

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Програмно-апаратний засіб IoT-метеостанції на базі Asebot Qe011
Назва теми

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань 12 «Інформаційні технології»
Шифр, назва

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»
Шифр, назва

Освітня програма «Комп'ютерна інженерія та програмування»
Назва

Шифр КвРКІ 022093.22.02.87 ПЗ

Виконав здобувач IV курсу, група КІ2-22-2

Керівник канд.тех.наук, доцент
Науковий ступінь, учене звання

Нормоконтролер канд.фіз.-мат.наук, доцент
Науковий ступінь, учене звання

До захисту допускаю:
завідувач кафедри КІС
«01» червня 2026 р.

дата


Підпис

Віталій СОРОКА
Ініціали, прізвище


Підпис

Андрій НІЧЕПОРУК
Ініціали, прізвище


Підпис

Тетяна КИСІЛЬ
Ініціали, прізвище


Підпис

Ольга ПАВЛОВА
Ініціали, прізвище

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Рівень вищої освіти ПЕРШОЇ (БАКАЛАВРСЬКИЙ)


Галузь знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Спеціальність 123 КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

Освітня програма «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідуюча кафедри КІІС

 Ольга ПАВЛОВА

" 10 " 01 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Сорока Віталій Вікторович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Програмно-апаратний засіб IoT-метеостанції на базі Asebot QEI1

Керівник проекту (роботи) Нічепорук Андрій Олександрович, к.т.н., доцент

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

Затверджена наказом ректора університету від 20.01.2026 р. № 7

2. Термін подання здобувачем роботи на кафедру 01.06.2026 р.

3. Вихідні дані до роботи Завдання на кваліфікаційну роботу

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

Аналіз предметної області та існуючих рішень

Проектування програмно-апаратного засобу метеостанції на базі ASEBOT QEI1

Реалізація програмно-апаратного засобу IoT-метеостанції на базі ASEBOOT QEI1

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

Алгоритми роботи системи

Зображення готового пристрою

Схема підключення компонентів

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання « 10 » 01 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з/п	Назва етапів (розділів) дипломного проєкту (роботи)	Термін виконання етапів проєкту (роботи)	Примітки
1	Вибір напрямку дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи з керівником	10.01.2026	виконано
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	01.02.2026	виконано
3	Робота над розділом 1, а саме, проведено аналіз особливостей побудови IoT-метеостанції	01.03.2026	виконано
4	Робота над розділом 2, обґрунтування та вибір методів проєктування програмно-технічного рішення	01.04.2026	виконано
5	Робота над розділом 3, проєктування програмно-апаратного засобу IoT-метеостанції	29.04.2026	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	25.05.2026	виконано
7	Попередній захист ВКР	26.05.2025	виконано
8	Захист ВКР на засіданні ЕК	Червень 2026 року	

Здобувач

Підпис

Віталій СОРОКА

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ



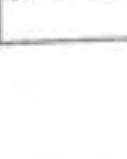
Керівник кваліфікаційної роботи

Підпис

Андрій Нічепорук

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

№ р я д к а	Ф о р м а т	Позначення	Найменування	К і л - л и с т і в	№ с к з	П р и м і т к а
			<u>Текстові документи</u>			
1		КвРКІ 022093.22.02.87 ПЗ	Пояснювальна записка	75		
			<u>Графічні матеріали</u>			
2		КвРКІ 022093.22.02.87 Е8	Алгоритми роботи системи	1		
3		КвРКІ 022093.22.02.87 Е8	Зображення готового пристрою та головні компоненти	1		
4		КвРКІ 022093.22.02.87 Е8	Схема підключення компонентів	1		

					КвРКІ 022093.22.02.87 ПЗ					
Зм	Арж	№ докум	Підпис	Дата	Відомість проекту			Літера	Аржшт	Аржшів
Розробив		Сорока						У	1	75
Перевір		Нічепорук						ХНУ, КІ2-22-2		
Н. контр		Кясіль								
Зашв.		Пантова								

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Програмно-апаратний засіб IoT-метеостанції на базі Asebot QE011».

Автор роботи: Віталій СОРОКА.

Керівник роботи: Андрій Нічепорук.

Пояснювальна записка: 75 с., 28 рисунка, 3 дод., 44 джерела.

Графічна частина: 3 креслення.

IoT-МЕТЕОСТАНЦІЯ, АСЕБОТТ QE011, ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ, МІКРОКОНТРОЛЕР, ДАТЧИКИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА, МОНІТОРИНГ ПОГОДНИХ ПОКАЗНИКІВ, ЗБІР ТА ОБРОБКА ДАНИХ, БЕЗДРОТОВА ПЕРЕДАЧА ДАНИХ, ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ ЗАСІБ

Метою дипломної роботи є розроблення програмно-апаратного засобу IoT-метеостанції на базі Asebot QE011, призначеного для автоматизованого збору, обробки, збереження та відображення метеорологічних показників із використанням технологій Інтернету речей. Особливу увагу приділено забезпеченню надійного отримання даних від датчиків навколишнього середовища.

Об'єктом дослідження є процес моніторингу параметрів навколишнього середовища за допомогою вбудованих електронних пристроїв та засобів бездротового обміну даними. У межах роботи розроблено програмно-апаратне рішення, що забезпечує вимірювання температури, вологості та інших погодних характеристик, їх обробку мікроконтролером, передачу мережею.

Під час виконання дослідження використано методи аналізу науково-технічної літератури, спеціалізованої документації та сучасних підходів до побудови систем Інтернету речей. Також методи проектування програмного забезпечення, розроблення вбудованих систем і створення веб-застосунків для віддаленого спостереження за метеорологічними даними в режимі реального часу.







Підпис здобувача

30.05.2026

Дата

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Аналіз предметної області та існуючих рішень.....	7
1.1 Поняття IoT та його застосування в метеомоніторингу.....	7
1.2 Аналіз існуючих IoT-метеостанцій.....	10
1.3 Огляд технологій передачі та обробки даних.....	13
1.4 Постановка завдання.....	15
1.5 Висновки до першого розділу.....	16
2 Проктування програмно-апаратного засобу іот-метеостанції на базі ACEBOTT QE011.....	18
2.1 Функційні та нефункційні вимоги до програмно-апаратного засобу IoT-метеостанції.....	18
2.2 Основні компоненти системи.....	22
2.2.1 Контролер ESP32.....	22
2.2.2 ESP32 плата розширення.....	23
2.3 Датчики моніторингу навколишнього середовища.....	24
2.3.1 Датчик температури та вологості DHT11.....	24
2.3.2 Датчик вібрації SW-18010P.....	25
2.3.3 Ультрафіолетовий датчик.....	26
2.3.4 Фоторезистор / датчик освітленості.....	27
2.3.5 Датчик дощу.....	28
2.3.6 Барометр BMP280.....	29
2.3.7 Датчик якості повітря D01 PM2.5.....	30
2.3.8 Анемометр / датчик швидкості вітру.....	31
2.4 Датчики моніторингу навколишнього середовища.....	32
2.4.1 СервопривідMG90 9G.....	32
2.4.2 Сонячна панель.....	34
2.4.3 Модуль заряджання.....	34
2.4.4 Акумуляторна батарея на елементах 18650.....	35

КвРКІ 022093.22.02.87 ПЗ				
Зм	Алк	Моловум	Підпис	Дата
Виконав	Віталій СОРОКА			
Перевір.	Андрій ПИЩЕТОР'К			
Н.контр.	Тетяна КИСЕЛЬ			
Затвер.	Ольга ПАРКОВА			
Програмно-апаратний засіб IoT-метеостанції на базі Acebott QE011				
		Літера	Аркуш	Аркушів
		у	2	74
ХНУ КІ2-22-2				

2.5 Блок-схеми алгоритмів роботи	36
2.6 Висновки до другого розділу	40
3 Реалізація програмно-апаратного засобу ІОТ-метеостанції на базі АСЕВОТТ QE011	43
3.1 Реалізація апаратної частини	43
3.2 Реалізація програмного забезпечення мікроконтролера	46
3.3 Реалізація клієнтського застосування	51
3.4 Інтеграція з погодним АРІ	54
3.5 Аналіз результатів і тестування	56
Висновки	64
Перелік джерел посилань	67
Додаток А Алгоритми роботи системи	73
Додаток Б Зображення готового пристрою та головні компоненти	74
Додаток В Схема підключення компонентів	75

ВСТУП

Актуальність дослідження зумовлена постійним зростанням потреби у точному локальному моніторингу навколишнього середовища та широкому впровадженні концепції розумних мереж у найрізноманітніші сфери життєдіяльності. Сучасні реалії вимагають отримання деталізованих показників мікроклімату для забезпечення стабільного функціонування аграрного сектору, промислових об'єктів та інфраструктури розумних міст. Глобальні зміни погодних умов дедалі частіше супроводжуються непередбачуваними аномаліями, що робить безперервне спостереження за станом атмосфери критично важливим завданням. Традиційні метеорологічні комплекси здебільшого являють собою громіздкі стаціонарні споруди. Процес розгортання та подальшого обслуговування подібних об'єктів потребує колосальних фінансових ресурсів, наявності великих земельних ділянок та залучення вузькопрофільних спеціалістів для проведення регулярного калібрування. У зв'язку з наведеними факторами значної актуальності набувають портативні програмно-апаратні системи на базі мікроконтролерів, які здатні автоматично фіксувати кліматичні параметри та оперативно передавати метрики до хмарних сховищ для подальшої комп'ютерної обробки.

Метою роботи є дослідження особливостей проектування та практична реалізація програмно-апаратного засобу моніторингу погодних умов на базі платформи Asebot QE011. Досягнення поставленого завдання передбачає створення функціонального прототипу, що забезпечує збір метеорологічних показників, їх первинну алгоритмічну фільтрацію, надійну передачу через бездротові канали зв'язку та зручне відображення зібраної статистики у локальному програмному середовищі. Додатково планується інтеграція розробленого пристрою з зовнішнім погодним сервісом (API) для суттєвого розширення загальних аналітичних можливостей.

					КВРКІ 022093.22.02.87 ПЗ	Арк. 4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Об'єктом дослідження є процес автоматизованого збору, цифрової обробки та віддаленої передачі метеорологічної інформації за допомогою сучасних мікроелектронних систем.

Предмет дослідження охоплює апаратну архітектуру, методи інтеграції сенсорних вузлів, протоколи обміну телеметрією та алгоритми функціонування компактних станцій моніторингу мікроклімату.

У межах аналізу предметної області проведено вивчення сучасних підходів до організації мереж збору кліматичної інформації. Встановлено, що значна частина професійних рішень орієнтована виключно на державні інституції, маючи вкрай високу вартість розгортання. Інша категорія масових комерційних приладів пропонує приємний досвід експлуатації, проте має повністю закритий вихідний програмний код. Відсутність модульності радикально обмежує спроби додавання нових датчиків під специфічні наукові чи побутові потреби, а вбудоване використання пропрієтарних протоколів зв'язку унеможливорює гнучке налаштування алгоритмів обробки інформації. Відповідна закритість екосистем не відповідає базовим вимогам інженерної спільноти щодо побудови відкритих та легко масштабованих вимірювальних систем.

Проведений аналіз дозволив визначити основні завдання, які необхідно реалізувати у розроблюваній станції. Передбачається створення програмно-апаратного засобу з відкритою архітектурою, збудованою на використанні доступної елементної бази та стандартизованих інтерфейсів. Головним обчислювальним ядром виступатиме плата, до якої підключаються модулі вимірювання температури, вологості, атмосферного тиску та інших фізичних величин. Отримана з датчиків інформація формуватиметься у структуровані цифрові пакети для подальшої відправки. Окрема увага приділятиметься реалізації стабільного мережевого з'єднання для забезпечення безперервної трансляції зібраних показників на віддалений сервер бази даних. Також надзвичайно важливим елементом виступає програмна частина

					КВРКІ 022093.22.02.87 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мікроконтролера, що керуватиме опитуванням датчиків та оптимізуватиме загальне енергоспоживання вузла.

Поряд із апаратною реалізацією, невід'ємною складовою комплексу є розробка клієнтського застосунку для зручного візуального представлення зібраної аналітики. Графічний інтерфейс дозволить переглядати накопичену статистику, аналізувати тенденції зміни погоди та контролювати працездатність самого приладу. Поєднання локальних апаратних вимірювань із даними глобальних метеорологічних вебсервісів виводить функціонал пристрою на принципово новий рівень. Реалізація подібного підходу надасть можливість порівнювати реальні показники локального мікроклімату з офіційними регіональними прогнозами безпосередньо у режимі реального часу.

Узагальнення результатів проведеного дослідження підтверджує доцільність створення гнучкого програмно-апаратного засобу для організації приватних кліматичних спостережень. Реалізація надійних механізмів безперервного збору інформації, бездротової телеметрії та глибокої інтеграції зовнішніх сервісів формує міцну основу для ефективного використання сучасних технологічних ресурсів. Побудований прототип здатний задовольнити потребу в точних метеорологічних даних для розгортання інфраструктури розумного будинку, оптимізації локального сільського господарства або проведення незалежних кліматичних досліджень.

					КВРКІ 022093.22.02.87 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

1.1 Поняття IoT та його застосування в метеомоніторингу

Концепція глобальної мережі взаємопов'язаних обчислювальних пристроїв являє собою інфраструктуру, де механічні та цифрові машини, а також різноманітні об'єкти оснащуються унікальними ідентифікаторами. Відповідна інтеграція забезпечує здатність передавати інформацію через комунікаційні канали без необхідності прямої взаємодії між людиною та комп'ютером. Зазначена парадигма докорінно змінює підходи до збору, обробки та аналізу даних у багатьох наукових і промислових галузях. Основою функціонування подібних систем є об'єднання компактних датчиків, спеціалізованого програмного забезпечення та передових технологій з метою безперервного обміну показниками з іншими пристроями. Стрімкий розвиток мікроелектроніки та вдосконалення бездротових технологій зв'язку сприяли значному зниженню вартості апаратних компонентів. Внаслідок здешевлення елементної бази стало можливим масове розгортання розподілених сенсорних вузлів. Формується нове інформаційне середовище, де фізичні об'єкти стають активними учасниками цифрових процесів, здатними миттєво реагувати на зміни навколишніх умов та приймати автономні рішення на основі заздалегідь запрограмованих алгоритмів.

Типова архітектура розглянутих систем базується на кількох ключових рівнях, кожен з яких виконує суворо визначені функції. На найнижчому апаратному рівні розташовуються фізичні прилади та сенсори, які безпосередньо взаємодіють з навколишнім середовищем і з високою частотою фіксують різноманітні фізичні величини. Наступним етапом виступає мережевий рівень, відповідальний за надійне транспортування зібраних масивів інформації від кінцевих вузлів до централізованих центрів обробки. Для забезпечення стабільного з'єднання застосовуються спеціалізовані протоколи телеметрії, оптимізовані для роботи в умовах обмеженої пропускної здатності та жорстких лімітів енергоспоживання. Процес передачі вимагає формування максимально

					КВРКІ 022093.22.02.87 ПЗ	Арк. 7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

компактних пакетів даних, що дозволяє скоротити час активності радіомодулів і подовжити термін служби автономних джерел живлення. На вищому програмному рівні функціонують потужні хмарні платформи, де відбувається накопичення, систематизація та математична обробка отриманих показників. Кінцевим компонентом виступає клієнтський застосунок, що забезпечує графічну візуалізацію результатів та надає зручні інструменти для керування всією розгорнутою інфраструктурою.

У контексті спостереження за погодними умовами впровадження наведених технологій відкриває принципово нові можливості для швидкого збору метеорологічної статистики. Традиційні методи контролю клімату здебільшого спираються на обмежену кількість великих стаціонарних обсерваторій, обладнаних надзвичайно дорогим професійним устаткуванням. Відповідний класичний підхід дозволяє отримувати еталонні за точністю дані, проте характеризується вкрай низькою просторовою роздільною здатністю. Відстань між сусідніми офіційними точками вимірювання часто сягає десятків або навіть сотень кілометрів. Локальні кліматичні аномалії, мікроклімат окремих районів сучасного мегаполіса чи специфічні умови конкретного сільськогосподарського угіддя залишаються поза зоною уваги державних служб. Використання компактних бездротових сенсорних вузлів ефективно вирішує вказану проблему шляхом розгортання надзвичайно щільних мереж моніторингу. Кожна розгорнута мініатюрна станція здатна повністю автономно реєструвати температуру повітря, рівень відносної вологості, атмосферний тиск, інтенсивність сонячного випромінювання та концентрацію шкідливих домішок. Сукупність зібраних локальних метрик формує безпрецедентно деталізовану картину поточного стану атмосфери.

Безперервний потік кліматичної інформації від тисяч розподілених давачів вимагає застосування потужних алгоритмів обробки великих масивів даних. Зібрані первинні показники надходять до централізованих сховищ, де проходять обов'язкові процедури програмного очищення від випадкового апаратного шуму,

					КВРКІ 022093.22.02.87 ПЗ	Арк. 8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

подальшої нормалізації та жорсткого структурування. Впровадження передових елементів аналітики дозволяє не лише констатувати поточні погодні умови з високою точністю, але й формувати локальні прогнози на найближчі часові проміжки. Важливою перевагою подібної організації є здатність систем автоматично генерувати попереджувальні сповіщення про наближення екстремальних метеорологічних явищ, до яких належать шквальний вітер, раптові заморозки або інтенсивні зливи. Своєчасне інформування зацікавлених сторін мінімізує потенційні економічні збитки та суттєво підвищує загальний рівень безпеки інфраструктурних об'єктів. Додатково накопичена за тривалий експлуатаційний період історична статистика слугує надійним фундаментом для проведення глибоких наукових досліджень у сфері глобальних кліматичних трансформацій.

Практичне застосування розподілених мереж моніторингу охоплює надзвичайно широкий спектр комерційних та державних галузей. В аграрному секторі концепція точного землеробства неможлива без детального розуміння показників мікроклімату на кожному окремому полі. Автоматизовані вимірювальні комплекси допомагають фермерським господарствам обґрунтовано визначати оптимальні терміни проведення посівної кампанії, своєчасного внесення мінеральних добрив та швидкого збору готового врожаю. Отримання об'єктивної інформації про рівень вологості ґрунту та кількість природних опадів дає змогу максимально раціонально використовувати системи штучного зрошення, заощаджуючи дефіцитні водні ресурси та дорогу електроенергію. Раннє виявлення погодних умов, сприятливих для розвитку небезпечних грибкових захворювань чи стрімкого розмноження шкідників, дозволяє превентивно застосовувати засоби хімічного захисту рослин, зберігаючи високу якість вирощеної сільськогосподарської продукції.

Не менш важливу роль відіграють інтелектуальні системи контролю у процесі формування інфраструктури розумних міст. Муніципальні органи управління використовують деталізовані локальні метеорологічні дані для

					КВРКІ 022093.22.02.87 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ефективного керування складним міським господарством. Наявність оперативної інформації про утворення ожеледиці чи початок сильних снігопадів дозволяє диспетчерам оптимально розподіляти спеціальну техніку по найбільш проблемних ділянках доріг. Дані про рівень природної освітленості допомагають автоматично регулювати графік роботи вуличних ліхтарів, забезпечуючи суттєву економію бюджетних коштів. Промислові підприємства також активно розгортають власні сенсорні мережі для суворого контролю умов на відкритих виробничих майданчиках, масштабних будівельних об'єктах та логістичних терміналах. Дотримання жорстких температурних і вологісних режимів є критично важливою вимогою під час виконання складних технологічних операцій, тривалого зберігання чутливої сировини або безпечного транспортування вантажів.

Впровадження передових технологічних рішень у сферу метеорологічного спостереження створює потужні інструменти для безперервного отримання, комплексного аналізу та практичного використання величезних масивів кліматичних даних. Поєднання доступної мікроелектронної бази, оптимізованих протоколів передачі інформації та високопродуктивних серверних платформ дозволяє проєктувати стабільні системи моніторингу абсолютно будь-якого масштабу. Наявні функціональні можливості стимулюють постійні наукові дослідження та подальшу розробку вузькоспеціалізованих програмно-технічних засобів. Створені комплекси здатні повною мірою задовольнити постійно зростаючі потреби сучасного суспільства у надзвичайно якісній, деталізованій та своєчасній метеорологічній інформації, що виступає запорукою успішного функціонування багатьох суміжних сфер людської діяльності.

1.2 Аналіз існуючих IoT-метеостанцій

Сучасний ринок електронних пристроїв пропонує надзвичайно широкий асортимент готових апаратних рішень для спостереження за погодними умовами. Доступні системи суттєво відрізняються за закладеною

					КВРКІ 022093.22.02.87 ПЗ	Арк. 10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

функціональністю, точністю вимірювань, конструктивною надійністю та загальною ціною політикою. Професійні метеорологічні комплекси від провідних міжнародних компаній забезпечують еталонну стабільність роботи та безкомпромісну точність зафіксованих показників. Спеціалізоване обладнання характеризується максимальною стійкістю до екстремальних температурних коливань, інтенсивних опадів та інших несприятливих атмосферних явищ. Зазвичай подібні установки оснащуються високоточними промисловими давачами швидкості вітру, кількості вологи та рівня сонячної радіації, які обов'язково проходять сувору процедуру заводського калібрування. Разом з тим надмірно висока вартість апаратних складових у поєднанні з необхідністю проведення регулярного технічного обслуговування сертифікованими спеціалістами значно обмежує їх масове поширення. Складність монтажу та налаштування робить професійні комплекси малоприсаєтними для швидкого впровадження у побутові умови або інтеграції у базові освітні програми навчальних закладів.

Більш масовим та фінансово доступним сегментом виступають пристрої закритого типу від популярних виробників побутової розумної електроніки. Комерційні станції вирізняються витонченим візуальним дизайном, інтуїтивною простотою початкового налаштування через фірмові мобільні застосунки та прозорою інтеграцією з хмарними сервісами компанії розробника. Апаратна архітектура здебільшого передбачає наявність центрального внутрішнього блоку та кількох компактних бездротових модулів, призначених для зовнішнього встановлення. Незважаючи на очевидну зручність щоденної експлуатації, закритість вихідного програмного коду та суворе використання пропрієтарних протоколів зв'язку радикально обмежують будь-які спроби самостійної модернізації обладнання. Користувачі позбавлені технічної можливості підключати нестандартні датчики або впроваджувати глибокі зміни у внутрішню логіку роботи під специфічні дослідницькі потреби. Залежність від закритої екосистеми єдиного виробника часто призводить до повної втрати

					КВРКІ 022093.22.02.87 ПЗ	Арк. 11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

функціональності приладу у разі припинення підтримки хмарних серверів для застарілих моделей.

З огляду на зростаючу потребу інженерної та академічної спільноти у гнучких, модульних та повністю відкритих системах, значного поширення набули апаратні платформи для розробників мікроелектроніки. Комплексні набори для швидкого прототипування демонструють винятковий баланс між багатством доступного функціоналу та абсолютною відкритістю архітектури. Відповідні навчально-дослідницькі комплекти містять головну плату керування з інтегрованою апаратною підтримкою бездротових мереж, що супроводжується вичерпним набором необхідних сенсорів навколишнього середовища. Доступні модулі дозволяють надзвичайно точно фіксувати температуру повітря, рівень відносної вологості, атмосферний тиск, інтенсивність освітлення та базові індикатори якості газового середовища. Використання відкритих апаратних засобів надає можливість дослідникам не лише пасивно збирати потрібні метрики, але й фундаментально вивчати принципи функціонування кожного окремого електронного компонента. Відкрита природа платформи стимулює самостійно писати оптимізований програмний код та конструювати унікальні вимірювальні прилади, адаптовані виключно під конкретні наукові чи побутові завдання.

Аналіз виявлених переваг та критичних обмежень різних категорій існуючих систем підтверджує практичну доцільність створення власного програмно-апаратного рішення. Розробка приладу на базі доступного мікроконтролерного комплекту забезпечує оптимальний компроміс між економічною ефективністю та абсолютною технічною гнучкістю. На відміну від жорстко обмежених комерційних продуктів, самостійно спроектована станція гарантує повний контроль над алгоритмами збору показників та протоколами обміну інформацією. Застосована модульна архітектура дозволяє здійснювати безперешкодну заміну окремих чутливих елементів у разі їх виходу з ладу або загального технологічного старіння без необхідності повної заміни всього

					КВРКІ 022093.22.02.87 ПЗ	Арк. 12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

комплексу. Додатково здатність проводити безпосередню первинну обробку сирих сигналів з датчиків на локальному обчислювальному ядрі перед відправкою на зовнішні сервери суттєво знижує навантаження на мережу та покращує енергоефективність віддаленого вузла. Подібний підхід формує надзвичайно міцний фундамент для побудови надійного, легко масштабованого та повністю прозорого інструменту кліматичного моніторингу.

1.3 Огляд технологій передачі та обробки даних

Функціонування будь-якого віддаленого пристрою для збору метеорологічних показників неможливе без організації надійних каналів бездротового зв'язку. Окрім самого з'єднання вимагається глибоке впровадження оптимізованих мережевих протоколів обміну інформацією. Вибір конкретної технології транспортування зібраних показників безпосередньо залежить від фізичної відстані до найближчої точки прийому сигналу. Також враховується загальний обсяг даних, що періодично пересилаються, та жорстко встановлені межі енергетичного споживання автономної апаратної платформи. Найбільш зрозумілим та зручним рішенням для локальних міських або виключно домашніх проєктів залишається застосування стандартних бездротових мереж. Зазначена технологія забезпечує надзвичайно високу швидкість обміну телеметрією. Додатковою перевагою виступає максимально легка інтеграція з існуючою телекомунікаційною інфраструктурою житлових чи офісних приміщень. Наявність вбудованої апаратної підтримки бездротового підключення у більшості сучасних мікроконтролерів робить їх найбільш оптимальним вибором. Відповідні електронні компоненти дозволяють швидко розгортати розумні вимірювальні прилади безпосередньо у зоні стабільного покриття звичайних домашніх маршрутизаторів.

Для реалізації значно складніших просторових проєктів активно застосовуються спеціалізовані енергоефективні мережі великого радіусу дії. Звичайного підключення стає недостатньо у випадках розміщення датчиків на

					КвРКІ 022093.22.02.87 ПЗ	Арк. 13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

великих відкритих територіях або в умовах щільної міської забудови. Застосування радіомодулів відповідного стандарту дозволяє впевнено передавати невеликі зашифровані пакети інформації на багатокілометрові відстані. Ощадливе використання енергії виступає критично важливим параметром для повністю автономних польових систем, котрі монтуються у важкодоступних локаціях без можливості періодичної заміни елементів живлення. Радіосигнал подібних систем проникає крізь фізичні перешкоди значно ефективніше за високочастотні аналоги.

На вищому програмному рівні для транспортування сформованих масивів показників до серверної частини найчастіше використовується спеціалізований протокол телеметрії. Його архітектура концептуально розроблена для стабільного функціонування в системах з жорстко обмеженими апаратними ресурсами. Також враховується необхідність роботи в умовах повільних або нестабільних комунікаційних каналів. Принцип обміну даними базується на публікації системних повідомлень у відповідні тематичні канали та оформленні підписки на отримання оновлень. Завдяки такому простому алгоритму гарантується швидка і надійно маршрутизована доставка показників між окремими датчиками навколишнього середовища, центральним сервером і кінцевими програмними застосунками. Пристрій відправляє короткий текст із цифрами на сервер, а далі інформація самостійно розподіляється між усіма зацікавленими отримувачами. Надійною альтернативою часто виступає класичний протокол передачі гіпертексту. Він слугує універсальним інструментом для інтеграції з різноманітними відкритими інтерфейсами сторонніх погодних сервісів.

Зібрана з різноманітних датчиків первинна інформація спочатку потрапляє до потужних хмарних баз даних або розгорнутих локальних серверів. На етапі збереження обов'язково відбувається автоматична алгоритмічна фільтрація від можливих хибних спрацьовувань електроніки чи випадкового цифрового шуму. Використання хмарних обчислень дає змогу делегувати найважчі математичні операції віддаленим обчислювальним центрам, звільняючи малопотужні мікроконтролери від зайвого навантаження. Програмне забезпечення сервера

					КВРКІ 022093.22.02.87 ПЗ	Арк. 14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

самостійно вираховує середні значення за певний період, знаходить аномальні відхилення та формує масиви готової структурованої інформації. Фінальним етапом системної обробки виступає зручна візуалізація накопиченої метеорологічної статистики. Спостерігачі отримують можливість переглядати показники у вигляді інтерактивних таблиць, зрозумілих аналітичних графіків чи індикаторів на екранах мобільних пристроїв або персональних комп'ютерів. Застосування подібних методів обробки значно полегшує загальне сприйняття інформації та дозволяє миттєво аналізувати поточні погодні тенденції без необхідності ручного підрахунку метрик.

1.4 Постановка завдання

На основі здійсненого аналізу сучасної предметної області, наявних технічних аналогів та мережевих протоколів передачі інформації виникає необхідність розробки відкритої системи кліматичного моніторингу. Більшість комерційних рішень не дозволяють гнучко налаштовувати програмний код або додавати нові функції через закритість екосистем. Тому обґрунтованим кроком стає створення власного прототипу, що поєднує локальні апаратні вимірювання із можливостями мережевого обміну. Головним елементом проектування є використання спеціалізованого навчального набору, що забезпечує швидке розгортання необхідних сенсорних модулів та мікроконтролерного ядра.

Основною метою проектування є створення повністю функціонуючого програмно-апаратного засобу автоматизованої метеостанції на базі Asebot QE011. Для досягнення мети необхідно послідовно вирішити комплекс інженерних та дослідницьких завдань. Спочатку вимагається детально описати структурну та функціональну архітектуру майбутнього пристрою, визначивши взаємозв'язки між компонентами системи. Наступним кроком є підбір та обґрунтування електронних елементів, здатних фіксувати параметри навколишнього середовища, такі як температура, атмосферний тиск та вологість повітря. Обов'язковим етапом є розробка електричної принципової схеми, що

					КВРКІ 022093.22.02.87 ПЗ	Арк. 15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відображає правильне підключення сенсорних вузлів до плати розширення мікроконтролера.

Крім безпосереднього складання апаратної частини, важливе місце посідає розробка керуючого програмного забезпечення для мікроконтролера. Створювані алгоритми роботи мають забезпечувати періодичне зчитування показників, їх локальну обробку та формування пакетів для відправки у мережу. Основним додатковим завданням у межах дослідження виступає обов'язкова програмна інтеграція розроблюваного комплексу із зовнішнім погодним сервісом за допомогою відкритого програмного інтерфейсу (API). Реалізація такої взаємодії дозволить суттєво розширити можливості системи, забезпечуючи отримання офіційних прогнозів погоди для обраної географічної точки. Поєднання віддалених метеорологічних даних із власними локальними вимірюваннями дозволить проводити всебічний аналіз погодних умов безпосередньо у режимі реального часу.

Заключним етапом виступає проведення практичних випробувань зібраного макета у реальних умовах експлуатації. Необхідно перевірити стабільність бездротового підключення, точність отримання метрик від датчиків та коректність взаємодії із зовнішнім погодним інтерфейсом. На основі отриманих результатів планується сформулювати висновки щодо працездатності розробки, визначити обмеження використаної апаратної платформи та окреслити можливі напрямки для подальшого вдосконалення функціональних можливостей створеного кліматичного комплексу.

1.5 Висновки до першого розділу

Проведений аналіз предметної області засвідчив стрімке зростання ролі концепції глобальних інформаційних мереж у сфері спостереження за навколишнім середовищем. Розгортання розгалужених мереж компактних сенсорних вузлів дозволяє отримувати надзвичайно деталізовану локальну інформацію про стан мікроклімату, яка є практично недоступною для класичних

державних обсерваторій. Дослідження існуючих апаратних рішень підтвердило наявність суттєвих обмежень у готових комерційних та професійних продуктах через їхню високу вартість або повну закритість екосистем. Відповідні недоліки унеможливають гнучке налаштування обладнання під специфічні інженерні потреби, що об'єктивно стимулює активне використання відкритих мікроконтролерних платформ для створення доступних персональних вимірювальних систем.

Огляд сучасних технологій комунікації довів доцільність застосування стандартизованих бездротових каналів зв'язку та оптимізованих протоколів обміну телеметрією. Налагодження стабільного мережевого з'єднання гарантує надійне безперервне транспортування зібраних показників від локальних датчиків до віддалених серверів. Хмарні обчислення та наступна графічна візуалізація накопиченої статистики значно спрощують процеси математичної обробки інформації.

За результатами теоретичного дослідження сформовано чітке технічне завдання для розробки власного програмно-апаратного комплексу на базі обраного дослідницького набору. Створюваний макет повинен забезпечити безперервний збір базових метеорологічних метрик, швидку первинну алгоритмічну фільтрацію сигналів та гарантовану відправку пакетів у хмарне сховище. Ключовим етапом подальшої практичної роботи виступатиме глибока програмна інтеграція локального пристрою з глобальними публічними погодними сервісами.

2 ПРОЄКТУВАННЯ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО ЗАСОБУ ІoT-МЕТЕОСТАНЦІЇ НА БАЗІ АСЕВОТТ QE011

2.1 Функційні та нефункційні вимоги до програмно-апаратного засобу ІoT-метеостанції

Проєктування програмно-апаратного комплексу передбачає чітке визначення сукупності вимог, які забезпечують його коректне функціонування, надійність експлуатації та відповідність поставленим технічним і інженерним завданням. Формування вимог є одним із найважливіших етапів розробки, оскільки саме на їх основі здійснюється вибір апаратної платформи, периферійних модулів, програмних засобів та архітектури майбутньої системи. У випадку розроблюваної метеостанції вимоги охоплюють як функціональні можливості пристрою, так і нефункційні характеристики, що визначають якість його роботи в реальних умовах експлуатації.

До основних функціональних можливостей метеостанції належить регулярне автоматизоване опитування підключених цифрових та аналогових датчиків навколишнього середовища. Система повинна працювати у безперервному режимі та із заданою періодичністю виконувати зчитування інформації з усіх вимірювальних модулів. До складу контрольованих параметрів належать температура навколишнього повітря, відносна вологість, атмосферний тиск, рівень освітленості, інтенсивність ультрафіолетового випромінювання, швидкість вітру, наявність опадів та концентрація дрібнодисперсних частинок PM2.5 у повітрі. Реалізація комплексного моніторингу дозволяє формувати повне уявлення про поточний стан навколишнього середовища та забезпечує високу інформативність системи.

Отримані від датчиків значення повинні проходити первинну обробку засобами мікроконтролера. На цьому етапі виконується перевірка коректності даних, усунення випадкових похибок вимірювання, фільтрація аномальних значень та приведення інформації до єдиного формату. Необхідність такої

					КВРКІ 022093.22.02.87 ПЗ	Арк. 18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обробки обумовлена можливим впливом електромагнітних завад, нестабільності живлення або короткочасних зовнішніх факторів, що можуть призводити до спотворення показників сенсорів. Використання алгоритмів попередньої обробки забезпечує підвищення достовірності отриманих результатів та покращує якість подальшого аналізу даних.

Наступною важливою функцією системи є локальне відображення актуальної інформації на OLED-дисплеї. Наявність власного засобу візуалізації дозволяє користувачу оперативно отримувати доступ до результатів вимірювання без використання додаткових пристроїв. На екран повинні виводитися основні метеорологічні параметри, а також службова інформація щодо стану системи. Відображення даних у режимі реального часу значно підвищує зручність використання розробленого пристрою та дозволяє контролювати стан атмосфери безпосередньо в місці встановлення метеостанції.

Важливою функціональною вимогою є підтримка бездротового мережевого з'єднання. Для цього використовується вбудований Wi-Fi-модуль мікроконтролера ESP32, який забезпечує підключення пристрою до локальної мережі та мережі Інтернет. Система повинна виконувати автоматичне встановлення з'єднання після ввімкнення живлення та підтримувати його протягом усього часу роботи. У разі втрати зв'язку має здійснюватися автоматичне повторне підключення без втручання користувача.

Окремою функцією є формування та структурування масивів телеметричних даних. Отримана інформація повинна бути організована у зручний формат для подальшої передачі мережею. Для цього виміряні параметри групуються у структуровані набори даних, що можуть використовуватися для обміну інформацією із зовнішніми сервісами або програмними застосунками. Такий підхід забезпечує масштабованість системи та створює можливість інтеграції з хмарними платформами моніторингу.

Окрім стандартного набору можливостей, архітектура програмно-апаратного комплексу розширюється шляхом інтеграції із зовнішніми

інформаційними сервісами. Основним напрямком такого розширення є використання відкритого програмного інтерфейсу сервісу OpenMeteo для отримання актуальної метеорологічної інформації. Завдяки підтримці HTTP-запитів та обробці відповідей у форматі JSON пристрій отримує можливість завантажувати прогноз погоди для заданого регіону та аналізувати зміни атмосферних умов у часовій перспективі.

Інтеграція із сервісом OpenMeteo дозволяє не лише отримувати прогнозні значення температури, вологості, атмосферного тиску та швидкості вітру, а й виконувати порівняння між локально вимірними параметрами та офіційними метеорологічними даними. Такий підхід підвищує практичну цінність розробленої системи та дозволяє оцінювати точність роботи встановлених сенсорів. Крім того, користувач отримує можливість одночасно переглядати поточні показники навколишнього середовища та прогнозовані зміни погоди, що значно розширює інформаційні можливості метеостанції.

Додатковою функціональною можливістю є реалізація системи попереджень. У випадку перевищення встановлених граничних значень температури, ультрафіолетового випромінювання, рівня забруднення повітря або швидкості вітру система може формувати відповідні повідомлення для користувача. Такий механізм дозволяє оперативно реагувати на потенційно небезпечні зміни погодних умов та підвищує практичну корисність пристрою.

Нефункційні вимоги визначають якісні характеристики програмно-апаратного комплексу та встановлюють обмеження щодо його роботи. Одним із ключових критеріїв є висока надійність функціонування системи. Програмне забезпечення повинно забезпечувати стабільну роботу протягом тривалого часу без необхідності ручного перезапуску або втручання користувача. Особлива увага приділяється обробці виняткових ситуацій, пов'язаних із втратою мережевого з'єднання, помилками отримання даних від датчиків або збоями при взаємодії із зовнішніми сервісами.

Не менш важливою вимогою є продуктивність системи. Обчислювальні ресурси мікроконтролера повинні бути достатніми для одночасного виконання операцій зі зчитування даних із датчиків, оновлення інформації на дисплеї, обробки мережевих запитів та аналізу отриманих відповідей від віддалених серверів. При цьому затримки в роботі системи мають бути мінімальними та не впливати на точність вимірювань.

Важливе значення має модульність програмної архітектури. Програмний код повинен бути структурований у вигляді окремих логічних модулів, кожен із яких відповідає за виконання конкретного набору функцій. Подібний підхід значно спрощує процес супроводу програмного забезпечення, дозволяє швидко вносити зміни до окремих підсистем та забезпечує можливість подальшого розширення функціональності без суттєвого перепроєктування всієї системи.

До нефункційних вимог також належать вимоги щодо енергоефективності. Оскільки перспективним напрямком розвитку проєкту є використання автономного живлення від сонячної панелі та акумуляторної батареї, програмне забезпечення повинно раціонально використовувати апаратні ресурси мікроконтролера. Для цього передбачається оптимізація частоти опитування датчиків, зменшення кількості мережевих запитів та використання енергозберігаючих режимів роботи за відсутності активних операцій.

Конструкція апаратної частини повинна забезпечувати безпечну експлуатацію електронних компонентів та їх захист від механічних пошкоджень. Усі модулі мають бути надійно закріплені всередині корпусу, а електричні з'єднання повинні виключати можливість короткого замикання або випадкового від'єднання під час роботи. Додатково враховується необхідність захисту від впливу статичної електрики та зовнішніх факторів навколишнього середовища.

Таким чином, сформований комплекс функціональних та нефункційних вимог визначає загальну архітектуру розроблюваної метеостанції, забезпечує її стабільну роботу, високу інформативність та можливість подальшого розширення

функціональних можливостей відповідно до потреб користувачів і перспектив розвитку системи.

2.2 Основні компоненти системи

2.2.1 Контролер ESP32

Який є центральним керуючим елементом розробленої метеостанції. Саме цей пристрій виконує збір інформації з усіх підключених датчиків, обробку отриманих даних та керування периферійними модулями системи.

ESP32 обрано для реалізації проєкту завдяки високій продуктивності, низькому енергоспоживанню та наявності вбудованих модулів Wi-Fi і Bluetooth. Контролер має достатню кількість цифрових та аналогових входів і виходів для одночасного підключення великої кількості датчиків. Отримані від датчиків дані обробляються програмою та виводяться на OLED-дисплей, а також можуть передаватися через бездротову мережу.

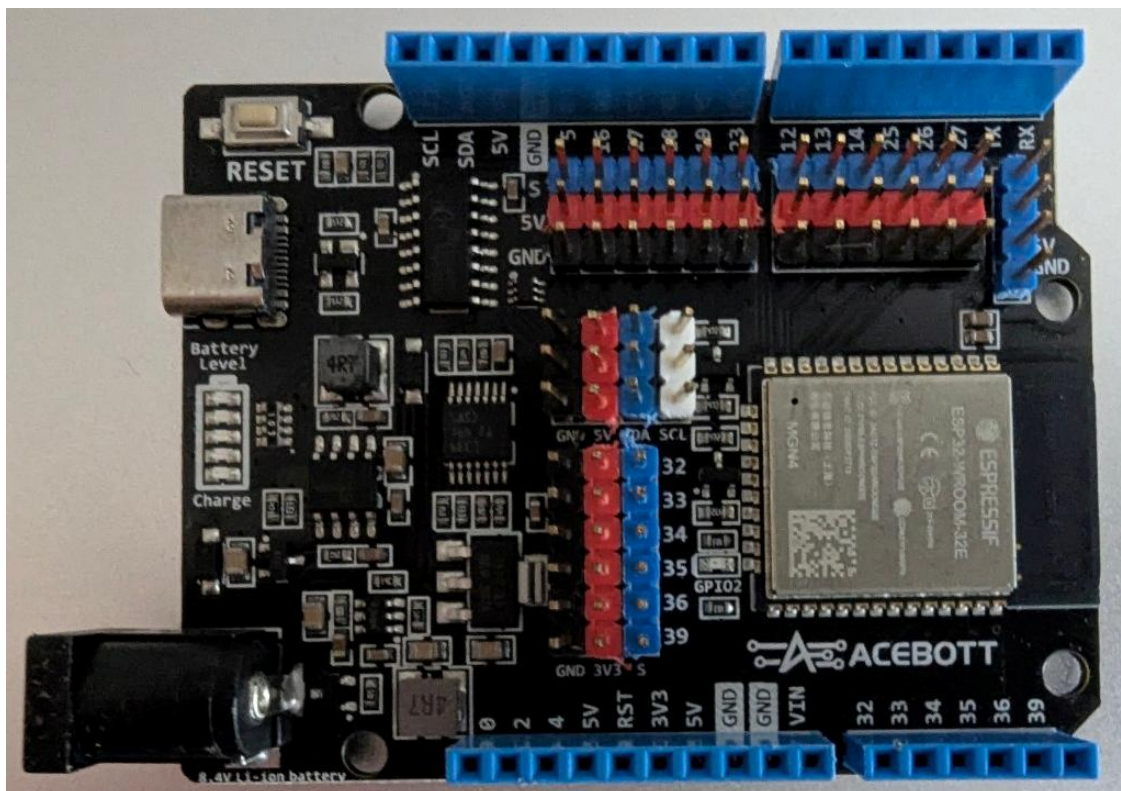


Рисунок 2.1 – Мікроконтролер ESP32

2.2.2 ESP32 плата розширення

Основне призначення плати розширення полягає у забезпеченні зручного доступу до всіх контактів мікроконтролера та спрощенні монтажу електронної системи. Використання безпосередньо виводів ESP32 часто ускладнює підключення великої кількості датчиків через обмежений простір та значну кількість з'єднувальних провідників. Плата розширення усуває цю проблему, надаючи окремі роз'єми для підключення живлення, сигнальних ліній та периферійних модулів.

Застосування даного компонента дозволяє підвищити надійність електричних з'єднань, зменшити ймовірність помилок під час монтажу та спростити процес обслуговування системи. Крім того, використання плати розширення забезпечує більш акуратне компонування електронних вузлів усередині корпусу метеостанції.

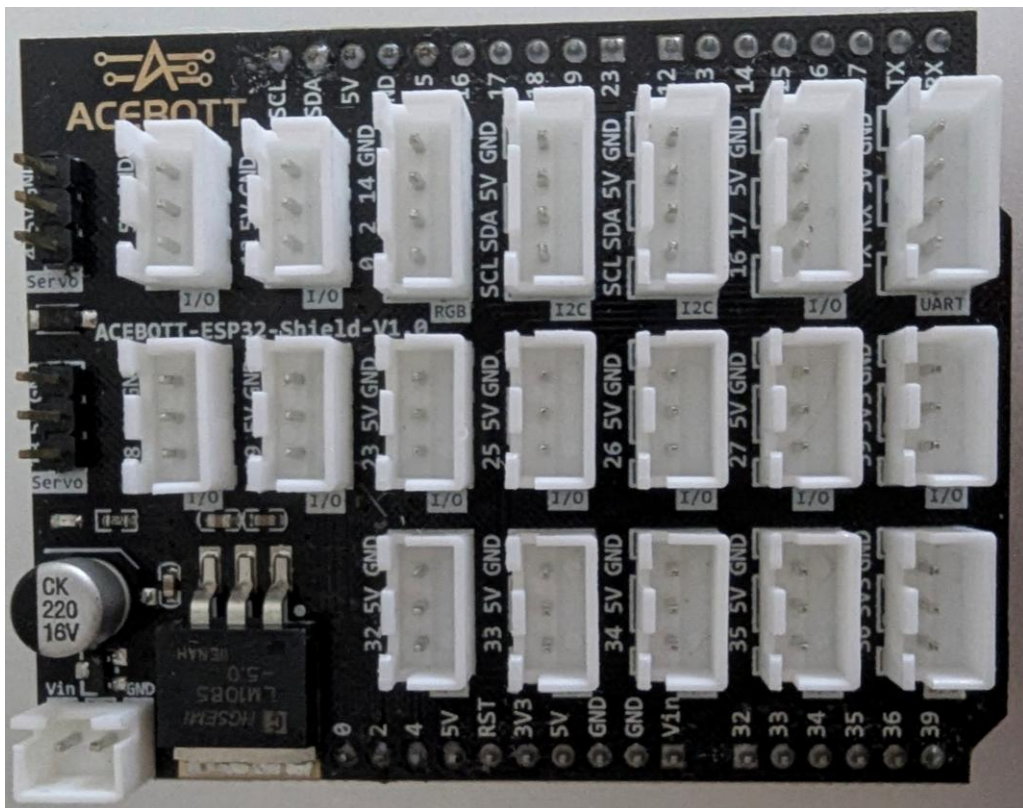


Рисунок. 2.2 – Плата розширення для ESP32

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2.2.3 OLED-дисплей

Основною причиною використання OLED-дисплея є його висока контрастність, низьке енергоспоживання та можливість роботи через інтерфейс I2C, що дозволяє використовувати лише два сигнальні проводи для підключення. На дисплеї відображаються значення температури, вологості, атмосферного тиску, рівня ультрафіолетового випромінювання, швидкості вітру та інших параметрів навколишнього середовища.

Використання дисплея дозволяє користувачу оперативно отримувати інформацію про стан навколишнього середовища без необхідності підключення до комп'ютера або мобільного пристрою.



Рисунок. 2.3 – OLED-дисплей SSD1306

2.3 Датчики моніторингу навколишнього середовища

2.3.1 Датчик температури та вологості DHT11

Даний датчик призначений для вимірювання температури повітря та відносної вологості навколишнього середовища. Усередині пристрою знаходяться

терморезистор для вимірювання температури та ємнісний сенсор для визначення вологості.

Використання DHT11 у метеостанції дозволяє контролювати мікроклімат навколишнього середовища. Отримані значення можуть застосовуватися для оцінки комфортності погодних умов та подальшого аналізу кліматичних змін.

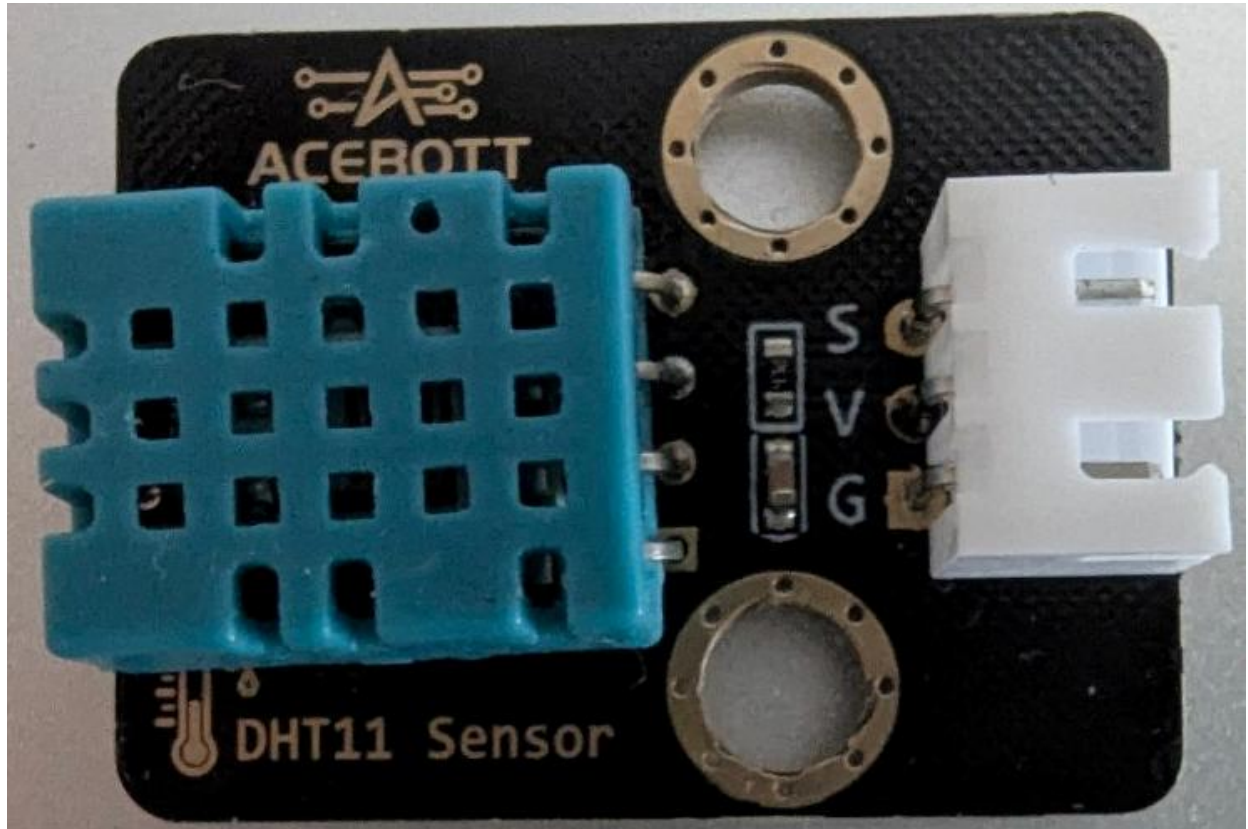


Рисунок. 2.4 – Датчик температури та вологості DHT11

2.3.2 Датчик вібрації SW-18010P

Принцип роботи датчика ґрунтується на зміні електричного контакту між внутрішніми елементами конструкції під час виникнення вібрацій або різких поштовхів. Усередині корпусу розташована пружина та контактний механізм, які замикають або розмикають електричне коло при механічному впливі.

У розробленій метеостанції датчик вібрації може використовуватися для виявлення сильних механічних коливань конструкції, спричинених поривами

					КВРКІ 022093.22.02.87 ПЗ	Арк. 25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вітру, ударами або іншими зовнішніми впливами. Також він може виконувати функцію додаткового контролю стійкості конструкції під час експлуатації на відкритому повітрі.

Використання датчика дозволяє підвищити інформативність системи та забезпечити моніторинг додаткових факторів навколишнього середовища, які можуть впливати на роботу метеостанції.

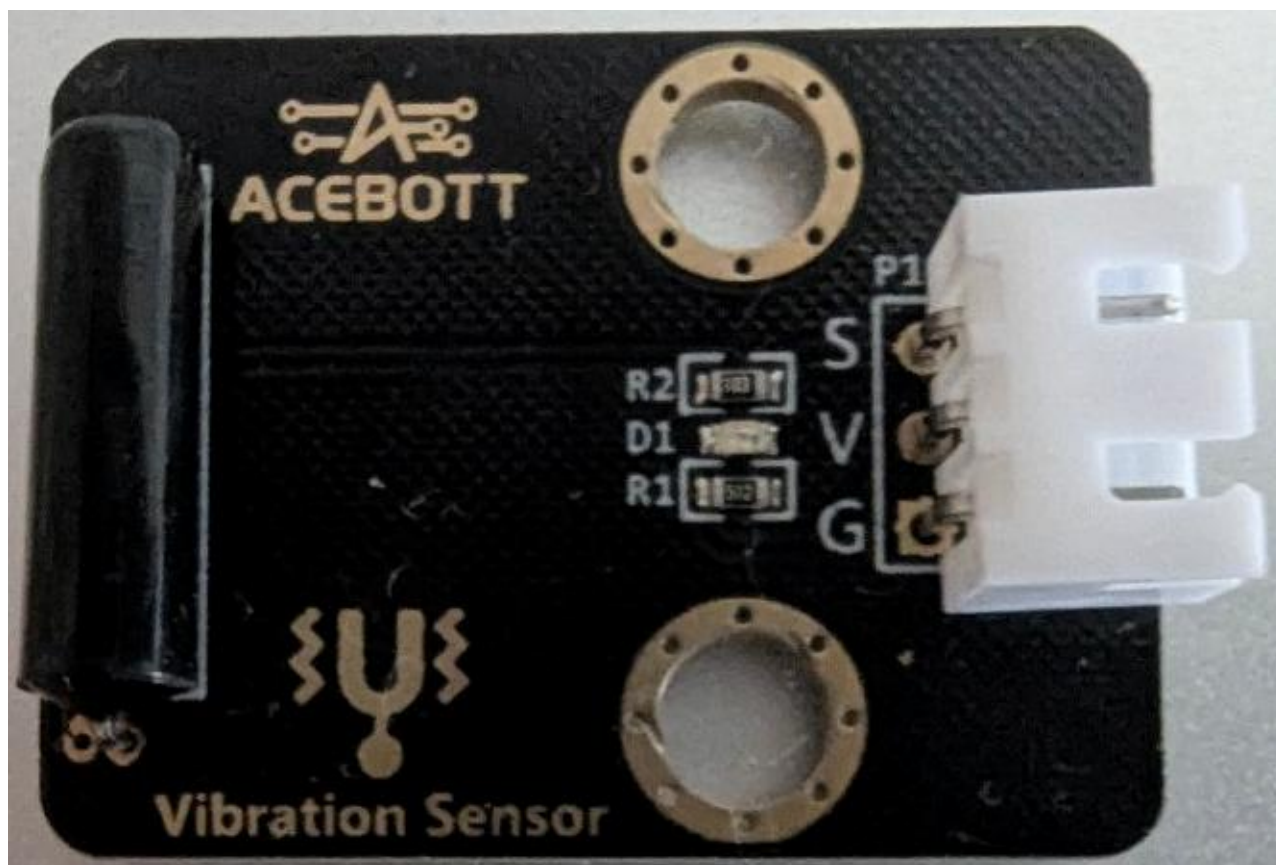


Рисунок. 2.5 – Датчик вібрації SW-18010P

2.3.3 Ультрафіолетовий датчик

Даний модуль використовується для вимірювання інтенсивності ультрафіолетового випромінювання сонця. Контроль рівня UV-випромінювання є важливим для оцінки безпечності перебування людини на відкритому повітрі.

У метеостанції датчик використовується для розрахунку UV-індексу. У випадку перевищення допустимих значень система може попереджати

					КВРКІ 022093.22.02.87 ПЗ	Арк. 26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

користувача про необхідність використання засобів захисту від сонячного випромінювання.

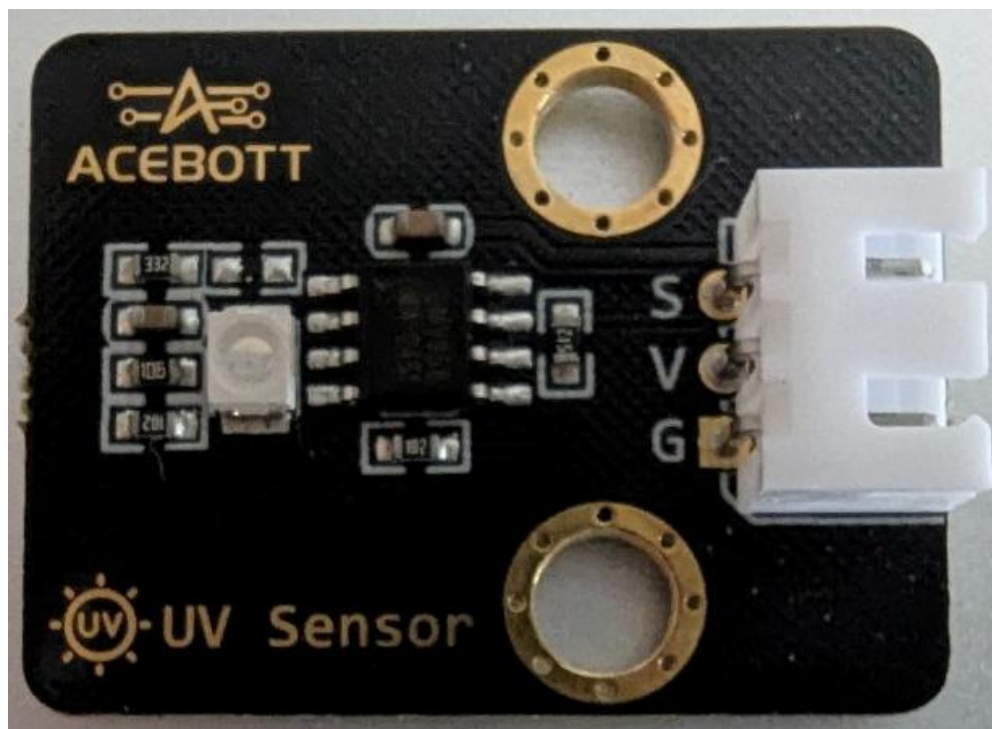


Рисунок. 2.6 – Датчик ультрафіолетового випромінювання

2.3.4 Фоторезистор / датчик освітленості

Принцип роботи датчика базується на зміні електричного опору залежно від інтенсивності світлового потоку, що потрапляє на його чутливий елемент. Зі збільшенням рівня освітленості опір фоторезистора зменшується, а зі зниженням освітлення, навпаки, зростає. Завдяки такій залежності стає можливим визначення поточного рівня освітленості шляхом вимірювання відповідних електричних параметрів. Отримані значення надходять до мікроконтролера, де виконуються їх подальша обробка та аналіз.

Використання датчика освітленості надає можливість здійснювати контроль природного освітлення навколишнього середовища в режимі реального часу. Зібрана інформація може застосовуватися для оцінювання погодних умов, оскільки рівень освітлення безпосередньо пов'язаний із хмарністю, часом доби та

іншими атмосферними явищами. Крім того, результати вимірювань можуть використовуватися для автоматизації роботи допоміжних систем, зокрема для керування штучним освітленням, зміни режимів функціонування окремих пристроїв або формування повідомлень про різкі зміни зовнішніх умов.

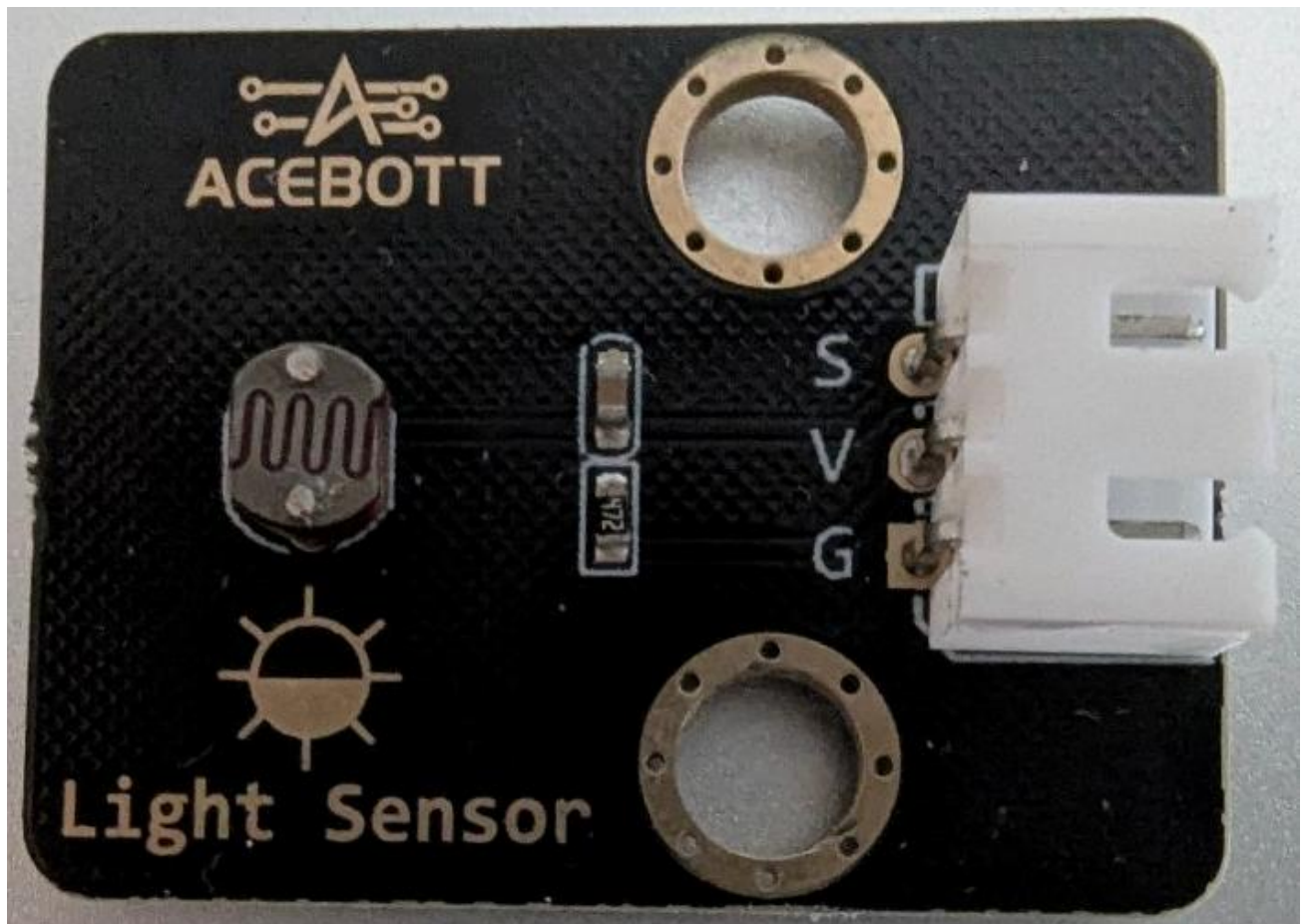


Рисунок. 2.7 – Датчик освітленості

2.3.5 Датчик дощу

Основним завданням датчика є виявлення наявності опадів. Його робота ґрунтується на зміні електричного опору між провідними доріжками при потраплянні води на поверхню сенсорної пластини.

У складі метеостанції датчик використовується для своєчасного визначення початку випадання опадів і контролю поточних погодних умов. На основі отриманих даних система може оперативно інформувати користувача про появу

					КвРКІ 022093.22.02.87 ПЗ	Арк. 28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дощу, а також використовувати ці відомості під час формування загальної оцінки стану навколишнього середовища. Крім того, інформація про наявність опадів може застосовуватися спільно з показниками вологості повітря та атмосферного тиску для підвищення точності аналізу погодної ситуації.



Рисунок. 2.8 – Датчик дощу

2.3.6 Барометр BMP280

Датчик атмосферного тиску призначений для визначення поточного значення тиску повітря з високою точністю та стабільністю вимірювань. Принцип його роботи ґрунтується на використанні чутливого елемента, параметри якого змінюються під впливом навколишнього атмосферного тиску. Отримані зміни перетворюються на цифрові значення, які можуть бути оброблені мікроконтролером та використані для подальшого аналізу.

Використання такого датчика у складі IoT-метеостанції надає можливість здійснювати постійний контроль атмосферного тиску та відстежувати його зміни в режимі реального часу. Значення тиску є одним із найважливіших метеорологічних параметрів, оскільки безпосередньо пов'язане з процесами формування погодних умов. Аналіз отриманих показників дозволяє виявляти тенденції зміни погоди та прогнозувати можливі атмосферні явища.

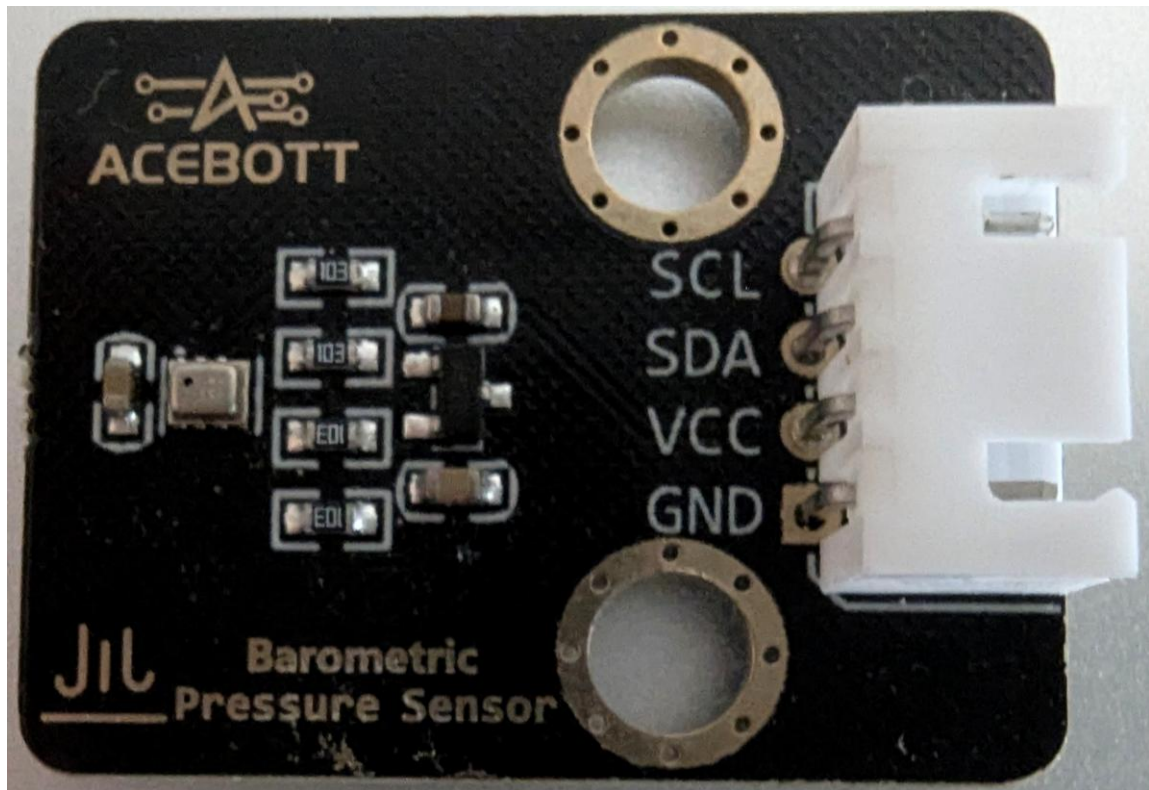


Рисунок. 2.9 – Датчик атмосферного тиску BMP280

2.3.7 Датчик якості повітря D01 PM2.5

Робота датчика базується на оптичному методі визначення концентрації дрібнодисперсних частинок у повітрі. У середині модуля розташовані джерело світла та фоточутливий приймач, між якими проходить потік повітря. Під час руху пилових частинок через вимірювальну камеру відбувається розсіювання світла, інтенсивність якого фіксується фотоприймачем. На основі отриманих даних

електронна схема пристрою виконує розрахунок концентрації частинок та формує відповідні цифрові значення для подальшої обробки мікроконтролером.

Застосований принцип вимірювання забезпечує достатню точність визначення рівня забруднення повітря та дозволяє оперативно реагувати на зміни його якості. Особливу увагу приділяють частинкам класу PM2.5, розмір яких не перевищує 2,5 мікрметра. Через малі розміри такі частинки можуть тривалий час перебувати в атмосфері та проникати глибоко в дихальну систему людини, що робить їх одним із найбільш небезпечних компонентів повітряного забруднення.



Рисунок. 2.10 – Датчик концентрації частинок PM2.5

2.3.8 Анемометр / датчик швидкості вітру

онструкція складається з трьох чашок, закріплених на осі обертання. Під дією повітряного потоку чашки починають обертатися, а швидкість їх обертання пропорційна швидкості вітру.

Використання анемометра в складі метеостанції забезпечує можливість безперервного моніторингу вітрових характеристик навколишнього середовища. Отримані дані можуть використовуватися для оцінки погодних умов, аналізу змін кліматичних параметрів та прогнозування можливих несприятливих атмосферних явищ. Крім того, контроль швидкості вітру дозволяє своєчасно виявляти сильні пориви та попереджати користувача про потенційно небезпечні погодні умови. Застосування анемометра підвищує інформативність метеостанції та забезпечує отримання більш повної картини стану атмосфери.



Рисунок. 2.11 – Анемометр для вимірювання швидкості вітру

2.4 Датчики моніторингу навколишнього середовища

2.4.1 СервопривідMG90 9G

Сервопривід являє собою електромеханічний пристрій, що забезпечує точне керування кутом повороту виконавчого механізму. У середині сервопривода розташований електродвигун постійного струму, редуктор та система зворотного зв'язку, яка дозволяє підтримувати задане положення вала з високою точністю.

У даному проєкті сервопривід застосовується для зміни кута нахилу сонячної панелі залежно від положення джерела освітлення. Завдяки цьому забезпечується максимально ефективно використання сонячної енергії протягом дня та підвищується ефективність заряджання акумуляторної батареї.

Використання сервопривода дозволяє реалізувати функцію автоматичного стеження за сонцем, що є одним із ключових елементів енергетичної автономності розробленої метеостанції.



Рисунок. 2.12 – Сервопривід MG90 9G

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2.4.2 Сонячна панель

Сонячна панель перетворює енергію сонячного випромінювання в електричну енергію, яка використовується для заряджання акумуляторів та живлення системи.

Використання сонячної панелі забезпечує автономність роботи метеостанції та дозволяє встановлювати її у віддалених місцях без підключення до електромережі.

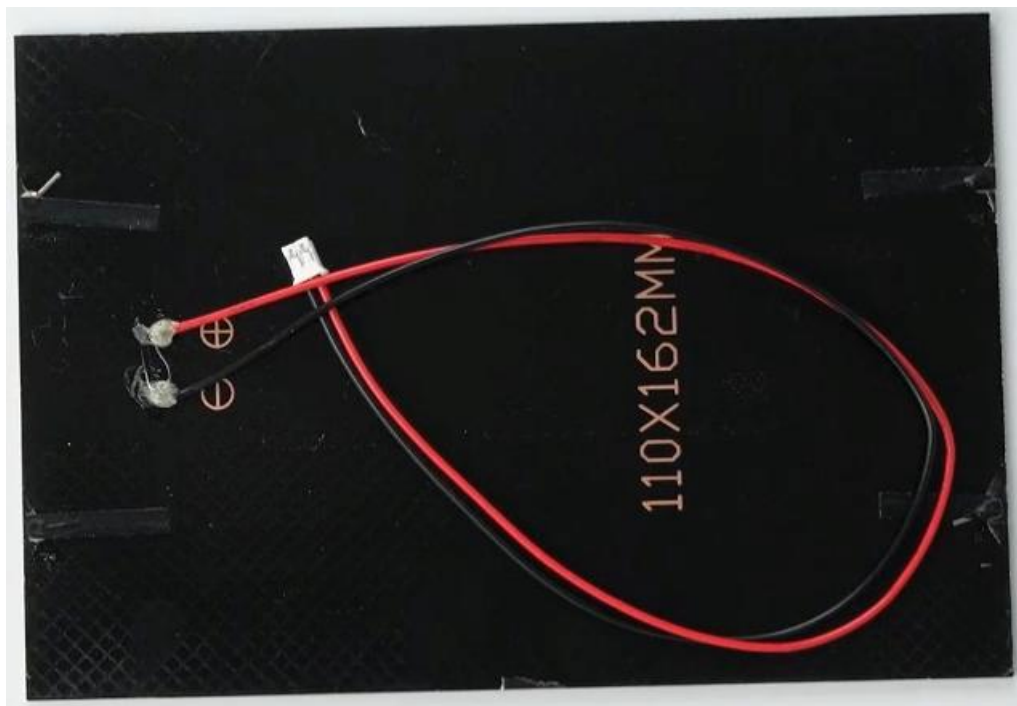


Рисунок. 2.13 – Сонячна панель

2.4.3 Модуль заряджання

Основним завданням модуля є забезпечення правильного режиму заряджання літій-іонних акумуляторів типу 18650. Пристрій контролює величину зарядного струму та напруги, запобігаючи перезарядженню, надмірному розрядженню та перегріванню акумуляторів.

					КВРКІ 022093.22.02.87 ПЗ	Арк. 34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У складі метеостанції модуль заряджання виконує роль проміжної ланки між сонячною панеллю та акумуляторною батареєю. Енергія, отримана від фотоелектричного перетворювача, надходить до зарядного модуля, де проходить стабілізацію та контроль параметрів заряджання. Після цього енергія накопичується в акумуляторах і використовується для живлення всіх електронних компонентів системи.

Використання зарядного модуля є необхідною умовою для безпечної та довготривалої експлуатації акумуляторної батареї. Крім того, він забезпечує можливість автономної роботи метеостанції за відсутності зовнішнього джерела живлення.

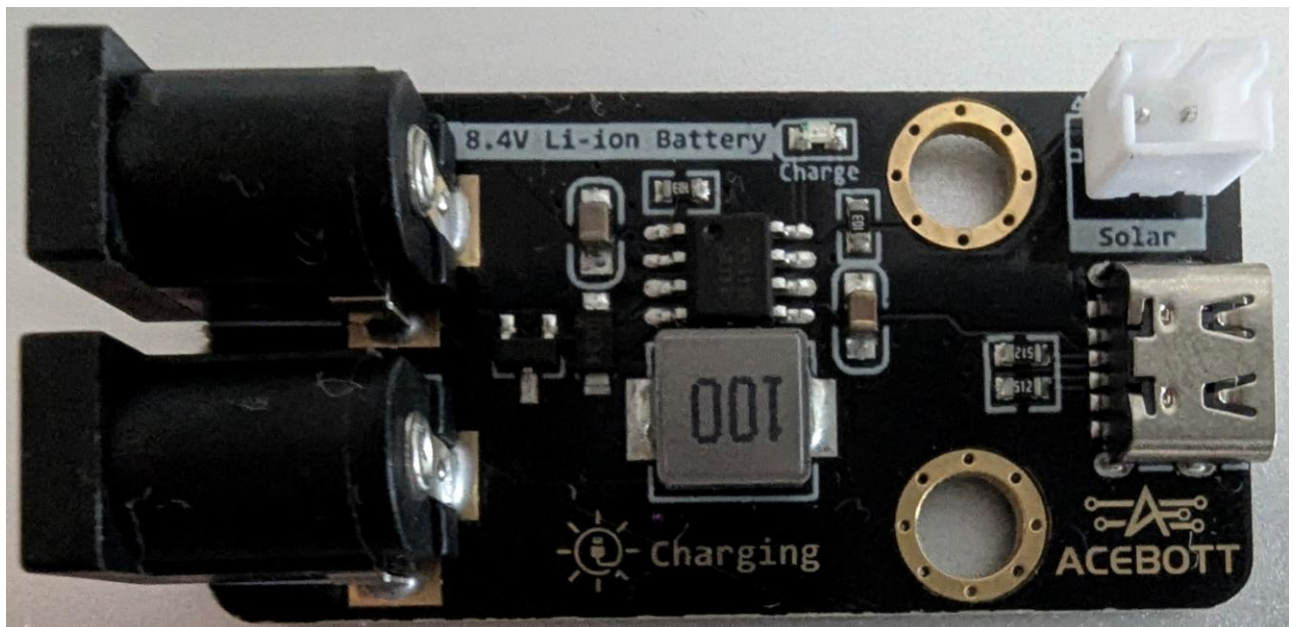


Рисунок. 2.14 – Модуль заряджання акумуляторних батарей

2.4.4 Акумуляторна батарея на елементах 18650

Акумулятори використовуються для накопичення електричної енергії, що виробляється сонячною панеллю. Наявність акумуляторної батареї дозволяє забезпечити безперервну роботу метеостанції у нічний час та за відсутності сонячного освітлення.



Рисунок. 2.15 – Акумуляторна батарея типу 18650

2.5 Блок-схеми алгоритмів роботи

Блок-схема відображає узагальнений алгоритм роботи програмно-апаратного засобу IoT-метеостанції на базі ESP32, що поєднує функції збору даних із сенсорів, мережевої взаємодії, локального відображення інформації та передачі даних у веб-інтерфейс. На початковому етапі здійснюється запуск мікроконтролера, після чого виконується ініціалізація всіх підключених апаратних компонентів системи. До них належать датчики температури та вологості, атмосферного тиску, концентрації пилових частинок PM2.5, ультрафіолетового випромінювання, освітленості, швидкості вітру, а також додаткові модулі, що забезпечують розширений моніторинг навколишнього середовища. Паралельно ініціалізується OLED-дисплей, який використовується для локального виведення інформації, та налаштовуються параметри роботи сервісних задач.

Після завершення етапу ініціалізації система переходить до ключового блоку, пов'язаного з підключенням до бездротової мережі Wi-Fi. Цей етап є

критично важливим, оскільки забезпечує можливість подальшої взаємодії пристрою з віддаленими сервісами, зокрема веб-сервером та зовнішніми API. У разі успішного підключення система отримує мережеву адресу, що дозволяє здійснювати доступ до веб-інтерфейсу через локальну мережу. Після встановлення з'єднання активується HTTP-сервер, який обробляє запити від клієнтів та надає доступ до структурованих даних у форматі JSON, а також до HTML-інтерфейсу.

Далі система переходить до основного циклу роботи, який базується на безперервному опитуванні датчиків та обробці отриманої інформації. У цьому циклі відбувається зчитування значень температури та вологості з датчика DHT11, атмосферного тиску з барометричного модуля, рівня пилових частинок PM2.5, а також інших параметрів навколишнього середовища. Отримані значення проходять первинну обробку, яка включає перетворення сирих даних у зручний для використання формат, фільтрацію та підготовку до подальшого використання в різних підсистемах.

Окремим важливим етапом є формування єдиного набору даних, який одночасно використовується для двох основних напрямків: відображення на локальному OLED-дисплеї та передачі у веб-інтерфейс. Для веб-частини дані упаковуються у формат JSON, що дозволяє браузеру періодично отримувати актуальну інформацію через HTTP-запити та оновлювати інтерфейс без перезавантаження сторінки. Такий підхід забезпечує динамічний моніторинг стану навколишнього середовища в режимі реального часу.

Паралельно з основним циклом у системі працюють фонові задачі, реалізовані через механізм FreeRTOS. Ці задачі дозволяють розділити навантаження між різними ядрами мікроконтролера та забезпечити стабільність роботи системи. Одна з таких задач відповідає за безперервне оновлення даних із датчика PM2.5, інша контролює рівень вібрації, а додаткова задача періодично звертається до зовнішнього сервісу Open-Meteo для отримання актуальних погодних даних. Використання зовнішнього API дозволяє доповнити локальні

вимірювання прогнозною інформацією, що розширює функціональні можливості системи.

Отримані зовнішні дані інтегруються в загальний набір параметрів і використовуються для відображення альтернативного режиму інформації на OLED-дисплеї. Дисплей працює у режимі автоматичного перемикавання екранів, де почергово відображаються локальні сенсорні дані та дані з інтернету. Це дозволяє користувачу отримувати як фактичні вимірювання, так і зовнішній прогноз без необхідності додаткових пристроїв.

Завершальним елементом системи є веб-інтерфейс, який виконує роль засобу моніторингу та керування. Через нього користувач може переглядати всі зібрані параметри у зручному вигляді, а також керувати окремими елементами системи, зокрема сервоприводом. Регулярне оновлення даних у браузері забезпечується за рахунок періодичних HTTP-запитів до API метеостанції, що гарантує актуальність відображуваної інформації.

У результаті вся система функціонує як єдиний інтегрований програмно-апаратний комплекс, який поєднує сенсорний рівень, рівень обробки даних, мережевий рівень та рівень візуалізації. Це дозволяє реалізувати повноцінну IoT-метеостанцію з можливістю локального та віддаленого моніторингу параметрів навколишнього середовища.

Проведений аналіз блок-схеми (рис.2.16) дозволив визначити основні етапи функціонування програмно-апаратного засобу IoT-метеостанції та особливості взаємодії її складових компонентів. Реалізований алгоритм забезпечує послідовне виконання процесів ініціалізації обладнання, збору та обробки даних, мережевої взаємодії, а також локального й віддаленого відображення отриманої інформації.

Запропонована структура програмного забезпечення забезпечує стабільну роботу системи в режимі реального часу та дозволяє ефективно поєднати дані від локальних сенсорів із зовнішніми метеорологічними сервісами. Використання багатозадачності, веб-технологій та бездротового зв'язку сприяє підвищенню

функціональності розробленої IoT-метеостанції та створює можливості для подальшого розширення її можливостей.

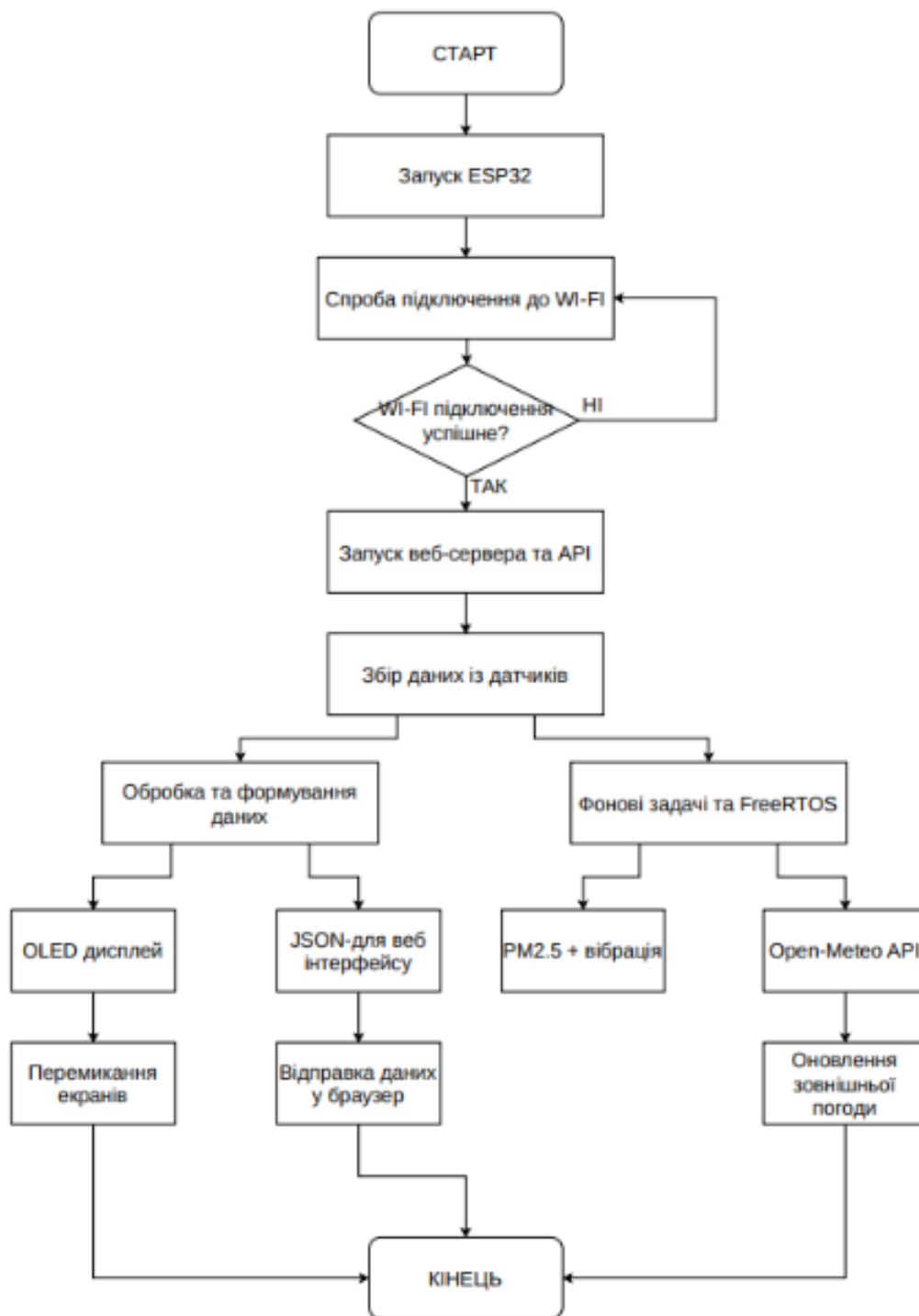


Рисунок. 2.16 – Алгоритм роботи програмної-системи

2.6 Висновки до другого розділу

Блок-схема відображає узагальнений алгоритм роботи програмно-апаратного засобу IoT-метеостанції на базі ESP32, що поєднує функції збору даних із сенсорів, мережевої взаємодії, локального відображення інформації та передачі даних у веб-інтерфейс. На початковому етапі здійснюється запуск мікроконтролера, після чого виконується ініціалізація всіх підключених апаратних компонентів системи. До них належать датчики температури та вологості, атмосферного тиску, концентрації пилових частинок PM2.5, ультрафіолетового випромінювання, освітленості, швидкості вітру, а також додаткові модулі, що забезпечують розширений моніторинг навколишнього середовища. Паралельно ініціалізується OLED-дисплей, який використовується для локального виведення інформації, та налаштовуються параметри роботи сервісних задач.

Після завершення етапу ініціалізації система переходить до ключового блоку, пов'язаного з підключенням до бездротової мережі Wi-Fi. Цей етап є критично важливим, оскільки забезпечує можливість подальшої взаємодії пристрою з віддаленими сервісами, зокрема веб-сервером та зовнішніми API. У разі успішного підключення система отримує мережеву адресу, що дозволяє здійснювати доступ до веб-інтерфейсу через локальну мережу. Після встановлення з'єднання активується HTTP-сервер, який обробляє запити від клієнтів та надає доступ до структурованих даних у форматі JSON, а також до HTML-інтерфейсу.

Далі система переходить до основного циклу роботи, який базується на безперервному опитуванні датчиків та обробці отриманої інформації. У цьому циклі відбувається зчитування значень температури та вологості з датчика DHT11, атмосферного тиску з барометричного модуля, рівня пилових частинок PM2.5, а також інших параметрів навколишнього середовища. Отримані значення проходять первинну обробку, яка включає перетворення сирих даних у зручний

					КВРКІ 022093.22.02.87 ПЗ	Арк. 40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

для використання формат, фільтрацію та підготовку до подальшого використання в різних підсистемах.

Окремим важливим етапом є формування єдиного набору даних, який одночасно використовується для двох основних напрямків: відображення на локальному OLED-дисплеї та передачі у веб-інтерфейс. Для веб-частини дані упаковуються у формат JSON, що дозволяє браузеру періодично отримувати актуальну інформацію через HTTP-запити та оновлювати інтерфейс без перезавантаження сторінки. Такий підхід забезпечує динамічний моніторинг стану навколишнього середовища в режимі реального часу.

Паралельно з основним циклом у системі працюють фонові задачі, реалізовані через механізм FreeRTOS. Ці задачі дозволяють розділити навантаження між різними ядрами мікроконтролера та забезпечити стабільність роботи системи. Одна з таких задач відповідає за безперервне оновлення даних із датчика PM2.5, інша контролює рівень вібрації, а додаткова задача періодично звертається до зовнішнього сервісу Open-Meteo для отримання актуальних погодних даних. Використання зовнішнього API дозволяє доповнити локальні вимірювання прогнозою інформацією, що розширює функціональні можливості системи.

Отримані зовнішні дані інтегруються в загальний набір параметрів і використовуються для відображення альтернативного режиму інформації на OLED-дисплеї. Дисплей працює у режимі автоматичного перемикавання екранів, де по чергово відображаються локальні сенсорні дані та дані з інтернету. Це дозволяє користувачу отримувати як фактичні вимірювання, так і зовнішній прогноз без необхідності додаткових пристроїв.

Завершальним елементом системи є веб-інтерфейс, який виконує роль засобу моніторингу та керування. Через нього користувач може переглядати всі зібрані параметри у зручному вигляді, а також керувати окремими елементами системи, зокрема сервоприводом. Регулярне оновлення даних у браузері

					КВРКІ 022093.22.02.87 ПЗ	Арк. 41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечується за рахунок періодичних HTTP-запитів до API метеостанції, що гарантує актуальність відображуваної інформації.

У результаті вся система функціонує як єдиний інтегрований програмно-апаратний комплекс, який поєднує сенсорний рівень, рівень обробки даних, мережевий рівень та рівень візуалізації. Це дозволяє реалізувати повноцінну IoT-метеостанцію з можливістю локального та віддаленого моніторингу параметрів навколишнього середовища. Для забезпечення надійного функціонування програмно-апаратного засобу передбачено механізми безперервного оновлення інформації та контролю стану окремих модулів.

Реалізований алгоритм має модульну структуру, що спрощує подальше вдосконалення та розширення функціональних можливостей системи. За потреби до складу метеостанції можуть бути додані нові сенсори або засоби керування без суттєвих змін у загальній архітектурі програмного забезпечення. Такий підхід підвищує гнучкість розробленого рішення та створює передумови для його використання в різних системах моніторингу навколишнього середовища, побудованих на основі технологій Інтернету речей.

					КВРКІ 022093.22.02.87 ПЗ	Арк. 42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО ЗАСОБУ ІoT-МЕТЕОСТАНЦІЇ НА БАЗІ АСЕВОТТ QE011

3.1 Реалізація апаратної частини

Апаратна частина розробленої метеостанції реалізована на базі мікроконтролера ESP32 та набору периферійних датчиків, які забезпечують комплексний моніторинг параметрів навколишнього середовища. Структура системи побудована за модульним принципом, що дозволяє легко виконувати модернізацію, заміну окремих компонентів або розширення функціональних можливостей без суттєвих змін у загальній архітектурі пристрою.

На рис. 3.1 наведено схему підключення основних компонентів апаратної частини метеостанції. Центральним елементом системи виступає мікроконтролер ESP32, встановлений на плату розширення ACEBOTT Expansion Board. Використання плати розширення дозволило суттєво спростити монтаж електронних компонентів, зменшити кількість додаткових з'єднань та забезпечити швидке підключення датчиків через стандартні інтерфейсні роз'єми.

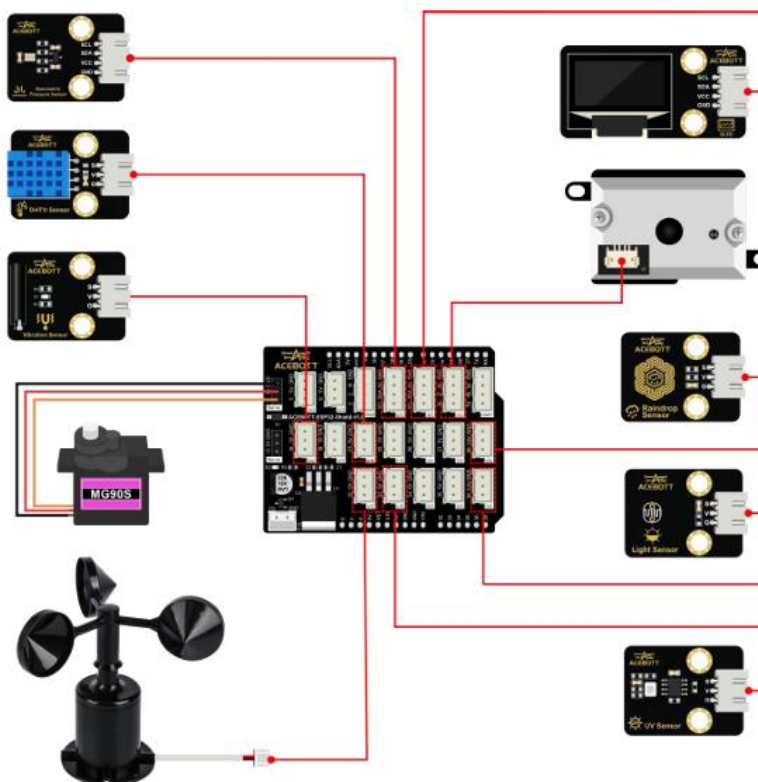


Рисунок. 3.1 – Схема підключення компонентів метеостанції

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

У процесі роботи ESP32 виконує функції збору інформації з усіх підключених сенсорів, первинної обробки отриманих даних, відображення інформації на OLED-дисплеї, обміну даними через мережу Wi-Fi та керування сервоприводом системи орієнтації сонячної панелі.

Для контролю параметрів мікроклімату використовується цифровий датчик температури та вологості DHT11. Підключення датчика здійснюється до цифрового входу GPIO23 мікроконтролера. Датчик забезпечує періодичне вимірювання температури повітря та відносної вологості, після чого результати передаються до ESP32 через однопровідний цифровий інтерфейс. Отримані значення використовуються для відображення на дисплеї та передачі через веб-інтерфейс користувача.

Для контролю атмосферного тиску використовується модуль BMP280, який підключений через інтерфейс I2C. Використання цифрового інтерфейсу дозволяє мінімізувати вплив перешкод та забезпечити високу точність вимірювання. Дані про атмосферний тиск використовуються для оцінювання поточних погодних умов та прогнозування їх можливих змін.

Вимірювання рівня ультрафіолетового випромінювання виконується за допомогою UV-сенсора, який підключений до входу GPIO33. Отримані дані дозволяють оцінювати інтенсивність сонячного випромінювання та можуть використовуватися для визначення безпечності перебування людини на відкритому повітрі.

Для визначення концентрації дрібнодисперсних частинок пилу використовується датчик PM2.5. Згідно з програмним кодом датчик підключений до контактів GPIO16 та GPIO17. Під час роботи мікроконтролер регулярно отримує дані про рівень забруднення повітря та відображає їх як на локальному OLED-дисплеї, так і у веб-інтерфейсі системи моніторингу.

Важливим елементом метеостанції є анемометр, призначений для вимірювання швидкості вітру. Підключення анемометра здійснюється до контакту GPIO32. Принцип роботи пристрою базується на реєстрації частоти

обертання чашкового механізму під впливом повітряного потоку. Отримані імпульси перетворюються мікроконтролером у значення швидкості вітру та використовуються для формування загальної картини погодних умов.

Контроль атмосферних опадів реалізований за допомогою датчика дощу, підключеного до аналогового входу GPIO39. Під час потрапляння води на сенсорну пластину змінюється електричний опір між провідними доріжками, що дозволяє визначати наявність або відсутність дощу. Отримані дані враховуються при оцінюванні поточного стану навколишнього середовища.

Для визначення рівня освітленості використовується фоторезистивний датчик світла, підключений до аналогового входу GPIO36. Датчик дозволяє визначати інтенсивність природного освітлення та використовується як один із параметрів аналізу погодних умов.

Додатковим елементом системи є датчик вібрації SW-18010P, підключений до цифрового входу GPIO18. Його основним призначенням є фіксація механічних коливань конструкції, які можуть виникати внаслідок сильних поривів вітру або зовнішніх механічних впливів. Інформація від датчика дозволяє контролювати стійкість конструкції метеостанції під час експлуатації.

Для відображення інформації використовується OLED-дисплей SSD1306 з роздільною здатністю 128×64 пікселі. Дисплей підключений через інтерфейс I2C та забезпечує локальне відображення результатів вимірювання. У програмному забезпеченні реалізовано два режими відображення інформації, які автоматично змінюються кожні п'ять секунд. Перший режим відображає показники локальних датчиків, тоді як другий демонструє погодні інформацію, отриману з мережевого сервісу Open-Meteo.

Окремою складовою апаратної частини є сервопривід MG90S, підключений до контакту GPIO4. Сервопривід використовується для реалізації механізму зміни положення сонячної панелі. Керування здійснюється безпосередньо з веб-інтерфейсу користувача через спеціальний повзунок. Після отримання відповідної

команди мікроконтролер змінює кут повороту сервопривода в діапазоні від 0 до 180 градусів.

Особливістю розробленої системи є використання бездротового інтерфейсу Wi-Fi, інтегрованого безпосередньо в мікроконтролер ESP32. Після підключення до локальної мережі пристрій автоматично запускає вбудований веб-сервер, який працює на порту 80. Через веб-інтерфейс користувач може в режимі реального часу переглядати показники всіх підключених датчиків, а також керувати сервоприводом дистанційно за допомогою будь-якого пристрою, підключеного до локальної мережі.

Значною перевагою реалізованої апаратної архітектури є поєднання локального моніторингу фізичних параметрів із можливістю отримання інформації із зовнішніх мережевих джерел. Для цього ESP32 періодично виконує HTTP-запити до сервісу Open-Meteo та отримує актуальні дані про температуру та швидкість вітру для обраної географічної локації. Це дозволяє порівнювати локальні показники датчиків із офіційними метеорологічними даними та підвищує інформативність системи.

Таким чином, реалізована апаратна частина забезпечує комплексний моніторинг стану навколишнього середовища, підтримує локальне та віддалене відображення інформації, а також створює основу для подальшого розширення функціональних можливостей метеостанції шляхом підключення нових датчиків або виконавчих механізмів.

3.2 Реалізація програмного забезпечення мікроконтролера

Програмне забезпечення метеостанції розроблене мовою програмування C++ із використанням середовища Arduino IDE та набору спеціалізованих бібліотек для роботи з периферійними пристроями ESP32. Основним завданням програмного забезпечення є збір інформації з підключених датчиків, обробка отриманих даних, відображення результатів на локальному дисплеї, організація

веб-інтерфейсу користувача та взаємодія із зовнішнім погодним сервісом Open-Meteo.

Архітектура програмного забезпечення побудована за модульним принципом. Кожен функціональний вузол системи реалізований окремим програмним модулем, що значно спрощує подальшу модернізацію та супровід програмного коду. Загальна структура програмного забезпечення складається з модуля ініціалізації обладнання, модуля збору даних із сенсорів, модуля відображення інформації на OLED-дисплеї, модуля мережевої взаємодії та модуля веб-сервера.

Після подачі живлення виконується функція `setup()`, яка здійснює початкову конфігурацію всіх апаратних ресурсів системи. На даному етапі виконується запуск послідовного порту для діагностики роботи пристрою, підключення сервоприводу MG90S, налаштування GPIO-виводів та ініціалізація всіх підключених датчиків. Також виконується запуск OLED-дисплея та налаштування параметрів його роботи.

Одним із перших етапів роботи програми є встановлення бездротового з'єднання з локальною мережею Wi-Fi. Для цього використовується функція `connectWifi()`, яка здійснює підключення до точки доступу за попередньо визначеними параметрами мережі. У випадку відсутності з'єднання програма виконує декілька повторних спроб підключення. Після успішного встановлення зв'язку ESP32 отримує власну IP-адресу, яка надалі використовується для доступу до веб-інтерфейсу системи.

Після підключення до мережі запускається вбудований HTTP-сервер. Сервер працює на стандартному мережевому порту 80 та забезпечує віддалений доступ до інформації, зібраної метеостанцією. Для цього створюються два основні маршрути: головна сторінка веб-інтерфейсу та маршрут передачі поточних показників датчиків у форматі JSON.

Особливістю реалізованого програмного забезпечення є використання багатозадачності FreeRTOS, яка вбудована в архітектуру ESP32. Для підвищення

продуктивності системи створено декілька незалежних задач, що виконуються паралельно на різних ядрах мікроконтролера.

Перша фонові задача призначена для безперервного опитування датчика концентрації пилу PM2.5. Вона виконується циклічно через невеликі проміжки часу та оновлює актуальні значення забрудненості повітря.

Друга фонові задача відповідає за моніторинг датчика вібрації SW-18010P. У випадку виявлення механічних коливань система встановлює відповідний прапорець тривоги, який надалі може відображатися користувачеві через веб-інтерфейс або OLED-дисплей.

Третя задача забезпечує отримання погодної інформації із зовнішнього сервісу Open-Meteo. Через кожні 15 хвилин мікроконтролер формує HTTP-запит до сервера Open-Meteo та отримує актуальні дані про температуру повітря і швидкість вітру для заданих географічних координат. Відповідь сервера надходить у форматі JSON та обробляється за допомогою бібліотеки ArduinoJson. Отримані значення зберігаються у внутрішніх змінних і надалі використовуються для відображення інформації користувачеві.

Основний цикл програми реалізований у функції loop(). Його головним завданням є керування відображенням інформації на OLED-дисплеї. Для підвищення інформативності було реалізовано два режими роботи дисплея, які автоматично змінюються через кожні п'ять секунд.

У першому режимі відображаються показники локальних сенсорів, зокрема температура, відносна вологість повітря, атмосферний тиск, концентрація частинок PM2.5, рівень освітленості, інтенсивність ультрафіолетового випромінювання, швидкість вітру, стан датчика дощу та датчика вібрації. Також на дисплеї виводиться поточна IP-адреса пристрою або повідомлення про відсутність мережевого з'єднання.

Другий режим відображення призначений для демонстрації погодної інформації, отриманої з мережевого сервісу Open-Meteo. На екрані виводиться

температура навколишнього середовища та швидкість вітру для обраного населеного пункту.

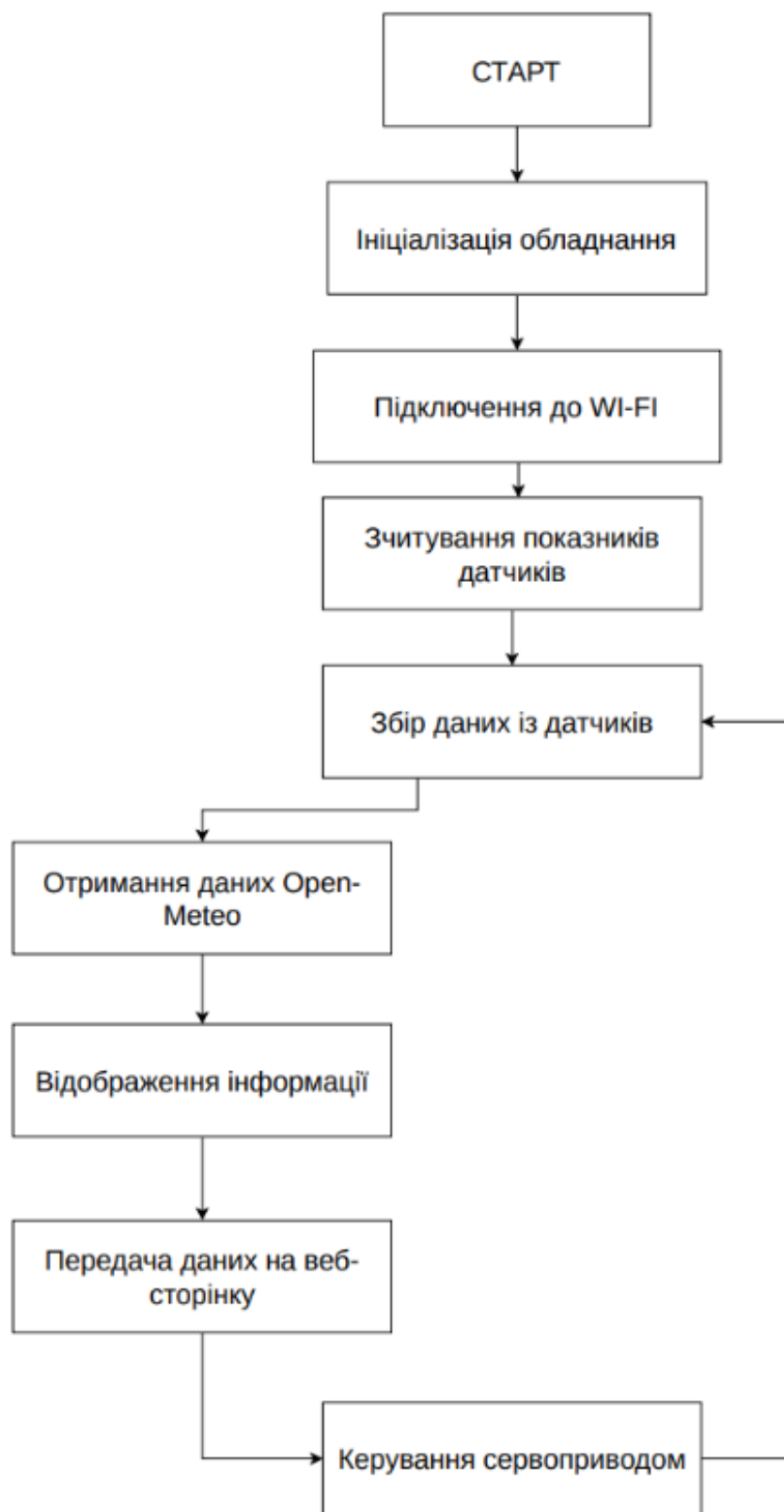


Рисунок. 3.2 – Алгоритм роботи мікроконтролера

Важливим елементом програмного забезпечення є модуль веб-сервера. При зверненні браузера до маршруту /data виконується збір інформації з усіх підключених датчиків та формування JSON-пакета. До складу пакета входять значення температури, вологості, атмосферного тиску, рівня освітленості, швидкості вітру, ультрафіолетового випромінювання, концентрації PM2.5, стану датчика дощу та датчика вібрації. Окрім локальних показників, у пакет також включаються дані прогнозу погоди, отримані від сервісу Open-Meteo.

На стороні користувача реалізований веб-інтерфейс, створений із використанням технологій HTML, CSS та JavaScript. Веб-сторінка автоматично виконує запити до мікроконтролера через кожні 500 мс та оновлює значення всіх відображених параметрів у режимі реального часу без необхідності перезавантаження сторінки.

Окремим функціональним модулем є система керування сервоприводом MG90S. Через веб-інтерфейс користувач може змінювати положення повзунка, що відповідає необхідному куту повороту. Передане значення надходить до ESP32 через HTTP-запит, після чого виконується команда зміни положення сервоприводу. Такий механізм забезпечує дистанційне керування виконавчим пристроєм без необхідності фізичного доступу до метеостанції.

Для забезпечення стабільної роботи використовується сторожовий таймер Watchdog Timer. Усі фонові задачі періодично надсилають сигнали підтвердження своєї працездатності. У випадку зависання будь-якого програмного модуля система автоматично виконує перезапуск відповідної задачі або всього пристрою, що підвищує надійність функціонування метеостанції в умовах тривалої безперервної експлуатації.

Таким чином, розроблене програмне забезпечення забезпечує комплексне керування всіма апаратними компонентами метеостанції, виконує локальний моніторинг погодних параметрів, отримує інформацію із зовнішніх мережевих джерел та надає користувачеві зручний інтерфейс для перегляду й аналізу отриманих даних.

3.3 Реалізація клієнтського застосунку

Клієнтський застосунок для метеостанції реалізовано у вигляді Android-додатка, написаного мовою Kotlin. Основне призначення програмного рішення полягає у забезпеченні взаємодії з IoT-метеостанцією, отриманні актуальних метеорологічних даних та їх зручному відображенні на екрані мобільного пристрою. Dodatok функціонує як інструмент оперативного моніторингу стану навколишнього середовища та дозволяє отримувати інформацію в реальному часі без необхідності звернення до окремих веб-ресурсів.

Застосунок виконує функцію візуальної панелі моніторингу, що надає користувачу доступ до ключових параметрів навколишнього середовища. Після запуску відображаються показники температури, вологості, атмосферного тиску, концентрації PM2.5, рівня освітленості, швидкості вітру, а також додаткові зовнішні погодні дані, отримані з мережевих сервісів. Таким чином забезпечується поєднання локальних вимірювань із зовнішньою інформацією в єдиному інтерфейсі, що підвищує інформативність системи.

Інтерфейс користувача реалізовано із застосуванням Jetpack Compose, що дозволяє формувати екрани без використання XML-розмітки, безпосередньо в Kotlin-кодi. Головний екран WeatherDashboard містить верхню панель із назвою системи, поточною IP-адресою метеостанції та елементами керування, тоді як основна частина інтерфейсу представлена набором інформаційних карток для відображення окремих параметрів.

Для структурування даних використовується клас WeatherData, у якому визначено всі параметри, що передаються від метеостанції. До них належать як базові метеорологічні показники, так і додаткові зовнішні значення, зокрема температура та швидкість вітру. Така модель забезпечує уніфіковану обробку інформації та спрощує її подальше відображення в інтерфейсі застосунку.

Логіка отримання та оновлення даних реалізована у WeatherViewModel, який відповідає за збереження стану застосунку, обробку відповідей сервера та

організацію періодичного опитування метеостанції. Після запуску додатка ViewModel автоматично ініціює циклічні HTTP-запити з інтервалом близько 2 секунд, що забезпечує актуальність відображуваної інформації.

Взаємодія з метеостанцією здійснюється через її IP-адресу в локальній мережі шляхом формування HTTP-запиту до ендпоінта data, який повертає дані у форматі JSON. Для реалізації мережевої взаємодії використовується бібліотека Retrofit, що автоматизує процес отримання та перетворення відповіді у об'єкт WeatherData.

У разі успішного отримання даних інтерфейс користувача оновлюється з відображенням актуальних значень параметрів. Якщо з'єднання з метеостанцією відсутнє або IP-адресу введено некоректно, система формує повідомлення про помилку та інформує користувача про проблему підключення.

Окремим функціональним елементом є екран налаштувань, доступ до якого здійснюється через іконку шестерні. У цьому розділі користувач може змінити IP-адресу пристрою, після чого застосунок оновлює конфігурацію та повторно ініціює процес отримання даних з нового джерела. Також передбачено можливість швидкого перепідключення до метеостанції у випадку втрати зв'язку, що підвищує стабільність роботи системи.

У структурі проекту виділено основні програмні компоненти, серед яких MainActivity для запуску застосунку, WeatherDashboard для побудови інтерфейсу, WeatherCard для відображення окремих показників, WeatherViewModel для керування логікою даних, WeatherApiService для організації мережевих запитів та WeatherData як модель даних. Така модульна архітектура забезпечує простоту супроводу коду та можливість подальшого розширення функціональності без суттєвих змін у структурі проекту.

У результаті клієнтський застосунок забезпечує повноцінну взаємодію з IoT-метеостанцією, що дозволяє здійснювати дистанційний моніторинг параметрів навколишнього середовища в режимі реального часу через мобільний пристрій. Це підвищує зручність використання системи та розширює можливості.

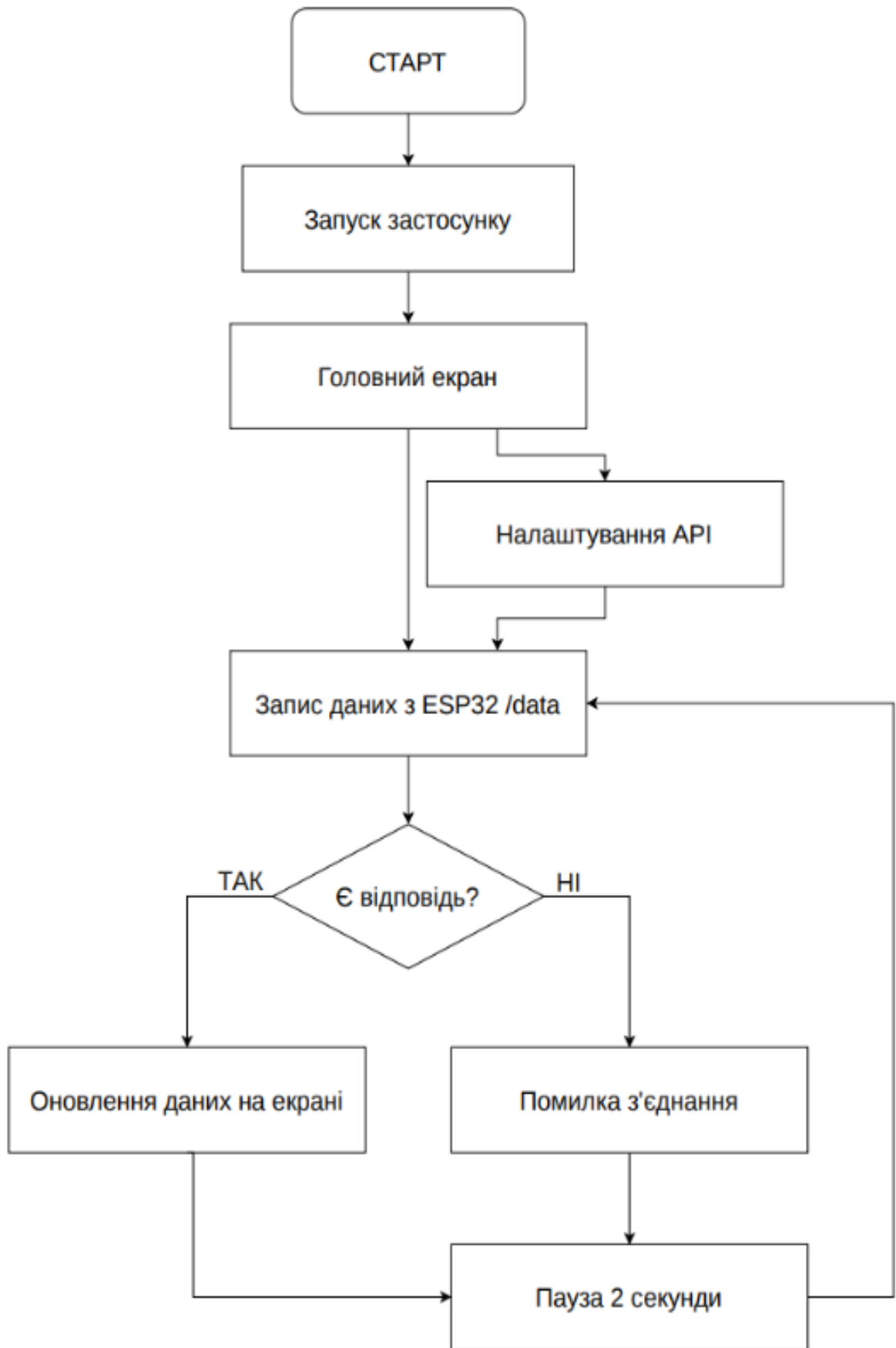


Рисунок. 3.3 – Алгоритм роботи користувацького застосунку

3.4 Інтеграція з погодним API

Інтеграція з погодним API у цьому проєкті використовується для розширення можливостей метеостанції, щоб крім локальних вимірювань отримувати ще й зовнішні погодні дані з інтернету. У результаті користувач бачить не тільки показники з датчиків, а й додаткову інформацію про загальну погодні ситуацію, яка надходить із онлайн-сервісу. У застосунку ці значення відображаються як Web температура та Web вітер.

Уся логіка роботи з API винесена на сторону ESP32, тому Android-додаток не звертається напряму до погодних сервісів. Його задача значно простіша: він надсилає один HTTP-запит до метеостанції за адресою /data і отримує вже готовий набір даних. У цьому наборі одночасно присутні як локальні показники з датчиків, так і зовнішні значення, які попередньо отримані мікроконтролером.

Структура відповіді описується класом WeatherData, де окремо визначені поля для зовнішніх даних. Для цього використовуються змінні ext_temp, яка відповідає за зовнішню температуру, та ext_wind, що зберігає швидкість вітру з погодного сервісу. Після отримання відповіді ці значення автоматично стають доступними для відображення в інтерфейсі. У візуальній частині застосунку ці дані винесені в окремий блок із назвою “Глобальний прогноз (Open-Meteo)”, щоб чітко відрізнити їх від локальних показників метеостанції. Такий поділ допомагає користувачу зрозуміти, які дані виміряні безпосередньо пристроєм, а які отримані з інтернету.

Загальний принцип роботи виглядає послідовно та логічно. Спочатку ESP32 зчитує дані з підключених датчиків, після цього виконується запит до зовнішнього погодного API, наприклад Open-Meteo, для отримання додаткових параметрів. Далі всі значення об'єднуються в один JSON-об'єкт, який передається клієнтському застосунку. Android-додаток періодично звертається до цього ендпоінта, отримує оновлені дані та відображає їх у вигляді карток на екрані.

Важливою перевагою такої архітектури є те, що мобільний застосунок залишається максимально простим і не перевантаженим логікою роботи з зовнішніми сервісами. Він не потребує знання API-ключів, координат чи правил обробки запитів до погодних платформ, оскільки вся ця частина реалізована на рівні ESP32.

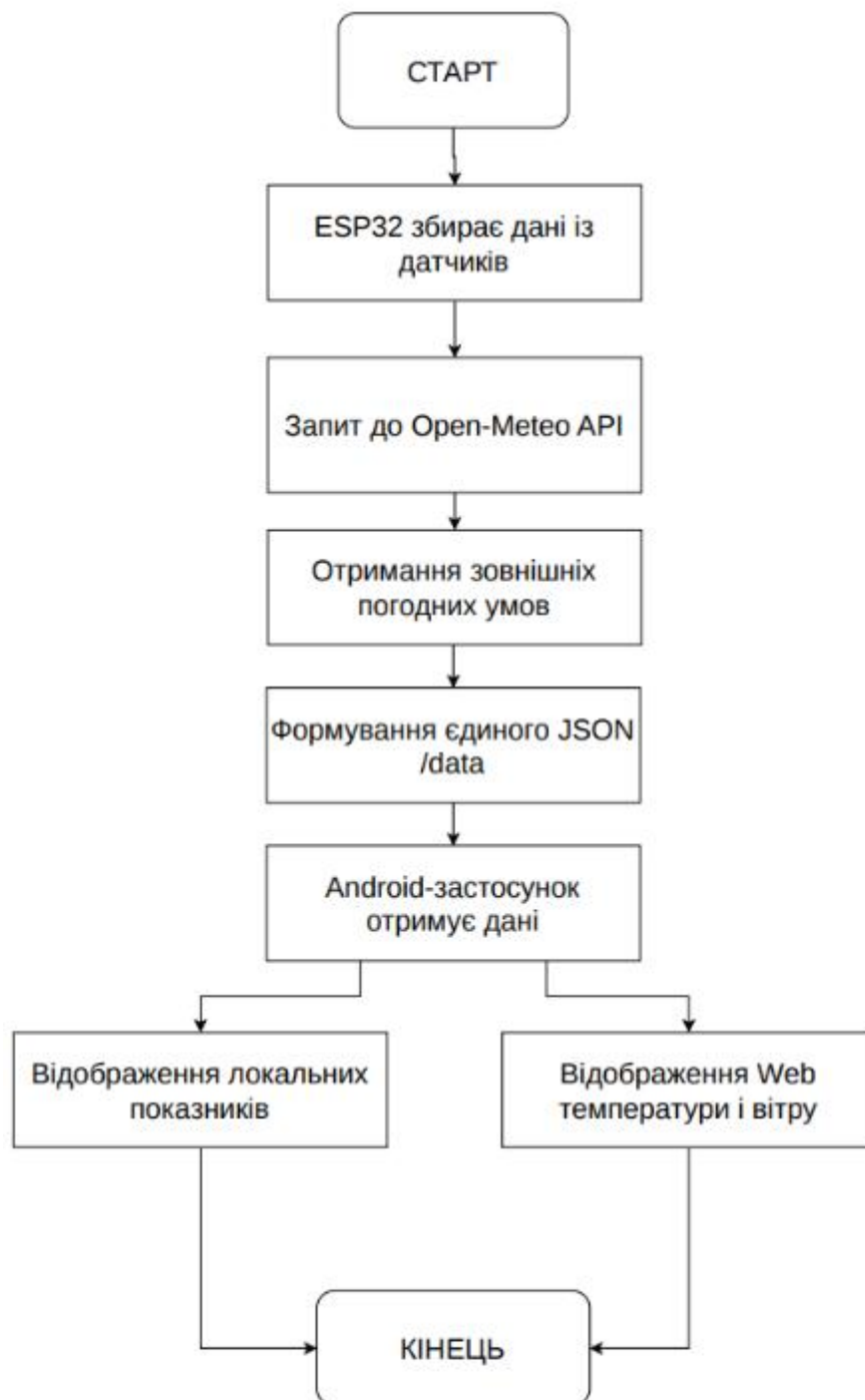


Рисунок. 3.4 – Алгоритм роботи користувацького застосунку

3.5 Аналіз результатів і тестування

Розроблена система метеомоніторингу побудована як єдиний комплекс, що складається з автономної метеостанції та мобільного Android-застосунку для перегляду даних. Основний апаратний модуль виконано у вигляді компактного пристрою, який забезпечує збір і первинну обробку метеорологічної інформації.

Зовнішній вигляд метеостанції представлено на рисунках 3.3 - 3.6 Корпус пристрою має прямокутну форму та виготовлений із дерев'яних панелей, що забезпечує механічний захист електроніки та спрощує її розміщення всередині конструкції. Такий підхід дозволяє поєднати функціональність і зручність обслуговування при відносно простій конструкції.



Рисунок. 3.5 – Розроблена система метеомоніторингу



Рисунок. 3.6 – Розроблена система метеомоніторингу



Рисунок. 3.7 – Розроблена система метеомоніторингу

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КВРКІ 022093.22.02.87 ПЗ

Арк.
57



Рисунок. 3.8 – Розроблена система метеомоніторингу

На верхній частині корпусу встановлено чашковий анемометр, який використовується для визначення швидкості вітру. Його робота базується на обертанні чашок під дією повітряного потоку, де частота обертання прямо пропорційно пов'язана зі швидкістю вітру. Поряд розміщено сонячну панель, яка забезпечує живлення системи та заряджання акумулятора, що дозволяє працювати автономно без постійного підключення до електромережі.

У середині корпусу розташовано мікроконтролер ESP32, який виконує роль центрального обчислювального вузла. До нього підключено набір датчиків, що вимірюють температуру, вологість повітря, атмосферний тиск, рівень освітленості, концентрацію дрібнодисперсних частинок PM2.5 та інші параметри навколишнього середовища. OLED-дисплей, встановлений на передній панелі, використовується для локального відображення отриманих значень у режимі реального часу.

У результаті фізична структура пристрою об'єднує сенсорну частину, блок керування, систему автономного живлення та засоби відображення інформації в єдину функціональну систему.

Після подачі живлення метеостанція переходить у режим ініціалізації, під час якого запускається мікроконтролер ESP32 та перевіряється працездатність підключених датчиків. Далі система встановлює з'єднання з бездротовою мережею Wi-Fi, що є основою для подальшої передачі даних.

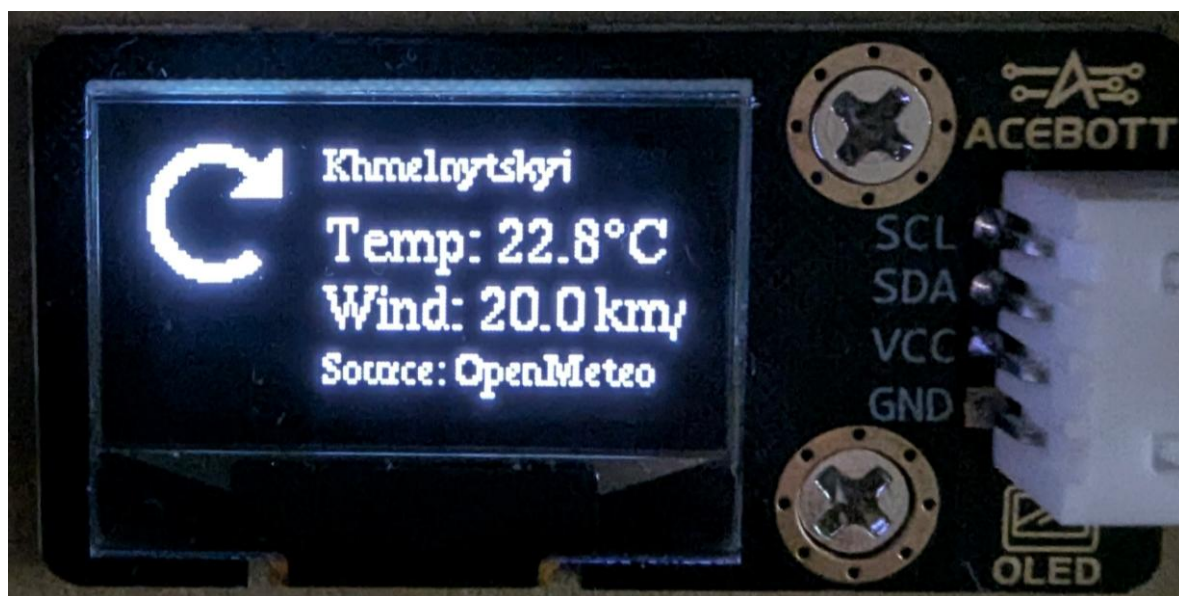


Рисунок. 3.9 – Результати тестування системи

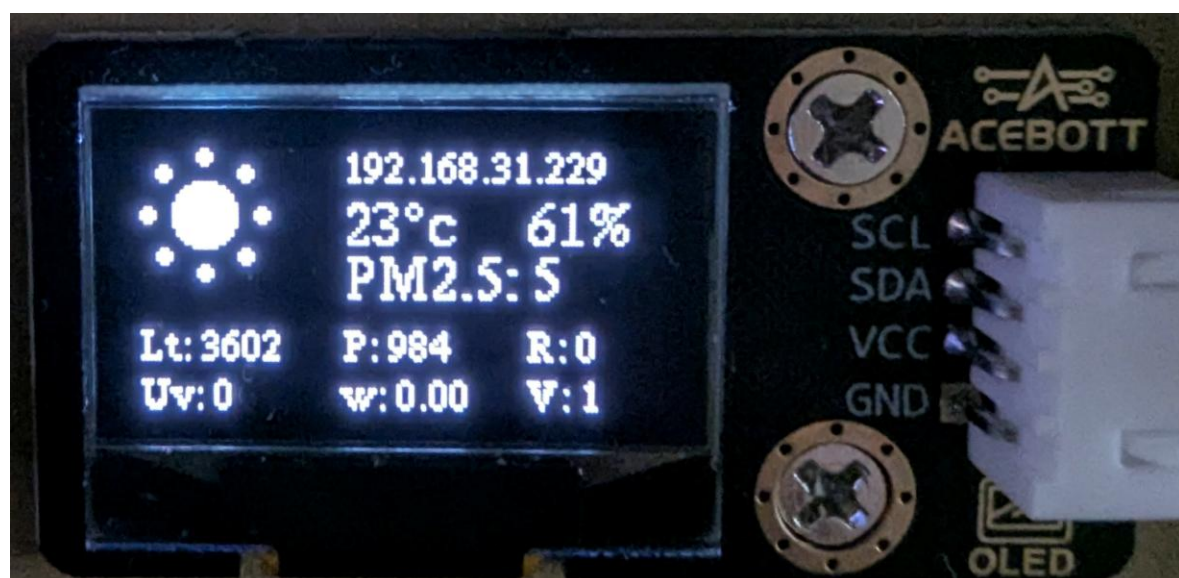


Рисунок. 3.10 – Результати тестування системи

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

У робочому режимі мікроконтролер здійснює циклічне опитування датчиків. Отримані значення температури, вологості, тиску, освітленості, рівня забруднення повітря та швидкості вітру обробляються та одразу виводяться на OLED-дисплей. Це забезпечує користувачу можливість швидко отримувати актуальну інформацію без додаткових пристроїв.

Паралельно з локальною обробкою даних ESP32 створює вебсервер, який надає доступ до вимірних показників через локальну мережу. Мобільний Android-застосунок підключається до цього сервера за IP-адресою та отримує дані у режимі реального часу. Таким чином забезпечується дистанційний моніторинг параметрів навколишнього середовища.

Додатково система інтегрує зовнішній погодні сервіс Open-Meteo, який надає інформацію про глобальні погодні умови та прогноз. Отримані дані об'єднуються з локальними вимірюваннями та використовуються як на дисплеї, так і в мобільному застосунку, що дозволяє порівнювати фактичні та прогнозовані значення.

Для взаємодії з метеостанцією розроблено мобільний застосунок під Android, який виконує функцію візуального інтерфейсу користувача. Його основне завдання полягає у прийомі даних від ESP32 та їх зручному відображенні у вигляді структурованих інформаційних блоків.

На головному екрані відображаються основні параметри метеостанції, зокрема температура, вологість, атмосферний тиск, рівень PM2.5, освітленість та швидкість вітру. Кожен показник подано у вигляді окремої картки, що полегшує сприйняття інформації та підвищує наочність інтерфейсу. Окремим блоком представлено дані глобального прогнозу погоди, отримані з сервісу Open-Meteo. У ньому відображаються зовнішня температура та швидкість вітру, що дозволяє користувачу порівнювати локальні вимірювання з загальними погодними умовами.

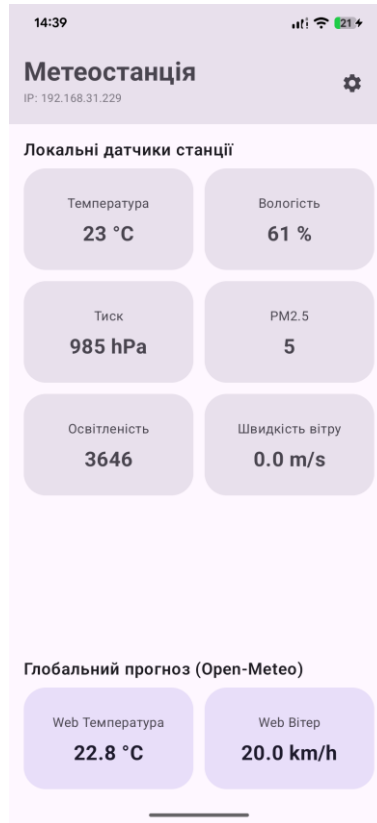


Рисунок. 3.11 – Реалізація Android-застосунку

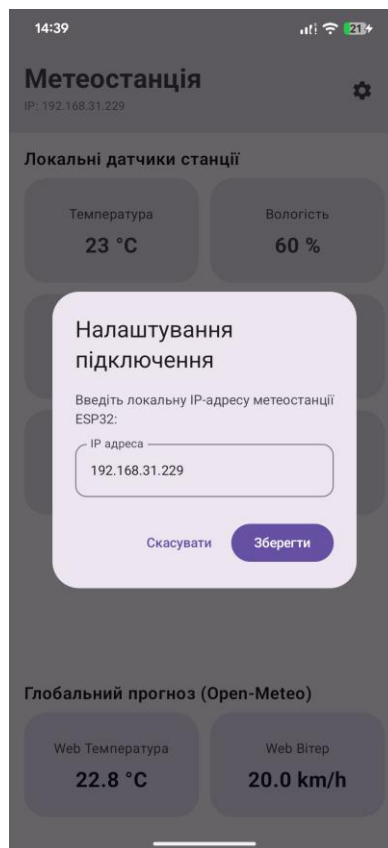


Рисунок. 3.12 – Реалізація Android-застосунку

					КВРКІ 022093.22.02.87 ПЗ	Арк. 61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для налаштування підключення передбачено екран конфігурації, де користувач може змінити IP-адресу метеостанції в локальній мережі. Після внесення змін застосунок автоматично встановлює нове з'єднання та продовжує отримання даних без необхідності перезапуску.

Загалом розроблена система поєднує апаратну та програмну частини в єдиний IoT-комплекс, що забезпечує безперервний моніторинг параметрів навколишнього середовища. Завдяки інтеграції локальних датчиків, мережевих технологій та мобільного застосунку реалізовано зручний доступ до даних як у межах локальної мережі, так і дистанційно. Це дозволяє використовувати систему як у навчальних, так і в практичних задачах моніторингу погоди та екологічного стану середовища.

3.6 Висновок до третього розділу

У третьому розділі було розглянуто програмну реалізацію розробленого програмно-апаратного засобу IoT-метеостанції та особливості його архітектурної побудови. Детально описано структуру програмної частини системи, принципи взаємодії між окремими модулями, а також механізми збору, обробки та передачі даних із сенсорів. Окрему увагу приділено організації мережевої взаємодії на базі мікроконтролера ESP32, яка забезпечує стабільну комунікацію між апаратною частиною системи, локальним вебсервером та клієнтськими пристроями. Такий підхід дозволяє забезпечити чіткий розподіл функціональних задач між компонентами системи та зменшити їх взаємну залежність.

У межах розділу проаналізовано ключові програмні модулі метеостанції, зокрема ініціалізацію апаратних компонентів, роботу з датчиками температури, вологості, атмосферного тиску, освітленості та концентрації пилових частинок PM2.5, а також модулі обробки даних та їх відображення. Окремо розглянуто механізм формування єдиного набору параметрів, який використовується одночасно для OLED-дисплея та веб-інтерфейсу. Також описано реалізацію

фонових задач, які забезпечують паралельне виконання вимірювань і підвищують стабільність роботи системи. Узгоджена взаємодія між модулями дозволяє підтримувати безперервний потік даних від сенсорного рівня до рівня візуалізації.

Запропонована структура програмної частини забезпечує послідовну обробку інформації на всіх етапах роботи системи від отримання сирих даних із датчиків до їх перетворення у зручний для користувача вигляд. Кожен модуль виконує окрему функцію, що дозволяє уникнути надмірної складності коду та спрощує подальше тестування й модернізацію системи. Завдяки цьому окремі частини програми можуть працювати незалежно, що позитивно впливає на загальну гнучкість архітектури. Такий підхід також забезпечує стабільну роботу метеостанції навіть у разі розширення її функціональних можливостей.

Додатково слід відзначити, що реалізована архітектура IoT-метеостанції має модульний характер, що дозволяє у подальшому легко інтегрувати нові сенсори, додаткові сервіси або алгоритми обробки даних без суттєвих змін у вже існуючій структурі. Це підвищує масштабованість системи та робить її придатною для подальшого розвитку в напрямку більш складних погодних та екологічних моніторингових рішень.

У результаті виконаної роботи сформовано цілісну програмно-апаратну систему IoT-метеостанції, яка забезпечує автоматичний збір даних про стан навколишнього середовища, їх обробку та відображення у локальному і віддаленому режимах. Реалізовані механізми мережевої взаємодії, багатопотокової обробки та інтеграції зовнішніх погодних сервісів забезпечують стабільну роботу системи та розширюють її функціональні можливості. Отримані результати підтверджують практичну ефективність розробленого рішення для задач моніторингу погодних умов у режимі реального часу.

					КВРКІ 022093.22.02.87 ПЗ	Арк. 63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У рамках виконання дипломної роботи було проведено комплексне дослідження та реалізацію програмно-апаратного засобу IoT-метеостанції на базі ESP32, призначеного для збору та аналізу метеорологічних параметрів, віддаленого моніторингу стану навколишнього середовища та відображення актуальних даних у веб-інтерфейсі й мобільному застосунку. Дослідження охоплювало аналіз предметної області, вивчення існуючих рішень у сфері погодного моніторингу, проєктування архітектури системи, розробку програмного забезпечення мікроконтролера та клієнтських застосунків, а також тестування працездатності системи в умовах реальної експлуатації.

На етапі аналізу предметної області було визначено основні обмеження наявних рішень, зокрема недостатню автономність, обмежені можливості локального збору даних та відсутність гнучкої інтеграції з мережевими сервісами. На основі цього сформульовано вимоги до розроблюваної системи, серед яких автономність роботи, підтримка великої кількості сенсорів, можливість віддаленого доступу до даних, а також поєднання локальних вимірювань із зовнішніми погодними API для підвищення інформативності.

1. Проаналізовано сучасні IoT-рішення для метеомоніторингу та визначено їх основні функціональні можливості. У результаті дослідження встановлено переваги та недоліки існуючих систем, а також окреслено напрями вдосконалення, пов'язані з підвищенням автономності та розширенням набору вимірюваних параметрів.

2. Досліджено принципи роботи сенсорних модулів, що використовуються для вимірювання температури, вологості, тиску, освітленості, рівня забруднення повітря та швидкості вітру. Розглянуто особливості підключення датчиків до мікроконтролера ESP32 та методи отримання стабільних вимірюваних даних.

3. Розроблено архітектуру програмно-апаратної системи, що базується на модульному підході та забезпечує розподіл функцій між збором даних, їх

					КВРКІ 022093.22.02.87 ПЗ	Арк. 64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обробкою, мережевою взаємодією та візуалізацією. Така структура спрощує масштабування системи та подальше розширення її функціональності.

4. Реалізовано модулі збору даних із сенсорів та обробки отриманої інформації, а також механізми формування JSON-відповіді для веб-сервера. Забезпечено безперервний моніторинг параметрів навколишнього середовища в режимі реального часу.

5. Розроблено алгоритми інтеграції локальних вимірювань із даними зовнішнього погодного сервісу Open-Meteo. Це дозволило об'єднати фактичні показники з прогнозною інформацією та підвищити загальну інформативність системи.

6. Проведено тестування програмної частини системи, включно з перевіркою стабільності роботи веб-сервера, коректності зчитування даних із датчиків та правильності відображення інформації у веб- та мобільному інтерфейсах.

7. Оцінено працездатність розробленого рішення, результати тестування підтвердили стабільну роботу системи, коректну взаємодію всіх модулів та придатність для використання в задачах моніторингу погодних умов.

У процесі проєктування та реалізації системи було сформовано архітектуру, що забезпечує чіткий розподіл відповідальності між програмними модулями, включаючи збір даних, мережеву взаємодію, роботу з вебсервером та відображення інформації. Особливу увагу приділено організації паралельного виконання задач у середовищі ESP32, що дозволило підвищити ефективність обробки даних та стабільність роботи системи.

Реалізовані функціональні можливості забезпечують повний цикл роботи системи: автоматичний збір даних із сенсорів, їх обробку, передачу через локальну мережу, а також відображення на OLED-дисплеї та у веб-інтерфейсі. Додатково передбачено інтеграцію з мобільним застосунком, що дозволяє здійснювати дистанційний моніторинг параметрів у реальному часі та змінювати окремі налаштування системи.

У межах програмної реалізації забезпечено узгоджену взаємодію всіх компонентів системи через уніфікований формат обміну даними на основі JSON. Це дозволяє зменшити складність інтеграції між модулями та забезпечує гнучкість у подальшому розширенні функціональності. Особлива увага приділена стабільності обробки даних та коректності їх відображення в різних інтерфейсах.

Проведені тестування показали, що система стабільно функціонує в умовах безперервної роботи, коректно обробляє дані з датчиків та зовнішніх сервісів і забезпечує своєчасне оновлення інформації. Інтерфейси користувача характеризуються зручністю та наочністю, що дозволяє швидко оцінювати стан навколишнього середовища.

Реалізована архітектура є функціонально завершеною, технічно обґрунтованою та придатною для практичного використання. Розроблений програмно-апаратний засіб IoT-метеостанції може бути рекомендований для застосування у навчальних, дослідницьких та прикладних задачах моніторингу погодних умов.

Додатково варто відзначити, що використання мікроконтролера ESP32 у поєднанні з набором різноманітних датчиків дозволило реалізувати гнучку та енергоефективну систему збору даних. Завдяки вбудованим можливостям бездротового підключення забезпечено просту інтеграцію з локальною мережею без необхідності використання додаткових модулів зв'язку, що позитивно вплинуло на компактність і загальну надійність пристрою.

Отримані результати підтверджують, що розроблена система може ефективно використовуватися як базове рішення для побудови більш складних IoT-платформ моніторингу. У подальшому можливим є розширення функціональності шляхом додавання нових сенсорів, впровадження алгоритмів прогнозування та інтеграції з хмарними сервісами для зберігання та аналізу історичних даних.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Open-Meteo. Weather Forecast API. URL: <https://open-meteo.com/> (дата звернення: 24.04.2026)
2. Espressif Systems. ESP32 Series SoCs. URL: <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>
3. Espressif Systems. ESP-IDF Programming Guide for ESP32. URL: <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32/> (дата звернення: 24.04.2026)
4. Random Nerd Tutorials. Getting Started with ESP32. URL: <https://randomnerdtutorials.com/getting-started-with-esp32/> (дата звернення: 24.04.2026)
5. Adafruit Learning System. DHT Sensors Guide. URL: <https://learn.adafruit.com/dht> (дата звернення: 24.04.2026)
6. Google. Kotlin for Android Developers. URL: <https://developer.android.com/kotlin> (дата звернення: 24.04.2026)
7. Google. Jetpack Compose Documentation. URL: <https://developer.android.com/jetpack/compose> (дата звернення: 24.04.2026)
8. Square. Retrofit Type-Safe HTTP Client for Android. URL: <https://square.github.io/retrofit/> (дата звернення: 24.04.2026)
9. Google. ViewModel Architecture Component. URL: <https://developer.android.com/topic/libraries/architecture/viewmodel> (дата звернення: 24.04.2026)
10. Fielding R., Nottingham M., Reschke J. HTTP Semantics. RFC 9110. URL: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc9110> (дата звернення: 28.04.2026)
11. JSON. Introducing JSON. URL: <https://www.json.org/json-en.html> (дата звернення: 28.04.2026)
12. IBM. What is Internet of Things (IoT)? URL: <https://www.ibm.com/topics/iot> (дата звернення: 28.04.2026)

					КВРКІ 022093.22.02.87 ПЗ	Арк. 67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13. FreeRTOS. Real-Time Operating System Kernel. URL: <https://www.freertos.org/> (дата звернення: 28.04.2026)
14. Espressif Systems. FreeRTOS Support in ESP-IDF. URL: <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32/api-reference/system/freertos.html> (дата звернення: 28.04.2026)
15. Espressif Systems. ESP32 Technical Reference Manual. URL: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_technical_reference_manual_en.pdf (дата звернення: 28.04.2026)
16. Valvano J. Embedded Systems and IoT Resources. URL: <https://users.ece.utexas.edu/~valvano/> (дата звернення: 29.04.2026)
17. Сидоренко А. О. IoT-метеостанція на базі ESP32 з використанням хмарної платформи ThingSpeak. Київ : Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського», 2025. URL: <https://ela.kpi.ua/items/6ffee7a1-1b56-4a80-b088-d3149f7c17a5> (дата звернення: 29.04.2026)
18. Гнатів А. Р. Інформаційна система моніторингу метеопараметрів з використанням концепції (технології) Інтернету речей (IoT). Львів : Національний університет «Львівська політехніка», 2023. URL: <https://ena.lpnu.ua/items/7be2a3d6-ca25-41e2-ba93-4b2d1c29f9ce> (дата звернення: 29.04.2026)
19. Смольський А. Я. Дослідження методів та засобів побудови кіберфізичних систем. Львів : Національний університет «Львівська політехніка», 2024. URL: <https://ena.lpnu.ua/items/6b3bde2e-7d18-488c-b130-fb8cc4d24e34> (дата звернення: 29.04.2026)
20. Вітюк Д. В. Програмно-апаратний засіб «Погодна станція на ESP32» із відображенням даних у Blynk. Хмельницький : Хмельницький національний університет, 2025. URL: <https://elar.khmnpu.edu.ua/handle/123456789/18631> (дата звернення: 29.04.2026)

21. Мазурик Д. Д. Програмно-технічний засіб вимірювання та моніторингу параметрів електроспоживання на основі IoT з використанням ESP32 і платформи Blynk 2.0. Хмельницький : Хмельницький національний університет, 2025. URL: <https://elar.khmnu.edu.ua/items/4dbdb21b-dcb2-4415-b89e-18f1bcb99126> (дата звернення: 29.04.2026)

22. Розумна метеостанція на базі ESP32. Arduino.ua, 2025. URL: <https://arduino.ua/art260-rozymna-meteostanciya-na-bazi-esp32> (дата звернення: 29.04.2026)

23. Національний репозитарій академічних текстів. IoT-метеостанція на базі ESP32 з використанням хмарної платформи ThingSpeak. URL: <https://nrat.ukrintei.ua/searchdoc/2125U002627/> (дата звернення: 29.04.2026)

24. Mohapatra D., Subudhi B. Development of a Cost-Effective IoT-Based Weather Monitoring System. IEEE Consumer Electronics Magazine. 2022. URL: https://www.researchgate.net/publication/357593378_Development_of_a_Cost_Effective_IoT-based_Weather_Monitoring_System (дата звернення: 29.04.2026)

25. Sonam, Johari R., Garg S., Bawa P., Aggarwal D. MIAWM: MQTT based IoT Application for Weather Monitoring. Journal of High Speed Networks. 2024. URL: <https://journals.sagepub.com/doi/10.3233/JHS-230008> (дата звернення: 29.04.2026)

26. Olanrele O. O., Adeaga O. A., Adeyemi O., Ajayi O. K., Mowemi A. O. An IoT Based Weather Station Using an Embedded System. Quantum Journal of Engineering, Science and Technology. 2022. URL: <https://pure.southwales.ac.uk/en/publications/an-iot-based-weather-station-using-an-embedded-system> (дата звернення: 29.04.2026)

27. Djordjevic M., Dankovic D. A Smart Weather Station Based on Sensor Technology. FACTA UNIVERSITATIS Series Electronics and Energetics. 2019. URL: https://www.researchgate.net/publication/336052602_A_smart_weather_station_based_on_sensor_technology (дата звернення: 29.04.2026)

					КВРКІ 022093.22.02.87 ПЗ	Арк. 69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

28. Obasi C. C., Iruoghene A. I., Ikharo B. A. Design and Deployment of an IoT-Based Mini Weather Station Network for Campus-Scale Wind Energy Monitoring. *Journal of Electrical Systems and Information Technology*. 2026. URL: <https://link.springer.com/article/10.1186/s43067-026-00337-x> (дата звернення: 29.04.2026)

29. Ibraheem F. N., Abdulrazzaq S. N., Fathi I., Ali Q. High-Resolution and Secure IoT-Based Weather Station Design. *International Journal of Safety and Security Engineering*. 2024. URL: <https://iieta.org/journals/ijssse/paper/10.18280/ijssse.140125>

30. Bernardes G. F. L. R., Ishibashi R., Ivo A. A. S., Rosset V., Kimura B. Y. L. Prototyping Low-Cost Automatic Weather Stations for Natural Disaster Monitoring. *arXiv*. 2021. URL: <https://arxiv.org/abs/2102.04574> (дата звернення: 29.04.2026)

31. Nižetić S., Šolić P., González-de-I-D M., Patrono L. Internet of Things (IoT): Opportunities, issues and challenges towards a smart and sustainable future. *Journal of Cleaner Production*. 2020. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122877> (дата звернення: 29.04.2026)

32. Sarkar T., Mog P. Smart IoT-Centric Meteorological Monitoring Station Using Low-Cost Arduino Nodes. *Research & Review: Electronics and Communication Engineering*. 2026. URL: <https://matjournals.net/engineering/index.php/RRECE/article/view/3326> (дата звернення: 29.04.2026)

33. Adeagbo A. A. IoT Based Environment Monitoring System Using ESP32 and Blynk. *arXiv*. 2024. URL: <https://arxiv.org/abs/2405.14047> (дата звернення: 29.04.2026)

34. Shafique K., Khawaja B. A., Sabir F., Qazi S., Mustaqim M. Internet of Things (IoT) for Next-Generation Smart Systems: A Review of Current Research, Future Trends and Prospects for ICT and IoT Integration. *IEEE Access*. 2020. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9044834> (дата звернення: 29.04.2026)

35. Silva B. N., Khan M., Han K. Internet of Things: A Comprehensive Review of Enabling Technologies, Architecture, and Challenges for IoT. *IEEE Access*. 2018. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8292850> (дата звернення: 29.04.2026)

					КВРКІ 022093.22.02.87 ПЗ	Арк. 70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

36. Kumar S., Tiwari P., Zymbler M. Internet of Things is a Revolutionary Approach for Future Technology Enhancement: A Review. *Journal of Big Data*. 2019. URL: <https://journalofbigdata.springeropen.com/articles/10.1186/s40537-019-0268-2>
37. Asghari P., Rahmani A. M., Javadi H. H. S. Internet of Things applications: A systematic review. *Computer Networks*. 2019. URL: <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2018.12.008> (дата звернення: 29.04.2026)
38. Burhan M., Rehman R., Khan B., Kim B. IoT Elements, Layered Architectures and Security Issues: A Comprehensive Survey. *Sensors*. 2018. URL: <https://www.mdpi.com/1424-8220/18/9/2796> (дата звернення: 29.04.2026)
39. Ullo S. L., Sinha G. R. Advances in Smart Environment Monitoring Systems Using IoT and Sensors. *Sensors*. 2020. URL: <https://www.mdpi.com/1424-8220/20/11/3113> (дата звернення: 29.04.2026)
40. Ray P. P. A Survey on Internet of Things Architectures. *Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences*. 2018. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319157816300799> (дата звернення: 29.04.2026)
41. Hassan R., Qamar F., Hasan M. K., Aman A. H. M., Ahmed A. S. Internet of Things and Its Applications: A Comprehensive Survey. *Symmetry*. 2020. URL: <https://www.mdpi.com/2073-8994/12/10/1674> (дата звернення: 29.04.2026)
42. Sisinni E., Saifullah A., Han S., Jennehag U., Gidlund M. Industrial Internet of Things: Challenges, Opportunities, and Directions. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. 2018. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8370951> (дата звернення: 29.04.2026)
43. Dhingra S., Madda R. B., Gandomi A. H., Patan R., Daneshmand M. Internet of Things Mobile–Air Pollution Monitoring System (IoT–Mobair). *IEEE Internet of Things Journal*. 2019. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8675404> (дата звернення: 29.04.2026)

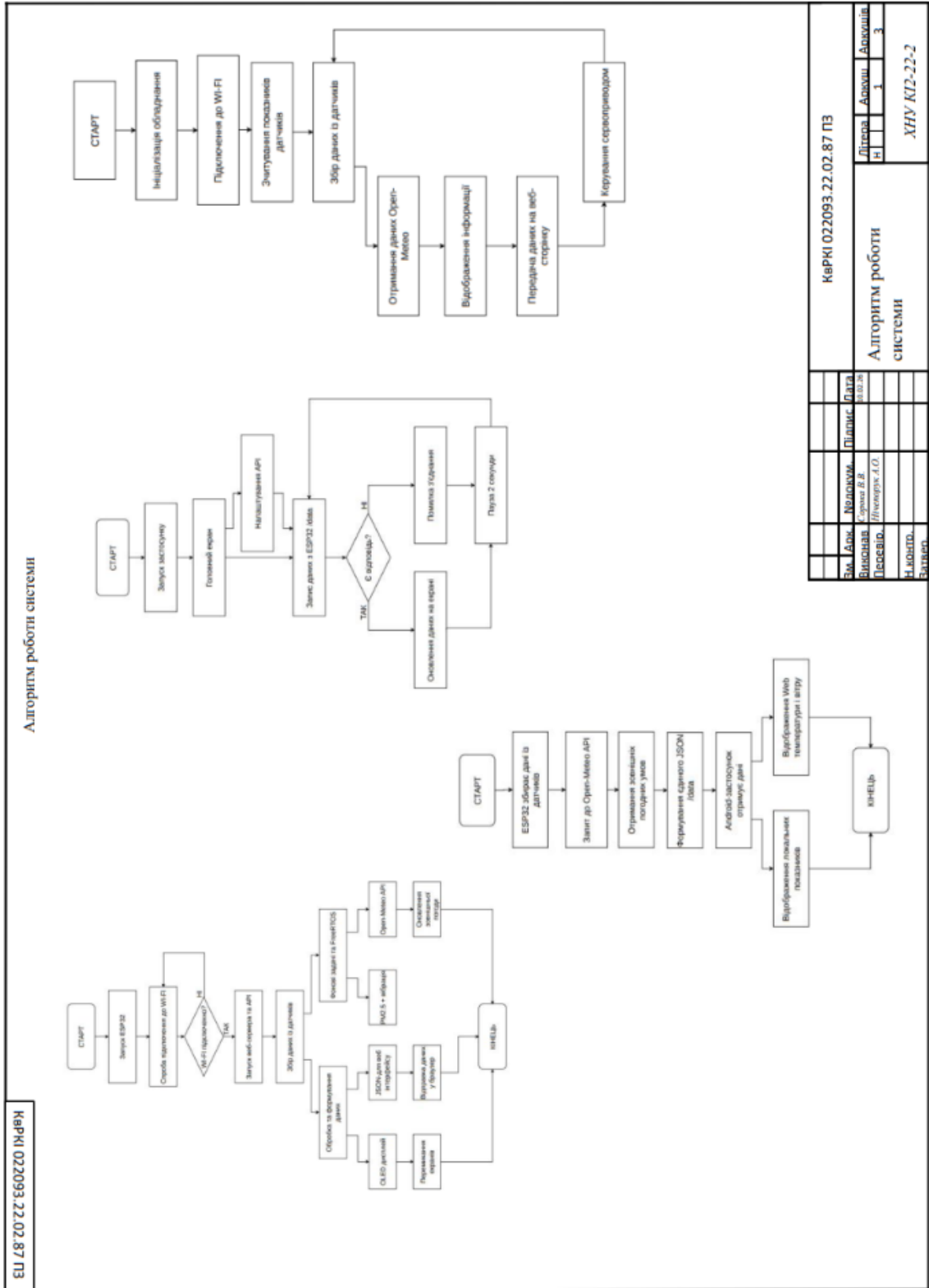
44. Farooq M. S., Riaz S., Abid A., Abid K., Naeem M. A. A Survey on the Role of IoT in Agriculture for the Implementation of Smart Farming. IEEE Access. 2019. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8786043> (дата звернення: 29.04.2026)

					КВРКІ 022093.22.02.87 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

ДОДАТОК А

(обов'язковий)

Алгоритми роботи системи



Зав. кафедри КПС
д-р. філософії Ользі ПАВЛОВІЙ

Сорока Віталій Вікторович

III, здобувач вищої освіти

ФГТ, 4 курсу, групи КІ2-22-2

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 (а). Про використання спеціалізованих програмних засобів (СПЗ) StrikePlagiarism та Anti-Plagiarism для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність академічного плагіату оповідений (а). 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.

1 травня 2026 року



Anti-Plagiarism (<http://ap.km.ua>) v-15.701

Максимальне співпадіння з одним документом 1.0%

Словники перевірки: en_US, ru_RU, ua_UA. Помилки в документах: 9%

ID: 275055 Назва: БКР Програмно-апаратний засіб IoT-метеостанції на базі Asebot Q011 Додано в БД: 2026-06-12 Автора: Віталій СОРОКА Керівники: Андрій НіЧЕПОРУК Консультанти: Опоненти.	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	93170	647	3821 (4%)	50 (8%)

Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми

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: Віталій СОРОКА

Співавтор:

Назва: Програмно-апаратний засіб IoT-метеостанції на базі Asebot QE011

Експерт: Андрій Нічепорук

Підрозділ: Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

Коефіцієнт подібності 1:5.28%

Коефіцієнт подібності 2:2.15%

Мікропробіли: 3

Заміна букв: 2

Інтервали: 0

Білі знаки: 0

Дата створення звіту: 2026-06-13 06:51:28.0

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 процедур. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

2026-06-13

Дата

Доцент Андрій Нічепорук

експерт

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Сорока Віталій Вікторович

Тема: Програмно-апаратний засіб IoT-метеостанції на базі Asebott QE011

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень 3 Кількість сторінок записки 75

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою кваліфікаційної роботи є розроблення програмно-апаратного засобу IoT-метеостанції на базі Asebott QE011, призначеного для автоматизованого збору, обробки, збереження та відображення метеорологічних показників із використанням технологій Інтернету речей.

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 кваліфікаційної роботи проведено дослідження предметної області, пов'язаної з розробленням програмно-апаратних засобів моніторингу параметрів навколишнього середовища на основі технологій Інтернету речей. Розглянуто сучасні підходи до побудови IoT-систем збору та передавання метеорологічних даних, а також особливості використання бездротових мереж для дистанційного моніторингу. Виконано аналіз основних параметрів, що підлягають контролю, зокрема температури повітря, відносної вологості, атмосферного тиску, швидкості вітру, рівня ультрафіолетового випромінювання, концентрації дрібнодисперсних частинок PM2.5 та наявності опадів. Також проведено огляд існуючих рішень у сфері розумних метеостанцій та систем екологічного моніторингу.

У другому розділі кваліфікаційної роботи здійснено проєктування апаратної та програмної архітектури IoT-метеостанції. Розглянуто принципи побудови системи на базі мікроконтролера ESP32 та набору датчиків Asebott QE011. Виконано

формалізованій опис структури системи, визначено склад апаратних компонентів та їх функціональне призначення. Розроблено структурну, функціональну та принципову схеми пристрою, а також описано взаємодію між окремими модулями. Визначено алгоритми збору показників із датчиків, їх обробки, локального відображення на OLED-дисплеї та передачі через бездротову мережу Wi-Fi.

У третьому розділі кваліфікаційної роботи виконано програмну реалізацію розробленої IoT-метеостанції. Реалізовано програмне забезпечення мікроконтролера ESP32 із використанням сучасних бібліотек для роботи з датчиками, OLED-дисплеєм, сервоприводом та мережевими інтерфейсами. Розроблено програмні модулі збору та обробки інформації від датчиків температури, вологості, атмосферного тиску, швидкості вітру, рівня ультрафіолетового випромінювання, концентрації PM2.5, освітленості, вібрації та опадів. Також реалізовано вебінтерфейс і мобільний застосунок для віддаленого перегляду отриманих даних та керування окремими елементами системи. Забезпечено отримання актуальної інформації про погодні умови із сервісу Open-Meteo та її відображення поряд із локальними вимірюваннями. Проведено тестування розробленого програмно-апаратного засобу та перевірку коректності його функціонування в умовах реального збору, обробки та передавання метеорологічної інформації.

4. Позитивні сторони роботи: висока практична цінність роботи.

5. Негативні сторони роботи: недостатня увага щодо виконання додатку.

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 науково-технічному рівні.

8. Інші зауваження:

9. Оцінка дипломної роботи: добре С(75)

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

*Дроборська Каталіна Жовтківна, а. н. е. д. наук,
доцент кафедри ТМЗ*

«17» серпня 2026 р.

[Підпис] (підпис)

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Сорока Віталій Вікторович на захист кваліфікаційної роботи

за спеціальністю 123 - Комп'ютерна інженерія

На тему: Програмно-апаратний засіб IoT-метеостанції на базі Ардуіно QE011

Кваліфікаційна робота, рецензія і довідка про академічні записки додаються.

В.о. Декан факультету



Сергій Мисенко
(підп. керівника)

Сорока В.В. з 2022 по 2025 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за національною шкалою: відмінно 3,70 %, добре 14,81 %, задовільно 81,48 %, шкалою ЕКТС: А 3,70 %, В 3,70 %, С 11,11 %, D 22,22 %, Е 59,26 %.

Методист факультету

[Signature]
(підп.)

Олександр Кошарко
(підп. керівника)

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент Сорока Віталій виконав усі поставлені завдання на задовільному рівні

Оцінка кваліфікаційної роботи задовільно D(70)

Керівник кваліфікаційної роботи

[Signature]
(підп.)

Мисенко В.О.
(підп. керівника)

01.06 2026 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Кваліфікаційну роботу розглянуто. Студент Сорока В.В. допускається до її захисту на екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

[Signature]
(підп. керівника)

О.П.Свобода
(підп. керівника)

[Signature]
(підп.)

01.06 2026 р.

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ

КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Назва кваліфікаційної роботи: Програмно-апаратний засіб IoT-метеостанції на базі Asebot OE011

Автор: Віталій СОРОКА

Освітня програма: Комп'ютерна інженерія та програмування

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Спеціальність: 123 Комп'ютерна інженерія

Науковий керівник: к.т.н, доцент, Андрій НІЧЕПОРУК

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 (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних, якщо потрібно). 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 (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). 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) усі запозичення фрагментарні, або мають належним чином оформленні посилання;
- 2) окремі виявлені збіги є загальноновживаними фразами або виразами, про що свідчить посилання системи на збіг з джерелами на один фрагмент речення;
- 3) всі зафіксовані системою ознаки модифікації тексту відносяться до комбінування латинських символів зі українськими скороченнями індексів в формулах, що не є модифікацією тексту.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ ідентичності/схожості StrikePlagiarism, складає 5,28% і адресується до 25 першоджерела; та системою Anti-Plagiarism складає 1%, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

11.06.2026

Завідувач кафедри

Гарант освітньої програми

Керівник кваліфікаційної роботи





Ольга ПАВЛОВА
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Андрій НІЧЕПОРУК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Андрій НІЧЕПОРУК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ