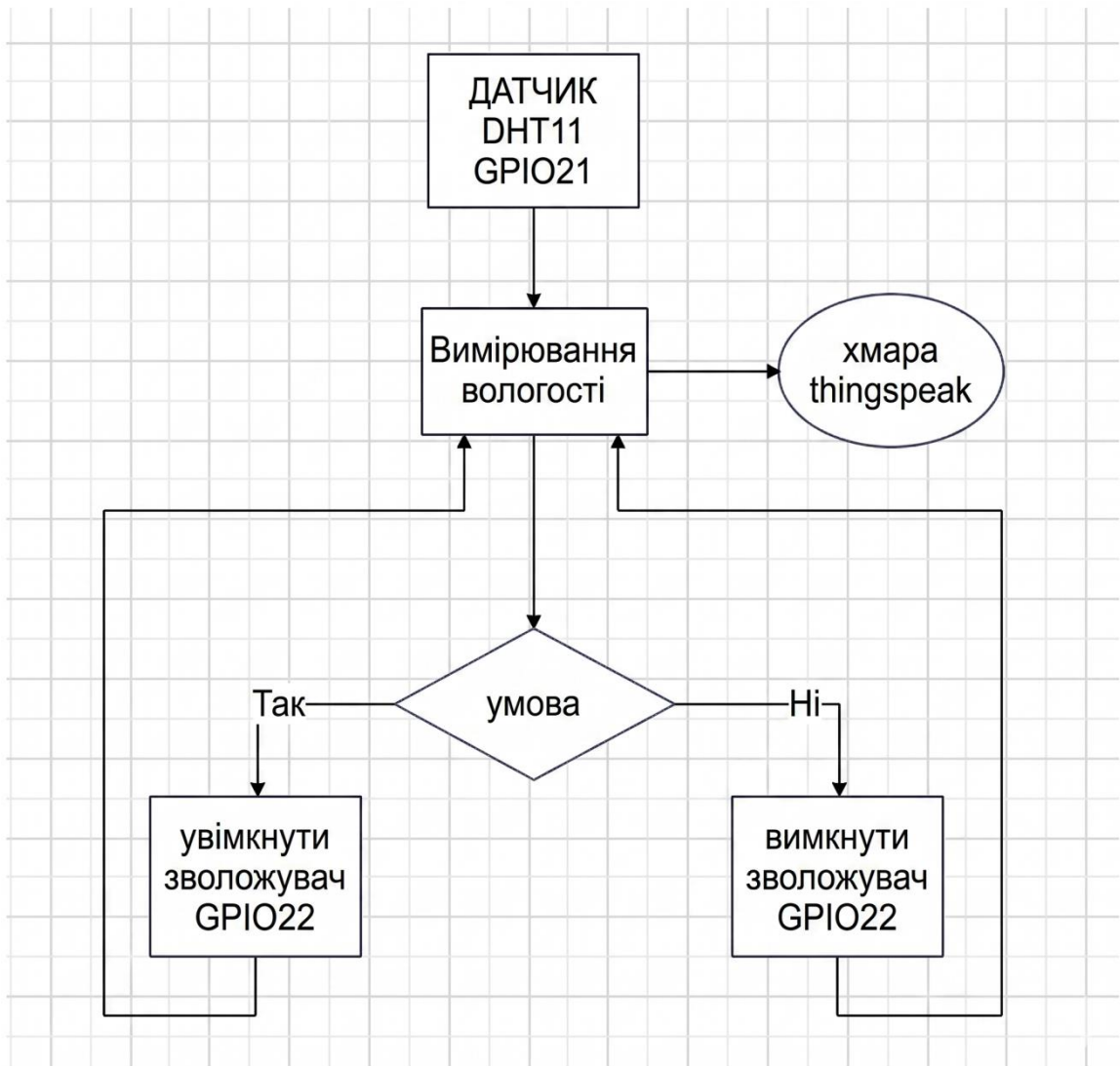


Рисунок 3.3 – Блок схема регулювання вологості за допомогою датчика вологості DHT11

Датчик DHT 11 вимірює вологість і надсилає значення до мікроконтролера esp32, а потім надсилає його до хмарної платформи «ThingSpeak». Мікроконтролер порівнює значення відповідно до налаштувань користувача, якщо вологість нижча за вказане мінімальне значення, зволожувач повітря вмикається, іншому випадку зволожувач вимикається.

На рисунку 3.4 зображена блок схема вимірювання вологості ґрунту та керування поливом.

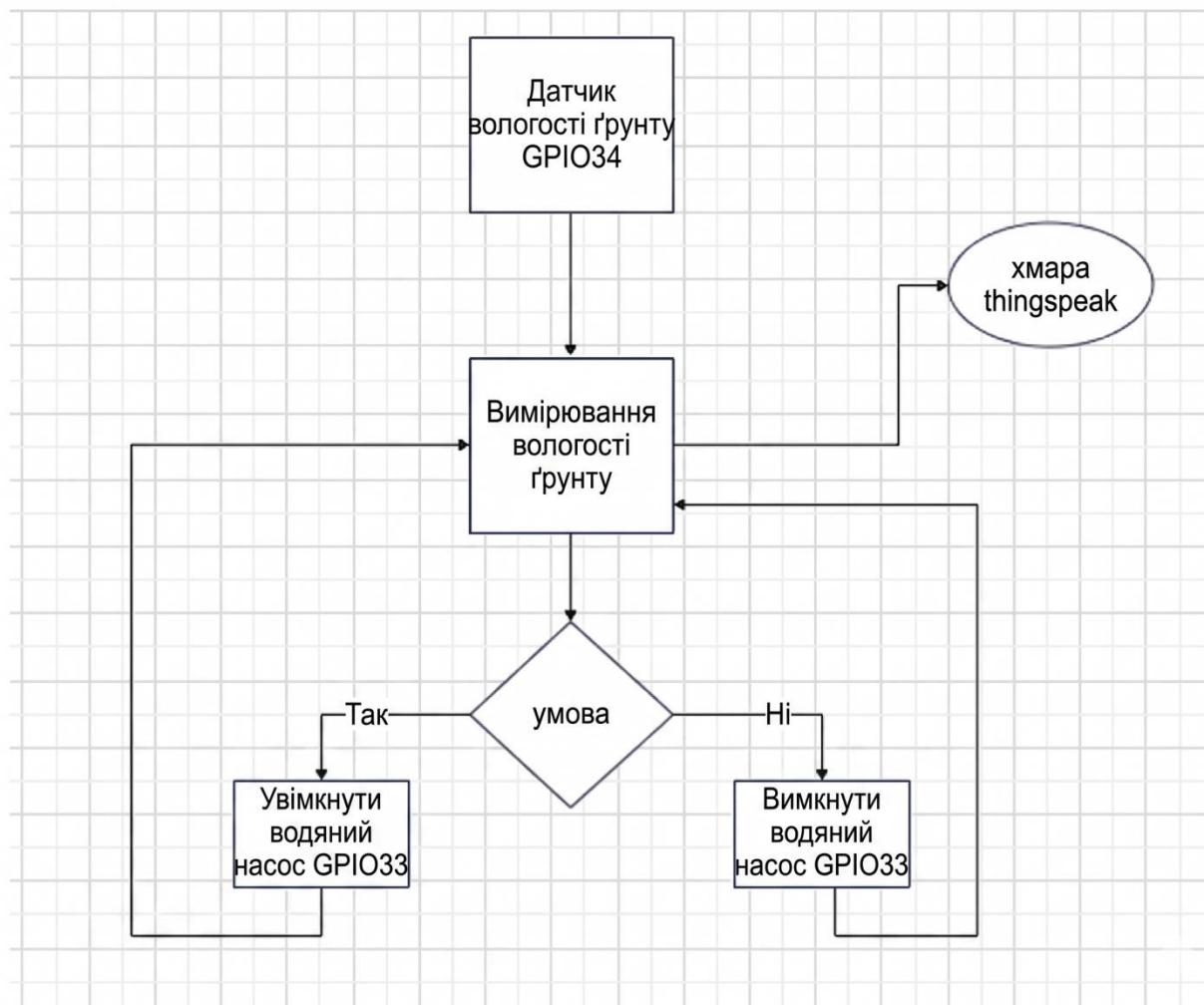


Рисунок 3.4 – Блок схема вимірювання вологості ґрунту та керування поливом

Датчик вологості ґрунту вимірює вологість ґрунту і надсилає значення до мікроконтролер esp32, який потім надсилає його до хмарної платформи «ThingSpeak». Мікроконтролер порівнює значення відповідно до налаштувань користувача. Якщо значення вологості ґрунту менше за вказане значення «MIN», водяний насос увімкнеться, а в іншому випадку водяний насос вимикається.

Блок схема роботи системи регулювання інтенсивності освітлення зображена на рисунку 3.5. Датчик LDR вимірює інтенсивність освітлення та надсилає значення до мікроконтролер esp32, а потім у хмарний сервіс «ThingSpeak».



Рисунок 3.5 – Блок схема роботи системи регулювання інтенсивності освітлення

Мікроконтролер порівнює значення відповідно до налаштувань користувача. Якщо значення інтенсивності освітлення менше за вказане мінімальне значення, лампа вмикається, в іншому випадку лампа вимикається.

Блок-схема керування якістю повітря зображена на рисунку 3.6. Газовий датчик вимірює якість повітря та надсилає значення до мікроконтролера esp32, а потім надсилає їх до хмарної платформи «ThingSpeak».

Мікроконтролер порівнює значення з налаштуваннями користувача, якщо показник якості повітря нижчий за вказане мінімальне значення, вентилятор вмикається.

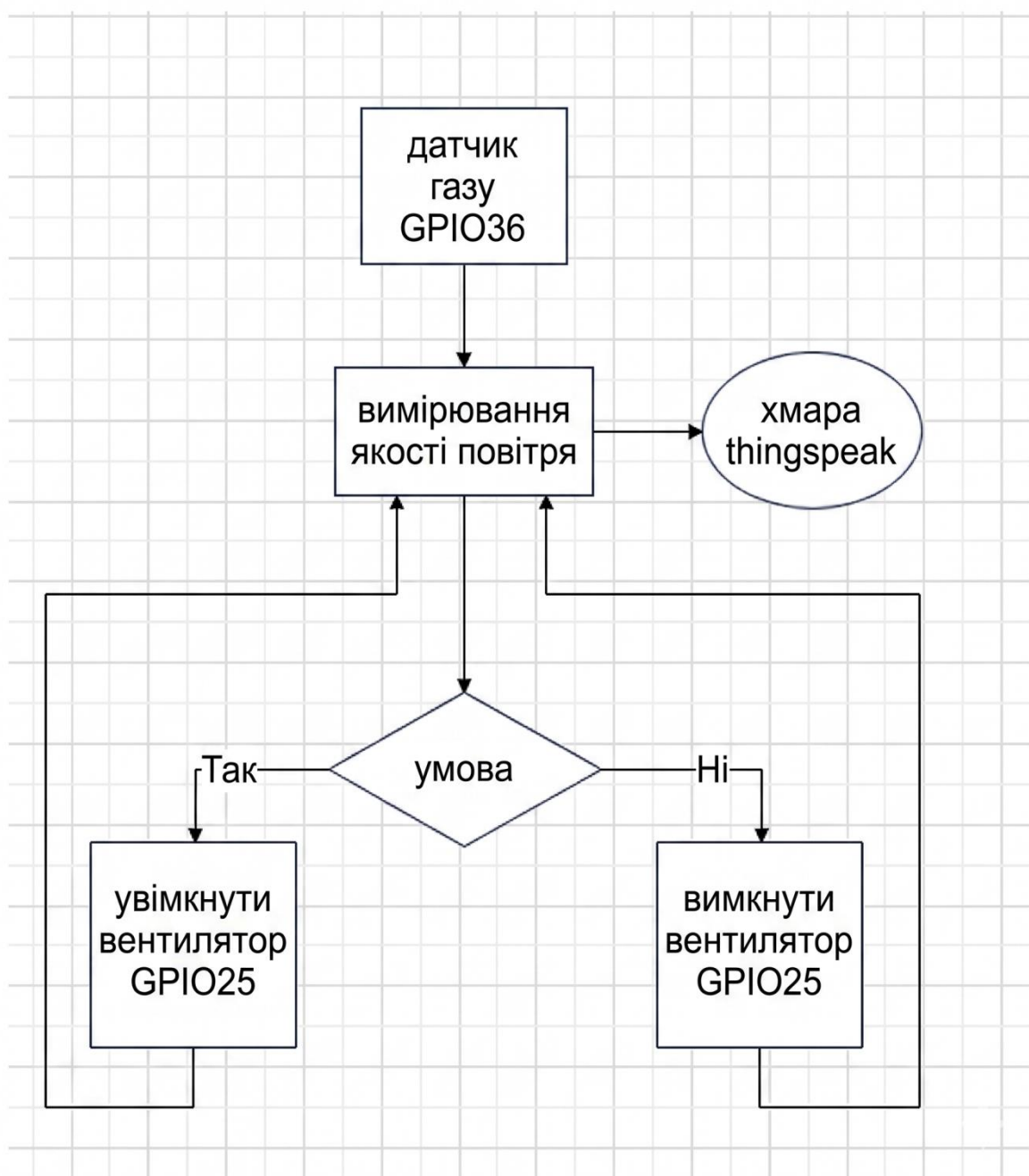


Рисунок 3.6 – Блок-схема керування якістю повітря

В іншому випадку вентилятор вимикається. Блок-схема роботи автоматизованої системи керування теплицею наведена на рисунку 3.7. На ній показано послідовність роботи системи. Дії виконуються в такому порядку:

- система вмикається і починає працювати;
- датчики газу, вологості ґрунту, температури, вологості повітря та інтенсивності освітлення починають вимірювання;
- мікроконтролер esp32 pico kit перевіряє зчитані дані на те, чи

перевищують вони порогове значення для кожного параметра навколишнього середовища.

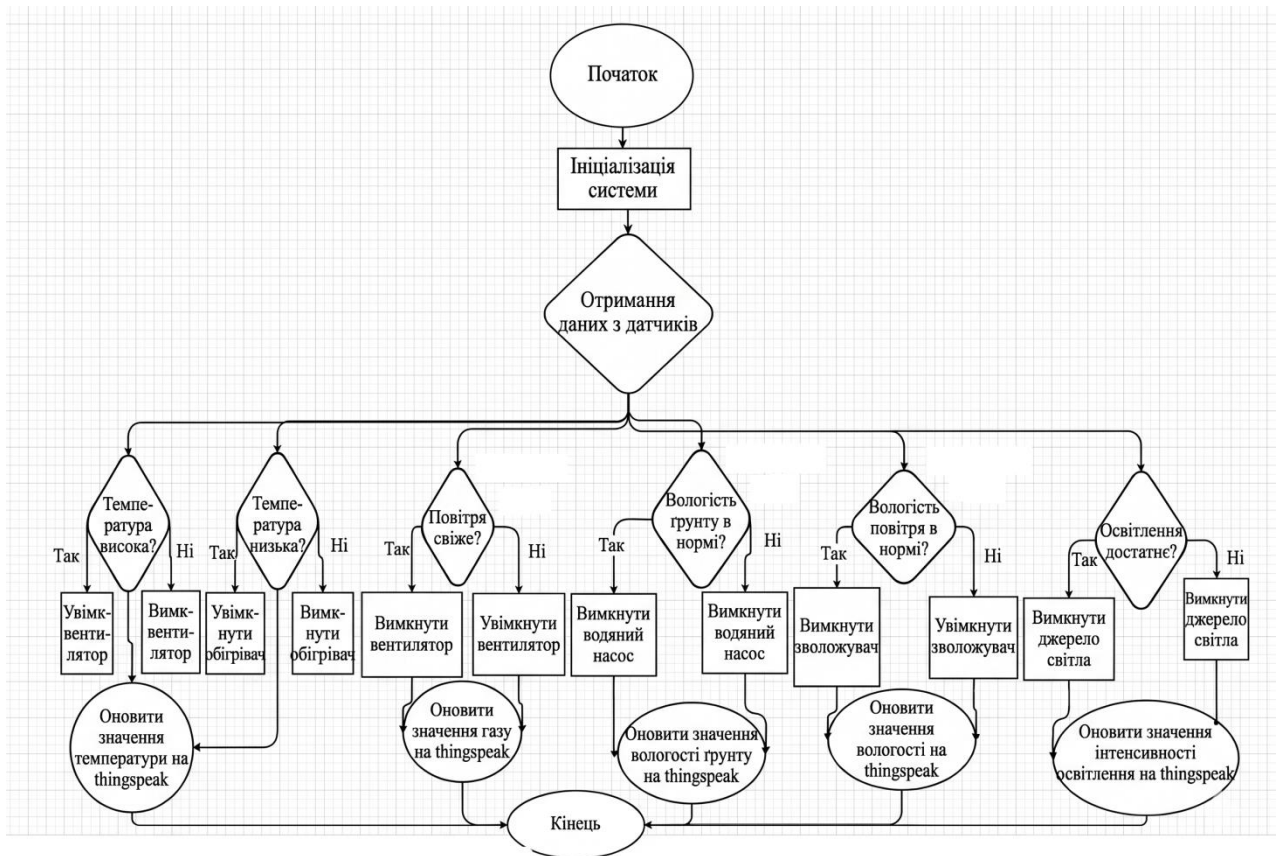


Рисунок 3.7 – Блок-схема роботи автоматизованої системи керування теплицею

Мікроконтролер керує приводами: вентилятором, нагрівачем, вентилятором для провітрювання, джерелом світла джерело світла та водяний насос відповідно до налаштувань, а потім оновлює ці дані на платформі «ThingSpeak». Цей процес повторюється доти, доки система перебуває під напругою.

3.2 Моделювання системи за допомогою WOKWI

Моделювання електричних схем на допромисловому етапі відіграє вирішальну роль у розробці електронних пристроїв. Воно допомагає аналізувати, тестувати та покращувати характеристики електричних схем ще

до створення реальної моделі.

Цей процес дає багато переваг. По-перше, моделювання схем дозволяє на ранніх етапах зменшити витрати та час, необхідні для виправлення помилок і внесення необхідних коригувань.

По-друге, це допомагає виявити та виправити потенційні проблеми та труднощі ще до початку виробництва. По-третє, це дозволяє інженерам оптимізувати продуктивність схем та досягти ідеального дизайну, що відповідатиме потребам клієнтів.

Нарешті, моделювання схем дає змогу випробувувати нові ідеї та інновації без необхідності створювати фізичні моделі.

Загалом можна сказати, що моделювання електричних схем перед їх реалізацією підвищує ефективність та якість і прискорює процес технічного розвитку

На рисунку 3.8 показано моделювання системи за допомогою програмного забезпечення Wokwi.

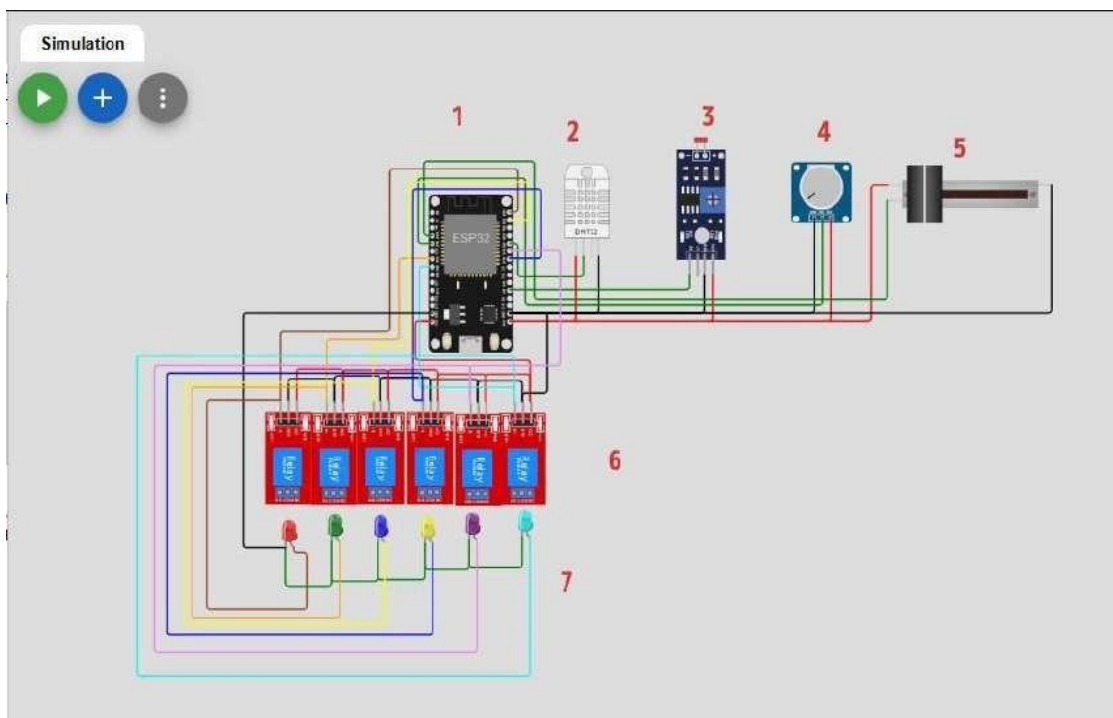


Рисунок 3.8 – Моделювання системи за допомогою програмного забезпечення Wokwi

безкоштовного API ThingSpeak;

- перевірка зчитаних даних на відповідність встановленим технологічним картам вирощування температурних та вологісних коридорів;
- формування сигналів керування для виконавчих реле актуаторів;
- формування HTTP POST-запиту або MQTT-пакету та відправка масиву телеметрії у хмару.

Для реалізації функцій диспетчеризації, збереження історичних даних та віддаленого моніторингу використано хмарну IoT-платформу ThingSpeak, яка працює за протоколом REST API / MQTT.

Передача інформації здійснюється шляхом надсилання рядка запиту наступного формату:

- field1 – температура повітря;
- field2 – відносна вологість повітря;
- field3 – вологість ґрунтового субстрату;
- field4 – рівень освітленості;
- field5 – концентрація газів.

Сервер ThingSpeak структурує отримані пакети, записує їх у базу даних часових рядів TimeSeries DB та оновлює графічні віджети в реальному часі. Кінцевий користувач має можливість здійснювати моніторинг параметрів мікроклімату з будь-якого мобільного пристрою або персонального комп'ютера через спеціалізовані дашборди.

Програмування мікроконтролера здійснювалося у спеціалізованому інтегрованому середовищі розробки Arduino IDE. Для забезпечення сумісності з архітектурою ESP32 до менеджера плат було додано офіційний пакет розширень esp32 core від компанії Espressif Systems.

Нижче наведено лістинг розробленого програмного коду автоматизованої системи керування.

```
#include <WiFi.h>
#include <DHT.h>
#include <ThingSpeak.h>
```

```

// Конфігурація бездротової мережі Wi-Fi
const char* ssid = "Wokwi-GUEST";
const char* password = "";
// Налаштування платформи ThingSpeak
unsigned long myChannelNumber = 2400000; // Приклад ID каналу
const char* myWriteAPIKey = "X5Y7Z9KEYEXAMPLE";
// Визначення пінів для датчиків
#define DHTPIN 21
#define DHTTYPE DHT22
#define SOIL_PIN 34
#define LDR_PIN 35
#define GAS_PIN 36
// Визначення пінів для реле керування виконавчою периферією
#define PIN_FAN_TEMP 18
#define PIN_HEATER 19
#define PIN_HUMIDITY 22
#define PIN_LIGHT 23
#define PIN_FAN_GAS 25
#define PIN_PUMP 33
// Технологічні уставки мікроклімату теплиці
const float TEMP_MIN = 18.0;
const float TEMP_MAX = 28.0;
const float HUMID_MIN = 50.0;
const int SOIL_MIN = 40; // у відсотках
const int LIGHT_MIN = 500; // умовні одиниці люкс
const int GAS_MAX = 600; // поріг забруднення повітря
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
WiFiClient client;
void setup() {
    Serial.begin(115200);

```

```

// Конфігурація дискретних виходів під реле
pinMode(PIN_FAN_TEMP, OUTPUT);
pinMode(PIN_HEATER, OUTPUT);
pinMode(PIN_HUMIDITY, OUTPUT);
pinMode(PIN_LIGHT, OUTPUT);
pinMode(PIN_FAN_GAS, OUTPUT);
pinMode(PIN_PUMP, OUTPUT);

// Початкове вимкнення всіх реле (активний рівень - LOW/HIGH
// залежно від реле)
digitalWrite(PIN_FAN_TEMP, LOW);
digitalWrite(PIN_HEATER, LOW);
digitalWrite(PIN_HUMIDITY, LOW);
digitalWrite(PIN_LIGHT, LOW);
digitalWrite(PIN_FAN_GAS, LOW);
digitalWrite(PIN_PUMP, LOW);
dht.begin();

// Запуск процедури підключення до Wi-Fi
Serial.print("Підключення до Wi-Fi...");
WiFi.begin(ssid, password);
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
}
Serial.println("\nWi-Fi підключено успішно!");
ThingSpeak.begin(client);
}

void loop() {
    // Зчитування показників з датчиків повітря
    float temp = dht.readTemperature();
    float humid = dht.readHumidity();

```

```

// Зчитування аналогових датчиків та їх конвертація/масштабування
int raw_soil = analogRead(SOIL_PIN);
int soil_percent = map(raw_soil, 4095, 0, 0, 100); // Інверсія для ємнісного
датчика

int light_val = analogRead(LDR_PIN);
int gas_val = analogRead(GAS_PIN);
// Перевірка коректності зчитаних даних
if (isnan(temp) || isnan(humid)) {
    Serial.println("Помилка зчитування з датчика DHT!");
    return;
}
// Виведення даних у Послідовний монітор (Serial Monitor) для
локального аналізу
Serial.println("--- Дані моніторингу теплиці ---");
Serial.printf("Температура: %.2f *C | Вологість: %.2f %%\n", temp,
humid);
Serial.printf("Вологість ґрунту: %d %% | Освітленість: %d\n",
soil_percent, light_val);
Serial.printf("Концентрація газів: %d ppm\n", gas_val);
// --- ЛОГІКА КЕРУВАННЯ КОНТУРАМИ МІКРОКЛІМАТУ ---
// Контур 1: Керування температурою (Охолодження / Нагрів)
if (temp > TEMP_MAX) {
    digitalWrite(PIN_FAN_TEMP, HIGH); // Увімкнути охолодження
    digitalWrite(PIN_HEATER, LOW); // Вимкнути обігрів
    Serial.println("Статус: Перевищення температури. Вентилятор
увімкнено.");
} else if (temp < TEMP_MIN) {
    digitalWrite(PIN_FAN_TEMP, LOW);
    digitalWrite(PIN_HEATER, HIGH); // Увімкнути обігрів
    Serial.println("Статус: Занизька температура. Обігрівач увімкнено.");
}

```

```

} else {
    digitalWrite(PIN_FAN_TEMP, LOW);
    digitalWrite(PIN_HEATER, LOW);
    Serial.println("Статус: Температура в нормі.");
}
// Контур 2: Керування вологістю повітря
if (humid < HUMID_MIN) {
    digitalWrite(PIN_HUMIDITY, HIGH);
    Serial.println("Статус: Низька вологість повітря. Зволожувач
активовано.");
} else {
    digitalWrite(PIN_HUMIDITY, LOW);
}
// Контур 3: Керування автоматичним поливом
if (soil_percent < SOIL_MIN) {
    digitalWrite(PIN_PUMP, HIGH);
    Serial.println("Статус: Сухий ґрунт. Запуск водяного насоса.");
} else {
    digitalWrite(PIN_PUMP, LOW);
}
// Контур 4: Керування штучним доосвітленням
if (light_val < LIGHT_MIN) {
    digitalWrite(PIN_LIGHT, HIGH);
    Serial.println("Статус: Недостатньо світла. Фітолампи увімкнено.");
} else {
    digitalWrite(PIN_LIGHT, LOW);
}
// Контур 5: Керування якістю повітря (Вентиляція аерації)
if (gas_val > GAS_MAX) {
    digitalWrite(PIN_FAN_GAS, HIGH);

```

```

        Serial.println("Статус:      Загазованість!      Аварійна      вентиляція
активована.");
    } else {
        digitalWrite(PIN_FAN_GAS, LOW);
    }
    // --- ПЕРЕДАЧА ДАНИХ У ХМАРУ THINGSPEAK ---
    ThingSpeak.setField(1, temp);
    ThingSpeak.setField(2, humid);
    ThingSpeak.setField(3, soil_percent);
    ThingSpeak.setField(4, light_val);
    ThingSpeak.setField(5, gas_val);
    int response_code = ThingSpeak.writeFields(myChannelNumber,
myWriteAPIKey);
    if (response_code == 200) {
        Serial.println("Дані успішно відправлено на ThingSpeak.");
    } else {
        Serial.println("Помилка оновлення даних хмари. Код: " +
String(response_code));
    }
    Serial.println("-----\n");
    delay(15000); // Затримка 15 сек перед наступною ітерацією циклу
}

```

Під час запуску симуляції у послідовному моніторі (Serial Monitor) спостерігався чіткий лог подій. При штучному змінненні параметрів бігунків датчиків у вікні Wokwi перетягуванні температури DHT22 до значення 32 °С, система миттєво реагувала комутацією відповідного світлодіода індикації реле GPIO18 та надсилала телеметричний звіт на веб-сервер.

Це довело повну адекватність розроблених алгоритмів та готовність системи до фізичного впровадження.

У реальних умовах експлуатації автоматизованих систем у теплицях

допомогою хмарних інструментів ThingSpeak Widgets. Створений людино-машинний інтерфейс розділений на два рівні доступу:

- оперативний моніторинг;
- аналітичний перегляд історичних трендів.

На головну панель керування виведено наступні графічні компоненти:

- стрілкові та лінійні індикатори, які призначені для миттєвого зчитування поточних значень температури та вологості. Мають кольорове зонування зелена зона – норма, жовта – попередження, червона – критичне відхилення.

Текстові дисплеї стану Numeric Display, які відображають точні цифрові показники освітленості та концентрації газів у ppm. Віртуальні світлодіоди стану Status Indicators, які дублюють стан виконавчих реле, дозволяючи оператору дистанційно бачити, який саме з агрегатів, а саме насос, ТЕН, вентилятор, активний у поточну секунду.

Хмарна платформа автоматично накопичує дані, що дозволяє будувати добові, тижневі та місячні графіки коливань параметрів мікроклімату. Це дає агрономам можливість аналізувати динаміку споживання вологи рослинами залежно від температури навколишнього середовища, оцінювати ефективність роботи нагрівальних елементів та прогнозувати витрати електроенергії та води. Програма підтримує експорт накопиченого масиву даних у форматах CSV та JSON для подальшої математичної обробки у зовнішніх пакетах.

При розгортанні автоматизованої системи в ізольованих або великих тепличних господарствах актуальним постає питання енергоефективності обчислювального вузла, особливо за умови використання резервних джерел живлення акумуляторних батарей або сонячних панелей.

Мікроконтролер ESP32 Pico Kit V4 підтримує кілька апаратних режимів зниженого енергоспоживання. У розробленому алгоритмі досліджено та запрограмовано можливість переходу мікроконтролера в режим Light Sleep або Deep Sleep у нічний період часу, коли інтенсивність процесів вегетації рослин уповільнюється і немає необхідності в частому опитуванні датчиків.

підсистему моніторинг температури, вологості повітря та ґрунту, освітленості, концентрації газів та виконавчі механізми через блок гальванічно ізольованих реле, що мінімізує ризик апаратних збоїв при комутації силових навантажень.

Формалізовано та алгоритмізовано п'ять незалежних контурів автоматичного регулювання терморегуляції, зволоження повітря, дискретного керування поливом, штучного доосвітлення та аварійної аерації. Для стабілізації роботи виконавчих пристроїв та запобігання ефекту «брякання реле» у програмне забезпечення успішно інтегровано алгоритми двопозиційного регулювання з програмним гістерезисом.

Розроблено архітектуру програмного забезпечення мікроконтролера в середовищі Arduino IDE на основі концепції суперпетлі superloop. Завдяки використанню системного таймера millis() замість блокуючих затримок delay(), забезпечено псевдопаралельне асинхронне опитування датчиків, що гарантує високу швидкість реакції системи на зміну параметрів середовища.

Реалізовано програмні методи первинної обробки сигналів за допомогою цифрових фільтрів низьких частот. Алгоритм ковзного середнього Moving Average Filter та експоненційне згладжування Exponential Smoothing дозволили ефективно відсікти високочастотні електромагнітні шуми АЦП та випадкові завади від силових ліній, підвищивши загальну стійкість контурів керування.

Спроектовано та інтегровано хмарну IoT-підсистему на базі платформи ThingSpeak за протоколом REST API. Створено інтуїтивно зрозумілий людино-машинний інтерфейс НМІ у вигляді веб-дашборду з віджетами, який забезпечує оперативний моніторинг параметрів у реальному часі, візуальний контроль стану обладнання, накопичення історичних даних у TimeSeries DB та можливість їх експорту для подальшого аналізу.

Впроваджено механізми підвищення відмовостійкості системи, зокрема асинхронний контроль мережевого стеку Wi-Fi, який запобігає блокуванню основної програми при тимчасовому зникненні зв'язку, та апаратний сторожовий таймер Hardware Watchdog Timer, що автоматично перезавантажує мікроконтролер у разі критичних програмних збоїв чи зациклень.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі бакалавра вирішено актуальну науково-технічну задачу з проектування, програмно-апаратної реалізації та дослідження автоматизованої системи керування мікрокліматом теплиці на основі концепції інтернету речей IoT. На основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень отримано такі основні результати.

Проведено системний аналіз сучасного стану автоматизації споруд захищеного ґрунту. Обґрунтовано доцільність переходу від класичних локальних систем автоматики до розподілених кіберфізичних систем, що дозволяють здійснювати безперервний моніторинг і гнучке керування параметрами мікроклімату з використанням хмарних технологій та бездротових каналів зв'язку.

Розроблено загальну архітектуру та структурну схему автоматизованої системи керування. Як центральний обчислювальний вузол обрано 32-бітний мікроконтролер ESP32 Pico Kit V4 з інтегрованими модулями Wi-Fi та Bluetooth, що забезпечило поєднання високої продуктивності, низького енергоспоживання та розвиненої периферії для підключення датчиків та виконавчих пристроїв.

Спроектовано та реалізовано програмне забезпечення для мікроконтролера в середовищі Arduino IDE. Використання концепції суперпетлі (superloop) спільно із неблокуючими затримками на основі системного таймера millis() дозволило організувати асинхронне опитування сенсорів та псевдопаралельне виконання логічних контурів регулювання без зупинки обчислювального процесу.

Формалізовано й успішно інтегровано п'ять контурів керування: терморегуляцією, вологістю повітря, автоматичним поливом вологість ґрунту, штучним доосвітленням та якістю повітря аварійна аерація. Впровадження програмного гістерезису в алгоритми двопозиційного регулювання дозволило стабілізувати роботу виконавчих реле актуаторів ТЕНів, насосів і вентиляторів.

						<i>КвРАКІТР.2023150.01.14.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			60

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Ярощук Р. А., Деркач О. А. Автоматизоване керування мікрокліматом у спорудах закритого ґрунту. Технічна інженерія. 2020. № 1 (85). С. 145–152. DOI: [https://doi.org/10.26642/ten-2020-1\(85\)-145-152](https://doi.org/10.26642/ten-2020-1(85)-145-152).

2. Shamshiri R. R. et al. Advances in greenhouse automation and controlled environment agriculture: A transition to plant factories and urban agriculture. Int. J. Agric. Biol. Eng. 2018. Vol. 11, No. 1. P. 1–22. DOI: <https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20181101.3210>.

3. Лисенко В. Ф., Решетюк В. М., Комарчук Д. С. Інтелектуальні системи в тепличному господарстві : монографія. Київ : НУБіП України, 2019. 285 с. URL: <http://elibrary.nubip.edu.ua/18451/>.

4. Дубодєлова А. В., Мазур В. В. Розробка системи автоматизованого керування мікрокліматом теплиці. Вісник Хмельницького національного університету. 2021. № 3. С. 68–73. DOI: <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2021-297-3-12>.

5. Dhiman P. et al. Smart greenhouse monitoring system using IoT. International Journal of Recent Technology and Engineering. 2019. Vol. 8, No. 2. P. 234–239. DOI: <https://doi.org/10.35940/ijrte.B1042.078219>.

6. Мартиненко І. І., Головінський А. Л. Сучасні методи вимірювання фізіологічного стану рослин у теплицях. Механізація та електрифікація сільського господарства. 2019. Вип. 9 (108). С. 45–52. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/mesg_2019_9_7.

7. Shafi T. A. et al. Precision agriculture: Monitoring of plants using varying sensor technologies. IEEE Access. 2019. Vol. 7. P. 136–148. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2892144>.

8. Дудник А. С. Моделювання тепломасообміну в системі «ґрунт – рослина – повітря» теплиці. Науковий вісник НУБіП України. 2020. Вип. 315. С. 12–19. DOI: <https://doi.org/10.31548/technica2020.01.012>.

9. Susa Lekshmi S. U. et al. Soil moisture sensors in agriculture: A review.

						<i>КвРАКІТР.2023150.01.14.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			61

Computers and Electronics in Agriculture. 2020. Vol. 176. Article 105654. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105654>

10. Кузьменко В. М., Мельник В. І. Обґрунтування використання технологій бездротових сенсорних мереж для моніторингу теплиць. Інженерія природокористування. 2021. № 1 (19). URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ip_2021_1_14.

11. Rappaport T. S. et al. Wireless Sensor Networks for Industrial Automation IEEE Communications Surveys & Tutorials. 2020. Vol. 22, No. 4. P. 2501–2523. DOI: <https://doi.org/10.1109/COMST.2020.3015749>.

12. Khan et al. S. M. A comparative study of wireless protocols: Bluetooth, UWB, ZigBee, and Wi-Fi. Proceedings of the 2020 International Conference on Electronics and Sustainable Communication Systems (ICESC). 2020. P. 120–125. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICESC48915.2020.9155823>.

13. Al-Mumin M. A. et al. Design and implementation of a smart greenhouse system using ZigBee technology. International Journal of Advanced Computer Science and Applications. 2021. Vol. 12, No. 1. P. 134–140. DOI: <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2021.0120116>.

14. Sivanandam S. N. et al. Smart irrigation system using IoT. Proceedings of the 3rd International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC). 2019. P. 293–297. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICCMC.2019.8819642>.

15. Rao R. N. et al. IoT based smart greenhouse automation using Arduino. International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering. 2018. Vol. 6, No. 2. P. 1466–1473. URL: <https://www.ijircce.com/>.

16. Ramya A. N. et al. Monitoring and control system for greenhouse using ZigBee and IoT. Proceedings of the 2020 International Conference on System, Computation, Automation and Networking (ICSCAN). 2020. P. 1–6. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICSCAN49426.2020.9262315>.

17. Al-Khasawneh M. A. A. et al. Challenges and opportunities of wireless sensor networks in agriculture. IEEE Access. 2019. Vol. 7. P. 1548–1560. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2887332>.

18. Taj S. Z. et al. Comparative analysis of wired and wireless sensor networks for environmental monitoring. International Journal of Advanced Computer Science and Applications. 2019. Vol. 10, No. 6. P. 34–40. DOI: <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2019.0100605>.

19. Shaikh F. K. et al. Environmental monitoring using IoT: A review. IEEE Access. 2020. Vol. 8. P. 136–152. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2961552>.

20. Lara-Cueva R. A. et al. Development of an IoT-based volcanic monitoring system. IEEE Internet of Things Journal. 2019. Vol. 6, No. 6. P. 9582–9591. DOI: <https://doi.org/10.1109/JIOT.2019.2927825>.

21. A. A. Kumar et al. Mesh network topology for environmental monitoring using ZigBee. Proceedings of the 2021 International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP). 2021. P. 122–126. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICCSP51094.2021.9432314>.

22. Singh S. K. et al. Advances in environmental monitoring using wireless sensor networks. Sensors. 2020. Vol. 20, No. 12. Article 3367. DOI: <https://doi.org/10.3390/s20123367>.

23. Al-Turjman M. A. Design and deployment of wireless sensor networks for smart environments: A review. IEEE Communications Surveys & Tutorials. 2018. Vol. 20, No. 4. P. 2968–3001. DOI: <https://doi.org/10.1109/COMST.2018.2849124>.

24. Helmy A. et al. Simulation tools for wireless sensor networks: A comprehensive review. International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing. 2019. Vol. 30, No. 1. P. 1–18. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJAHUC.2019.097011>.

25. Dixio S. R. et al. Review on wireless sensor networks for smart agriculture. International Journal of Communication Systems. 2020. Vol. 33, No. 16. Article e4514. DOI: <https://doi.org/10.1002/dac.4514>.

26. Farooq M. S. et al. A survey on wireless sensor networks in agriculture. Computers and Electronics in Agriculture. 2019. Vol. 157. P. 218–231. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.12.023>.

27. Khanna A. et al. Smart farming: Internet of Things technologies,

<https://doi.org/10.1109/ICOEI.2018.8553945>.

35. Siregar B. et al. CO2 Monitoring System for Potato Plants in Green House Based on Internet of Things (IoT). 2020 4th International Conference on Electrical, Telecommunication and Computer Engineering (ELTICOM). Medan, Indonesia, 2020. P. 71–74. DOI: <https://doi.org/10.1109/ELTICOM50745.2020.9326848>.

36. Zhang P., Wang X. Design of Coal Mine Safety Monitoring System Based on ZigBee Wireless Sensor Network. 2017 International Conference on Robots & Intelligent System (ICRIS). Huai'an, China, 2017. P. 369–372. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICRIS.2017.98>.

37. Li X., Li D., Wan J., Vasilakos A. V., Lai C. F., Wang S. A review of industrial wireless networks in the context of Industry 4.0. Wireless networks. 2017. Vol. 23, no. 1. P. 23–41. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11276-015-1133-7>.

38. Glowacz A. Fault diagnosis of single-phase induction motors based on acoustic signals. Mechanical Systems and Signal Processing. 2019. Vol. 117. P. 65–80. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2018.07.042>.

39. Stojkoska B. L. R., Trivodaliev K. V. A review of Internet of Things for smart home: Challenges and solutions. Journal of Cleaner Production. 2017. Vol. 140, part 3. P. 1454–1464. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.006>.

40. Hadis M. S. et al. Smart Door Lock using RFID and Password based on Arduino and ZigBee. 2018 2nd East Indonesia Conference on Computer and Information Technology (EIconCIT). Makassar, Indonesia, 2018. P. 1–4. DOI: <https://doi.org/10.1109/EIconCIT.2018.8878536>.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник Кучер Дмитро Олександрович

Тема: Автоматизована система керування теплицею

Спеціальність: 174 – Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість сторінок записки 65

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою роботи є розробка автоматизованої системи керування мікрокліматом теплиці для оптимізації умов вирощування сільськогосподарських культур. У ході виконання роботи автором проаналізовано основні чинники впливу на вегетацію рослин у закритому ґрунті, обґрунтовано вибір засобів автоматизації.
2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню
3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому розділі проведено аналіз теплиці як складного багатозв'язного об'єкта автоматичного керування, досліджено вплив параметрів мікроклімату на врожайність, розглянуто існуючі технічні рішення у сфері Smart Greenhouse. У другому розділі здійснено техніко-економічне обґрунтування вибору елементної бази системи керувального контролера, цифрових давачів та комутаційної апаратури. У третьому розділі описано розробку алгоритмічної логіки функціонування системи у різних режимах (залежно від часу доби та поточних погодних умов). Створено програмні модулі для мікроконтролера, реалізовано графічний людино-машинний інтерфейс.
4. Позитивні сторони роботи: До переваг роботи належить комплексний підхід до автоматизації всіх ключових підсистем життєзабезпечення теплиці: вентиляція, полив, затінення, обігрів, що функціонують як єдиний пов'язаний організм. Алгоритми передбачають гнучке налаштування порогових значень під різні типи культур.

5. Негативні сторони роботи: У роботі детально розглянуто алгоритми підтримки мікроклімату на основі жорстких логічних порогів, проте недостатньо уваги приділено розробці прогностичних моделей керування.

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному технічному рівні.

8. Інші зауваження: відсутні

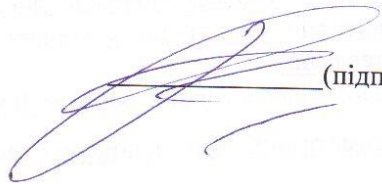
9. Оцінка дипломної роботи: відмінно (78/С)

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи)

Мулер І.В., к.т.н. доцент кафедри
кібербезпеки

"19" серпня 2026 р.

(підпис)



Завідувачу кафедри автоматизації,
комп'ютерно-інтегрованих технологій та
робототехніки Людмилі КОРЕЦЬКІЙ
здобувача вищої освіти
Кучера Дмитра Олександровича
факультет ІТ, курс ІІІ, група АКІТРС-23-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті, згідно з яким виявлення академічного плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту і застосування заходів академічної відповідальності, ознайомлений. Про використання спеціалізованих програмних засобів (СПЗ) StrikePlagiarism та Anti-Plagiarism для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність академічного плагіату оповіщений. Надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних СПЗ і використання роботи для виявлення академічного плагіату в інших роботах, які перевіряються СПЗ.

Також надаю свою згоду на обробку й збереження університетом моєї роботи в Інституційному репозитарії Хмельницького національного університету.

Робота надається для перевірки в електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

02.06.2026
дата


підпис

Протокол аналізу звіту подібності експертом

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Дмитро КУЧЕР

Співавтор:

Назва: Кучер_антиплагіат

Експерт: Валерій МАРТИНЮК

Підрозділ: Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

Коефіцієнт подібності 1: 2.06%

Коефіцієнт подібності 2: 0.72%

Мікропробіли: 11

Заміна букв: 0

Інтервали: 0

Білі знаки: 1

Дата створення звіту: 2026-06-19 02:38:11.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедурам. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

2026-06-19

Доцент Микола Федула

Дата

експерт

Anti-Plagiarism v-15.258 (global version)

The maximum coincidence with one document 1.0%

Dictionaries check: en_US, ru_RU, ua_UA. **Errors in the documents: 10%**

ID: 275991 Title: БКР Автоматизована система керування теплицею Added in a DB: 2026-06-19 Authors: Дмитро КУЧЕР Heads: Валерій МАРТИНЮК Consultants: Opponents:	Document		Sum coincidence on the DB	
	Symbols	Lexemes	Symbols	Lexemes
	78416	647	2375 (3%)	30 (5%)

Plagiarism sources

ID	Description	Plagiarism presence in the document	
		Symbols	Lexemes

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
РОБОТОТЕХНІКИ ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Назва кваліфікаційної роботи: «Автоматизована система керування теплицею»

Автор: Кучер Дмитро Олександрович

Освітня програма: Освітньо-професійна програма «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Спеціальність: 174 – Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка

Науковий керівник: Мартинюк Валерій Володимирович, д-р техн. наук, проф.

На основі аналізу кваліфікаційної роботи на дотримання вимог академічної доброчесності (у т. ч. відсутності ознак академічного плагіату) з урахуванням результатів перевірки роботи спеціалізованим програмним засобом(ами) комісія зробила такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Ознаки академічного плагіату	
1.1	Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є академічним плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
1.2	Виявлені запозичення не є академічним плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована.	
1.3	Виявлені запозичення не є академічним плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота може бути допущена до захисту після того як буде відкоригована та доопрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
1.4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття текстових запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
2	Інші види порушень академічної доброчесності	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

- 1) у тексті роботи системами перевірки на плагіат виявлено схожість з деякими документами в частині загальноживаних обов'язкових словосполучень у стандартних бланках, у структурі змісту, назвах розділів/підрозділів, у назвах публікацій у переліку джерел посилання;
- 2) усі запозичення є фрагментарними або мають належним чином оформленні посилання;
- 3) виявлені модифікації тексту не впливають на відсоток схожості.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів ідентичності/ схожості, складає 2,06% і адресується до 9 джерел, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру теми і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Дата 19.06.2026р.

Завідувач кафедри

Гарант освітньої програми

Керівник кваліфікаційної роботи



Людмила КОРЕЦЬКА

Юрій ФОРКУН

Валерій МАРТИНЮК