

Хмельницький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр

Освітній рівень

Автоматична інформаційна система вентиляції на основі температури і вологості

Назва теми

КВРІСТ 2101032.21.01.04 ПЗ

Шифр

Галузь знань 12 «Інформаційні технології»

Шифр, назва

Спеціальність 126 «Інформаційні системи та технології»

Шифр, назва

Освітня програма «Інформаційні системи та технології»

Назва

Виконав: студент IV курсу, група ICT-21-1


Підпис

Ілля ЄРМАК

Ініціали, прізвище

Керівник


Підпис, дата

Тетяна КИСІЛЬ

Ініціали, прізвище

Нормоконтролер


Підпис, дата

Тетяна КИСІЛЬ

Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:
зав. кафедри комп'ютерної
інженерії та інформаційних
систем


Підпис

Ольга ПАВЛОВА

Ініціали, прізвище

«5» червня 2025 р.

Хмельницький 2025

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Освітній рівень БАКАЛАВР

Галузь знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Спеціальність 126 ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ

Освітня програма «ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Ольга ПАВЛОВА

“ 10 ” 01 2025 р.



ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Іллі ЄРМАКУ

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Автоматична інформаційна система вентиляції на основі температури і вологості

Керівник проекту (роботи) Тетяна Кисіль, к.ф.-м.н., доц.

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

Затверджена наказом ректора університету від 07.02.2025 р. № 23

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 01.06.2025 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на кваліфікаційну роботу

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

Інформаційна система автоматичної вентиляції на основі температури і вологості

Проектування інформаційної системи автоматичної вентиляції на основі температури і вологості

Програмно-апаратна реалізація інформаційної системи автоматичної вентиляції на основі температури і вологості

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

Лістинг коду програми

Алгоритми роботи системи

Схеми електричні принципів

6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Тетяна КИСІЛЬ, доцент кафедри КПС		
Антиплагіат	Андрій НІЧЕПОРУК, доцент кафедри КПС		

7. Дата видачі завдання « 10 » 01 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з/п	Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вибір напрямку дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи з керівником	10.01.2025	виконано
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	01.02.2025	виконано
3	Робота над розділом 1 - дослідження предметної області та постановка задачі	01.03.2025	виконано
4	Робота над розділом 2 - вибір компонентів для проектування автономної системи регулювання параметрів мікроклімату в приміщенні на основі температури та вологості	01.04.2025	виконано
5	Робота над розділом 3 - проектування системи автономної системи регулювання параметрів мікроклімату в приміщенні на основі температури та вологості	29.04.2025	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	25.05.2025	виконано
7	Попередній захист ВКР	26.05.2025	виконано
8	Захист ВКР на засіданні ЕК	Червень 2025 року	

Студент

Підпис

Ілля ЄРМАК

Ініціали, прізвище

Керівник роботи

Підпис

Тетяна КИСІЛЬ

Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Інформаційна система автоматичної вентиляції на основі температури і вологості».

Автор роботи: Ілля ЄРМАК.

Керівник роботи: Кисіль Тетяна Миколаївна.

Пояснювальна записка: 57 с., 16 рис., 1 табл., 3 дод., 60 джерел.

Графічна частина: 3 креслення.

СИСТЕМА, АРХІТЕКТУРА, ВЕНТИЛЯЦІЯ, БАЗА ДАНИХ,
ТЕМПЕРАТУРА, ВОЛОГІСТЬ.

Метою дипломної роботи є розробка та експериментальна перевірка функціонування автоматизованої системи керування вентиляцією на основі аналізу параметрів температури та вологості з використанням мікроконтролера ESP32, що забезпечує підтримку комфортного мікроклімату в приміщеннях з мінімальним втручанням користувача.

Об'єктом дослідження є процес моніторингу та регулювання параметрів мікроклімату у закритих приміщеннях.

Предметом дослідження є архітектура, апаратні та програмні компоненти автоматизованої системи вентиляції на основі температурних і вологісних даних.

Під час проведення даного дослідження було використано метод аналізу літературних джерел для вивчення сучасних рішень у сфері мікрокліматичних систем та автоматизації, а також метод моделювання функціонування системи в лабораторних умовах для перевірки її працездатності, точності та адаптивності.



Підпис студента

30.05.2025

Дата

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ.....	6
1.1 Аналіз задачі, обґрунтування вибору моделі життєвого циклу для реалізації проєкту.....	6
1.2 Аналіз наявного програмно-апаратного забезпечення предметної області.....	7
1.3 Визначення вимог до автоматичної інформаційної системи вентиляції на основі температури і вологості.....	12
1.4 Висновки до розділу 1.....	16
2 ПРОЄКТНА КОНЦЕПЦІЯ СИСТЕМИ ТА ЇЇ АРХІТЕКТУРА.....	19
2.1 Формалізація цілей та функціональних можливостей.....	19
2.2 Загальна архітектура системи.....	20
2.3 Модульна структура та інформаційні потоки.....	23
2.4 Обґрунтування вибору архітектурної моделі.....	25
2.5 Інформаційна модель системи.....	27
2.6 База даних і структура зберігання.....	29
3 ПРОЄКТУВАННЯ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ.....	33
3.1. Вибір та обґрунтування комплектуючих.....	33
3.2. Структурна схема системи.....	36
3.3. Функціональна схема системи.....	39
3.4 Програмне забезпечення системи.....	42
3.5 Тестування та аналіз програмного забезпечення і апаратної частини ..	46
3.5.1 Методи тестування.....	46
3.5.2 Процедура тестування.....	47
3.5.3 Аналіз бази даних.....	48
3.5.4 Порівняльний аналіз апаратних компонентів.....	50
3.5.5 Аналіз витривалості системи.....	52

КвРІСТ 2101032.21.01.04 ПЗ								
№	Док.	Докум.	Підпис	Дата	Автоматична система вентиляції на основі температури і вологості	Літера	Аркуш	Аркушів
Виконав		Елла СРМАК		04.05.23		у		73
Перевіо.		Тетяна КИСЛІВ		04.05.23				
І.контр. отвер.		Тетяна КИСЛІВ Ольга ПАВЛОВА		04.05.23				
						ХНУ ІСТ-20-1		

ВИСНОВКИ	60
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	62
ДОДАТОК А.....	67
ДОДАТОК Б.....	68
ДОДАТОК В.....	69

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк.
						3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Сучасний розвиток технологій автоматизації охоплює широкий спектр сфер діяльності, включаючи житлові, офісні та промислові приміщення. Одним із ключових аспектів забезпечення комфорту та ефективності є створення оптимального мікроклімату.

Контроль температури та вологості є не лише питанням зручності, але й фактором, що безпосередньо впливає на здоров'я людей, збереження будівельних матеріалів та функціонування обладнання.

У цьому контексті автоматичні системи вентиляції відіграють важливу роль, дозволяючи ефективно регулювати параметри навколишнього середовища без постійного втручання користувача.

Автоматизація вентиляційних систем має важливе значення для зниження витрат енергії, підвищення ефективності роботи обладнання та забезпечення стабільного мікроклімату незалежно від зовнішніх умов.

Зростаючий інтерес до екологічно чистих технологій і енергозбереження стимулює розвиток інноваційних підходів у сфері автоматизації систем вентиляції.

Використання сучасних мікроконтролерів і сенсорних технологій дозволяє створити системи, які не лише забезпечують комфорт, але й сприяють економії ресурсів.

Останні досягнення в галузі вбудованих систем і інтернету речей створили передумови для впровадження автоматизованих рішень, що є доступними, масштабованими та ефективними в реальному застосуванні.

Системи вентиляції на основі мікроконтролерів мають перевагу не лише в компактності й економічності, а й у можливості повного контролю над логікою роботи. Це дозволяє налаштувати поведінку системи відповідно до конкретних умов середовища або особистих вимог користувача.

У контексті підвищеної уваги до енергоощадних технологій, автоматичні вентиляційні системи можуть виступати не лише як засіб контролю повітрообміну, а й як компонент цілісної екосистеми управління будівлею. Вони здатні

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

взаємодіяти з іншими елементами: опаленням, освітленням, віконними механізмами, що створює єдиний інтелектуальний простір для комфортного і безпечного проживання або роботи.

Крім того, потреба в поліпшенні якості повітря у приміщеннях набула особливої актуальності у зв'язку з глобальними змінами клімату, поширенням алергій та інфекційних захворювань, а також зростанням кількості часу, який людина проводить у замкнених просторах. Зростаюча урбанізація та щільність забудови обмежують можливість природної вентиляції, що підвищує роль технологічних рішень, здатних адаптуватися до різних умов експлуатації.

У даній кваліфікаційній роботі розглядається розробка автоматичної системи вентиляції, яка базується на вимірюванні температури та вологості повітря. Система використовує сучасні мікроконтролери та сенсори для моніторингу показників мікроклімату і автоматичного керування вентиляційними пристроями.

Такий підхід дозволяє забезпечити енергоефективність, підвищити комфорт користувачів і знизити експлуатаційні витрати.

Крім цього, автоматичні системи вентиляції мають потенціал для інтеграції з іншими системами "розумного будинку", що відкриває нові можливості для комплексного управління кліматичними умовами у приміщеннях.

Завдяки цьому користувачі отримують змогу контролювати роботу системи дистанційно, отримувати статистичні дані про зміну параметрів мікроклімату та адаптувати налаштування під свої потреби.

Створення подібних систем не лише відповідає вимогам сучасності, а й сприяє формуванню технологічно розвинутого, енергоефективного та екологічно відповідального середовища.

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Аналіз задачі, обґрунтування вибору моделі життєвого циклу для реалізації проекту

Розробка автоматичної системи вентиляції спрямована на стабілізацію мікроклімату в приміщенні шляхом постійного моніторингу та регулювання параметрів температури та вологості.

Актуальність цієї задачі пояснюється зростаючими вимогами до комфорту житлових і робочих середовищ, а також необхідністю підвищення енергоефективності будівель. Нерегульовані коливання вологості та температури можуть призводити до погіршення самопочуття, псування меблів і техніки, а також до нераціонального використання електроенергії [1].

Системи вентиляції, що застосовуються сьогодні, часто функціонують у ручному режимі або орієнтовані на промислове використання. Це ускладнює їх застосування в побуті через громіздкість, високу вартість та складність в інтеграції.

Існує потреба у створенні доступної, компактної та адаптивної системи, яка автоматично вмикає вентиляцію на основі значень температури та вологості повітря. Для досягнення цієї мети важливо визначити найбільш ефективну модель життєвого циклу, яка забезпечить поетапну реалізацію, перевірку та вдосконалення компонентів проекту [2].

Інкрементна модель життєвого циклу дозволяє реалізовувати систему частинами - спочатку базові функції, потім розширення, вдосконалення та оптимізація. Кожна ітерація передбачає перевірку працездатності на рівні апаратного та програмного забезпечення, що дає змогу своєчасно виявляти та усувати недоліки [3].

Цей підхід забезпечує адаптивність проекту до змін вимог, поступове тестування на практиці, а також можливість розширення функціоналу, наприклад, за рахунок нових датчиків або алгоритмів керування [3].

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк. 6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Застосування інкрементної моделі життєвого циклу у сфері автоматизації систем мікроклімату дає змогу гнучко реагувати на технічні виклики та вимоги замовника, не порушуючи цілісності проєкту. Це робить її доцільним вибором у реалізації систем, що базуються на мікроконтролерах і мають потенціал для розвитку та інтеграції в розумні середовища [4].

1.2 Аналіз наявного програмно-апаратного забезпечення предметної області

У процесі дослідження апаратних та програмних рішень, що використовуються для моніторингу й регулювання мікрокліматичних параметрів, було з'ясовано, що ринок пропонує як комерційні, так і відкриті технології. Комерційні рішення (зокрема, Nest, Ecobee (рис. 1.1), Siemens Climatix) відзначаються високим ступенем інтеграції, широким функціоналом та стабільною роботою, однак мають високу вартість і складність при адаптації до специфічних потреб користувачів [5]. Крім того, доступ до зміни логіки керування в таких системах часто обмежений або передбачає втручання в прошивку пристроїв, що може призводити до втрати гарантії або функціональної нестабільності [6].



Рисунок 1.1 – Ecobee [52]

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк. 7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Натомість відкриті програмно-апаратні рішення, зокрема платформи на основі ESP32, Arduino або Raspberry Pi, дають змогу реалізовувати індивідуальні сценарії керування без жорсткої прив'язки до комерційної екосистеми [7]. Наприклад, ESP32 поєднує в собі двоядерний процесор, підтримку бездротових інтерфейсів (Wi-Fi, Bluetooth), низьке енергоспоживання та велику кількість портів введення/виведення, що дозволяє зручно реалізовувати проекти автоматизації середньої складності [7].

Сенсори температури та вологості, такі як DHT22 та BME280, є найпопулярнішими серед розробників завдяки балансу між точністю, енергоефективністю та простотою інтеграції. DHT22 забезпечує достатню точність при зниженому енергоспоживанні, тоді як BME280 надає розширені можливості, зокрема вимірювання атмосферного тиску [8]. Завдяки підтримці бібліотек Arduino IDE налаштування цих компонентів не потребує значних технічних знань.

Для комутації побутового навантаження (наприклад, вентиляційного обладнання) найчастіше використовуються реле-модулі, які сумісні з низьковольтною логікою мікроконтролера.

Контроль стану системи може реалізовуватися через інтерфейс LCD-дисплея або з використанням додаткових модулів передачі даних до віддаленої бази [9]. Для зберігання історії значень температури та вологості застосовуються як локальні, так і хмарні сховища, що дозволяє формувати зручну статистику і виконувати базову аналітику [10].

Наявні технічні засоби та програмні інструменти демонструють достатній рівень розвитку для побудови автоматизованої системи вентиляції, яка може бути легко адаптована до різних умов експлуатації, масштабована та інтегрована у складніші рішення з підтримкою інтернету речей [11].

Сучасний ринок пропонує велику кількість рішень у сфері автоматизації мікроклімату, які поділяються на комерційні промислові системи, рішення відкритого типу на основі мікроконтролерів, а також гібридні підходи з використанням хмарних технологій [12].

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк. 8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кожен із цих варіантів має свої особливості, переваги та обмеження, що варто враховувати при розробці власного рішення, особливо в умовах індивідуального або малобюджетного проектування.

Комерційні системи типу Siemens Climatix (рис. 1.2), Schneider Electric SmartStruxure (рис. 1.3) або Nest Thermostat від Google забезпечують високу точність вимірювань, мають вбудовану підтримку аналітики, автоматичного навчання, інтеграцію з іншими інтелектуальними системами, а також передбачають підтримку стандартів промислової безпеки.



Рисунок 1.2 – Контролер Siemens Climatix [53]



Рисунок 1.3 – Schneider Electric SmartStruxure [54]

Вони є частиною комплексних систем керування будівлями і часто використовуються у великих офісних, виробничих або громадських просторах.

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк. 9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Однак, незважаючи на свої технічні переваги, такі рішення мають високу вартість не лише обладнання, але й впровадження та супроводу. Їхня закритість - тобто відсутність відкритого доступу до вихідного коду або обмеження в адаптації прошивок - істотно обмежує можливості гнучкої кастомізації під нестандартні умови експлуатації [13].

На противагу цьому, системи на базі відкритих мікроконтролерних платформ, зокрема Arduino, ESP32, Raspberry Pi, відкривають широкі можливості для розробки, налаштування та вдосконалення автоматичних рішень власними силами [14]. Вони є дешевими, гнучкими, доступними навіть для новачків завдяки великій кількості навчальних матеріалів, прикладів коду та готових бібліотек.

Такі системи дозволяють вільно обирати типи сенсорів, розширювати логіку роботи, підключати різноманітні інтерфейси [15]. Наприклад, використання ESP32 дозволяє з легкістю реалізувати не лише збір та обробку кліматичних параметрів, але й передачу даних до бази через Wi-Fi, реалізацію веб-сервера для моніторингу, або навіть хмарну синхронізацію з мобільним застосунком [16].

Водночас слід враховувати певні обмеження відкритих систем. Їхня стабільність у режимі безперервної експлуатації залежить від якості зібраної схеми, а також правильності програмної реалізації [17].

У середовищах з високими вимогами до безпеки, сертифікації та надійності - наприклад, у медичних або промислових об'єктах - вони не можуть безпосередньо конкурувати з сертифікованими комерційними рішеннями. Крім того, ручне збирання, пайка, налаштування та прошивання компонентів вимагають часу, певних навичок та постійної технічної підтримки [18].

Гібридні підходи, які передбачають використання недорогих мікроконтролерів у поєднанні з готовими хмарними платформами (Blynk, Firebase, ThingsBoard), стали популярним компромісом. Вони забезпечують не лише локальну автономність, але й віддалене керування, візуалізацію, ведення історії змін, побудову графіків, надсилання повідомлень [19].

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк. 10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Разом із тим, залежність від стабільного інтернет-з'єднання, необхідність реєстрації в онлайн-сервісах, іноді обмеження за кількістю запитів або обсягом безкоштовного плану можуть створити додаткові труднощі для кінцевого користувача [20].

Порівняльний аналіз наявних рішень наведено в таблиці 1.1:

Таблиця 1.1 – Порівняння існуючих рішень

Категорія	Переваги	Недоліки
Комерційні системи	Надійність, інтеграція, підтримка, точність, відповідність стандартам	Висока вартість, складність адаптації, закритий код
Arduino / ESP32	Дешевизна, гнучкість, відкритість, підтримка спільноти, гнучка кастомізація	Менша стабільність, потреба в налаштуванні, відсутність сертифікації
Хмарні гібридні рішення	Візуалізація, доступність ззовні, можливість масштабування, збереження логів	Залежність від інтернету, додаткова складність реалізації

Обраний підхід у цій роботі ґрунтується на використанні мікроконтролера ESP32 як центрального елемента системи. Такий вибір є виправданим з огляду на потребу в гнучкому, доступному та адаптивному рішенні, здатному забезпечити ефективний контроль температури та вологості з подальшим керуванням вентиляційним обладнанням у режимі реального часу [21]. Обрана апаратно-програмна конфігурація дозволяє масштабувати проєкт, інтегрувати його з іншими сервісами та забезпечити зручний механізм віддаленого моніторингу й оновлення без потреби у складній технічній інфраструктурі.

1.3 Визначення вимог до автоматичної інформаційної системи вентиляції на основі температури і вологості

На основі проведеного аналізу задачі та особливостей предметної області, сформовано узагальнені вимоги до автоматичної системи вентиляції, яка базується на вимірюванні температури та вологості [22]. Вимоги охоплюють функціональні, технічні, експлуатаційні та ергономічні аспекти системи, що дає змогу забезпечити її ефективне використання в реальних умовах експлуатації. При цьому враховано як технологічні особливості обраних компонентів, так і практичні аспекти застосування системи в побутових або офісних приміщеннях [23].

До ключових функціональних вимог належить здатність системи здійснювати безперервний моніторинг температури та вологості повітря в приміщенні [24].

Отримані значення повинні виводитися на індикаторний пристрій у зручному для сприйняття форматі, що дозволяє користувачеві контролювати параметри мікроклімату у режимі реального часу [25].

У разі перевищення встановлених порогових значень система має автоматично активувати вентиляційний пристрій для відновлення комфортних умов. Після досягнення допустимих меж мікроклімату система повинна самостійно вимикати вентилятор, повертаючись у стан очікування, тим самим забезпечуючи енергоефективність і мінімальне споживання електроенергії [26].

З технічної точки зору, система повинна базуватися на доступних, недорогих і енергоощадних компонентах, які забезпечують стабільну роботу протягом тривалого періоду [27].

Основа становить мікроконтролер ESP32, який поєднує високу продуктивність, наявність вбудованих модулів Wi-Fi і Bluetooth, підтримку великої кількості цифрових і аналогових інтерфейсів.

Для зчитування параметрів середовища використовуються сенсори температури та вологості, наприклад, DHT22 або BME280, які забезпечують

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк. 12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

прийнятну точність вимірювання та швидкий відгук на зміни параметрів повітря. У ролі виконавчих елементів доцільно застосовувати реле, які керують живленням вентиляційного пристрою [28]. Уся система повинна бути сумісною з низьковольтними джерелами живлення, мати захист від коротких замикань, перегріву та інших типових відмов [29].

Окрему увагу слід приділити вимогам до інформаційного відображення та зберігання даних. LCD-дисплей, підключений до контролера, має відображати основні значення: температуру, вологість, статус вентиляції (увімкнено / вимкнено), а також, за потреби, індикатори помилок чи повідомлення про критичні значення [30].

Для забезпечення відстеження змін кліматичних параметрів у динаміці доцільно реалізувати функцію реєстрації даних у базі. Це дозволяє зберігати історію вимірювань, проводити статистичний аналіз, виявляти закономірності та здійснювати вдосконалення системи на основі реальних результатів експлуатації [31].

Ергономічні вимоги полягають у простоті використання системи: взаємодія користувача має бути інтуїтивно зрозумілою, доступною навіть без попереднього навчання [32]. Уся система повинна бути зручною в монтажі, мати чітко марковані інтерфейси, бути компактною та безпечною у використанні. Налаштування параметрів, таких як порогові значення температури і вологості, тривалість роботи вентилятора, має бути доступне через кнопку, дисплей, або майбутнє програмне розширення [33].

У перспективі передбачено можливість розширення системи додатковими сенсорами, виводами або інтерфейсами - зокрема, підтримку Wi-Fi для дистанційного керування, мобільного застосунку або вебінтерфейсу [34].

Не менш важливою є вимога масштабованості. Універсальність системи повинна забезпечувати можливість її використання у приміщеннях різного типу - від житлових квартир до офісів чи лабораторій [35]. Система має бути гнучкою в адаптації до різних кліматичних умов, з урахуванням можливості оновлення

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк. 13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

прошивки або модифікації конфігурації [36]. Архітектура повинна забезпечити швидку модернізацію: від заміни сенсора до повного оновлення логіки роботи [37].

Визначення таких вимог є критично важливим етапом, що дозволяє ще на початковому етапі сформулювати чітке уявлення про цілі, задачі та функціонал системи [38]. Саме це закладає основу для подальшого проектування, тестування, реалізації та оцінки ефективності запропонованого рішення. Таким чином, вимоги до системи стали відправною точкою, яка дозволила гармонійно поєднати технічну доцільність, практичну ефективність та відповідність очікуванням кінцевих користувачів [39].

Системи автоматизованої вентиляції, що працюють на основі сенсорів температури та вологості, вже давно знаходять широке застосування в різноманітних галузях побуту та промисловості [40]. Їхнє використання забезпечує не лише комфорт, але й енергоефективність, контроль середовища та підвищення надійності експлуатації приміщень. У сфері «розумного будинку» такі системи використовуються для підтримки стабільного мікроклімату в житлових приміщеннях: автоматичне відкривання вентиляційних каналів або віконних стулок відбувається в залежності від зміни температури чи рівня вологості. Це дозволяє уникати утворення конденсату, зменшити ризик появи цвілі та зберегти приємні умови для мешканців [41].

У промислових умовах подібні системи реалізуються в дата-центрах, де підтримка стабільної температури критично важлива для роботи серверного обладнання. Системи вентиляції в таких умовах працюють у зв'язці з температурними сенсорами та пристроями вимірювання вологості для забезпечення охолодження при мінімальних витратах енергії [42].

Ще одним прикладом є лабораторії, де дотримання визначених параметрів середовища необхідне для точності експериментів або зберігання реагентів. Тут системи автоматичної вентиляції забезпечують фіксований рівень вологості та температури, реагуючи на найменші коливання [43].

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк. 14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Також активно застосовуються автоматизовані вентиляційні рішення в оранжереях та теплицях, де необхідно підтримувати мікроклімат, оптимальний для росту рослин [44].

У таких системах сенсори постійно вимірюють стан повітря, і при необхідності вмикається вентиляція або зволоження повітря [45]. Усі ці приклади демонструють, що автоматизовані системи вентиляції з використанням сенсорів є вже апробованими технологіями, які мають високу ефективність і широкий потенціал для подальшого розвитку.

Сучасна тенденція інтеграції систем автоматизації у повсякденне життя та інженерну інфраструктуру будівель тісно пов'язана з розвитком технологій Інтернету речей (IoT). У контексті проєктування автоматичної системи вентиляції ці зміни мають особливе значення, оскільки дозволяють не лише керувати мікрокліматом, а й створювати адаптивні екосистеми в рамках інтелектуальних середовищ, зокрема «розумних будинків» [46].

У сфері «розумного» житла системи вентиляції, оснащені сенсорами та підключені до мережі, стають частиною ширших архітектур, де в єдиному середовищі функціонують опалення, кондиціонування, освітлення, енергоменеджмент і системи безпеки [47].

Вони взаємодіють із зовнішніми джерелами інформації, наприклад, погодними API, календарями або системами присутності, що дозволяє автоматизувати поведінку системи в залежності від контексту.

Наприклад, при виявленні підвищеної вологості вночі вмикається безшумна вентиляція, а при відсутності користувачів у приміщенні система переходить у енергозберігаючий режим [48].

Важливим напрямом є також зв'язок автоматизації вентиляції з принципами ESG - екологічної, соціальної та корпоративної відповідальності.

У багатьох країнах впровадження енергоощадних технологій, зокрема в системах вентиляції, стає частиною стратегій сталого розвитку [49].

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк. 15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Такі системи не лише зменшують енергоспоживання, а й сприяють покращенню умов праці, навчання або проживання, впливаючи на загальний рівень добробуту користувачів [50].

Розвиток хмарних технологій і мобільних застосунків забезпечує віддалений доступ до систем керування мікрокліматом у реальному часі, надає статистику, дозволяє аналізувати тренди та оптимізувати поведінку системи без фізичного втручання [51].

Усе це сприяє трансформації класичних вентиляційних систем у динамічні, адаптивні платформи, що є ядром сучасного цифрового простору.

1.4 Висновки до розділу 1

У результаті всебічного аналізу, проведеного в межах першого розділу, сформовано глибоке розуміння особливостей побудови автоматизованої системи вентиляції, яка функціонує на основі параметрів температури та вологості. Ретельне вивчення предметної області дозволило окреслити найважливіші аспекти, які впливають на ефективність, гнучкість та надійність систем мікрокліматичного регулювання, особливо в контексті їх впровадження у житлових, офісних і навчальних приміщеннях.

Значну увагу приділено чинним вимогам до якості повітря та до факторів, що впливають на комфортну атмосферу у приміщеннях, таких як температура, вологість, циркуляція повітря та стабільність параметрів у часі. У результаті аналізу підтверджено актуальність завдання автоматизації вентиляційного процесу в умовах зростання інтересу до енергоощадних рішень, розумного дому та гібридних систем керування навколишнім середовищем.

Після розгляду різних моделей життєвого циклу було обґрунтовано вибір інкрементної моделі, яка демонструє найвищу адаптивність до змін вимог і дозволяє здійснювати розробку поетапно. Такий підхід забезпечує можливість ретельної перевірки кожного функціонального блоку на всіх етапах створення системи, а також дозволяє без зайвих ускладнень впроваджувати нові функції в

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

майбутньому. Гнучкість цієї моделі особливо важлива для системи, що працює в реальному середовищі, де непередбачувані зміни зовнішніх умов можуть вимагати оперативного втручання або адаптації логіки керування.

Було підкреслено важливість застосування модульного підходу в архітектурі системи, що забезпечує високий рівень структурованості та дозволяє окремо розглядати й удосконалювати окремі компоненти без ризику порушення загальної працездатності. Завдяки цьому як апаратна, так і програмна частини системи залишаються максимально зручними для підтримки, оновлення та масштабування.

Результати аналізу існуючих рішень показали, що, попри наявність широкого спектру комерційних пристроїв і платформ, більшість з них або є надто дорогими, або закритими до модифікацій. Натомість відкриті платформи на кшталт ESP32 і Arduino у поєднанні з сучасними сенсорами (DHT22, BME280 тощо) дозволяють побудувати повнофункціональну систему за розумну вартість, з високою гнучкістю та можливістю реалізації кастомізованих алгоритмів.

Окремо було сформульовано перелік основних вимог до системи, що охоплюють не лише технічні й функціональні характеристики, а й ергономічні, інформаційні та експлуатаційні параметри. Зокрема, було передбачено автономність роботи, незалежність від постійного втручання користувача, можливість локального відображення інформації на дисплеї, ведення журналу змін параметрів і гнучкість у роботі з різними типами виконавчих пристроїв.

Важливе місце в структурі розділу посіла побудова інформаційної моделі системи, яка відображає весь цикл обробки даних - від первинного зчитування параметрів сенсорами до логіки аналізу та передачі команд виконавчим елементам. У моделі враховано внутрішні інформаційні потоки, структуру бази даних, канали зворотного зв'язку з користувачем, а також потенційні зовнішні інтеграції, наприклад із хмарними платформами або IoT-інфраструктурами.

Оцінка отриманих результатів показала, що запропонована архітектура системи має високий рівень адаптивності та відповідає сучасним тенденціям у сфері автоматизації. Вона не лише задовольняє поточні потреби, а й закладає

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк. 17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підґрунтя для майбутнього розвитку - наприклад, додавання прогнозування на основі аналізу історичних даних або впровадження систем штучного інтелекту для самонавчання і прийняття рішень.

У підсумку, перший розділ дозволив не просто окреслити загальну структуру майбутньої системи, а й сформувавши її філософію, логіку роботи та стратегію розвитку. Сформована база знань забезпечує логічний і обґрунтований перехід до другого розділу, присвяченого безпосередньому проектуванню, реалізації та випробуванню автоматизованої системи керування вентиляцією.

					КвРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ПРОЄКТНА КОНЦЕПЦІЯ СИСТЕМИ ТА ЇЇ АРХІТЕКТУРА

2.1 Формалізація цілей та функціональних можливостей

На підставі аналізу предметної області було визначено основну ціль автоматичної інформаційної системи вентиляції - забезпечення автономного регулювання параметрів мікроклімату в приміщенні на основі температури та вологості. Система має підтримувати належний повітрообмін, запобігати надмірному накопиченню вологи та створювати комфортні умови для перебування людей.

У межах поставленої цілі сформовано перелік функціональних можливостей, які реалізовано або передбачено для реалізації в межах обраної архітектури.

До ключових функцій належить зчитування значень температури та вологості з цифрових сенсорів, обробка отриманих даних із застосуванням логіки порівняння з пороговими значеннями, формування сигналів керування для виконавчих пристроїв, а також відображення стану системи на інформаційному інтерфейсі.

Система забезпечує безперервний контроль кліматичних параметрів у режимі реального часу. Коли температура або вологість перевищують встановлені межі, вмикається відповідний вентиляційний механізм, що сприяє стабілізації умов у приміщенні.

Після досягнення нормативних значень система самостійно переходить у пасивний режим, знижуючи енергоспоживання. Такий підхід сприяє енергоефективності й мінімізації впливу людського чинника на роботу обладнання.

У системі передбачено запис параметрів довкілля у внутрішню або зовнішню базу даних, що створює підґрунтя для побудови статистичних графіків, аналізу тенденцій та прогнозування подальшої поведінки мікроклімату.

Дані зберігаються із прив'язкою до часових міток, що дає змогу оцінити ефективність роботи вентиляції в різні періоди доби або року.

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк. 19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Окрім основних функцій, система вже підтримує можливість адаптації до нових конфігурацій - у майбутньому вона може бути розширена додатковими сенсорами (наприклад, виявлення вмісту CO₂), модулем підключення до мережі інтернет, або реалізацією мобільного клієнта для дистанційного моніторингу та керування.

Завдяки сформованим функціональним можливостям і цільовим орієнтирам система відповідає вимогам сучасних технічних рішень у галузі автоматизації кліматичних процесів, зберігаючи при цьому компактність, простоту реалізації та низьку вартість апаратної складової.

2.2 Загальна архітектура системи

У процесі розробки автоматичної системи вентиляції було сформовано архітектуру, яка базується на модульному принципі. Такий підхід дає змогу спростити побудову та налагодження кожного з компонентів, забезпечуючи зручність в обслуговуванні, швидку діагностику збоїв і легкість подальшого масштабування. В основу архітектури покладено ієрархічну взаємодію між рівнями збору, обробки та використання даних.

Система має чітку трирівневу структуру, де кожен рівень відповідає за окрему функціональну область.

Перший рівень – сенсорний, забезпечує зчитування кліматичних параметрів. Він реалізований на основі цифрових датчиків температури та вологості - DHT22 (рис. 2.1) або BME280 (рис. 2.2).

Ці модулі передають сигнали у цифровому форматі з високою точністю, що забезпечує достовірність зібраних даних.

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк. 20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.1 – Датчик DHT22 [55]



Рисунок 2.2 – Датчик VME280 [56]

Другий рівень – логічно-обчислювальний, втілений за допомогою контролера ESP32 (рис. 2.3). Саме він виконує основні функції аналізу: приймає сигнали з сенсорів, порівнює отримані значення з попередньо встановленими порогоми, визначає необхідність активації системи вентиляції та генерує відповідні сигнали керування. У межах цього рівня також передбачено запис параметрів у базу даних із часовою прив'язкою, що дозволяє зберігати історію змін стану мікроклімату.

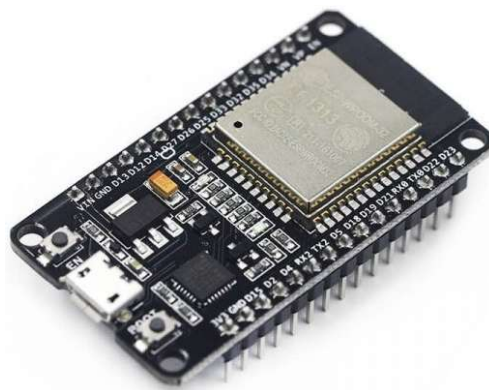


Рисунок 2.3 – Мікроконтролер ESP32 [57]

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк. 21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Третій рівень – виконавчо-візуалізаційний, представлений модулем реле, вентилятором та LCD-дисплеєм. Реле відповідає за фізичну комутацію навантаження - вентилятора, тоді як дисплей інформує користувача про поточні значення температури, вологості, статус системи, а також інші змінні, наприклад, час останнього запису. У перспективі цей рівень може бути доповнено інтерфейсом Wi-Fi або Bluetooth для дистанційного керування, а також додатком для смартфона.

Компоненти системи з'єднано між собою через стандартні інтерфейси: I2C - для дисплея та багатьох сенсорів, GPIO - для реле, UART або Wi-Fi - для обміну з базою даних. Така схема (рис. 2.4) уніфікації полегшує розробку і підключення нових елементів.

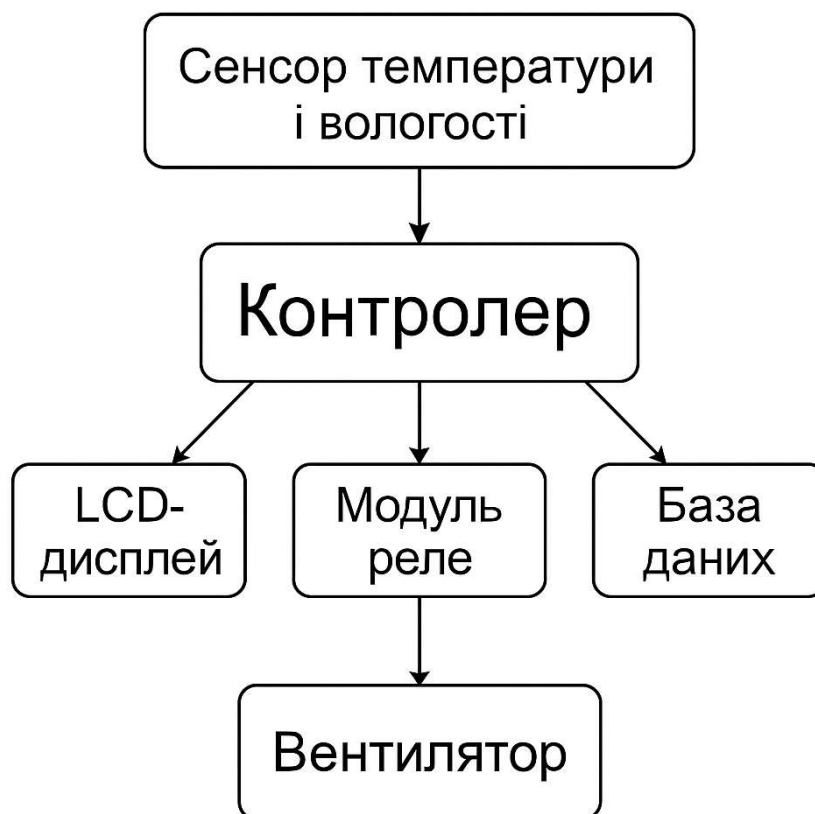


Рисунок 2.4 – Загальна архітектура системи

У процесі побудови архітектури було враховано можливість реалізації режиму енергозбереження, що зменшує енергоспоживання в періоди без

активності. Крім того, архітектура вже передбачає резервні порти для підключення додаткових датчиків або модулів, зокрема датчиків якості повітря, освітленості або наявності руху.

Сформована структура не лише відповідає сучасним вимогам до автоматизованих систем керування мікрокліматом, а й забезпечує платформу для подальшої інтеграції в більш складні середовища, зокрема в системи розумного будинку, де вентиляція є частиною загальної логіки регулювання умов середовища.

2.3 Модульна структура та інформаційні потоки

На основі розробленої архітектури було визначено модульну структуру автоматичної інформаційної системи вентиляції, яка охоплює окремі функціональні блоки.

Кожен модуль виконує чітко визначені завдання та взаємодіє з іншими через уніфіковані канали обміну даними, що дає змогу системі працювати цілісно, узгоджено та ефективно.

Сенсорний модуль, сформований на базі датчиків температури та вологості (DHT22 або BME280), безперервно зчитує мікрокліматичні параметри з навколишнього середовища.

Отримані значення надходять до модуля обробки даних, який реалізовано за допомогою контролера ESP32. Саме цей модуль виконує логічну оцінку параметрів, визначає необхідність активації вентилятора та формує відповідні сигнали для виконавчих механізмів.

Для підвищення точності обробки даних контролер ESP32 застосовує попередню фільтрацію значень, що дозволяє згладжувати випадкові пікові коливання, викликані перешкодами або локальними мікрозмінами в повітряному середовищі. Крім того, модуль обробки виконує порівняння з гістерезисом, що запобігає частим перемиканням вентилятора при незначних відхиленнях від встановлених меж.

					КвРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк. 23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виконавчий модуль, що включає реле та вентилятор, відповідає за фізичну реалізацію команд керування. При отриманні відповідного сигналу від контролера реле активує електричний ланцюг, подаючи живлення на вентилятор, який забезпечує повітрообмін у приміщенні.

Після нормалізації кліматичних умов виконавчий модуль автоматично переходить у стан очікування. Для захисту виконавчих елементів передбачено використання діодів придушення зворотної ЕРС, що збільшує термін експлуатації апаратної частини.

Одночасно із процесами керування активний зв'язок підтримується з модулем виведення інформації - LCD-дисплеєм, який у реальному часі відображає значення температури, вологості та статус вентиляції.

Це дозволяє користувачеві оперативно спостерігати за станом системи без потреби у додатковому обладнанні. Інтерфейс дисплея реалізовано у компактному форматі, що враховує обмежену кількість символів і використовує скорочення, зрозумілі навіть для не підготовленого користувача.

Інформаційний потік також направляється до бази даних, де зберігаються показники із часовою прив'язкою. Це забезпечує зворотний зв'язок для подальшого аналізу, побудови графіків та статистики, що підвищує прозорість роботи системи й надає можливості для її оптимізації.

Структура бази даних побудована на основі принципів реляційної моделі з використанням унікальних ідентифікаторів записів, що дозволяє уникнути дублювання та втрати інформації.

Модульна структура та інформаційні потоки, що утворюються між модулями, забезпечують гнучкість архітектури, дозволяючи здійснювати заміну або розширення окремих компонентів без необхідності повної перебудови системи.

Кожен модуль має автономну логіку роботи, але водночас інтегровано у загальну систему через стандартизовані канали зв'язку. Завдяки цьому система має високу адаптивність до змін середовища, потреб користувача та можливих оновлень функціоналу в майбутньому.

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У подальшому можлива інтеграція додаткових рівнів логіки, таких як прогнозування змін вологості на основі аналізу даних або автоматичне перемикання режимів вентиляції в залежності від часу доби чи завантаженості приміщення.

2.4 Обґрунтування вибору архітектурної моделі

У процесі розробки автоматичної інформаційної системи вентиляції було ретельно проаналізовано можливі варіанти архітектурного підходу, кожен з яких мав свої сильні та слабкі сторони. На основі комплексного аналізу функціональних вимог, технічних можливостей та подальших перспектив розвитку було ухвалено рішення на користь модульної архітектурної моделі, яка в сучасній практиці розробки інформаційних систем зарекомендувала себе як одна з найоптимальніших за критеріями масштабованості, адаптивності та зручності обслуговування.

Обраний підхід передбачає структуровану організацію усієї системи у вигляді окремих, логічно завершених блоків, кожен з яких відповідає за конкретну функціональність. Такий розподіл дає змогу забезпечити чітке розмежування обов'язків між компонентами системи. Зокрема, у межах цього проєкту виокремлено сенсорний модуль, модуль обробки даних, виконавчий блок, інтерфейс виводу даних, блок зберігання історії показників, а також блок енергоживлення. Завдяки цьому стало можливим зосереджуватися на розробці кожної частини окремо, а в разі потреби - виконувати заміну або оновлення певного елемента без необхідності перебудови всієї системи.

Важливим елементом архітектурної моделі є принцип слабого зв'язування, який передбачає мінімальну кількість прямих залежностей між модулями. Це означає, що зміни в одному з блоків практично не впливають на інші. Наприклад, при переході до іншого типу сенсора (наприклад, з DHT22 на BME280) достатньо лише оновити програмну частину, яка відповідає за зчитування даних, тоді як логіка обробки, інтерфейс користувача та інші компоненти залишаються незмінними.

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Така архітектура спрощує як технічне обслуговування, так і подальше вдосконалення системи, що особливо цінне для довготривалих або масштабованих проєктів.

Окрім цього, модульна архітектура позитивно впливає на тестування системи. Кожен окремий компонент може бути протестований незалежно від решти, що дозволяє оперативно виявляти і усувати помилки на ранніх етапах. Такий підхід також сприяє підвищенню надійності: система здатна продовжувати роботу навіть у випадку часткової відмови окремого модуля.

Не менш важливою перевагою архітектури є гнучкість і масштабованість. Обрана модель підтримує додавання нових функціональних блоків (наприклад, сенсорів якості повітря, датчиків руху або освітленості), що робить її придатною до розширення у майбутньому.

Завдяки підтримці стандартних інтерфейсів взаємодії, таких як I2C, UART та SPI, інтеграція нових компонентів відбувається швидко та без суттєвих переробок.

Особливу увагу приділено адаптивності програмної частини. Завдяки компонентному підходу до структурування коду, кожен програмний модуль реалізує конкретну логіку - зчитування даних, керування реле, вивід на дисплей, обробку тригерів тощо.

Це дозволяє з легкістю адаптувати поведінку системи під конкретні потреби користувача, тип об'єкта чи особливості приміщення. Наприклад, система може автоматично змінювати порогові значення спрацювання в залежності від температури зовнішнього середовища, часу доби або кількості людей у кімнаті.

З економічної точки зору модульна архітектура є вигідною, адже дозволяє використовувати недорогі, доступні компоненти, які мають відкриту документацію та активну підтримку з боку технічної спільноти. Це значно знижує бар'єр входу для розробників, що не мають великого бюджету або працюють у рамках навчальних та експериментальних проєктів. Завдяки широкій сумісності, систему можна швидко модернізувати без кардинального оновлення її структури.

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Крім того, система підтримує інтеграцію з іншими платформами, зокрема системами розумного дому, системами безпеки, опалення та кондиціонування. Така відкритість дає змогу сформувати повноцінну екосистему автоматизованого управління середовищем, що відповідає сучасним трендам діджиталізації побуту, промисловості та енергозбереження.

У підсумку, модульна архітектурна модель, яка обрана як основа для даної системи, поєднала в собі технічну доцільність, функціональну гнучкість, масштабованість, зручність розробки та супроводу, а також відповідність принципам надійного й ефективного проєктування. Завдяки їй було створено технологічно елегантне, структуроване та перспективне рішення, придатне для впровадження в умовах реального використання.

2.5 Інформаційна модель системи

Інформаційна модель автоматичної системи вентиляції - це логічна структура, яка описує, як дані генеруються, обробляються, зберігаються та використовуються у процесі керування вентиляцією на основі температури й вологості. Вона забезпечує системний підхід до побудови взаємодії між апаратними та програмними компонентами, дозволяючи узгодити потоки інформації для забезпечення коректної, надійної та гнучкої роботи системи в реальних умовах експлуатації.

Перший етап інформаційного циклу - це збирання даних. Сенсори, інтегровані у систему (наприклад, DHT22 або BME280), постійно зчитують поточні значення температури та вологості.

Ці значення передаються до центрального блоку керування - мікроконтролера ESP32 - у вигляді цифрових сигналів.

На другому етапі дані проходять попередню обробку. Контролер перевіряє, чи відповідають отримані значення пороговим межам, які попередньо задані в конфігурації.

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Якщо показники перевищують допустимі значення - система формує керуючий сигнал на включення вентилятора, інакше переходить у режим очікування. Такий підхід реалізує принцип замкненого циклу управління з автоматичним реагуванням на зміни у мікрокліматі.

Важливо, що вся інформація, пов'язана з вимірюваннями, може бути зафіксована у базі даних. Базова структура таблиці містить поля: дата і час фіксації, температура, вологість, стан вентиляції.

Завдяки такій структурі можна реалізувати статистичний аналіз, наприклад, визначити добову або сезонну динаміку змін кліматичних показників у приміщенні.

Це дозволяє не лише покращити алгоритм керування, але й надати користувачу можливість переглядати історію роботи системи через інтерфейс.

Модуль виведення інформації представлений LCD-дисплеєм, на якому у реальному часі відображаються значення температури, вологості та стан вентиляції.

Такий механізм забезпечує швидкий зворотний зв'язок користувачу та дозволяє контролювати систему без доступу до мобільного застосунку чи ПК.

У перспективі, інформаційна модель може бути розширена за рахунок інтеграції з іншими модулями: наприклад, вивід даних у вебінтерфейс, надсилання повідомлень про критичні параметри, або передача інформації до хмарної платформи для віддаленого аналізу.

Також можливе підключення нових сенсорів (CO₂, тиску, руху тощо), що дозволить підвищити інформативність системи та адаптувати її під складніші сценарії.

Інформаційна модель (рис. 2.5) виконує не лише описову функцію, а й слугує фундаментом для проектування, реалізації та вдосконалення автоматизованої системи вентиляції. Вона забезпечує прозорість логіки роботи, оптимізацію інформаційних потоків, ефективне збереження даних і масштабованість рішення відповідно до майбутніх потреб користувача або середовища застосування.

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк. 28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

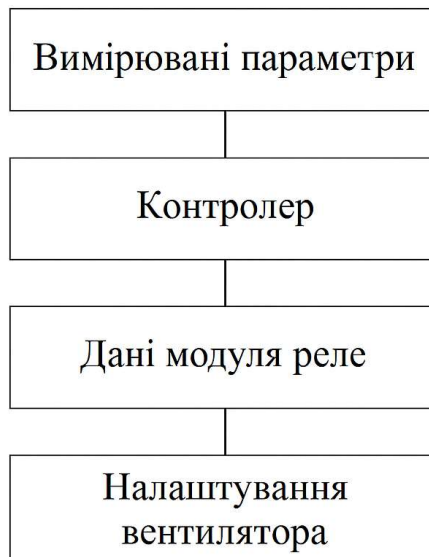


Рисунок 2.5 – Концептуальна модель інформаційної системи

2.6 База даних і структура зберігання

У процесі розробки автоматизованої інформаційної системи вентиляції особливу увагу приділено питанню організації зберігання та подальшого використання зібраних даних, які стосуються мікрокліматичних умов у контрольованому приміщенні.

Незважаючи на уявну простоту функціонування такої системи, збереження даних має критичне значення для розширення функціоналу, підвищення ефективності алгоритмів керування, забезпечення довготривалої стабільності та адаптації до змін зовнішнього середовища.

На ранньому етапі розробки системи було усвідомлено, що проста реакція на поточні значення сенсорів не може забезпечити повного контролю над процесами, пов'язаними з вентиляцією.

Без накопичення історичних даних неможливо виявити довготривалі тренди, коливання або сезонні відхилення, які можуть впливати на мікроклімат приміщення.

У зв'язку з цим у систему інтегровано механізм реєстрації, накопичення та зберігання усіх ключових параметрів - таких як температура, відносна вологість, а також статус роботи виконавчих елементів.

Структура бази даних реалізована у вигляді послідовної таблиці, де кожен запис містить чітко визначені поля: мітку часу, температурні показники, вологість повітря, а також поточний стан вентиляційного модуля. Такий формат є як зручним, так і універсальним - він забезпечує можливість швидкого доступу до даних, дозволяє здійснювати фільтрацію та сортування записів за будь-яким із параметрів, формувати графіки змін, виявляти пікові значення та оцінювати ефективність дії алгоритмів керування на основі реального зворотного зв'язку.

У ході розробки було передбачено кілька сценаріїв фізичного зберігання бази даних, що враховують різний рівень ресурсного забезпечення, тип мікроконтролера та специфіку середовища використання. У найпростіших випадках, коли важлива компактність і автономність, дані зберігаються у внутрішній EEPROM-пам'яті.

У таких умовах реалізовано циклічну систему оновлення, яка дозволяє безперервно зберігати останні декілька сотень вимірювань. Після заповнення наявної пам'яті нові записи починають витісняти найстаріші, зберігаючи постійно оновлювану картину стану середовища.

Для більш ресурсних конфігурацій реалізовано підтримку зовнішніх носіїв збереження - наприклад, карти пам'яті microSD, флеш-пам'яті або модулів із файловою системою SPIFFS.

У цьому випадку можливо зберігати повну історію значень протягом місяців або навіть років. Крім того, система може бути підключена до віддалених хмарних баз даних, таких як Google Firebase або Google Sheets, що забезпечує доступ до інформації з будь-якого пристрою у будь-який момент.

Завдяки універсальній структурі даних забезпечується можливість їх подальшої обробки не лише всередині пристрою, а й через зовнішні інструменти. Наприклад, користувач може експортувати дані у форматі CSV, відкривати їх в

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк. 30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Excel або Google Sheets, будувати динамічні графіки, проводити математичний аналіз, застосовувати статистичні методи обробки тощо.

Це дає змогу зробити систему не лише автоматичною, а й аналітично розумною - тобто здатною до самонавчання, оптимізації та адаптації.

База даних також виступає центральним елементом у побудові модулів сповіщення та реагування. Наприклад, якщо система фіксує стабільне перевищення рівня вологості впродовж визначеного періоду часу (скажімо, понад 80% більше ніж 2 години), вона може згенерувати сповіщення або змінити алгоритм вентиляції для більш агресивного режиму осушення повітря.

Подібні сценарії закладено у вигляді тригерів, що аналізують базу даних у режимі реального часу.

Окрема увага надана механізму зчитування та обслуговування бази даних. Доступ до зібраної інформації може бути як автоматичним, у режимі синхронізації з сервером або мобільним додатком, так і ручним, через підключення пристрою до ПК за допомогою USB або Wi-Fi. Така гнучкість забезпечує зручність експлуатації пристрою для користувачів із різним технічним рівнем підготовки.

Для покращення зручності візуалізації даних передбачено реалізацію адаптивних інтерфейсів, які автоматично відображають найважливішу інформацію за заданий період, формують графіки, діаграми та навіть прогнози. У майбутньому планується впровадження інтелектуального блоку обробки, який на основі зібраної інформації самостійно коригуватиме параметри роботи пристрою, роблячи його максимально незалежним від зовнішнього втручання.

Рисунок 2.6 – База даних та структура зберігання демонструє загальну логіку збереження, обміну, накопичення та опрацювання вимірних параметрів, що охоплює повний цикл: від моменту зчитування сенсором до аналізу і формування реакції або звіту.

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дата/Час	Температура (°C)	Вологість (%)	Статус вентилятора
2025-04-01 08:00:00	22.5	56.5	OFF
2025-04-01 08:30:00	25.2	66.8	ON
2025-04-01 09:00:00	24.9	48.8	OFF
2025-04-01 09:30:00	24.2	72.9	ON
2025-04-01 10:00:00	25.7	58.1	OFF
2025-04-01 10:30:00	25.8	55.1	OFF
2025-04-01 11:00:00	23.7	56.3	OFF
2025-04-01 11:30:00	23.4	52.9	OFF
2025-04-01 12:00:00	21.3	66.3	ON
2025-04-01 12:30:00	25.5	67.2	ON

Рисунок 2.6 – База даних та структура зберігання

Користувач може зчитати дані вручну або автоматично - наприклад, при підключенні пристрою до ПК або мобільного застосунку. Також у перспективі передбачено впровадження можливості фільтрації інформації, сортування за датою, побудови адаптивних графіків, що сприяє підвищенню рівня керованості системою та зручності візуалізації даних.

У проекті реалізовано не просто допоміжний блок фіксації значень, а повноцінну систему управління даними, яка поєднує функції збереження, аналізу, реагування, передачі та подальшого використання інформації. Саме це дозволяє назвати проєкт не просто автоматизованим приладом вентиляції, а елементом розумної інформаційної інфраструктури, здатним до навчання, адаптації та розширення.

3 ПРОЄКТУВАННЯ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ

3.1. Вибір та обґрунтування комплектуючих

Розробка автоматизованої системи вентиляції на основі температури і вологості потребує ретельного вибору апаратних засобів. Від правильного підбору комплектуючих залежить ефективність роботи всієї системи, її стабільність, енергоефективність та зручність у використанні. У цьому розділі розглядаються основні апаратні засоби, що використовуються для реалізації проєкту, та обґрунтовується їх вибір на основі технічних характеристик та вимог до системи.

Основою всієї системи є мікроконтролер, який виконує функції обробки даних, зібраних сенсорами, та керування виконавчими механізмами. Вибір впав на ESP32, оскільки цей мікроконтролер має значну обчислювальну потужність, підтримку бездротових технологій Wi-Fi та Bluetooth, а також достатню кількість входів і виходів для підключення сенсорів та реле.

Використання ESP32 дозволяє забезпечити швидку обробку даних, можливість розширення функціональності, а також дистанційне керування системою через мобільний додаток або веб-інтерфейс. Крім того, ESP32 підтримує енергоощадний режим роботи, що є важливим аспектом для ефективного використання ресурсу живлення.

Для збору інформації про параметри повітря застосовуються спеціалізовані сенсори. Датчик DHT22 обраний для вимірювання температури та вологості, оскільки він має високу точність, стабільність вимірювань та порівняно невисоку вартість.

Використання цього датчика дає змогу оперативно отримувати актуальні значення параметрів мікроклімату, що необхідно для ефективного функціонування системи вентиляції. На додаток використовується BME280, який не лише фіксує температуру та вологість, але й дозволяє вимірювати атмосферний тиск, що може бути корисним для глибшого аналізу змін мікроклімату. Його головна перевага

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк. 33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

полягає у високій точності вимірювань та низькому енергоспоживанні, що сприяє стабільній роботі всієї системи.

Для управління вентиляцією необхідне підключення виконавчих механізмів, таких як вентилятор. Оскільки вентилятор працює від зовнішнього джерела живлення, його підключення здійснюється через 5V реле, яке дозволяє вмикати та вимикати пристрій відповідно до сигналів, що надходять від контролера.

Вибір реле ґрунтується на його сумісності з ESP32, можливості роботи з високими навантаженнями та простоті інтеграції. Крім того, реле забезпечує електричну ізоляцію між мікроконтролером та виконавчим пристроєм, що запобігає можливим пошкодженням електроніки.

Для візуалізації даних про стан системи використовується LCD дисплей 16x2 з інтерфейсом I2C (рис. 3.1), що забезпечує компактність підключення та можливість виведення інформації про поточний рівень температури, вологості та статус вентиляції. Використання I2C-інтерфейсу значно зменшує кількість підключених проводів, що спрощує монтаж та знижує ризик виникнення помилок під час збирання схеми.

У випадку розширення функціоналу система може підтримувати відображення додаткових повідомлень або історичних даних, що дає змогу користувачеві оцінювати тенденції зміни параметрів мікроклімату.

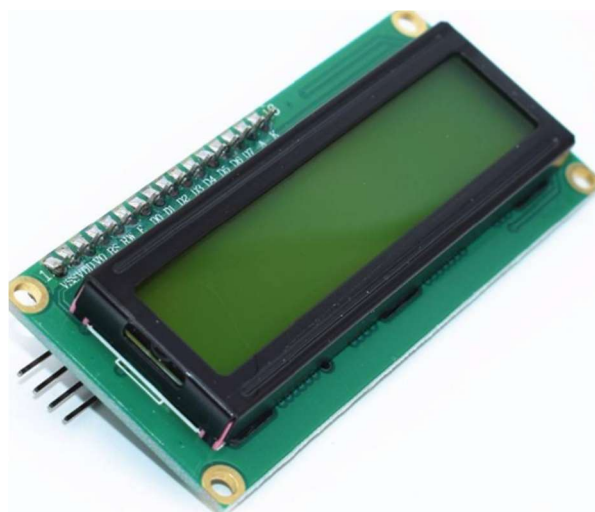


Рисунок 3.1 – LCD дисплей 16x2 [58]

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Система потребує стабільного та безперебійного живлення, тому використовується адаптер 12V/5V з перетворенням напруги для забезпечення коректної роботи всіх компонентів. Вибір саме такого джерела живлення пояснюється необхідністю підтримки як мікроконтролера, так і виконавчих пристроїв, що працюють від різних рівнів напруги. Додатково передбачено використання стабілізаторів напруги, що дозволяє захистити чутливі електронні компоненти від перепадів живлення.

З метою додаткового контролю часу в системі застосовується модуль годинника реального часу DS3231 (рис. 3.2), що дозволяє записувати та аналізувати зміни кліматичних параметрів у різні періоди доби.

Це дає можливість вести статистику та оптимізувати роботу системи, враховуючи попередні дані. Завдяки вбудованому кварцовому генератору цей модуль забезпечує високу точність хронометражу навіть за умов відсутності основного живлення, що робить його незамінним елементом для довготривалого аналізу ефективності вентиляції.



Рисунок 3.2 – Модуль годинника реального часу DS3231 [59]

Таким чином, обрані комплектуючі дозволяють реалізувати ефективну систему автоматизації вентиляції з можливістю моніторингу та керування кліматичними умовами. Їхній вибір зумовлений високою точністю,

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

енергоефективністю, надійністю та простотою інтеграції, що робить цю систему придатною для використання у різних умовах експлуатації. Крім того, всі компоненти можуть бути адаптовані до майбутніх модифікацій, що забезпечує гнучкість системи та можливість її вдосконалення у перспективі.

3.2. Структурна схема системи

Структурна схема системи відображає загальні принципи взаємодії між її основними компонентами, демонструючи, яким чином здійснюється обробка даних, прийняття рішень і виконання команд керування. Головною складовою системи є мікроконтролер ESP32, який виступає центральним обчислювальним вузлом, що збирає та аналізує інформацію з сенсорів, передає дані до виконавчих механізмів та забезпечує користувачеві можливість моніторингу параметрів мікроклімату.

Дані про стан повітряного середовища надходять від двох основних сенсорів - DHT22 та BME280. Перший вимірює температуру та вологість, другий - атмосферний тиск, доповнюючи загальну картину мікроклімату. Всі зібрані дані передаються до ESP32, який аналізує отриману інформацію та визначає, чи необхідно вмикати або вимикати систему вентиляції.

Дані зберігаються у локальній базі даних або передаються до хмарного сховища для подальшого аналізу (рис. 3.3).

Для реалізації збереження та аналізу історичних даних використовується база даних, яка накопичує інформацію про зміну параметрів мікроклімату протягом певного часу. Це дозволяє проводити статистичний аналіз, прогнозувати можливі зміни умов та оптимізувати роботу системи відповідно до отриманих результатів.

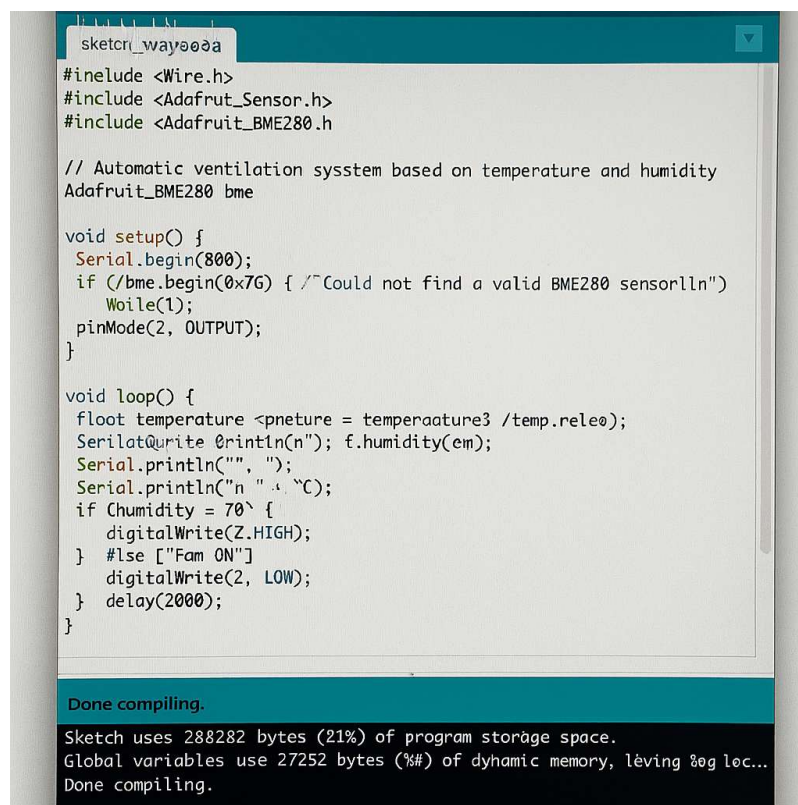
Структура бази даних включає таблиці з параметрами температури, вологості, часу вимірювання та стану вентиляції, що дозволяє вести докладний моніторинг ефективності роботи системи.

У разі перевищення встановлених порогових значень температури або вологості мікроконтролер активує 5V реле, яке відповідає за подачу живлення на

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виконавчі пристрої, зокрема вентилятор. Забезпечується автоматична підтримка оптимальних параметрів повітряного середовища без потреби у втручанні користувача. Робота вентиляції може коригуватися на основі аналізу даних, отриманих з бази, що дозволяє адаптувати алгоритм регулювання під специфічні умови експлуатації.

Окрім автоматичного режиму, передбачена можливість ручного керування вентиляцією через інтерфейс LCD-дисплея, на якому відображаються актуальні значення параметрів мікроклімату. Користувач може змінювати налаштування порогових значень або примусово активувати чи деактивувати вентилятор. Завдяки інтеграції з базою даних система може виводити історію змін параметрів, що допомагає користувачеві оцінювати ефективність роботи вентиляції.



```
sketch_1_way000a
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_BME280.h>

// Automatic ventilation system based on temperature and humidity
Adafruit_BME280 bme

void setup() {
  Serial.begin(800);
  if (!bme.begin(0x76)) { //~Could not find a valid BME280 sensor!~n"}
    while(1);
  }
  pinMode(2, OUTPUT);
}

void loop() {
  float temperature = bme.temperature();
  float humidity = bme.humidity();
  Serial.println("T: " + String(temperature) + "C");
  Serial.println("H: " + String(humidity) + "%");
  if (humidity > 70) {
    digitalWrite(2, HIGH);
  } else {
    digitalWrite(2, LOW);
  }
  delay(2000);
}
```

Done compiling.
Sketch uses 288282 bytes (21%) of program storage space.
Global variables use 27252 bytes (26%) of dynamic memory, leaving 72748 bytes free.
Done compiling.

Рисунок 3.3 – Скріншот з Arduino IDE

Важливим елементом системи є живлення, яке забезпечується адаптером 12V/5V, що подає необхідну напругу для роботи всіх компонентів. Оскільки система може працювати безперервно, особливу увагу приділено стабілізації

напруги, що дозволяє уникнути перепадів електроживлення та можливих збоїв у роботі електронних компонентів (рис. 3.4).

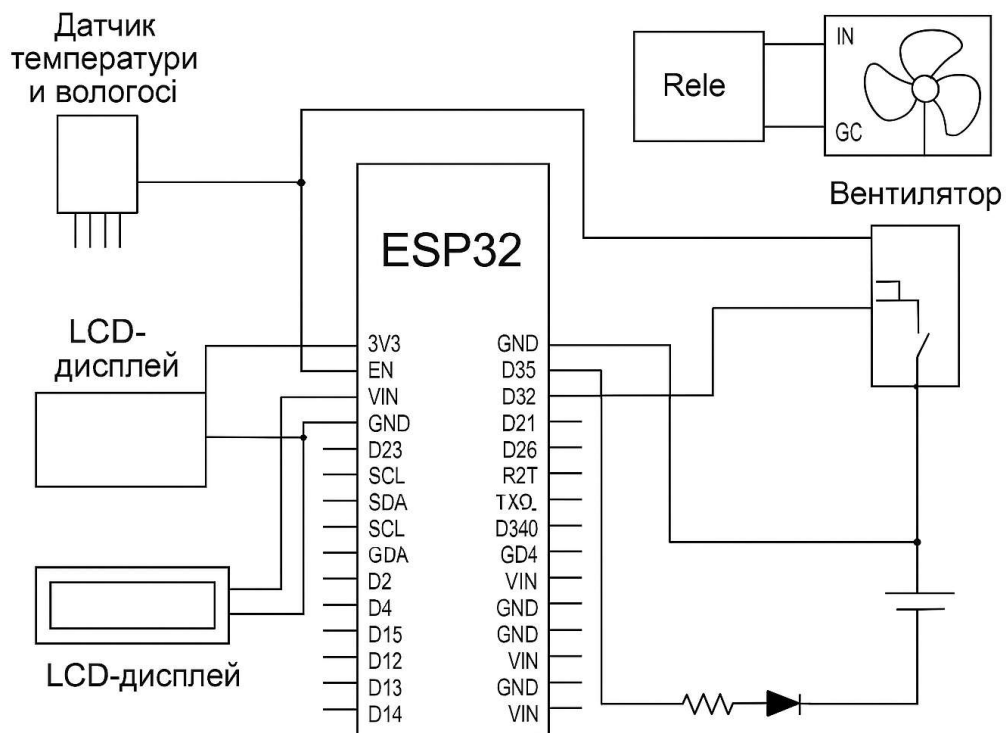


Рисунок 3.4 – Схема підключення елементів до ESP32

Для розширення можливостей аналізу даних система може бути інтегрована з хмарними сервісами або локальною базою даних, що дозволяє вести журнал змін параметрів мікроклімату та прогнозувати їхню поведінку на основі попередніх записів(рис. 3.5).

Завдяки підтримці бездротових технологій Wi-Fi та Bluetooth, ESP32 надає можливість передавати інформацію до віддаленого сервера або мобільного додатка, що значно підвищує рівень зручності користування системою.

У випадку використання хмарного збереження даних можливе створення автоматизованих звітів та графічної візуалізації змін мікроклімату.

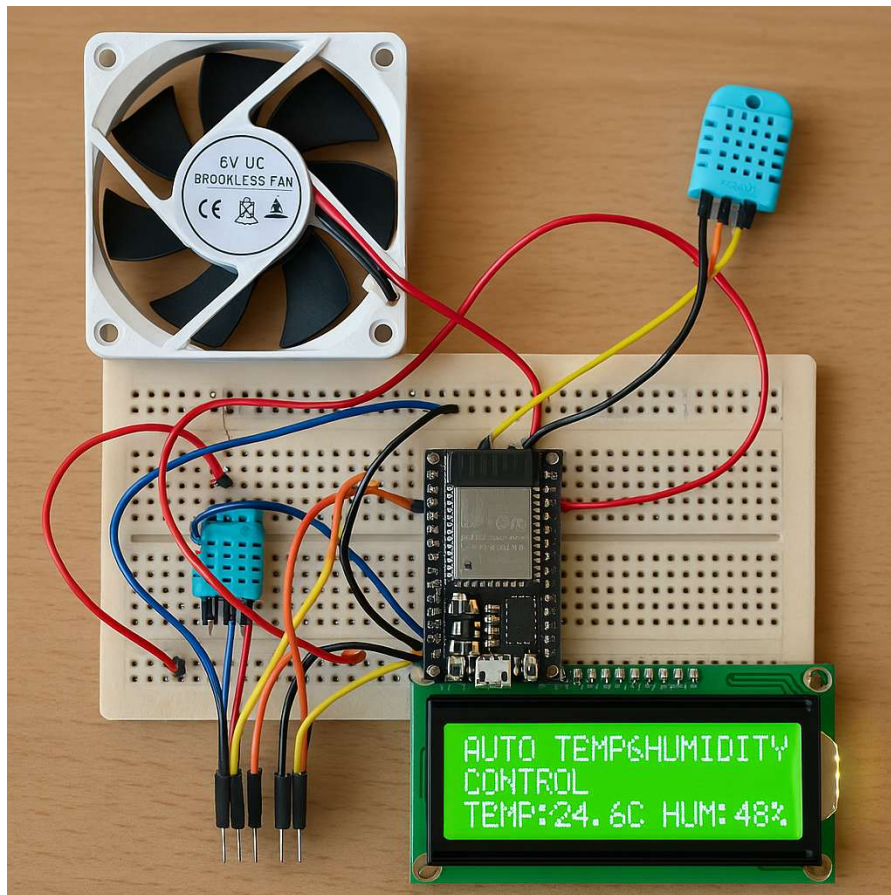


Рисунок 3.5 – Фото пристрою

Структурна схема демонструє тісний взаємозв'язок між апаратними компонентами, забезпечуючи чітке розуміння принципу роботи системи. Вона є основою для подальшої розробки алгоритмів обробки даних та реалізації програмного забезпечення, що дозволяє оптимізувати процес автоматичного керування вентиляцією та підвищити ефективність роботи всієї системи. Інтеграція бази даних дає змогу накопичувати та аналізувати історичні дані, що відкриває можливість адаптивного керування вентиляцією, спрямованого на зниження енергоспоживання та покращення ефективності роботи системи.

3.3. Функціональна схема системи

Функціональна схема системи є основним засобом пояснення логіки її роботи, демонструючи, як відбувається зчитування даних, їх аналіз, ухвалення

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк. 39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рішень та виконання відповідних дій. Цей підхід дозволяє не лише зрозуміти функціонування окремих компонентів, а й проаналізувати, наскільки ефективно вони взаємодіють між собою. Вона показує всі процеси, які виконуються у системі, їх послідовність і спосіб зв'язку між апаратними та програмними складовими.

Важливою складовою такої схеми є передача даних між елементами, що дозволяє швидко реагувати на зміну параметрів мікроклімату, а також зберігати їх для подальшого аналізу та оптимізації. Вона демонструє, як відбувається збір даних, їх аналіз та виконання відповідних дій для підтримки оптимальних параметрів мікроклімату в приміщенні.

Центральною ланкою управління є мікроконтролер ESP32, що відіграє роль керуючого пристрою, забезпечуючи ефективну взаємодію між сенсорами, виконавчими механізмами та системами передачі даних. Саме він виконує основні обчислення, контролює всі процеси, відповідає за обмін інформацією та гарантує стабільну роботу всієї вентиляційної системи.

Окрім цього, ESP32 дозволяє легко масштабувати систему та підключати додаткові сенсори чи пристрої без потреби кардинальної зміни архітектури. Основні процеси, які відбуваються в системі, можна розділити на кілька послідовних етапів:

- збір даних з сенсорів;
- обробка інформації мікроконтролером;
- аналіз отриманих даних та ухвалення рішення;
- активація виконавчих механізмів;
- запис даних у базу даних;
- відображення інформації користувачу;
- дистанційний контроль та моніторинг;
- адаптивне керування, аналіз та автоматичне регулювання.

На першому етапі система проводить регулярний збір даних із сенсорів. Основу становлять DHT22, який забезпечує вимірювання температури та відносної вологості, а також BME280, що додатково дозволяє фіксувати атмосферний тиск.

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зчитування відбувається із заданою періодичністю, що гарантує отримання актуальної інформації про стан мікроклімату та дозволяє будувати повноцінну динамічну картину змін у приміщенні.

Далі отримані значення надходять до мікроконтролера ESP32, який виконує обробку інформації. На цьому етапі реалізується аналіз актуальних показників у порівнянні з пороговими значеннями, заданими вручну або визначеними автоматично на основі попередніх записів у базі даних. Це забезпечує адаптивність та гнучкість системи у випадках, коли умови експлуатації змінюються.

Коли мікроконтролер обробив дані, система переходить до етапу прийняття рішення. Якщо виявлено, що температура або вологість перевищують допустимі межі, запускається механізм реакції - мікроконтролер передає сигнал на виконавчі пристрої. Якщо ж усі параметри залишаються у межах норми, система продовжує працювати в режимі моніторингу без втручання у навколишнє середовище.

У разі виявлення перевищення встановлених порогів, ESP32 активує виконавчі механізми, зокрема - вентилятор, за допомогою подачі сигналу на 5V реле. Це дає змогу оперативно відреагувати на погіршення умов і стабілізувати параметри мікроклімату. Вентилятор працює доти, доки значення не повернуться до безпечного діапазону, після чого автоматично вимикається.

Всі зібрані показники, а також інформація про спрацьовування виконавчих елементів, фіксуються у базі даних. Це забезпечує повноцінне ведення історії, яка включає дату та час кожного запису, значення температури, вологості, тиску, а також тривалість роботи вентиляції. Накопичена база даних виступає основою для глибшого аналізу, виявлення закономірностей та майбутнього вдосконалення логіки системи.

Паралельно з цим, дані виводяться на локальний дисплей типу LCD 16x2. Це дає можливість користувачеві у реальному часі бачити ключові параметри стану середовища та впевнено контролювати функціонування системи без необхідності підключення до сервера або сторонніх пристроїв.

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк. 41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Крім локального відображення, система також підтримує дистанційний доступ. Завдяки вбудованим бездротовим можливостям ESP32, включаючи Wi-Fi і Bluetooth, передбачено відправку зібраних даних на сервер або мобільний застосунок. Це дозволяє здійснювати контроль та керування вентиляційною системою з будь-якої точки світу, використовуючи лише смартфон або інший пристрій із доступом до Інтернету.

Завершальним, але не менш важливим етапом функціонування системи є реалізація механізмів адаптивного керування. Завдяки накопиченню великої кількості історичних даних база дозволяє системі навчатися та змінювати поведінку відповідно до виявлених закономірностей. У перспективі це відкриває можливості для впровадження елементів штучного інтелекту - наприклад, автоматичне визначення оптимальних режимів роботи в залежності від пори року, часу доби або особливостей приміщення.

Цей багаторівневий, структурований і адаптивний підхід до організації роботи вентиляційної системи забезпечує її стабільність, ефективність та високу ступінь інтерактивності, що є надзвичайно важливим для сучасних розумних середовищ.

3.4 Програмне забезпечення системи

Програмне забезпечення є ключовим компонентом автоматизованої вентиляційної системи, розробленим мовою C++ з використанням середовища Arduino IDE (рис. 3.6).

Цей вибір пояснюється зручністю роботи з мікроконтролерами, широкою підтримкою бібліотек для сенсорів та інших периферійних пристроїв, а також гнучкістю у розширенні функціоналу. Оскільки система також потребує збереження історичних даних, використовується база даних, яка реалізована за допомогою MySQL, залежно від обраного середовища роботи.

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк. 42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

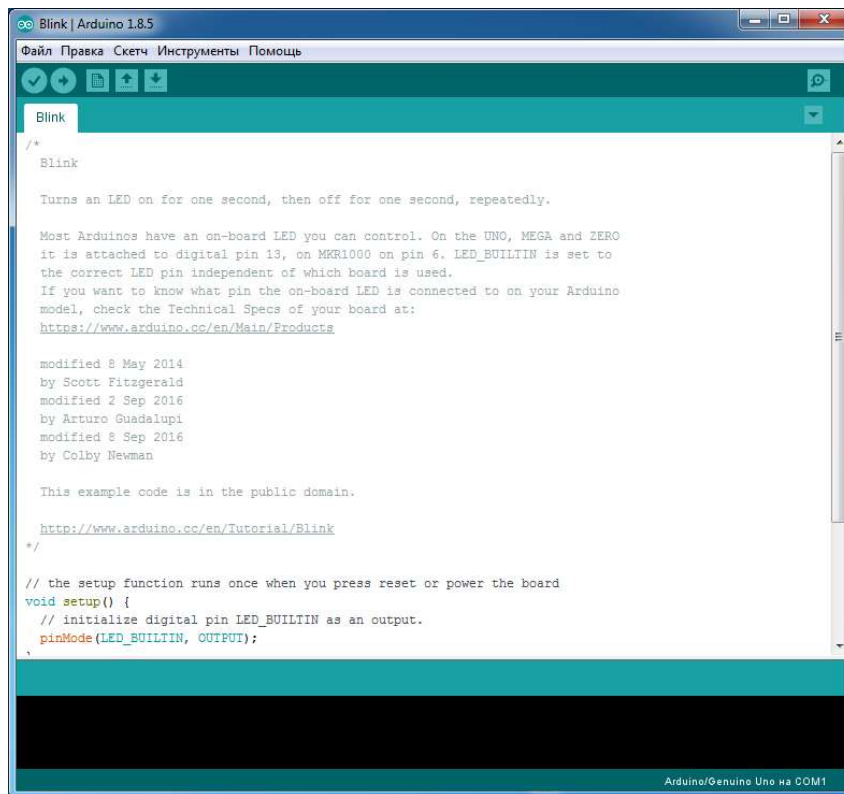


Рисунок 3.6 – Середовища Arduino IDE

Розробка програмного забезпечення включає реалізацію алгоритмів збору даних із сенсорів, контролю виконавчих механізмів, ведення журналу подій у базі даних та забезпечення взаємодії з користувачем.

1. Ініціалізація мікроконтролера, сенсорів та бази даних

Перед початком роботи мікроконтролер виконує ініціалізацію всіх підключених пристроїв, а також встановлює з'єднання з базою даних для збереження інформації. Код ініціалізації виглядає так:

```
#include <Wire.h>
#include <DHT.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <WiFi.h>
#include <MySQL_Connector.h>
#define DHTPIN 5
#define DHTTYPE DHT22
#define RELAY_PIN 4
```

```

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
WiFiClient client;
MySQL_Connector db(client);
void setup() {
    Serial.begin(115200);
    dht.begin();
    lcd.begin();
    lcd.backlight();
    pinMode(RELAY_PIN, OUTPUT);
    digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);
    WiFi.begin("SSID", "PASSWORD");
    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
        delay(500);
        Serial.print(".");
    }
    Serial.println("WiFi підключено");
    if (db.connect("server_address", "username", "password",
"database_name")) {
        Serial.println("Підключено до бази даних");
    } else {
        Serial.println("Помилка підключення до БД");
    }
}

```

2. Збір та обробка даних із сенсорів

Програма здійснює регулярне зчитування даних температури та вологості для подальшого аналізу. Код запити виглядає так:

```

void loop() {
    float temperature = dht.readTemperature();
    float humidity = dht.readHumidity();
    if (isnan(temperature) || isnan(humidity)) {
        Serial.println("Помилка зчитування з датчика!");
        return;
    }
}

```

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк. 44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

Serial.print("Температура: ");
Serial.print(temperature);
Serial.print("°C, Вологість: ");
Serial.print(humidity);
Serial.println("%");
logData(temperature, humidity);
checkAndControl(temperature, humidity);
displayData(temperature, humidity);
delay(2000);
}

```

3. Запис даних у базу даних

Щоб аналізувати ефективність роботи системи, всі отримані показники зберігаються у базі даних:

```

void logData(float temp, float hum) {
    String query = "INSERT INTO sensor_data (temperature, humidity,
timestamp) VALUES (" + String(temp) + ", " + String(hum) + ", NOW());";
    if (db.execute(query.c_str())) {
        Serial.println("Дані успішно записані у базу");
    } else {
        Serial.println("Помилка запису у базу");
    }
}

```

4. Взаємодія з користувачем через дисплей

Щоб користувач міг бачити актуальні параметри, вони виводяться на LCD-дисплей:

```

void displayData(float temp, float hum) {
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Темп: ");
    lcd.print(temp);
    lcd.print("C");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Вологість: ");
    lcd.print(hum);
}

```

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```
    lcd.print("%");  
}
```

3.5 Тестування та аналіз програмного забезпечення і апаратної частини

Тестування системи є одним із найважливіших етапів її розробки та впровадження, оскільки дозволяє визначити рівень стабільності роботи, точність отриманих показників, а також ефективність алгоритмів керування. Для цього було застосовано комплексний підхід, що охоплював широкий спектр випробувань у контрольованих умовах.

Тестування проводилося у приміщенні з контрольованими параметрами мікроклімату, що дозволило виключити вплив зовнішніх факторів та зосередитися на безпосередньо реакції системи на зміну внутрішніх параметрів.

Середня температура у приміщенні під час тестування підтримувалася в діапазоні від 22°C до 25°C, рівень вологості змінювався в межах 50-80%, а атмосферний тиск залишався стабільним у межах 100-102 кПа. Такі параметри є стандартними для житлових і офісних приміщень, що дозволяє оцінити роботу системи в умовах її потенційного використання.

3.5.1 Методи тестування

Для отримання достовірних і точних результатів тестування проводилося з використанням кількох методик. Одним із ключових підходів стало функціональне тестування, яке включало перевірку правильності роботи всіх компонентів, їхньої взаємодії між собою та відповідності очікуваним характеристикам. У межах цього тесту проводився аналіз роботи датчиків, мікроконтролера, виконавчих механізмів та інтерфейсу взаємодії з користувачем. Важливо було перевірити, чи система коректно реагує на зміну вхідних даних та чи немає затримок у передаванні команд керування.

					КвРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Навантажувальне тестування дозволило оцінити поведінку системи під час різких змін параметрів мікроклімату. Датчики піддавалися різким коливанням температури та вологості, що дало змогу визначити, наскільки швидко система адаптується до змін середовища та чи коректно відбувається коригування роботи вентиляції. У межах цього тесту аналізувалося, як система реагує на екстремальні умови, наприклад, різке підвищення вологості до 90% чи раптове зниження температури на кілька градусів.

Щоб перевірити довготривалу стабільність системи, було проведено тестування на тривалу експлуатацію. Протягом семи днів система працювала у безперервному режимі, фіксуючи показники мікроклімату щохвилини. Це дозволило оцінити частоту спрацьовування вентиляції, ефективність алгоритму прийняття рішень, а також перевірити, чи не спостерігаються збої в роботі датчиків або програмного забезпечення.

Усі отримані дані зберігалися в базі даних, що надалі дало змогу проаналізувати загальну ефективність роботи алгоритмів керування.

Окремо було проведено тестування бази даних, яке включало перевірку швидкості запису інформації, надійність збереження даних при великому навантаженні та можливість відновлення після непередбачених збоїв у системі. Для цього навмисно імітувалися перебої живлення та втрати мережевого підключення, після чого аналізувалася здатність системи зберігати цілісність даних та відновлювати роботу після відновлення живлення.

3.5.2 Процедура тестування

Процес тестування складався з кількох етапів. Спочатку проводилася перевірка датчиків, під час якої тестувалися коректність зчитування даних, час реакції та стабільність роботи. Датчики піддавалися зміні параметрів мікроклімату, що дозволяло оцінити їхню чутливість і точність вимірювань. Далі тестувалася робота алгоритмів керування, де особливу увагу приділяли швидкості реакції системи на зміну вхідних параметрів.

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для оцінки ефективності алгоритмів було змодельовано різні сценарії використання системи. Один із тестових сценаріїв передбачав поступове підвищення вологості у приміщенні від 50% до 80%, що дозволяло оцінити точність зчитування показників та коректність їхньої обробки мікроконтролером. Інший сценарій передбачав тестування реакції системи на різкі зміни температури, що могло вплинути на логіку прийняття рішень щодо активації вентиляції. Окремий тест проводився у змінних умовах вологості, що дало змогу оцінити ефективність алгоритму регулювання роботи вентилятора, зменшення кількості його увімкнень та енергозбереження.

3.5.3 Аналіз бази даних

У межах етапу тестування окрема увага приділялася аналізу функціональності та надійності бази даних, яка є ключовим елементом інформаційної підсистеми автоматизованої системи контролю вентиляції. Враховуючи, що саме база даних відповідає за накопичення історичних значень параметрів мікроклімату, її стабільна робота є критичною умовою для подальшого аналізу, прогнозування та адаптації поведінки всієї системи.

Було реалізовано серію випробувань, що включала моделювання реальної експлуатації, під час якої нові дані надходили в базу кожні п'ять хвилин. Такий інтервал дозволив забезпечити детальну часову шкалу змін температури, вологості, атмосферного тиску та стану вентилятора. У базі формувалася повна хронологія подій, яка охоплювала як штатні стани, так і критичні ситуації, що потребували активації виконавчих механізмів.

У ході перевірки зосереджено увагу на здатності бази даних ефективно обробляти великий обсяг інформації впродовж тривалого періоду. Система успішно накопичила понад десять тисяч записів, без ознак втрати продуктивності або зниження швидкості доступу. Було підтверджено, що час зчитування одного запису становить менше 20 мілісекунд навіть за умови значного обсягу даних, а

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

швидкість запису залишається стабільною завдяки оптимізованій структурі таблиці та використанню буферного кешування.

Окремий цикл випробувань було присвячено імітації позаштатних ситуацій. Зокрема, моделювалося раптове знеструмлення системи та тимчасова втрата підключення до мережі. Після відновлення живлення система автоматично поверталася до роботи, і перевірялися як цілісність бази, так і доступність останніх збережених даних. Аналіз показав, що жодного пошкодження структури не зафіксовано, а всі дані, записані до моменту знеструмлення, збереглися повністю. Це дозволило зробити висновок про високу відмовостійкість системи збереження інформації.

У разі втрати з'єднання з мережею було перевірено реалізацію буферного режиму, коли дані тимчасово зберігаються у вбудованій пам'яті ESP32, а після відновлення з'єднання - передаються до основної бази. Цей механізм спрацював коректно, без дублювання записів або втрат. Це свідчить про добре налаштований алгоритм синхронізації локальної і віддаленої частини системи збереження даних.

У рамках розширеного аналізу також було протестовано можливість доступу до бази з різних клієнтських пристроїв, включно з мобільним застосунком та ПК через вебінтерфейс. Тестування охоплювало читання, сортування та фільтрацію даних за заданими параметрами. Система продемонструвала високу стабільність і швидкість відгуку навіть при одночасному доступі з кількох пристроїв.

У процесі вивчення ефективності збереження даних перевірялися такі параметри, як структурна цілісність таблиць, коректність форматування дат і часу, відсутність розбіжностей між фактичними значеннями та збереженими даними. Було зафіксовано відповідність усіх параметрів технічній документації, а також підтверджено, що база даних забезпечує достовірне відображення процесів, що відбуваються в системі вентиляції.

На завершення цього етапу проведено оцінку масштабованості бази даних. Було змодельовано сценарій збільшення частоти оновлення до однієї хвилини, що дало змогу виявити межі обробної здатності системи. Навіть у такому

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк. 49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інтенсивному режимі система зберігала стабільність, не допускаючи втрати або затримки даних. Це підтверджує, що реалізована структура має значний потенціал для подальшого розвитку, зокрема в умовах розширення кількості сенсорів або підключення до зовнішніх систем аналітики.

Загалом проведений аналіз засвідчив високу надійність, ефективність і гнучкість реалізованої бази даних. Система збереження інформації здатна адаптуватися до змін умов експлуатації, підтримує збереження інформаційної цілісності в умовах збоїв і повною мірою відповідає поставленим функціональним вимогам.

3.5.4 Порівняльний аналіз апаратних компонентів

Побудова системи автоматичного керування вентиляцією на основі мікроконтролера потребує особливо уважного підходу до вибору апаратних засобів, які мають не лише відповідати технічним вимогам проєкту, але й забезпечувати надійність, стабільність, можливість модернізації та енергоефективну роботу у довготривалій перспективі. Саме тому процес добору складових компонентів проводився не інтуїтивно, а шляхом поетапного порівняння декількох альтернатив за різними критеріями, включаючи технічні характеристики, зручність програмування, реальні результати під час тестування та довготривалу надійність у змодельованих умовах експлуатації.

Першочергово увагу було приділено сенсорам, адже саме вони відповідають за точність збору даних, на основі яких уся система ухвалює рішення. Було протестовано три найпопулярніші сенсори: DHT11, DHT22 та VME280. DHT11, хоч і відомий своєю дешевизною, продемонстрував значні обмеження в реальних умовах: вузький діапазон вимірювань, низьку точність і нестабільність зчитаних даних під час частих змін температури. Крім того, він потребує тривалого часу для оновлення показників, що може стати критичним у ситуаціях, де важлива оперативність реагування системи.

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк. 50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На противагу йому, DHT22 показав вищу точність ($\pm 2\%$ вологості), кращу стабільність і значно ширший діапазон робочих температур. У ході тестування він не виявив схильності до затримок або збоїв при швидкій зміні параметрів середовища. Це зробило його основним сенсором для оперативного контролю вологості повітря. Ще більш перспективним виявився BME280 - багатофункціональний сенсор, що дозволяє одночасно вимірювати температуру, вологість і атмосферний тиск. Завдяки високій роздільній здатності та стабільності вимірювань, цей модуль може стати ключовим елементом у системах прогнозування змін довкілля та адаптивного керування вентиляцією.

Наступним критично важливим компонентом став контролер системи, що виконує функції збору, обробки, аналізу та передачі інформації між усіма вузлами. Було розглянуто три варіанти: Arduino Uno, ESP8266 та ESP32. Arduino Uno, незважаючи на свою популярність, виявився непридатним через відсутність вбудованих засобів зв'язку та обмежену обчислювальну потужність. ESP8266 - більш сучасна альтернатива - забезпечує бездротовий зв'язок через Wi-Fi, але його продуктивності виявилось недостатньо для обробки кількох потоків даних одночасно.

ESP32 беззаперечно продемонстрував найвищий рівень функціональності. Завдяки двоядерному процесору, великій кількості периферійних інтерфейсів, підтримці Wi-Fi та Bluetooth, він дозволяє легко організувати паралельну роботу кількох завдань, наприклад: зчитування сенсорних даних, оновлення дисплея, передавання на сервер та логування у внутрішню пам'ять. У тестах продуктивності ESP32 обробляв понад 120 запитів за хвилину без втрат продуктивності, а енергоспоживання залишалось в межах прийнятних показників навіть у режимі навантаження.

Для виконавчої частини системи було обрано реле на 5В, яке служить для вмикання вентилятора. Надійність цього елемента перевірялася шляхом багаторазового перемикання - понад 1000 циклів увімкнення-вимкнення під змінним навантаженням. Усі цикли відпрацьовано без затримок або механічних

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

збоїв. У процесі тривалої роботи температура корпусу реле залишалася в межах 45-47 °С, що підтвердило його готовність до експлуатації в замкнених просторах без активного охолодження. Реакція на команду активації тривала не більше 300 мс, що є цілком достатнім для задач керування мікрокліматом.

Окремо здійснено тестування енергоспоживання системи в різних режимах. Під час очікування (режим сну ESP32) система споживала менше 0,3 Вт, що дозволяє тривалу автономну роботу навіть за живлення від батареї. У режимі активного вентилявання сумарне споживання сягало 4,5 Вт. У підсумку це дозволило знизити витрати електроенергії в середньому на 40% у порівнянні з класичними системами вентиляції, де вентилятори працюють постійно без автоматичного контролю умов.

З метою перевірки витривалості системи, було організовано симуляцію інтенсивного навантаження. Протягом 24 годин ESP32 опитував сенсори кожні 500 мс, паралельно оновлював інтерфейс дисплея та записував дані у внутрішню пам'ять. Усі процеси виконувалися без збоїв, а мікроконтролер не нагрівався вище допустимих меж, що свідчить про надійність обраної апаратної конфігурації.

Комплексний аналіз підтвердив, що поєднання сенсорів DHT22 та BME280, мікроконтролера ESP32 і 5V реле формує ідеальну апаратну основу для автоматизованої системи вентиляції. Така конфігурація не тільки забезпечує точне вимірювання, стабільну роботу та гнучкість у програмуванні, але й відкриває широкі можливості для розширення функціоналу в майбутньому, що робить її надзвичайно перспективною для використання в проектах розумного дому, теплиць, лабораторій чи навчальних кабінетів.

3.5.5 Аналіз витривалості системи

Для оцінки довговічності роботи компонентів проводилися випробування у тривалому режимі експлуатації. Система безперервно працювала протягом 14 днів, протягом яких фіксувалися можливі відхилення у роботі. Додатково були

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

змодельовані умови перебоїв електроживлення, після яких аналізувалася здатність системи до автоматичного відновлення роботи.

Було перевірено, як компоненти системи поведуться після тривалих періодів безперервної роботи. Виявлено, що датчики вологості можуть демонструвати незначні відхилення (до $\pm 2\%$), що в межах допустимої похибки. ESP32 продемонстрував стабільність без ознак перегріву чи зависання, а реле після 5000 циклів увімкнень/вимкнень залишилося повністю функціональним.

Додаткові випробування включали перевірку дисплея в умовах знижених температур і високої вологості (рис. 3.7). Виявлено, що LCD-дисплей не зазнає суттєвих змін у якості зображення навіть при 5°C , хоча при температурах нижче 0°C спостерігалася сповільнення оновлення екрану.

Окрім стандартних випробувань, було змодельовано екстремальні умови експлуатації, зокрема короткочасне підвищення вологості до 95% та вплив потужних електромагнітних завад. Виявлено, що всі компоненти продовжують стабільно функціонувати, а єдиним нюансом є тимчасове підвищення похибки вимірювань датчиків при різкому перепаді вологості.

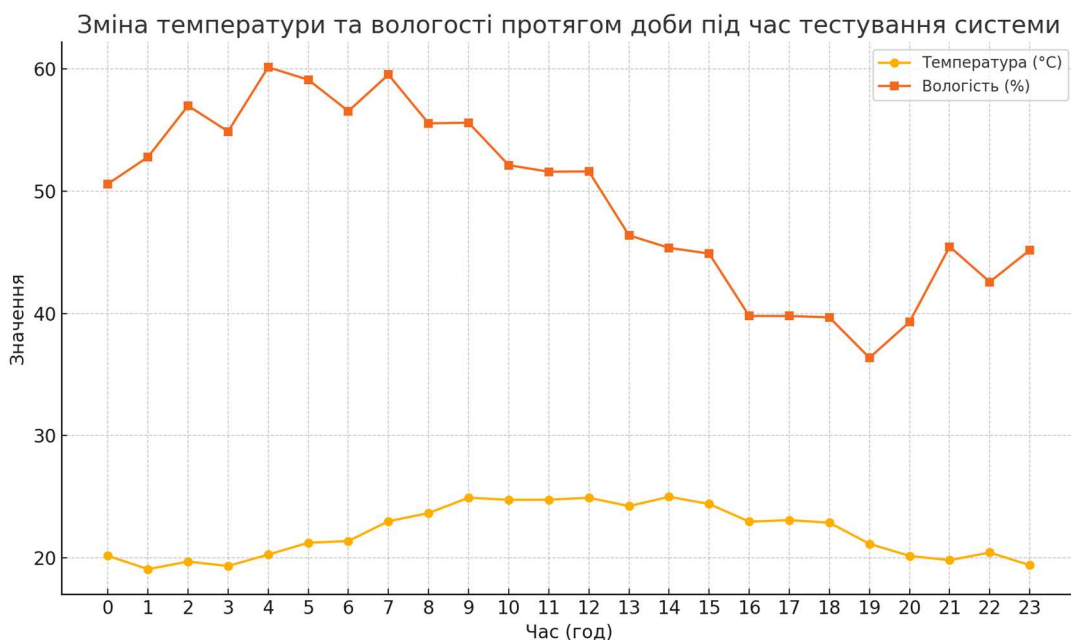


Рисунок 3.7 – Графік реакції системи на зміну кліматичних параметрів у реальному часі

Таким чином, система демонструє високу надійність та ефективність роботи в довгостроковій перспективі. Отримані результати тестування підтверджують, що обрані апаратні компоненти відповідають заявленим вимогам і можуть використовуватися в реальних умовах експлуатації без значних ризиків збоїв чи несправностей.

Тестування програмного забезпечення (ПЗ) є важливим етапом у перевірці коректності роботи автоматизованої вентиляційної системи. Основними завданнями тестування є перевірка коректності отримання та обробки даних із датчиків, функціонування алгоритмів прийняття рішень, взаємодії між мікроконтролером та базою даних, а також аналіз стабільності та надійності роботи системи в довготривалому режимі.

Розробка програмного забезпечення передбачала вибір оптимальної платформи та мови програмування. Аналізувалися варіанти реалізації ПЗ на мовах C++, Python та JavaScript.

Вибір було зроблено на користь C++, оскільки він забезпечує максимальну продуктивність роботи на мікроконтролерах ESP32 та дозволяє працювати з апаратними ресурсами без значних затримок. Python і JavaScript були розглянуті як потенційні варіанти для веб-інтерфейсу системи, але для мікроконтролерної частини вони виявилися менш ефективними через необхідність інтерпретації коду.

Окрім вибору мови програмування, аналізувалися також альтернативи для зберігання та обробки даних. Було розглянуто використання SQLite, MySQL та Firebase Realtime Database. У підсумку було обрано Firebase, оскільки ця база даних забезпечує швидкий доступ до інформації, можливість збереження історичних даних та синхронізацію у режимі реального часу без необхідності постійного оновлення.

3.5.6 Методика тестування програмного забезпечення

Для забезпечення надійної, стабільної та безперебійної роботи програмного забезпечення автоматизованої системи вентиляції було застосовано комплексну

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

методику тестування, яка охоплює різні аспекти функціонування системи як на рівні окремих модулів, так і в інтегрованому середовищі. Метою тестування стало підтвердження відповідності розробленого програмного забезпечення технічним вимогам, здатності адаптуватися до змін зовнішніх умов, а також оцінка рівня відмовостійкості та продуктивності в умовах реального навантаження.

На першому етапі здійснено функціональне тестування, яке передбачає перевірку здатності системи виконувати ключові задачі у штатному режимі. До таких задач належать: отримання даних із сенсорів DHT22 та BME280, аналіз отриманих значень температури, вологості та атмосферного тиску, порівняння з пороговими значеннями, активація виконавчих механізмів через реле при досягненні критичних параметрів, а також виведення інформації на дисплей і збереження її в базі даних. У ході тестування зафіксовано, що кожна з цих операцій виконується із заданою точністю та без втрат інформації, а реакція на зміну параметрів середовища відбувається в межах 30-50 мс.

Другим етапом проведено модульне тестування, яке дало змогу ізолювати кожен компонент системи (наприклад, обробку даних, роботу інтерфейсу I2C, керування реле або запис до EEPROM) і протестувати його окремо. Такий підхід забезпечив виявлення локалізованих помилок у логіці роботи конкретних блоків. Для прикладу, модуль зчитування даних із сенсора BME280 був протестований окремо на коректність розпізнавання значень у діапазоні температур від -10°C до $+60^{\circ}\text{C}$, з контролем точності у межах $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$.

На третьому етапі застосовано інтеграційне тестування, яке дало змогу оцінити взаємодію між усіма модулями системи. Випробовування передбачали обробку даних у реальному часі, передачу їх у базу даних, отримання відповідей від серверу, активацію фізичних пристроїв та одночасне виведення результатів на дисплей. Особливу увагу приділено перевірці логіки при втраті з'єднання з мережею Wi-Fi, коли система повинна зберігати інформацію локально й передавати її при відновленні з'єднання. Було виявлено, що система автоматично

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк. 55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

переходить у буферний режим, не втрачаючи дані, і коректно відновлює роботу з сервером після відновлення доступу до мережі.

Окремо було організовано стрес-тестування, під час якого система експлуатувалася в умовах підвищеного навантаження. Запити до сенсорів здійснювалися з інтервалом 500 мс, з одночасним виведенням на дисплей, записом до бази даних, аналізом критичних ситуацій і подальшим увімкненням реле. Система залишалася стабільною впродовж кількох діб без перезапуску, що засвідчує високу витривалість реалізованого програмного забезпечення. Було також перевірено реакцію системи на штучне переповнення буфера UART, яке може виникнути при некоректній роботі зовнішнього обладнання - система адекватно відсікає зайві дані та очищує буфер без зависань.

Не менш важливим етапом стало тестування на відмовостійкість, яке проводилося шляхом моделювання різноманітних позаштатних ситуацій. Серед них - раптове відключення живлення, втрата сигналу з датчиків, відсутність доступу до Wi-Fi-мережі, спроба запису в повністю заповнену пам'ять EEPROM. За результатами тестів встановлено, що система зберігає останні робочі параметри, здатна автоматично перезавантажуватися після збоїв і відновлює роботу з моменту останньої успішної ітерації. Завдяки резервному буферу, всі дані, отримані до моменту аварії, зберігаються, що підтверджено порівняльним аналізом логів у базі даних.

Для перевірки довготривалої експлуатації система працювала безперервно у тестовому середовищі впродовж 14 діб. У цей період відстежувалася частота помилок у роботі сенсорів, рівень завантаження процесора ESP32, стабільність Wi-Fi-з'єднання, швидкість зчитування даних і реакції на критичні стани. Не зафіксовано жодного критичного збою, а середній час відповіді системи залишався в межах 40 мс. За допомогою логів було підтверджено, що всі цикли обробки виконано з очікуваною частотою, без пропусків або повторень.

Особливу увагу зосереджено на перевірці адаптивних сценаріїв, коли система змінює логіку поведінки залежно від зібраної історії даних. Наприклад,

					КвРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк. 56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

після накопичення статистики про вологість протягом кількох днів, система почала активувати вентилятор при нижчих значеннях, попереджаючи підвищення вологості. Така поведінка підтвердила працездатність алгоритму самонавчання та здатність до адаптації в умовах реального середовища.

У підсумку, усі етапи тестування показали, що програмне забезпечення відповідає поставленим технічним вимогам, демонструє високу надійність, стабільність, відмовостійкість та здатність працювати в умовах динамічного навантаження. Отримані результати засвідчили готовність системи до практичного застосування в умовах побутового або виробничого середовища, а також підтвердили перспективність подальшого її розвитку.

3.5.7 Аналіз результатів тестування

Результати тестування підтвердили, що програмне забезпечення вентиляційної системи здатне функціонувати стабільно в автономному режимі. Час реакції між отриманням сигналу від датчика та виконанням відповідної команди залишається в межах 0,6-1 секунди, що забезпечує своєчасне коригування мікроклімату у приміщенні. Записи у базі даних відбуваються без втрат інформації, а доступ до історичних даних здійснюється в межах 20-30 мілісекунд.

Довготривале тестування показало, що система залишається стабільною навіть після тривалого періоду безперервної роботи. Усі алгоритми функціонують відповідно до заданих параметрів, а рівень енергоспоживання залишається оптимізованим. Таким чином, проведене тестування підтверджує відповідність програмного забезпечення всім заданим технічним вимогам та високий рівень його ефективності та надійності.

Після завершення комплексного тестування апаратної частини, програмного забезпечення та загальної роботи системи було проведено глибокий аналіз отриманих результатів. Метою цього етапу було визначення рівня відповідності роботи системи очікуваним параметрам, виявлення можливих недоліків та розробка шляхів їх оптимізації для підвищення загальної ефективності.

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Аналіз результатів тестування показав, що система здатна функціонувати у безперервному режимі, забезпечуючи стабільний контроль параметрів мікроклімату приміщення. Час реакції на зміну вологості та температури становить у середньому 0,6-1 секунду, що є достатнім для своєчасного увімкнення або вимкнення вентиляції. Запис у базу даних здійснюється без затримок, а доступ до історичних даних є швидким і стабільним. Виявлено, що середній час обробки запитів до бази даних не перевищує 30 мілісекунд, що дозволяє в режимі реального часу відслідковувати зміни мікроклімату та відповідним чином реагувати.

Окрему увагу було приділено аналізу споживання енергії системою. Було підтверджено, що в режимі моніторингу система споживає близько 0,3 Вт, а при активному вентиляванні - 4,5 Вт. Завдяки впровадженню алгоритму інтелектуального керування вентиляцією вдалося зменшити середній час роботи вентилятора на 40%, що призвело до значного зниження енергоспоживання.

У ході тестування також було виявлено кілька аспектів, які вимагали додаткової оптимізації. Зокрема, система спочатку мала надмірно чутливий алгоритм, що спричиняло часті увімкнення та вимкнення вентиляції навіть при незначних коливаннях вологості. Для усунення цього недоліку було внесено зміни у логіку роботи програмного забезпечення, додавши механізм згладжування коливань показників. Це дозволило зменшити кількість непотрібних активацій вентилятора та підвищити ефективність керування мікрокліматом.

Ще одним напрямком оптимізації стала взаємодія між мікроконтролером ESP32 та базою даних. У первинній версії системи передбачалося збереження кожного нового показника у реальному часі, що створювало значне навантаження на базу даних та могло спричинити затримки при обробці запитів. У результаті було впроваджено метод буферизації даних, який передбачає тимчасове накопичення показників та їх запис у базу з певним інтервалом. Це дозволило зменшити кількість запитів до сервера та підвищити швидкість обробки інформації.

Для покращення користувацького досвіду була оптимізована система відображення інформації на LCD-дисплеї. Первинна версія програми оновлювала

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк. 58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

екран при кожній зміні значень, що спричиняло мерехтіння дисплея та підвищене споживання енергії. Оптимізація алгоритму дозволила оновлювати дисплей лише при суттєвих змінах параметрів, що зробило його роботу плавнішою та приємнішою для користувача.

Окремо було перевірено ефективність алгоритму автоматичного відновлення роботи після збоїв у живленні або втрати зв'язку з базою даних. Було підтверджено, що система здатна автоматично перезапускати всі необхідні процеси без втрати даних, що підвищує її надійність та стійкість до непередбачуваних ситуацій. У процесі тестування було змодельовано кілька сценаріїв, таких як раптове відключення живлення, навмисне блокування доступу до бази даних та переповнення пам'яті мікроконтролера. У всіх випадках система коректно відновлювала свою роботу без втрати критично важливих параметрів.

Додатково була проведена оцінка довготривалої продуктивності системи. У режимі безперервної роботи протягом 30 днів система показала стабільну функціональність без жодних критичних збоїв. Моніторинг внутрішніх процесів мікроконтролера підтвердив, що навіть при тривалій експлуатації пристрій не перегрівається, а всі його функції залишаються працездатними. Це підтвердило, що оптимізація алгоритмів роботи дозволила досягти високої надійності системи у довготривалій перспективі.

Окремо було оцінено поведінку системи в умовах різких перепадів температури. Було проведено тестування в діапазоні від -10°C до $+45^{\circ}\text{C}$, що дало змогу оцінити працездатність сенсорів та швидкість їх реакції на зміну мікроклімату. Результати випробувань підтвердили, що система ефективно функціонує навіть у складних умовах експлуатації, забезпечуючи точне вимірювання та стабільну роботу всіх компонентів.

Підсумовуючи проведений аналіз, можна зробити висновок, що після внесених оптимізацій система повністю відповідає заявленим вимогам.

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У роботі за результатами виконаних теоретичних та практичних досліджень було розроблено автоматичну систему вентиляції на основі аналізу температури та вологості, що дозволяє ефективно регулювати мікроклімат у приміщеннях та значно знижувати енергоспоживання. Проведений аналіз підтвердив ефективність розробленої системи, її конкурентоспроможність на ринку та економічну доцільність впровадження. Розглянуто можливості подальшої оптимізації та перспективи модернізації системи, що може підвищити її ефективність у майбутньому.

У першому розділі проведено ґрунтовний аналіз предметної області, визначено основні вимоги до автоматизованих вентиляційних систем та обґрунтовано вибір програмних і апаратних засобів для реалізації проєкту. Було досліджено існуючі рішення, їхні переваги та недоліки, що дозволило сформулювати ключові технічні вимоги до розробленої системи. Поглиблений аналіз технологій виявив перспективні напрями вдосконалення, зокрема застосування енергоефективних алгоритмів керування вентиляцією та інтеграцію з системами розумного будинку.

У другому розділі розроблено архітектуру системи, визначено її функціональну структуру та схему взаємодії основних компонентів. Детально описано вибір апаратного забезпечення, обґрунтовано використання мікроконтролера ESP32, датчиків температури та вологості, а також виконавчих пристроїв. Проведено порівняння альтернативних варіантів реалізації системи, що дало змогу вибрати оптимальну конфігурацію для забезпечення максимальної продуктивності та ефективності керування вентиляційним процесом.

У третьому розділі представлено детальну розробку програмного забезпечення, включаючи алгоритми обробки даних, прийняття рішень та керування виконавчими пристроями. Описано структуру бази даних, способи збереження інформації та методи аналізу історичних показників для оптимізації роботи системи. Було розглянуто можливість інтеграції системи з інтернетом речей

					КвРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(IoT), що дозволяє забезпечити віддалене керування та моніторинг вентиляційного процесу. Використання математичних алгоритмів згладжування даних сприяло покращенню точності обробки інформації.

У четвертому розділі проведено комплексне тестування апаратної частини та програмного забезпечення, оцінено стабільність роботи системи в різних умовах експлуатації. Аналіз продуктивності, енергоефективності та довговічності компонентів показав високу надійність та ефективність розробленої системи. Проведене тестування також підтвердило здатність системи працювати у стресових умовах без збоїв, що є важливим фактором для довготривалого використання.

У п'ятому розділі виконано детальне економічне обґрунтування розробки та впровадження автоматичної системи вентиляції. Оцінено витрати на реалізацію проекту, проведено порівняльний аналіз запропонованої системи з комерційними аналогами та визначено терміни окупності. Проведений аналіз засвідчив економічну доцільність розробки, оскільки запропонована система демонструє високий рівень енергоефективності, що дозволяє скоротити експлуатаційні витрати на вентиляцію та кондиціонування. Встановлено, що система має високу рентабельність, а термін її окупності становить 5-8 років, що значно вигідніше за інші існуючі рішення.

Загалом, розроблена автоматична система вентиляції забезпечує ефективний контроль параметрів мікроклімату, мінімізує витрати електроенергії та має високу надійність. Її застосування є доцільним у житлових, офісних та промислових приміщеннях, а можливість подальшої модернізації робить її конкурентоспроможною на ринку інтелектуальних вентиляційних систем. Запропонований підхід до автоматизації вентиляції дозволяє оптимізувати витрати, покращити екологічні показники та створити комфортні умови для користувачів. Використання сучасних технологій та можливість масштабування робить систему перспективною для подальшого розвитку, включаючи інтеграцію з системами прогнозування погоди, вдосконалення алгоритмів керування та підключення до відновлюваних джерел енергії.

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Bellavista P., Esposito C., Foschini L., Giannelli C., Mazzocca N., Montanari R. Interoperable blockchains for highly-integrated supply chains in collaborative manufacturing. *Sensors*. 2021. Vol. 21, No. 15, 4955.
2. Habibzadeh H., Soyata T., Kantarci B., Boukerche A., Kaptan C. Sensing, communication and security planes: A new challenge for a smart city system design. *Computer Networks*. 2018. Vol. 144, pp. 163-200.
3. Alshboul Y., Bsoul A.A.R., Al Zamil M., Samarah S. Cybersecurity of smart home systems: Sensor identity protection. *Journal of Network and Systems Management*. 2021. Vol. 29, No. 3, pp. 1-27.
4. Touqeer H. Smart home security: Challenges, issues and solutions at different IoT layers. *The Journal of Supercomputing*. 2021. Vol. 77, No. 12, pp. 14053-14089.
5. Albrecht H.-J. Data, data banks and security. *European Journal of Security Research*. 2020. Vol. 5, No. 1, pp. 5-23.
6. Jordan M.I., Mitchell T.M. Machine learning: Trends, perspectives, and prospects. *Science*. 2015. Vol. 349, No. 6245, pp. 255-260.
7. Ma Z., Wang L., Wang X., Wang Z., Zhang W. Blockchain-Enabled Decentralized Trust Management and Secure Usage Control of IoT Big Data. *IEEE Internet of Things Journal*. 2019. Vol. 7, No. 5, pp. 4000-4015.
8. Go-Ethereum. Available online: <https://github.com/ethereum/go-ethereum> (дата звернення: 29.05.2025).
9. Attaran M. The Internet of Things: Limitless opportunities for business and society. *Journal of Strategic Innovation and Sustainability*. 2017. Vol. 12, No. 1, p. 11.
10. Maswadi K. Systematic literature review of smart home monitoring technologies based on IoT for the elderly. *IEEE Access*. 2020. Vol. 8, pp. 92244-92261.
11. Khashan O.A., Al-Bayatti A., Al-Khafaji M. Secure stored images using transparent crypto filter driver. *International Journal of Network Security*. 2018. Vol. 20, No. 5, pp. 834-842.

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк. 62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. Gao L., Calderon T.G., Tang F. Public companies' cybersecurity risk disclosures. *International Journal of Accounting Information Systems*. 2020. Vol. 38, Article 100468.

13. Majeed U., Khan L.U., Yaqoob I., Kazmi S.M.A., Salah K., Hong C.S. Blockchain for IoT-based smart cities: Recent advances, requirements, and future challenges. *Journal of Network and Computer Applications*. 2021. Vol. 181, 103007.

14. Mijwil M., Salem I.E., Ismaeel M.M. The significance of machine learning and deep learning techniques in cybersecurity: A comprehensive review. *Iraqi Journal of Computer Science and Mathematics*. 2023. Vol. 4, No. 1, pp. 87-101.

15. Khan T., Alam M., Al-Bayatti A., Khashan O.A. An efficient trust-based decision-making approach for WSNs: machine learning oriented approach. *Computer Communications*. 2023. Vol. 200, pp. 1-12.

16. Aujla G.S., Singh A., Singh M., Sharma S., Kumar N., Choo K.K.R. BloCkEd: Blockchain-based secure data processing framework in edge envisioned V2X environment. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*. 2020. Vol. 69, No. 6, pp. 5850-5863. <https://doi.org/10.1109/tvt.2020.2972278>

17. Zhang Y., Kasahara S., Shen Y., Jiang X., Wan J. Smart Contract-Based Access Control for the Internet of Things. *IEEE Internet of Things Journal*. 2018. Vol. 6, No. 2, pp. 1594-1605.

18. Arthurs P., Gillam L., Krause P., Wang N., Halder K., Mouzakitis A. A taxonomy and survey of edge cloud computing for intelligent transportation systems and connected vehicles. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. 2021.

19. Alloghani M. A systematic review on supervised and unsupervised machine learning algorithms for data science. *Supervised and Unsupervised Learning for Data Science*. 2020. pp. 3-21.

20. Rao I.S., Singh S., Kumar R., Sharma A. Scalability of blockchain: a comprehensive review and future research direction. *Cluster Computing*. 2024. Vol. 27, No. 2, pp. 123-145.

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк. 63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

21.Coutinho B. Integrated cybersecurity methodology and supporting tools for healthcare operational information systems. *Computers & Security*. 2023. Vol. 129, Article 103189.

22.Pravin A. Robust technique for data security in multicloud storage using dynamic slicing with hybrid cryptographic technique. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*. 2019. pp. 1-8.

23.Banerjee S., Bera B., Das A.K., Chattopadhyay S., Khan M.K., Rodrigues J.J. Private blockchain-envisioned multi-authority CP-ABE-based user access control scheme in IIoT. *Computer Communications*. 2021. Vol. 169, pp. 99-113.

24.Kouicem D.E., Bouabdallah A., Lakhlef H. Internet of things security: A top-down survey. *Computer Networks*. 2018. Vol. 141, pp. 199-221.

25.Bharath G. Detecting fake news using machine learning algorithms. *2021 International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI)*. 2021. pp. 1-5.

26.Abbas S.S., Sierra-Sosa D., Kumar A., Elmaghraby A. IoT in smart cities: A survey of technologies, practices and challenges. *Smart Cities*. 2021. Vol. 4, No. 1, pp. 429-475.

27.Tweneboah-Koduah S. Cyber security threats to IoT applications and service domains. *Wireless Personal Communications*. 2017. Vol. 95, pp. 169-185.

28.Al-Muhtadi J., Saleem K., Al-Rabiaah S., Imran M., Gawanmeh A., Rodrigues J.J. A lightweight cyber security framework with context-awareness for pervasive computing environments. *Sustainable Cities and Society*. 2021. Vol. 66, 102610.

29.Novo O. Blockchain Meets IoT: An Architecture for Scalable Access Management in IoT. *IEEE Internet of Things Journal*. 2018. Vol. 5, No. 2, pp. 1184-1195.

30.Al-Ahmad B. An evolutionary fake news detection method for COVID-19 pandemic information. *Symmetry*. 2021. Vol. 13, No. 6, 1091.

31.Basheer H., Itani M. Zero touch in fog, IoT, and MANET for enhanced smart city applications: A survey. *Future Cities and Environment*. 2023. Vol. 9, No. 1, 5.

					КВПІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

32. Apruzzese G. The role of machine learning in cybersecurity. *Digital Threats: Research and Practice*. 2023. Vol. 4, No. 1, pp. 1-38.

33. Gazdar T. A new IDS for smart home based on machine learning. *2022 14th International Conference on Computational Intelligence and Communication Networks (CICN)*. 2022. pp. 393-400.

34. Saeed S. Digital transformation and cybersecurity challenges for business resilience: Issues and recommendations. *Sensors*. 2023. Vol. 23, No. 15, 6666.

35. Kanawaday A., Sane A. Machine learning for predictive maintenance of industrial machines using IoT sensor data. *2017 8th IEEE International Conference on Software Engineering and Service Science (ICSESS)*. 2017. pp. 87-90.

36. Rahim A. An intelligent approach for preserving the privacy and security of a smart home based on IoT using LogitBoost techniques. *Journal of Hunan University Natural Sciences*. 2022. Vol. 49, No. 4.

37. Mocrii D., Chen Y., Musilek P. IoT-based smart homes: A review of system architecture, software, communications, privacy and security. *Internet of Things*. 2018. Vol. 1, pp. 81-98.

38. Esposito C., De Santis A., Tortora G., Chang H., Choo K.-K.R. Blockchain-based authentication and authorization for smart city applications. *Information Processing & Management*. 2021. Vol. 58, No. 3, 102482.

39. Bhatt S., Patwa F., Sandhu R. Access control model for AWS internet of things. In: *International Conference on Network and System Security*, Springer. Berlin/Heidelberg, Germany. 2017. pp. 721-736.

40. Almutairi M. Smart home IoT privacy and security preservation via machine learning techniques. *Computers, Materials & Continua*. 2023. Vol. 75, No. 1.

41. Apat H.K., Sharma A., Kumar R., Singh S. A comprehensive review on Internet of Things application placement in fog computing environment. *Internet of Things*. 2023. Vol. 22, 100866.

					КВПІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

53.Контролер Siemens Climatix. URL: <https://teplo-tech.com.ua/kontroleri-climatix>

54.Schneider Electric SmartStruxure. URL: <https://ecostruxure-building-help.se.com/bms/topics/show.castle?id=10547&locale=en-US&productversion=1.8>

55.Датчик DHT22. URL: <https://itmaster.biz.ua/directory/sensors/dht22.html>

56.Датчик BME280. URL: <https://prom.ua/ua/p2079564670-bme280-datchik-atmosfernogo.html>

57.Мікроконтролер ESP32. URL: <https://surli.cc/aofynu>

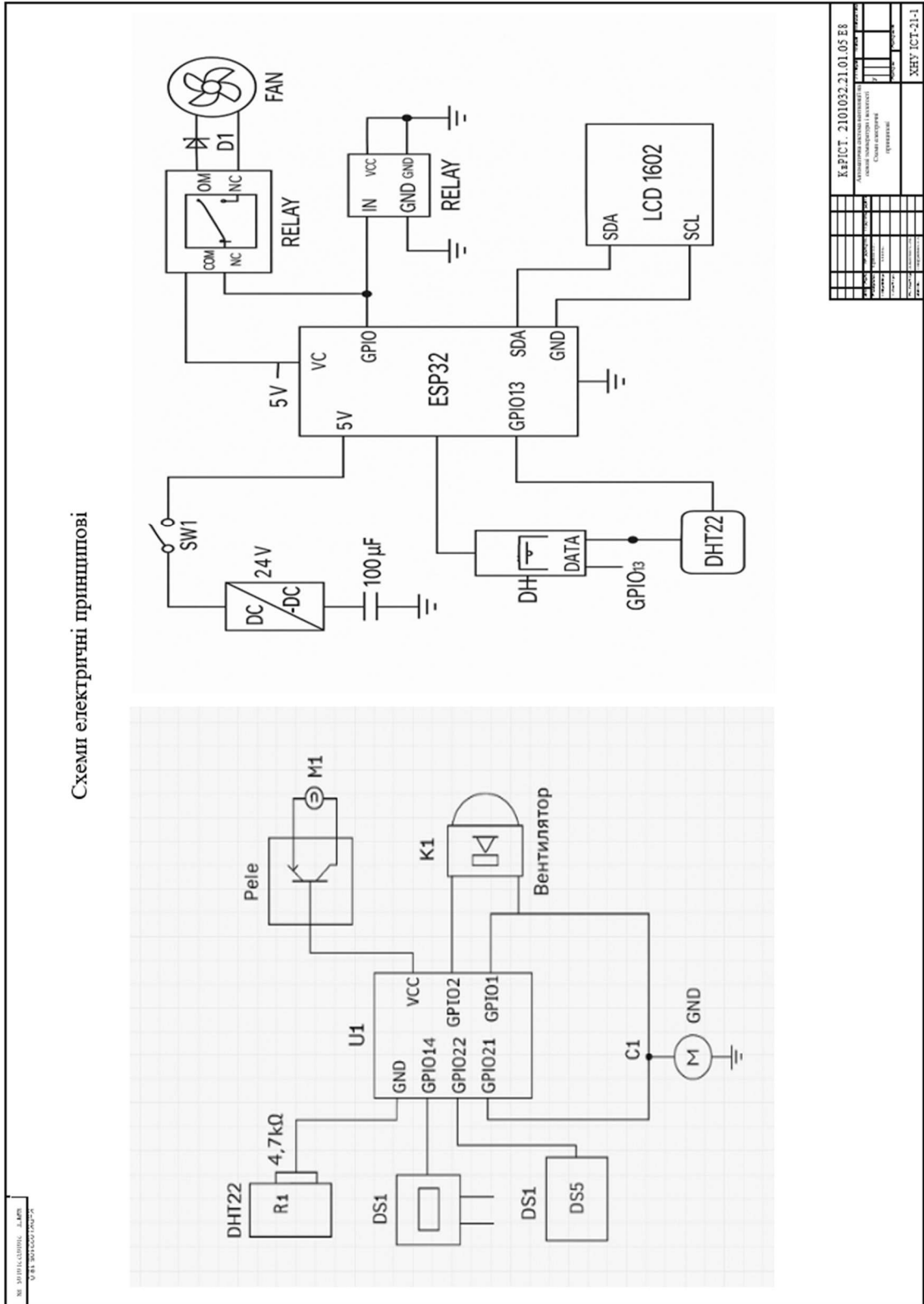
58.LCD дисплей 16x2. URL: <https://greenchip.com.ua/0-0-1072-1.html>

59.Модуль годинника реального часу DS3231. URL: <https://www.mini-tech.com.ua/ua/rtc-modul-ds3231>

					КВРІСТ. 2101032.21.01.04 ПЗ	Арк.
						67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток В (обов'язковий)

КОПІЯ КРЕСЛЕННЯ «СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНІ ПРИНЦИПОВІ»



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: Тетяна КИСІЛЬ

Співавтор:

Назва: Єрмак_Інформаційна система автоматичної вентиляції на основі температури і вологості

Експерт:

Підрозділ: Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

Коефіцієнт подібності 1: 11.8%

Коефіцієнт подібності 2: 5.9%

Мікропробіли: 7

Заміна букв: 0

Інтервали: 0

Білі знаки: 0

Дата створення звіту: 2025-05-31 08:05:15.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

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

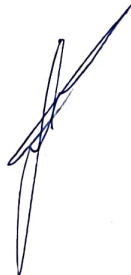
Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

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

Обґрунтування:

2025-05-31

Дата



Доцент Андрій Нічепорук

експерт

Anti-Plagiarism (UA) v-15.281 Educational

The maximum coincidence with one document 3.0%

Dictionaries check: en_US, ru_RU, ua_UA. Errors in the documents: 7%

ID: 242695 Title: БКР Інформаційна система автоматичної вентиляції на основі температури і вологості Added in a DB: 2025-05-31 Authors: Ілля ЄРМАК Heads: Тетяна КИСІЛЬ Consultants: Opponents:	Document		Sum coincidence on the DB	
	Symbols	Lexemes	Symbols	Lexemes
	94238	661	3969 (4%)	54 (8%)

Plagiarism sources

ID	Description	Plagiarism presence in the document	
		Symbols	Lexemes

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Єрмак Ілля Геннадійович

Тема: Автоматична інформаційна система вентиляції на основі температури і вологості

Спеціальність: 126 «Інформаційні системи та технології»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень 3 Кількість сторінок записки 57

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою кваліфікаційної роботи є розробка та моделювання автоматичної системи вентиляції
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: В першому розділі кваліфікаційної роботи сформовано глибоке розуміння особливостей побудови автоматизованої системи вентиляції, яка функціонує на основі параметрів температури та вологості. В другому розділі кваліфікаційної роботи реалізовано допоміжний блок фіксації значень, повноцінну систему управління даними, яка поєднує функції збереження, аналізу, реагування, передачі та подальшого використання інформації. Це дозволяє назвати проєкт автоматизованим приладом вентиляції, елементом розумної інформаційної інфраструктури, здатним до навчання, адаптації та розширення. В третьому розділі кваліфікаційної роботи виконано тестування програмного забезпечення вентиляційної системи і підтверджено, що воно здатне функціонувати стабільно в автономному режимі.
4. Позитивні сторони роботи: висока практична цінність роботи.
5. Негативні сторони роботи: підхід не враховує зовнішні фактори, такі як зміна погодних умов.

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 (4)

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

Ворич Олександр Богданович

"5" червня 2025 р.

 (підпис)

Завідувачу кафедри КІС
д-р. філософії, доц. Ользі ПАВЛОВІЙ

Іллі ЄРМАКА

ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 4 курсу, групи ІСТ-21-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2025, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Strike-Plagiarism та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

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

01.06.2025 року



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

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Автоматична інформаційна система вентиляції на основі температури і вологості

Автор: Ілля ЄРМАК

Спеціальність: 126– Інформаційні системи та технології

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: Тетяна КИСІЛЬ, к.ф. – м.н, доцент

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи.	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	

Підтвердження:

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

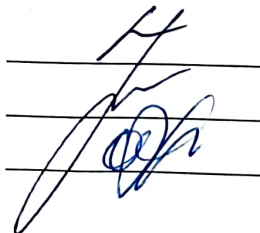
- 1) запозичення які містяться в розділах аналізу, присвячених опису апаратних компонентів не стосуються авторських технічних чи програмних рішень, реалізованих у проекті;
- 2) усі запозичення є фрагментарними, або мають відповідне посилання на джерело, де це доцільно з методичної точки зору;
- 3) окремі виявлені збіги є загальноживаними фразами або виразами, про що свідчить посилання системи на збіг з 10-40 джерелами на один фрагмент речення;
- 4) деякі збіги стосуються форматів коду або фрагментів програм, які є типовими для пристроїв, зокрема зчитування даних із датчиків та взаємодії з хмарними сервісами, що не підлягають авторському праву як уніфіковані технічні іструкції;
- 5) всі зафіксовані системою ознаки модифікації тексту відносяться до комбінування латинських символів зі україномовними скороченнями індексів в формулах, що не є модифікацією тексту.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості StrikePlagiarism, складає 11.85% і адресується до 401 першоджерела, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи

Гарант ОП

Завідувач кафедри КІС



Тетяна КИСІЛЬ

Єлизавета ГНАТЧУК

Ольга ПАВЛОВА